

ЗЕЛЕНОГРАД – ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР СОВЕТСКОЙ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ¹

Малашевич Б.М.
boris@malashevich.ru



Южная промзона Зеленограда

В сокращённом варианте опубликовано в сборнике
"Страницы истории отечественных ИТ",
том 5, М. Альпина, 2019, 224 с.

Статья приведена в авторской редакции

ПРЕДПОСЫЛКИ

К концу 1950-х годов в электронике сформировалось острое противоречие возможностей традиционной конструктивно-технологической основы электроники на дискретных компонентах и всё возрастающих функциональных требований развивающихся электронных приборов и систем. Мир пришёл к острейшему кризису РЭА, требовались радикальные меры. Создание плоских и этажерочных модулей (рис. 1) дала временный положительный результат, но не решала проблемы



Рис. 1. Микромодули и их применение

¹ Настоящая статья была написана в августе 2018 г. для сборника «Страницы истории отечественных ИТ», но значительно превысила заданный объём и была опубликована в сокращённом варианте под названием «Инновационный центр советской микроэлектроники» в бумажном варианте сборника («Страницы истории отечественных ИТ», том 5, в М. Альпина, 2019, 224 с.) и в его факсимильной форме – Виртуальным компьютерным музеем (ВКМ) [11](#).

Впоследствии обнаружилась дополнительная информация об истории создания первых отечественных микросхем Р12-2, и я внёс её в полную версию статьи. Здесь представлена дополненная версия.

Фактически в мире естественным путём сформировался социальный заказ на создание микроминиатюрных многоэлементных комплектующих изделий².

В СССР в марте 1961 г. электронная промышленность выделяется в самостоятельную отрасль – Госкомитет по электронной технике (ГКЭТ) во главе с Председателем ГКЭТ Александром Ивановичем Шокиным (председатели Госкомитетов СССР были членами Совета министров СССР (СМ СССР), поэтому имели и титул "министра"). В 1965 г., когда научные предприятия Госкомитетов и серийные заводы совнархозов были объединены в отраслевые министерства, ГКЭТ стал научной основой Министерства электронной промышленности СССР (Минэлектронпром, МЭП), министр – А.И. Шокин (рис. 2).

К этому времени в США и СССР транзисторы и диоды уже были приспособлены для группового изготовления, при которой ряд операций по изготовлению многих транзисторов на одной кремниевой или германиевой пластине-подложке осуществлялись одновременно (рис. 3). Т.е. на одной полупроводниковой пластине изготавливалось сразу множество одинаковых транзисторов или диодов. Затем пластина разрезалась на отдельные кристаллы транзисторов или диодов, каждый из которых размещался в индивидуальный корпус. А затем изготовитель аппаратуры объединял транзисторы и диоды на печатной плате по соответствующей схеме. Нашлись люди, которым такой подход показался нелепым – зачем разъединять транзисторы, а потом снова объединять их. Нельзя ли их объединить сразу на полупроводниковой пластине? При этом избавиться от нескольких сложных и дорогостоящих операций и резко уменьшить габариты. Эти люди и придумали полупроводниковые интегральные схемы (ИС, микросхемы).



Рис. 2. Александр Иванович Шокин



Рис. 3. Групповое изготовление транзисторов

Идея предельно проста и совершенно очевидна. Но, как часто бывает только после того, как кто-то первым её огласил и доказал. Именно «и доказал», просто огласить часто, как и в данном случае, бывает недостаточно. Идея ИС была оглашена ещё 7 мая 1952 г., до появления групповых методов изготовления полупроводниковых приборов. На ежегодной конференции по электронным компонентам, проходившей в Вашингтоне, сотрудник Британского королевского радиолокационного управления в Малверне Джеффри Даммер представил доклад о надёжности элементов радиолокационной аппаратуры. В докладе он огласил пророческое утверждение: "С появлением транзистора и работ в области полупроводниковой техники вообще можно себе представить электронное оборудование в виде твёрдого блока, не содержащего соединительных проводов. Блок может состоять из слоёв изолирующих, проводящих, выпрямляющих и усиливающих материалов, в которых определённые участки вырезаны таким образом, чтобы они могли непосредственно выполнять электрические функции" [2]. Но этот прогноз остался специалистами незамеченным. Обратили внимание на него только после появления первых полупроводниковых ИС. Т.е. после практического доказательства давно оглашённой идеи. Кто-то должен был первым вновь и поточнее сформулировать, и реализовать идею полупроводниковой ИС.

Мир был обречён на изобретение идеи многоэлементных комплектующих изделий –

² Комплектующие изделия для радиоэлектроники – минимальная неделимая, неремонтируемая конструктивная единица, выполняющая определённую функцию, как правило, товарная продукция специализированных производств. Совокупность таких изделий ранее называлась "электро-радио элементы" (ЭРЭ), "элементная база" (ЭБ), "изделия электронной техники" (ИЭТ), ныне – "электронная компонентная база" (ЭКБ). При описании истории далее мы будем использовать МЭП-овский термин – ИЭТ, в современных эпизодах – ЭКБ, понимая их как синонимы.

интегральных схем (ИС). Вопрос был лишь в том, кого первым эта идея озарит.

И она озарила немало умов.

Даммер, впоследствии ставший знаменитым как «пророк интегральных схем» (но не их изобретатель!), безуспешно пытался найти финансирование на родине. Только в 1956 году он смог изготовить прототип собственной ИС методом выращивания из расплава; опыт оказался неудачным^[6]. В 1957 году министерство обороны Великобритании окончательно признало его работы бесперспективными. Чиновники мотивировали отказ высокой себестоимостью и худшими, чем у дискретных приборов, параметрами ещё не созданных ИС. Развитие электронных технологий сосредоточилось в США.

В 1953 г. Харвик Джонсон из ф. RCA получил патент на однокристалльный генератор, а в 1958 г. совместно с Торкелом Валлмарком анонсировал концепцию "полупроводникового интегрального устройства". В 1957 г. японец Ясуо Тару получил патент на соединение различных транзисторов в одном кристалле. В 1956 году сотрудник фирмы Bell Labs Росс изготовил схему двоичного счётчика на основе n-p-n-p структур в едином монокристалле.

Но все эти и другие им подобные разработки имели частный характер, не имели продолжений и не стали основой для развития интегральной электроники. Развитие в промышленном производстве получили только три пионерских проекта.

Первые полупроводниковые интегральные схемы

Удачливыми оказались три изобретателя:

- Джек Килби из Texas Instruments (TI, США),
- Лев Иосифович Реймеров (НИИРЭ, СССР),
- Роберт Нойс из Fairchild (США).

ИС Джека Килби (Jack Saint-Clair Kilby, 08.11.1923–20.06.2005) – "Type 502"

В 1958 году Дж. Килби (пионер применения транзисторов в слуховых аппаратах) перешёл в фирму Texas Instruments. Новичка Килби, как схемотехника, "бросили" на усовершенствование микромодульной начинки ракет путём создания альтернативы микромодулям. Рассматривался вариант сборки блоков из деталей стандартной формы, подобный сборке игрушечных моделей из фигурок LEGO. Однако Килби увлекло иное. Решающую роль сыграл эффект "свежего взгляда": во-первых, он сразу констатировал, что микромодули – тупик, а во-вторых, ранее налюбовавшись меза-структурами, пришёл к мысли, что схему нужно (и можно) реализовать из одного материала – полупроводника. Килби знал об идее Даммера и его неудачной попытке её реализации в 1956 г. Проанализировав, он понял причину неудачи и нашёл способ её преодоления. *"Моя заслуга в том, что взяв эту идею, я превратил её в реальность"*, сказал Дж. Килби позже в своей нобелевской речи.

Не заработав ещё права на отпуск, он без помех трудился в лаборатории, пока все отдыхали. 24 июля 1958 года Килби сформулировал в лабораторном журнале концепцию, получившую название "Идея монолита" (Monolithic Idea). её суть заключалась в том, что *"...элементы схемы, такие как резисторы, конденсаторы, распределённые конденсаторы и транзисторы, могут быть интегрированы в одну микросхему - при условии, что они будут выполнены из одного материала... В конструкции триггерной схемы все элементы должны изготавливаться из кремния, причём резисторы будут использовать объёмное сопротивление кремния, а конденсаторы - ёмкости p-n-переходов"*. "Идея монолита" встретила снисходительно-ироничное отношение со стороны руководства Texas Instruments, потребовавшего доказательств возможности изготовления транзисторов, резисторов и конденсаторов из полупроводника и работоспособности собранной из таких элементов схемы.

В сентябре 1958 г. Килби реализовал свою идею – сделал генератор из склеенных пчелиным воском на стеклянной подложке двух кусочков германия размером 11,1x1.6 мм, содержащих диффузионные области двух типов (рис. 4). Эти области и имевшиеся контакты он использовал для создания схемы генератора, соединяя элементы тонкими золотыми проволочками диаметром 100 мкм путём термокомпрессионной сварки. Из одной области создавался мезатранзистор, из другой – RC-цепочка. Собранные три прибора были продемонстрированы руководству компании. При подключении питания они заработали на частоте 1,3 МГц. Это случилось 12 сентября 1958 года. Через неделю аналогичным образом он изготовил усилитель. Но это ещё не были интегральные структуры, это были объёмные макеты полупроводниковых ИС, доказывающие идею изготовления всех элементов схемы из одного материала – полупроводника. Осталось придумать, как сделать и как соединить.

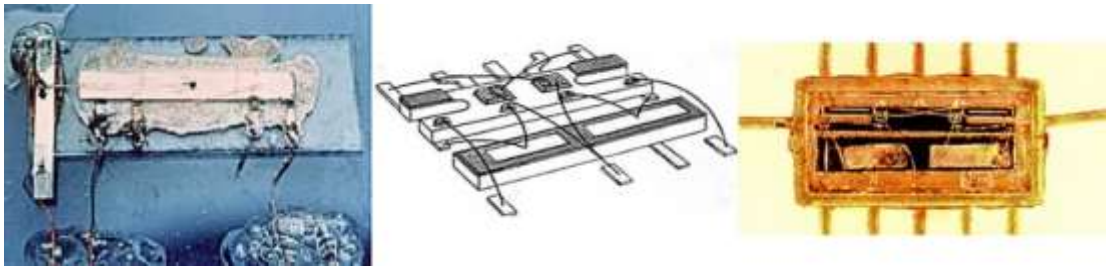


Рис. 4. ИС Дж. Килби, макет, рисунок и образец³

Первой действительно интегральной схемой Килби, выполненной в одном кусочке монокристаллического германия, была экспериментальная ИС "Type 502" (триггер). В ней были использованы транзисторы, объёмное сопротивление германия и ёмкость $p-n$ -перехода. Её презентация состоялась в марте 1959 года. Небольшое количество таких ИС было изготовлено в лабораторных условиях и продавалось в узком кругу по цене \$450.

ИС содержала шесть элементов: четыре меза-транзистора и два резистора. Но она имела серьёзный недостаток – меза-транзисторы, которые в виде микроскопических "активных" столбиков возвышались над остальной, "пассивной" частью кристалла. Соединение меза-столбиков друг с другом и с выводами в ИС Килби осуществлялось развариванием тонких золотых проволочек – ненавистная всем "волосатая технология". Стало ясно, что при таких межсоединениях микросхему с большим количеством элементов не сделать – проволочная паутина разорвётся или перезамкнётся. Да и германий в то время уже рассматривался как материал не перспективный. Но свою идею «монокристалла» Килби руководству TI доказал.

К этому времени в ф. Fairchild была разработана планарная кремниевая интегральная технология производства транзисторов.

Учитывая все это, ф. TI пришлось отложить все сделанное Килби в сторонку и приступить к разработке серии ИС на основе планарно-эпитаксиальной технологии, которой ещё не было. В октябре 1961 г. фирма анонсировала создание серии ИС типа "SN-51", а в 1962 г., после создания соответствующей промышленной технологической линии, начала их серийное производство и поставки в интересах НАСА и Минобороны США.

Однако Нобелевский комитет оценил создание микросхемы и в 2000 г. присвоил Килби Нобелевскую премию по физике «*For his part in the invention of the integrated circuit*» «*За его участие в изобретении интегральной схемы*» [3]. Нойс не дождал до признания – Нобелевская премия не присваивается посмертно. Одновременно Нобелевская премия была присуждена Ж.И. Алфёрову (СССР) за разработку полупроводниковых гетероструктур для микро- и оптоэлектроники.

Этим Нобелевский комитет признал равноценными вклады учёных СССР и США в создание мировой микроэлектроники. А научный подвиг Л. Реймерова и Е. Ляховича не был известен не только Нобелевскому комитету, но фактически не вышел за рамки НИИРЭ и РЗПП в СССР. И министр А.И. Шокин, знавший историю ИС P12-2, не придавал ей значения.

ИС Роберта Нойса (Robert Noyce, 1927-1990). Серия ИС "Micrologic"

В конце 1958 года физик Д. Хорни из компании Fairchild разработал планарную технологию изготовления транзисторов. Тогда же К. Леховек, работавший в Sprague Electric, разработал технику использования обратно включённого " $n-p$ " перехода для электрической изоляции компонентов. В 1959 году Роберт Нойс, президент ф. Fairchild, прослышав про макет ИС Килби, решил попробовать создать интегральную схему, комбинируя процессы, предложенные Хорни и Леховек, дополнив их избирательным напылением металла поверх изолированных двуокисью кремния полупроводниковых структур для соединения элементов через отверстия, оставленные в изолирующем слое (идея Даммера). Так Нойс надеялся освободиться от "волосатой" технологии, получить действительно «монокристалльный» вариант объединения компонентов в единую схему. Но сначала нужно было идею проверить.

В августе 1959 г. Нойс поручил Джою Ласту проработать вариант ИС на планарной технологии. Сначала, как и Килби, изготовили макет триггера на нескольких кристаллах кремния, на которых было сделано 4 транзистора и 5 резисторов. Затем 26 мая 1960 г. изготовили первый однокристалльный триггер. Для изоляции элементов в нем с обратной стороны кремниевой пластины протравливали глубокие канавки, заполняемые эпоксидной смолой. 27 сентября 1960 г. изготовили

³ Во всех рисунках масштабы не соблюдаются

третий вариант триггера (рис. 5), в котором элементы изолировались обратным включённым p-n переходом.

Фирма Fairchild Semiconductor до этого времени занималась только транзисторами, схемотехников для создания полупроводниковых ИС у неё не было. Поэтому в качестве разработчика схем был приглашён Роберт Норман из фирмы Sperry Gyroscop. Норман был знаком с резисторно-транзисторной логикой, которую фирма с его подачи и выбрала в качестве основы своей будущей серии ИС "Micrologic", нашедшей своё первое применение в аппаратуре ракеты Минитмен. В марте 1961 г. Fairchild анонсировала первую опытную ИС этой серии (F-триггер, содержащий шесть элементов: четыре биполярных транзистора и два резистора, размещённых на пластине диаметром 1 см.) с опубликованием её фотографии (рис. 6) в журнале "Life" (от 10 марта 1961 г.). ещё 5 ИС были анонсированы в октябре. А с начала 1962 г. Fairchild развернула серийное производство ИС и поставки их также в интересах Минобороны США и НАСА.

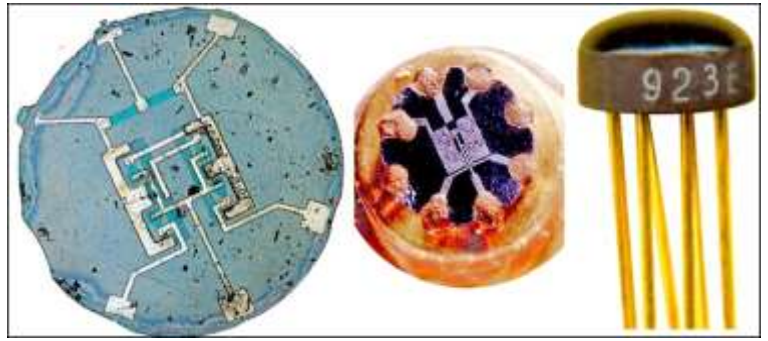


Рис. 5. Экспериментальный триггер Р. Нойса (слева) и фотография ИС Micrologic в ж. Life

Таким образом у американской микросхемы оказалось два изобретателя:

- Дж. Килби и ф. ТИ, подавшие заявку на регистрацию изобретения в феврале 1959 года.
- Р. Нойс и ф. Fairchild, подавшие заявку в июле 1959 г.

Но обе заявки имели «недостатки», позволяющие их оспорить. В результате между ф. Texas Instruments и Fairchild началась долгая патентная война с временными переменными успехами.

Но «рынок микросхем развивался так стремительно, что деловые люди из Fairchild и Texas Instruments поняли: ставки слишком высоки, чтобы полагаться на судебную систему. Летом 1966 года, за три года до вынесения окончательного судебного решения, Нойс и юристы Fairchild встретились с президентом и группой адвокатов Texas Instruments. После длительного обсуждения они выработали мирное соглашение. Каждая из компаний подтвердила, что в вопросах, касающихся интегральных микросхем, другая компания тоже обладает частью прав на интеллектуальную собственность, и согласилась на перекрёстное лицензирование всех имеющихся у каждой из компаний прав. Другие компании по вопросам лицензирования должны обращаться сразу и к Texas Instruments, и к Fairchild, а авторское вознаграждение обычно должно составлять 4 % от их дохода. ...

Когда в 2000 году, через десять лет после смерти Нойса, Килби сообщили о присуждении Нобелевской премии, он прежде всего воздал должное Нойсу. «Мне жаль, что его уже нет в живых, – сказал он журналистам, – Если бы это было не так, я подозреваю, премию мы бы разделили»⁴.

Когда шведский физик, представлявший Килби на церемонии вручения премии, сказал, что его открытие стало началом глобальной цифровой революции, Килби скромно, с грустью ответил: «Когда я слышу нечто подобное, я вспоминаю, что бобёр сказал кролику, когда они стояли у подножия плотины Гувера: „Нет, я не сам её построил, но она основана на моей идее.“» [4].

И Килби, и Нойс выступали со своими разработками ИС как представители полупроводниковой промышленности, исходя из её возможностей и не очень понимали значимость свершённого.

Об этом свидетельствует сам Килби через много лет, когда компания Texas Instruments чествовала изобретателя, сделавшего своё открытие... в далёком 1958 году: «Сам Килби ... поражён влиянием собственного изобретения. "Мы тогда и не подозревали, что интегральная схема способна уменьшить стоимость электронной обработки буквально в миллионы раз. Прежде ни одно изобретение не приводило к таким поистине революционным изменениям в жизни отрасли", – поясняет учёный» [4].

«Не подозревали» не только они.

⁴ Нобелевская премия не присваивается посмертно.

Килби и Нойсу пришлось выслушать немало критических замечаний по поводу своих новаций. Считалось, что практический выход годных ИС будет очень низким. Понятно, что он должен быть ниже, чем у транзисторов (поскольку содержит несколько транзисторов), у которых он тогда был не выше 15%. Во-вторых, многие полагали, что в интегральных схемах используются неподходящие материалы, поскольку резисторы и конденсаторы делались тогда отнюдь не из полупроводников. В-третьих, многие не могли воспринять мысль неремонтопригодности ИС. Им казалось кошмарным выбрасывать изделие, в котором вышел из строя только один из многих элементов. Все сомнения постепенно были отброшены, когда интегральные схемы были успешно использованы в военных и космических программах США.

Один из основателей ф. Fairchild Semiconductor Г. Мур сформулировал основной закон развития кремниевой микроэлектроники, согласно которому число транзисторов в кристалле интегральной схемы удваивалось каждый год. Этот закон, названный "закон Мура", довольно чётко действовал в течение первых 15 лет (начиная с 1959 г.), а затем такое удвоение происходило приблизительно за полтора года.

Советская ИС P12-2 (серии 102 и 116)

В СССР создание первой ИС имела более глубокую историю. Инициаторами выступили не полупроводниковые фирмы – потенциальные производители ИС, а аппаратуростроители – потенциальные их потребители, повседневно ощущающие кризис радиоэлектроники.

Первым выступило ведущее тогда в радиоэлектронике страны КБ-1 (позже НПО “Алмаз”) под руководством его главного инженера и научного руководителя Фёдора Викторовича Лукина и Андрея Александровича Колосова (рис. 6) – начальника СКБ-41⁵ в КБ-1, главного конструктора центральной РЛС региональной системы ПВО «С-25» (Беркут), награждённый за эту работу Орденом Ленина и получивший звание Главного конструктора первой категории, которого в стране удостаивались: С. Королёв, А. Туполев, А. Микоян, П. Сухой, А. Расплетин и ещё несколько человек.

Колосов, занимающийся и авиационной бортовой электроникой, наиболее остро чувствовал проявления кризиса. И он имел более других возможности в изучении иностранной специальной литературы, поскольку был высокопрофессиональным специалистом и свободно владел тремя иностранными языками. Именно поэтому Лукин попросил его досконально изучить подходы к микроминиатюризации электронной аппаратуры по иностранным и отечественным источникам.

Результаты этой работы были изданы 26.09.1960 г. в 132-х страничной монографии Колосова “Вопросы молекулярной электроники” [5].

В ней «автор не только дал описание физических основ работы устройств молекулярной электроники, но и обосновал необходимость и своевременность начала широкомасштабных работ по исследованию проблем, связанных с созданием твёрдых схем, и изложил новые принципы создания радиоэлектронной аппаратуры» [6].

В монографии Колосова описаны и результаты работы Килби, правда, как и в других случаях, без указания имён авторов. О работах Нойса общественность узнала уже после выхода монографии Колосова.

В монографии Колосов так оценивает перспективу микроэлектроники: «В настоящее время радиоэлектроника стоит на пороге такого переворота, который по своей значимости, возможно, будет превосходить скачек вперёд, сделанный в начале этого столетия при переходе от искровой и дуговой радиотехники к радиотехнике электронной лампы» [5, 6].

Сравните эту оценку с вышеприведённым признанием Килби. Нобелевский лауреат изобрёл нечто от скуки (коллеги были в отпусках) и сам не понимал (как и его коллеги: «Мы тогда и не подозревали ...») значения сделанного.



Рис. 6. А.А. Колосов и его монография, первая в мире по микроэлектронике

⁵ В КБ-1 в 1950-е годы все разработчики были объединены в три тематические специальные КБ: СКБ-30 – противоракетные системы, нач. Кисунько Г.В.; СКБ-31 – зенитные системы ПВО, нач. Расплетин А.А.; СКБ-41 – авиационные системы, нач. Колосов А.А. [7].

А наши специалисты целенаправленно вели поиск, понимая его цель и задачу. Задача была абсолютно ясна и кратко содержится в термине «микроминиатюризация». Т.е. что делать было ясно. Нужно было найти способы, как это сделать. Решить проблему «КАК?».

Для стимулирования этого поиска монография Колосова была разослана в ведущие электронные фирмы страны и стала учебником для многих специалистов. Это была первая в стране и мире монография о микроэлектронике.

Поступила монография и в ленинградский НИИ-131 (НИИ радиоэлектроники, НИИРЭ, позже ставший основой НПО "Ленинец"), в котором в лаборатории Евгения Михайловича Ляховича (рис. 7) была образована группа молодых физиков, специализирующихся в физике твёрдого тела. Как он пишет в своей книге (о ней далее).

В это время с НИИРЭ активно сотрудничает будущий первый директор зеленоградского НИИ физических проблем (НИИФП) Виталий Иванович Стафеев (рис. 8) из ленинградского Физико-технического института имени А.Ф. Иоффе АН СССР, принявший активное участие и в создании первой советской ИС. Вот как об этом пишет Ляхович:

«Углублённое изучение физики твёрдого тела инженерами лаборатории проводилось молодым доктором физико-математических наук Стафеевым Виталием Ивановичем⁶. Он же консультировал наших специалистов по вопросам исследования свойств полупроводниковых приборов.» [8].

Монография Колосова привлекла внимание физиков Ляховича⁷, начинавшего разработку бортового авиационного компьютера «Гном», в т.ч. молодого Л.И. Реймерова (рис. 9), специалиста в физике твёрдого тела. Они решили попробовать сделать многоэлементную Твёрдую схему (ТС – термина «ИС» ещё не существовало). Ляхович, как опытный схемотехник, предложил в качестве первенца заняться реализацией универсальной логической функции «НЕ-ИЛИ», на основе которой можно построить устройства, выполняющие любые, сколь угодно сложные логические функции. А Реймеров занялся физикой прибора.

В результате он предложил вариант построения однокристалльной интегральной схемы «2НЕ-ИЛИ». Тогда же, в 1960 г. Реймеров подал заявку на регистрацию изобретения и получил авторское свидетельство АС № 24864 от 8.03.1962 г. [9].

Идея была одобрена руководством предприятия. Её реализация в виде ТС, а это сложные конструктивные, технологические и иные проблемы, была поручена лаборатории Ляховича который был назначен главным конструктором (ГК) разработки.

Разработка велась с ориентацией на серийную технологию



Рис. 7. Евгений Михайлович Ляхович и его книга



Рис. 8. Виталий Иванович Стафеев

⁶ Стафеев Виталий Иванович, специалист в области полупроводников и электроники, д. ф.-м. н., профессор, в 1952-64 г. ВС 1952 г. в ФТИ АН СССР, в 1964 – 1969 г. – директор зеленоградского НИИФП, с 1969 г. в НИИ прикладной физики МОП. Лауреат Государственной премии СССР в области науки и техники (1982), (1986) и РФ (2000).

⁷ Ранее, описывая историю этой ИС, я имел информацию только от рижан, «скромно» умолчавших о роли ленинградцев, представляя их только как заказчиков. Мои попытки получить тогда информацию в АО «Ленинец», с которым ранее я был тесно связан, остались без ответа. Однако эта неточность сыграла и положительную роль. Как мне рассказал во время встречи в 2019 г. Е.М. Ляхович, моя версия истории возмутила его и сподвигла на написание книги, которую он мне и вручил [8]. Сожалею, что он не связался со мной сразу, раньше была бы устранена ошибка. И я бы мог многое узнать об этой истории от упомянутого Ляховичем как активного коллегу, моего соседа по дому В.И. Стафеева, которого я прекрасно знал. Но не знал о его работе в НИИРЭ с Ляховичем. Похоже, что не знали об этом ни А.А. Васенков, ни С.В. Якубовский.

производства транзисторов П401 – П403 на ленинградском заводе «Светлана».

В июне 1960 г. по приятельскому соглашению однокашников по Ленинградскому политехническому институту на Светлане тайно была изготовлена небольшая партия ТС [8].

В сентябре 1960 г., после исследований действующие образцы ТС, получившие обозначение «ТС-233» (позже, с начала серийного производства, – Р12-2), в составе специально собранных тестовых электронных узлов были продемонстрированы руководству НИИ.

А в октябре 1960 г. главный инженер НИИ-131 В.И. Смирнов, Е.М. Ляхович и Л.И. Реймеров продемонстрировали председателю Госкомитета по радиоэлектронике (ГКРЭ) Д.К. Калмыкову и его заместителю А.И. Шокину более сложные функциональные узлы на основе ТС-233.

Работа получила высочайшую оценку, была обещана всемерная поддержка. В НИИ-131 был образован опытный участок с технологией производства транзисторов П401 – П403, который уже в первом квартале 1961 г. начал изготовление ТС-233. В изложении Ляховича это происходило так:

«Организацией участка ТС в НИИ-131 (а/я 233) руководила выпускница физического факультета Ленинградского университета Лариса Григорьевна Фролова. Она привлекла самого молодого доктора физ.-мат. наук в АН СССР (27 лет), специалиста по физике полупроводников Стафеева Виталия Ивановича для запуска технологической линии на нашем экспериментальном производственном участке. Кроме работы консультантом при запуске участка ТС, мы привлекли Виталия Ивановича как лектора по физике полупроводников. Он провёл в порядке повышения квалификации несколько очень полезных занятий с сотрудниками отдела. А позднее, где-то через год, Виталий Иванович по нашей командировке ездил на завод в Ригу, где мы запускали первые партии наших твёрдых схем ТС 233 в цехе, выпускавшем транзисторы П401 – П403 по такой же технологии на тех же материалах.»

Итак, благодаря энтузиазму наших физиков и постоянной оперативной помощи Виталия Ивановича в первом квартале 1961 г. в НИИ-131 (а/я-233) в отделе № 570 начал функционировать экспериментально-производственный участок интегральных твёрдых схем.» [8].

Таким образом, через Виталия Ивановича зеленоградский Центр микроэлектроники (ЦМ) оказался косвенно причастен к созданию первой в стране и одной из первых в мире интегральной схемы. А через пару лет отдел Осокина был переведён в КБ-4 (позже Рижский НИИ микроприборов – РНИИМП) – одновременно с ЦМ созданный в Риге его филиал. В результате дальнейшие работы по развитию работ по ИС типа Р12-2 и Р 12-5 вошли в планы ЦМ и неоднократно упоминались в документах личного архива первого директора и ЦМ Ф.В. Лукина. Эти моменты, как и вообще история первой советской ИС были почему-то забыты и не получили должной оценки ни в стране, ни в мире.

Позже производство было поручено Рижскому заводу полупроводниковых приборов (РЗПП), также, как и «Светлана» выпускающему транзисторы П-401 – П-403, т.е. владеющему той же технологией. Для этого в КБ при заводе был создан отдел по внедрению ТС в серийное производство, его начальник Ю.В. Осокин (рис.10) был назначен ГК ТС от завода.

О том, что первую в стране ИС сделали в РЗПП, в Зеленограде на уровне данных «курилки» знали многие, и я в т.ч. Но без подробностей. Поэтому я не мог не попытаться описать этот важный исторический момент. В этом мне помогли более осведомлённые главный инженер НПО НЦ А.А. Васенков и директор ЦКБ «Дейтон» С.В. Якубовский. Васенков дал мне проспект на ТС Р12-2 с подробными характеристиками, Якубовский показал Технические условия и рассказал этапы регистрации ТС. Я написал письмо в рижское АО «Альфа» и меня вывели на Осокина, тогда уже пенсионера. Он сообщил многое ранее мне



Рис. 9. Лев Иосифович Реймеров



Рис.10. Юрий Валентинович Осокин

неизвестное (я ему по телефону или электронной почте задавал вопросы, он писал ответы, сканировал их и сканы пересылал мне, далее – фрагменты из них).

Вот как привлечение РЗПП к созданию ИС Р12-2 описал мне Осокин в письме от 28.12.2007 г. (рис. 11):

А вот как это же событие описывает Ляхович [8]:

«... Мы (В.И. Смирнов (гл. инженер НИИ-131), Л.И. Реймеров и я) с изготовленными в НИИ-131 образцами ТС весной 1961 г. выехали в Ригу на рижский приборостроительный завод (Правильно «Рижский завод полупроводниковых приборов» – РЗПП) ...

... В.И. Смирнов рассказал о нашем элементе – твёрдой схеме, что она является универсальным элементом и в будущем потребуется в огромных количествах. Вениамин Иванович нарисовал мелом на доске структуру твёрдой схемы, образцы которой мы привезли на эту встречу, и рассказал технологию, по которой они были изготовлены. ...

С этого момента началось наше «вторжение» на серийный завод с передачей «документации», нарисованной мелом на доске и изложением устно технологии. Электрические параметры и методики измерений были изложены на одной странице формата А4, но задача разбраковки и контроля параметров были за нами. ...» [8].

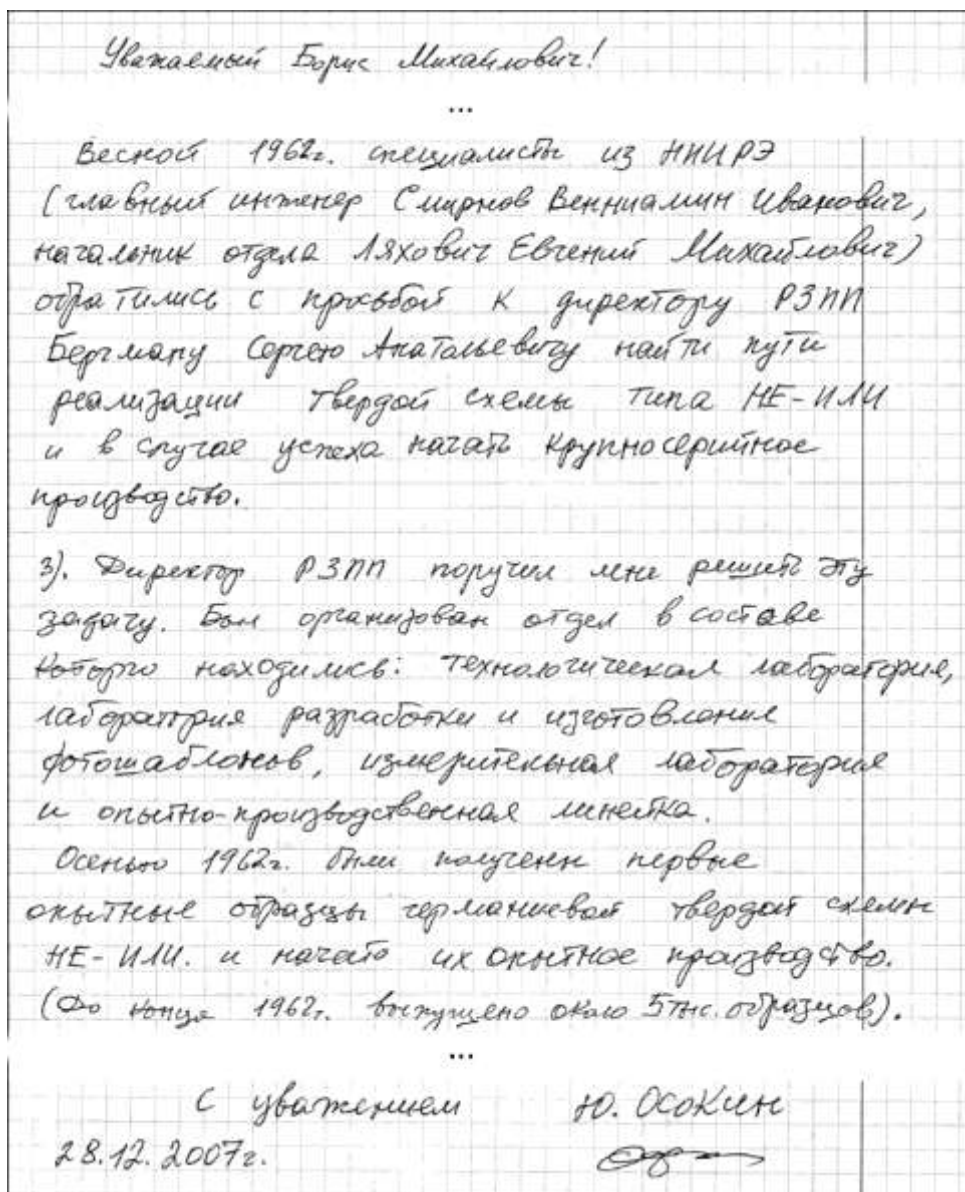


Рис. 11. Фрагмент из письма Ю.В. Осокина о начале работ

Из сравнения этих версий естественен вывод, что у Осокина, получившего факт возможности реализации ТС в виде проверенной идеи, но никакой документации, были некоторые основания считать себя главным конструктором ТС Р12-2, поскольку комплекты

конструкторской и технологической документации для производства ИС разрабатывал его коллектив. Тем более формально он им и был от завода. Но изобрёл первую в стране микросхему Реймеров, о чём Осокин умолчал.

И, если бы он не скрыл роль НИИ-131, Реймеров и Ляховича в разработке ТС и в изготовлении для РЗПП многочисленной оснастки и «полного комплекта технологического и измерительного оборудования» [8], вопросов к нему не было бы. И ко мне тоже.

Конструктивно ТС P12-2 (и последующая за ней P12-5⁸) были выполнены в виде "таблетки" из круглой металлической чашечки диаметром 3 мм и высотой 0,8 мм (рис. 12). В неё размещался кристалл ИС с приваренными выводами (из мягкой золотой проволоки диаметром 50 мкм) и заливался полимерным компаундом, из которого выходили короткие внешние концы выводов. Вес P12-2 не превышал 0,025 г. Многие годы это была самая миниатюрная и самая лёгкая в мире корпусированная микросхема.

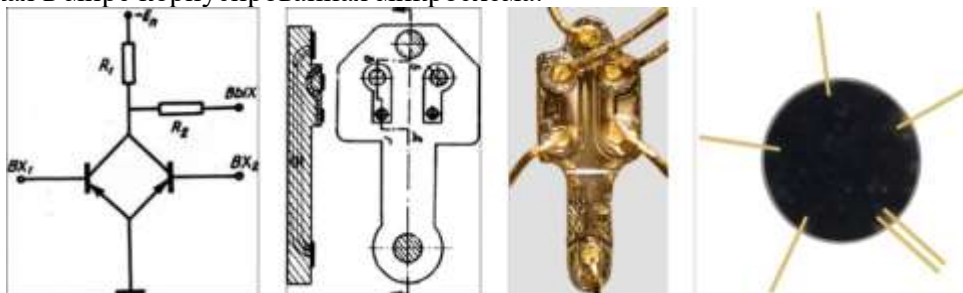


Рис. 12. ИС P12-2 (1LB021) - схема электрическая, структура кристалла, фото кристалла, ТС в корпусе (здесь и далее в разных масштабах)

Монтировать такие ИС на печатные платы устройств было весьма проблематично, да и хотя универсальная, но простейшая её функция «2НЕ-ИЛИ» всё же была весьма мелковата. Схемотехнику и конструктору электронных устройств требовался набор стандартных изделий, реализующих базовый набор функций булевой алгебры логики – элементарной библиотеки элементов схемотехника цифровых устройств, которые в то время делались в виде типовых ячеек на печатных платах. P12-2 была одним из элементов этой библиотеки, универсальным, позволяющим построить любой другой, но простейшим.

Поэтому в НИИРЭ в 1961 г. на основе P12-2 разработали серию модулей «Квант», реализующих более сложные функции, – гл. конструктор Е.М. Ляхович, ответственный исполнитель А.Н. Пелипенко (рис. 13). А на их основе – бортовой авиационный компьютер «Гном» (гл. конструктор Е.М. Ляхович).

Модуль "Квант" (рис. 14) размещался в металлической штампованной чашечке размером 21,6 x 6,6 мм и глубиной 3,1 мм. В неё вставили печатную микроплатку из тонкого стеклотекстолита с впрессованными выводами длиной 4 мм. В отверстия в платке разместили от двух до четырёх ТС P12-2, соединённых печатным монтажом микроплатки по схеме, реализующей определённый функциональный узел. Микроплатку в чашечке залили полимерным компаундом. В результате получилась ГИС.



Рис. 13. Николай Никитович Пелипенко



Рис. 14. Модули Квант вскрытые и в сборе

⁸ P12-2 выполнена с диффузионным (слоистым) резистором, а P12-5 с объёмным резистором на тонком диффузионном слое, что в 8 раз повышает быстродействие и до +70° С температурный диапазон [10]. P12-5 разработал Осокин и получил с коллегами на неё авторское свидетельство № 248847 от 18 июля 1969 г. [12].

Это была первая в мире ГИС с двухуровневой интеграцией, в которой в качестве активных элементов были использованы не дискретные транзисторы и диоды, а полупроводниковые ИС.

ИС Р12-2 и модули "Квант" на её основе в 1969 г. получили обозначения ИС 1ЛБ021 и "серия 116" соответственно. ИС производилась РЗПП до середины 1990-х годов в объёмах до несколько миллионов в год. Модули "Квант" сначала производились в опытном производстве НИИРЭ, затем были переданы на Жигулёвский радиотехнический завод Минрадиопрома СССР, поставлявший их различным потребителям. В 1972 г. производство ГИС серии 116 было передано на РЗПП и продолжалось до 1995 г. [8].

Первые их применения были в бортовом компьютере «Гном» (рис. 15) разработки НИИРЭ и телефонной централи П-439 (рис. 16) завода «ВЭФ», Рига.

Гном был первым в мире бортовым авиационным компьютером третьего поколения (на основе ИС). Он также сначала производился опытным производством НИИРЭ, а затем был передан на Жигулёвский радиотехнический завод. Гном применялся в разрабатываемых в НИИРЭ радиоэлектронных комплексах (РЭК) «Купол» и «Пума», более 40 лет надёжно эксплуатировались в большом парке самолётов, в частности в «ИЛ-76».

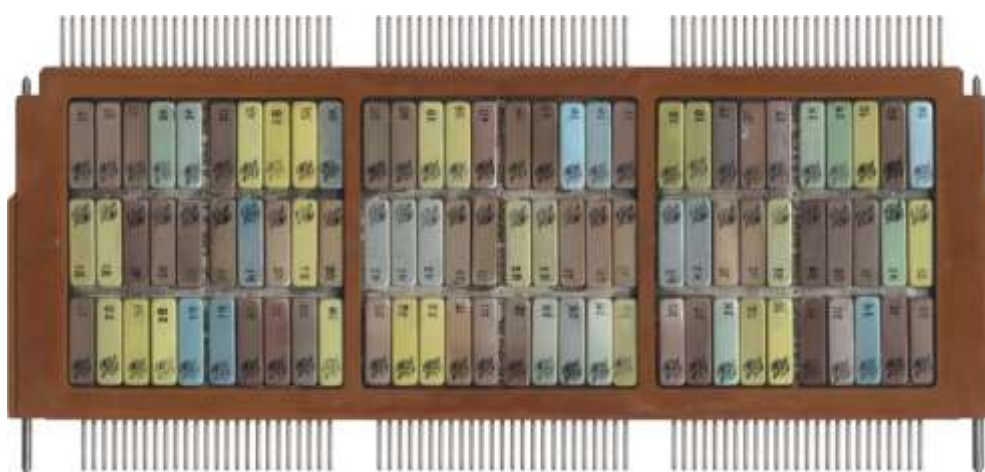


Рис. 15. Арифметическое устройство бортового компьютера Гном



Системный блок БЦВМ
"Гном" в самолёте ИЛ-76

Пульт управления
Гнома в кабине штурмана

Стойка телефонной
централи П-439

Плата телефонной
централи П-439

Рис. 16. БЦВМ " Гном-А" на ИЛ-76 (слева), Стойка и плата телефонной централи П-439

Есть три источника, позволяющие оценить последующие объёмы производства ТС и модулей Квант:

- По оценке Ляховича РЗПП было выпущено 500 ТС-233 в 1961 и 15000 ТС р12-2 в 1962 г.
- Цитата из тезисов выступления Лукина на заседании НТС ВПК⁹ в 1965 г.: «Рижским заводом выпускаются германиевые твёрдые схемы «ИЛИ-НЕ» типа Р-12 (Р12-2). В 1966 г. таких

⁹ ВПК – Военно-промышленная комиссия при Совете Министров СССР

схем будет выпущено 500 тыс. шт.».

- Из письма Осокина мне от 28.12.2007 г. (рис. 17) в 1985 г. объём выпуска ИС 1ЛБ021 и модулей "серии 116" достигал соответственно 4,1 и 1,02 миллионов штук.

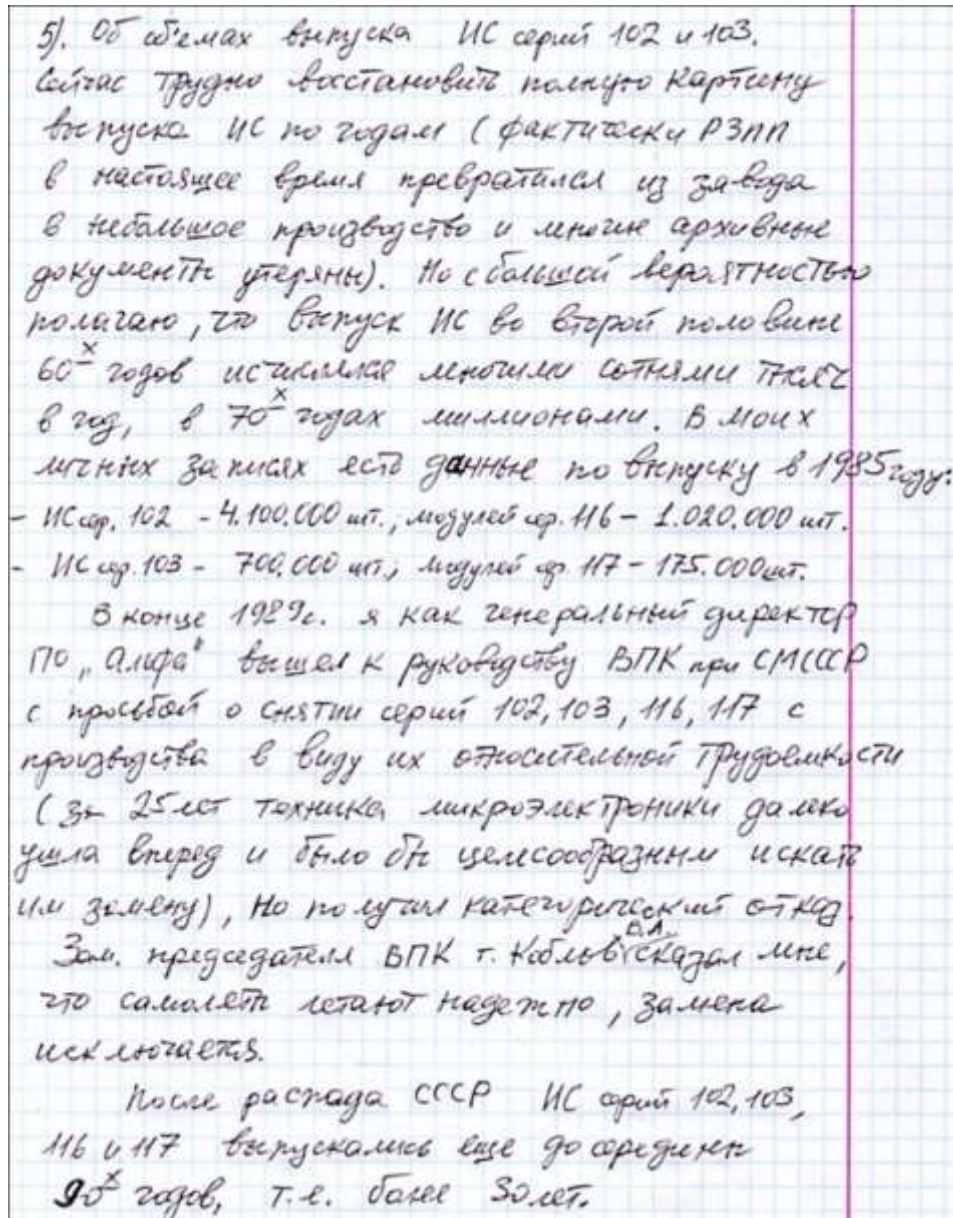


Рис. 17. Из письма Ю. Осокина от 28.12.2007 г. об объёмах производства

Здесь интересна информация об отказе ВПК снимать ИС и модули с производства. Аналогичное возражение получил и НПО НЦ, обратившийся с предложением снять с производства в павлово-посадском заводе Экситон, входившем в НЦ, плоские и этажерочные микромодули (о них ранее). Это было где-то в конце 1970-х, микромодули и технология их производства уже безнадежно устарели, и в производстве аппаратуры они давно не применялись. Но аппаратура в армии ещё работала, ЗИП (запасные изделия и принадлежности) расходовался и устаревал. Его требовалось пополнять и заменять. Предложение сделать достаточный запас также были отвергнуты, т.к. у изделий есть официальный срок хранения, и он значительно меньше срока жизни военной аппаратуры. Приходилось выпускать микромодули в малых количествах, т.е. поддерживать работоспособность морально и физически устаревшей производственной линейки. Сплошные проблемы и убытки. Что-то подобное, очевидно, было и у рижан.

Так были созданы первые в мире интегральные схемы, ознаменовавшие своим появлением рождение новой отрасли науки и техники – микроэлектроники. Отрасли, радикальнейшим образом изменившей мир, Человека и Человечество.

Разбор приоритетов этой тройцы создателей первых ИС дело нудное, трудное, весьма

многословное и неблагодарное. Чтобы избежать этих неприятностей, я на основе [2,10 и др.] составил таблицу 1 и предлагаю читателю самостоятельно извлечь всё ему интересное и сделать свои выводы.

Таблица 1

Создание пионерских интегральных микросхем

Фирма	Texas Instruments, США			Fairchild, США		НИИРЭ, РЗПП, СССР P12-2, с. 102 и модули «Квант», с. 116 P12-5, с. 103 и модули «Квант», с. 117			
	Макет	Типе 502	SN-51	Макет	Micro-logic	ТС-233	P12-2	P12-5	Квант
Изделие	Макет	Типе 502	SN-51	Макет	Micro-logic	ТС-233	P12-2	P12-5	Квант
Функция	1. Генератор, 2. Триггер	Триггер	Серия ИС	Триггер	Серия ИС	«2И-НЕ»			8 модулей
Идея	24.07.1958	-	-	29.1.1959	-	05.1960	-	1963	1961
Автор идеи	Килби			Нойс	-	Реймеров	-	Реймеров	?
Гл. конструктор	-	-	-	Ласт	Норман	Ляхович	Ляхович Осоки	Ляхович	Ляхович
Материал	1. кремний, 2. германий	Кремний		Кремний		Германий			Микроплата
Макеты	1. 28.08.1958, 2. 19.09.1958	-	-	26.5.1960 и 08.1960	-	-	-	-	1961
Образцы	-	03.1959	-	27.9.1960	-	06.1960* 03.1961**	-	Лето 1963	1962
Анонс	6.03.1959	04.1960, ц. \$450	10.1961	-	03.1961, 10.1961	10.1960 Калмыков и Шокин	-	-	-
1-я партия	-	Лето 1961, ц. \$450	1961	-	1961	1961***, 500 шт.	1962 г.***, 15 000 шт., 32 руб.	-	1962
Серия	-	-	с 1962	-	с 1962	-	1962-1995		1963 – 1995
Патент	Килби № 3138743 от 06.1964 г. и др.		Патентная война 1962-1966 гг	Нойс № 2981877 от 07.1959 г. и др.		Реймеров Л.И. [9]: АС № 24861 от 8.03.1962 заявка 1960 Осокин и др. [10]: АС 248847 от 18.07.1969 заявка 1234531/26-9 от 12.04.1968			?
* - Изготовитель – ЛОЭП «Светлана			** - Изготовитель – НИИ РЭ			*** - Изготовитель – РЗПП			

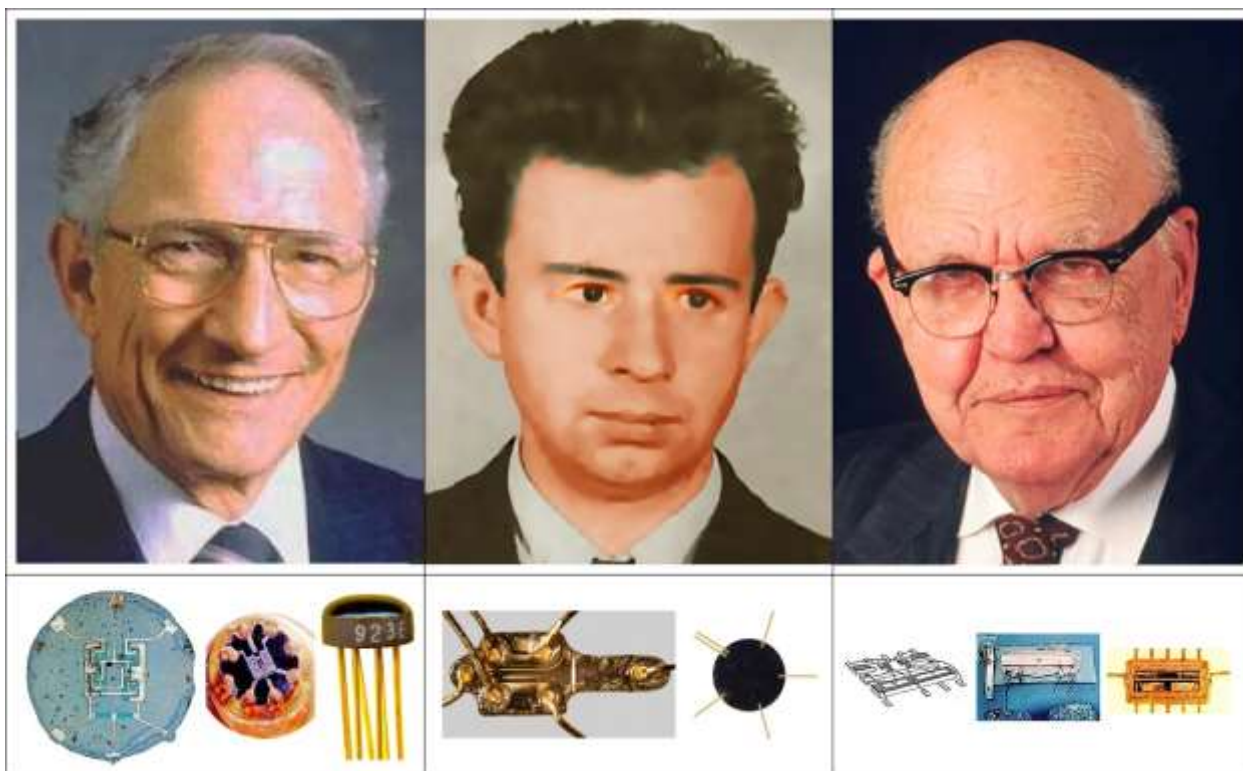
Я же считаю, что эта тройка поделила первое место среди создателей мировой микроэлектроники.

Но их вклад не равноценен, на фотографии в рис. 18 я разместил их в порядке убывания приоритетов: Р. Нойс, Л. Реймеров и Дж. Килби. Поскольку Нойс создал перспективную конструкцию и технологию, Реймеров – серийноспособную и долго выпускаемую ИС, а Килби – не пригодное для производства изделие, от которого его фирме TI пришлось отказаться. Если бы он не работал в TI, о его изобретении никто бы не узнал, как о ряде других авторов, сделавших свои версии ИС и получивших патенты ранее Килби, но, как и его ИС "Type 502", не нашедшие развития. Некоторые из них выше упомянуты. Но, как, к величайшему сожалению, бывает в жизни, именно Килби получил всемирную известность и Нобелевскую премию.

Но так или иначе, каждый внёс свой пионерский вклад в создание мировой микроэлектроники. Они зачинатели и пионеры процесса, они его герои. А героев надо знать в лицо, и видеть результаты их трудов (рис. 18).

А нам остаётся зафиксировать, что в 1962 г. началось серийное производство ИС в США и СССР.

Началась эра микроэлектроники.



18. Пионеры микроэлектроники Р. Нойс, Л.И. Реймеров и Дж. Килби

Разработки НИИ-35

Попытки создания отечественных ИС на германии осуществлялись коллективом Б.В. Малина в НИИ-35 с 1959г. Они не закончились созданием ИС, поскольку к окончанию этих работ предпочтение было отдано кремнию, обладающему рядом преимуществ, но ранее в стране не освоенном. Дело в том, что одновременно с 1959 года на предприятии разрабатывалась кремниевая планарная технология, сначала для изготовления транзисторов, а затем она была развита и для изготовления ИС.

В 1961÷1962 гг. Б.В. Малин (рис. 19) с группой коллег проходил стажировку в США (результат короткой «хрущёвской оттепели», закончившейся карибским кризисом в октябре 1962 г.). Оттуда он привёз 6 кремниевых ИС серии SN-51 ф. Texas Instruments.

Как вспоминает Б.В. Малин [11], по приезду, осенью 1962 г. состоялась демонстрация ИС А.И. Шокину:

«Он выслушал доклад, посмотрел на схему в микроскоп и сказал: «Воспроизвести 1:1, без всяких отклонений. Даю вам срок 3 месяца». Я, по молодости, не выдержал и рассмеялся. «Вы чего смеётесь? Отвыкли от наших темпов у там себя в Америке? Я член ЦК, сказал: «Воспроизвести» – значит воспроизведём! А вы, чтобы не смеяться, будете у меня главным конструктором и будете мне каждый месяц докладывать на коллегии».

Потом, подумав немного, А.И. Шокин всё-таки спросил: «А сколько, вы считаете, надо?» Мы ответили, что надо 3 года. Кончался 1962 год. Действующие схемы из НИИ-35 были А.И. Шокину продемонстрированы в 1965 году, ... серийный выпуск освоен на Фрязинском опытном заводе с военной приёмкой в 1967 году».

Так в МЭП-е началось прямое «воспроизводство» ИС. На том, что такое «воспроизводство» мы остановимся далее.

Разработка в Таганрогском радиотехническом институте (ТРТИ).

Есть и другие версии создания «первых» отечественных ИС с географией от Ленинграда до Новосибирска и Таганрога. Но, в основном, это декларации без содержательных подтверждений. За которыми (как и у описанных выше зарубежных предшественников) промышленного развития не



Рис. 19. Борис Владимирович Малин

последовало. Они могут иметь локальную ценность, но в создании мировой и отечественной микроэлектроники существенного значения не имеют.

Для примера рассмотрим разработку твёрдой схемы в ТРТИ. О ней я узнал из публикации в журнале «Электроника-НТБ» статьи Е. Механцева «Об одном полузабытом событии (К пятидесятилетию микроэлектроники)» [12]. Привожу её текст с небольшими сокращениями несущественных для нас фрагментов:

«Весной 1958 года в ТРТИ на должность заведующего кафедрой конструирования и производства РЭА (КиПРА) был избран Л.Н. Колесов (рис. 20). ... Сохранился уникальный документ, который Л.Н. Колесов представил весной 1958 года коллективу кафедры. Это – "Проект направления" исследовательских работ, содержащий формулировку целей, постановку задачи ... формулировки конкретных тем, предназначенных для персонального выбора сотрудниками. Общий смысл документа в современных терминах оценивается однозначно: это предложение направления работ по микроэлектронике. ... Л.Н. Колесову удалось добиться совместного решения Минвуза РФ и Ростовского Совнархоза об организации в ТРТИ отраслевой научно-исследовательской лаборатории (ОНИЛ) с задачей разработки методов создания малогабаритной радиоаппаратуры. Совместный приказ ведомств вышел 24 декабря 1958 года.



Рис. 20. Леонард Николаевич Колесов

... с 1959 года в ОНИЛ были сформированы и начали работу три сектора: ферритов, полупроводниковых печатных схем и "твёрдых схем". В их штат вошли лучшие дипломники и выпускники института, возглавили работу секторов преподаватели кафедры, а участвовали практически все сотрудники кафедры.

Остановимся на работе сектора "твёрдых схем", хотя в первые годы коллектив кафедры и ОНИЛ представляли, по сути, единое целое. Сектор возглавил и.о. доцента кафедры В.Г. Адамчук, его "правой рукой" был талантливый инженер П.Е. Фомичёв. В качестве первого объекта для возможной реализации методом "твёрдых схем" была выбрана ячейка диодно-транзисторной логики на германии, выполненная методом вплавления индиевых (образующих рп-переход) и оловянных (омические контакты) электродов.

Конструктивно она напоминала ячейку генератора, предложенного Д. Килби. На этой ячейке можно было реализовать и другие функциональные узлы (рис. 21).

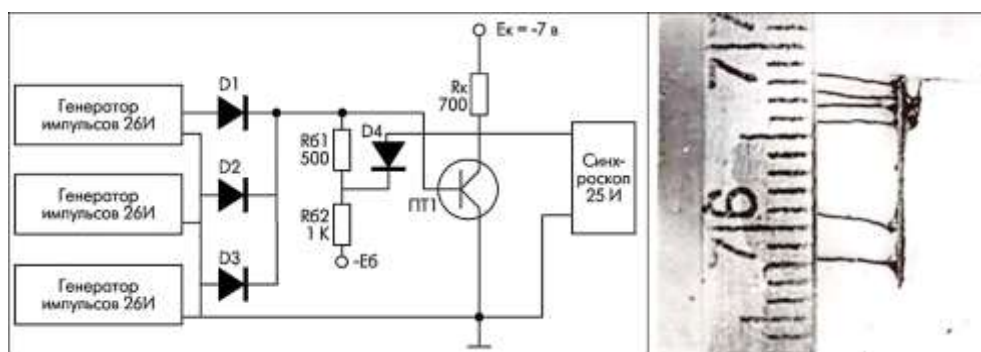


Рис. 21. Электрическая схема и кристалл Твёрдой схемы

На подготовку условий для проведения первых опытов ушёл 1959 год, первые практические результаты были получены в 1960-м.

Исследование полученных структур уже не представляло сложностей для радистов, имевших минимальную аппаратуру. Результаты были оформлены в отчёте по теме: "Разработка новых технологических методов производства узлов радиоэлектронной аппаратуры на основе физики твёрдого тела", подготовленного в 1961 году.

Таким образом, к 1961 году в ОНИЛ ТРТИ была создана первая в стране функционирующая "твёрдая схема" на германии. Непосредственно этой работой руководил В.Г. Адамчук. Кроме коллектива сектора "твёрдых схем" ОНИЛ, созданию первой действующей микросхемы в России

прямо или косвенно способствовал весь коллектив кафедры КиПРА и ОНИЛ, возглавляемый Л.Н. Колесовым, по инициативе которого и был выполнен весь комплекс работ. К сожалению, в условиях вуза организовать производство подобных изделий не представилось возможным, но резонанс среди научной общественности, и не только вузовской, это событие вызвало немалый.

Практически сразу после получения первых результатов, а именно в марте 1962 года, в ТРТИ была проведена первая межвузовская научно-техническая конференция по миниатюризации радиоэлектронной радиоаппаратуры под эгидой Минвузов СССР и РСФСР, и НТОРиЭ имени А.С. Попова. Сообщение об итогах этой конференции было опубликовано в четвёртом выпуске журнала "Известия ВУЗов. Радиотехника" за 1962 год. В работе конференции приняли участие 530 представителей вузов, научно-исследовательских институтов и предприятий, было заслушано 60 докладов и сообщений, в том числе доклады Л.Н. Колесова и В.Г. Адамчука, раскрывавшие конкретное содержание проводимой в институте работы и её результаты. Осенью 1962 года ТРТИ утвердили головным институтом в системе вузов по направлению "Создание микроэлектронной аппаратуры высокой надёжности и автоматизация её производства". Одновременно Минвузом был создан совет по координации работ в этой области во главе с Л.Н. Колесовым. В совет, в частности, вошли И.П. Степаненко (МИФИ), К.В. Шалимова (МЭИ), В.Н. Дулин (МАИ), Ю.П. Ермолаев (КАИ), П.В. Павлов (ГТУ) и другие представители вузов.

Наконец, приказом Минвуза от 24 сентября 1962 года в ТРТИ была организована первая в институте проблемная лаборатория по микроэлектронике с численностью госбюджетных сотрудников более 100 человек и соответствующим финансированием.

Все эти факты свидетельствовали о признании научной общественностью актуальности проделанной работы, а также о её достойном уровне [12].

Таким образом, ТРТИ, хотя реально не был первым, внёс свой немалый вклад в распространение в стране идеи микроэлектроники и в подготовку соответствующих кадров.

По-видимому, были в стране и иные подобные инициативные проекты, к сожалению, забытые. Интересно было бы их собрать.

В частности, мне вспоминается сообщение о разработке (предположительно в ЛЭТИ) ГИС на стекле, но ни в своём компьютере (помнится сохранил сообщение), ни в интернете я его не нашёл. Было бы интересно узнать о нём и о других возможных вариантах.

Итог

Итак, мы установили, что серийное производство ИС в СССР и США начали одновременно, в 1962 г.

Значит ни о каком отставании СССР от США в начале серийного производства и практического применения полупроводниковых ИС речи быть не может.

Начали мы одновременно.

Но ликовать всё же не приходится, поскольку планарно-эпитаксиальная технология Нойса оказалась значительно перспективнее нашей, весь мир, в т.ч. и СССР, развивался и развивается поныне по им проложенному пути.

В этом мы от США, точнее от Нойса, отстали. Как и все другие фирмы США и мира.

Но на сколько?

Серийное производство ИС ф. Fairchild Нойса начала в 1962 г., а наш Микрон – в 1965 г.

Значит в планарно-эпитаксиальных ИС мы сначала отставал на 3 года.

Далее это отставание, в основном, сокращалось. Иногда совсем, иногда выходили в лидеры, иногда отставали. Но в целом соответствовали мировому уровню. Об этом прекрасно сказал академик АН СССР и РАН, лауреат Нобелевской премии Ж.И. Алфёров:

«В 1970-1980-е годы существовало только три страны с развитой электроникой: США, Япония и СССР. Но по многим направлениям советская электроника занимала передовые позиции. ... Советская военная электроника конкурировала только с американской и по некоторым системам превосходила её» [13]. А с тех пор и поныне микроэлектроника – основа электроники.

Но это позже.

А изначально, с 1962-го года ИС Р12-2 и модули Квант на её основе в течение этих трёх и тридцати последующих лет серийно производились и широко применялись.

Значит продукция микроэлектроники в СССР, как и в США, поставлялись потребителю с 1962

г. Отставания в применении микроэлектроники, причём своей, в СССР не было. Чужой, в условиях санкций тех лет, нам не поставляли.

Однако всегда мы проигрывали в объёмах производства, но это другой аспект проблемы, порождаемый технико-экономической политикой в стране.

Приоритеты

Приоритет авторов ИС закреплён патентами США Дж. Килби (№3138743 от 06.1964 г.), Р. Нойса (№ 2981877 от 07.1959 г.) и Авторским свидетельством СССР Л.И. Реймерова АС № 24861 от 8.03.1962 (первый из нескольких) [9].

Справедливости ради нужно отметить, что у Осокина и его коллег также было Авторское свидетельство АС 248847 от 18.07.1969 на изобретение своей модификации ИС P12-5 [10], что погасило моё удивление высочайшей скорости их разработки микросхемы (с весны до начала осени).

В 2000 г. Дж. Килби за изобретение ИС стал одним из лауреатов Нобелевской премии, одновременно с Жоресом Ивановичем Алфёровым. Р. Нойс не дождался мирового признания, он скончался в 1990 г. (по положению Нобелевская премия не присваивается посмертно). А работы Реймерова - Ляховича не только Нобелевским комитетом, но и в нашей стране были забыты и должным образом не оценены, приоритет страны в создании микроэлектроники не защищён. А он бесспорно был.

Изобретение интегральной схемы было неизбежным этапом развития полупроводниковой техники и не удивительно, что почти одновременно идея возникла в головах многих специалистов, между собой совершенно не связанных. А оперативность внедрения новой идеи зависела от технологической оснащённости автора и заинтересованности изготовителя, т.е. от наличия первого потребителя. В этом отношении Л.И. Реймеров оказался в лучшем положении, чем Дж. Килби и Р. Нойс. Килби был новичком в ТИ, не владел полупроводниковой технологией, ему даже пришлось доказывать руководству фирмы принципиальную возможность реализации монолитной схемы изготовлением реальной схемы.

Собственно роль Дж. Килби в создании ИС сводится к перевоспитанию руководства ТИ и в провокации своим макетом Р. Нойса к активным действиям. В серийное производство изобретение Килби не пошло.

Нойс в своей молодой и ещё не окрепшей фирме пошёл на создание принципиально новой планарно-эпитаксиальной интегральной технологии, которая действительно стала основой всей последующей микроэлектроники, но поддалась автору не сразу. В результате его фирме пришлось потратить немало сил и времени для практической реализации серийноспособных ИС. Образцы ИС Килби и Нойса остались экспериментальными, а в серийное производство пошли уже другие приборы, разработанные специально нанятыми схемотехниками, до того отсутствовавшими в полупроводниковых фирмах за ненадобностью.

В отличие от Килби и Нойса, которые были далеки от соответствующего производства, Реймеров и Ляхович опирались на промышленно освоенную полупроводниковую технологию Светланы и РЗПП, и у них были гарантированные потребители первых ИС в виде инициатора разработки НИИРЭ и завода ВЭФ. По этим причинам их ИС сразу пошла в опытное, плавно перешедшее в серийное производство, которое было начато ещё в ходе разработки и непрерывно продолжалось более 30 лет. Таким образом, начав разработку ИС несколько позже Килби и Нойса, Реймеров, Ляхович и присоединившийся к ним Осокин (не зная об этом соревновании) быстро догнали их. Производство своих ИС они начали практически одновременно, в 1962 г. Причём работы Реймерова и Ляховича никак не связаны с работами американцев, свидетельство тому абсолютная непохожесть их ИС и реализованных в ней решений на микросхемы Килби и Нойса. Это даёт полное право рассматривать Реймерова одним из изобретателей интегральной схемы наравне с Р. Нойсом и Дж. Килби, а часть нобелевской премии Дж. Килби было бы справедливо поделить с Реймеровым. Из этой тройцы Килби менее других достоин Нобелевской премии, т.к. его изобретение не нашло реального применения, а изобретатели, даже с патентами, были и до него. Но, по иронии судьбы, именно он её получил. Что же касается изобретения первой ГИС двухуровневой интеграции, то здесь приоритет Ляховича и Пелипенко из НИИРЭ абсолютно бесспорен.

Начало производства

Итак, в 1962 г. к серийному производству ИС приступили три первых в мире изготовителя: Fairchild Semiconductor, Texas Instruments и Рижский завод полупроводниковых приборов. Объёмы

производства в 1962 г. были ещё небольшими и измерялись несколькими тысячами ИС у каждого изготовителя. В 1963 г. ими было изготовлено уже около 600 тыс. микросхем.

Таким образом, 1962 год стал годом рождения микроэлектронной промышленности в США и СССР. Сильнейшим стимулом для развития приборостроительной и электронной промышленности на новой основе в условиях холодной войны явились военная и ракетно-космическая техника, в первую очередь вычислительная техника для них. США не имели тогда таких же мощных межконтинентальных баллистических ракет, как советские, и для увеличения заряда были вынуждены пойти на максимальное сокращение массы носителя, в том числе систем управления, за счёт внедрения последних достижений электронной технологии. Фирма Texas Instruments и Fairchild Semiconductor заключили крупные контракты с военными на разработку и изготовление интегральных схем с министерством обороны, с НАСА, а затем и с рядом изготовителей коммерческого оборудования.

Далее индустрия ИС начала развиваться стремительными темпами. В США начался лавинообразный процесс возникновения предприятий, ориентированных исключительно "под планар", иногда доходило до того, что регистрировались по десятку фирм в неделю. Стремясь к первопроходцам, а также благодаря налоговым льготам и сервису, представляемому Стэнфордским университетом, новички "кучковались" главным образом в долине Санта-Клара (Калифорния). Поэтому неудивительно, что в 1971 г. с лёгкой руки журналиста-популяризатора технических новинок Дона Хофлера в обиход вошёл романтически-техногенный образ "Кремниевая долина", ставший синонимом Мекки полупроводниковой технологической революции в США. Кстати, в той местности действительно имеется славившаяся ранее многочисленными абрикосовыми, вишнёвыми и сливовыми садами долина, имевшая до появления в ней фирмы Шокли другое, не менее романтическое, но более приятное название – "Долина сердечного восторга" (the Valley of Heart's Delight), ныне, к сожалению, почти забытое.

В США в 1966 г. были созданы и первые микросхемы памяти (16 бит), а в 1970 г. ёмкость полупроводниковой памяти для оперативных запоминающих устройств достигла 1024 бит. Логика и память, основа основ компьютерной техники, с первых шагов и навсегда – два главных знамени микроэлектроники. В 1963 г. в США было произведено около 500 тыс. шт. ИС, в СССР – несколько десятков тысяч. Каждый год производство росло в несколько раз.

Подключилась и Европа. Фирма Philips даже изобрела новый класс полупроводниковых структур с инжекционным питанием, ставший на некоторое время весьма популярным, но не выдержавший в конце концов конкуренции с МОП приборами. Активно включились в микросхемную индустрию фирмы Thomson, Siemens и др. Японцы довольно долго поджидали, когда плод созреет. А накопив силы и не растратив их на тупиковые направления, дальневосточные "тигры" в середине 1980-х фактически выиграли японо-американскую полупроводниковую войну. Сначала на одном из главнейших её фронтов – на самом массовом секторе рынка микросхем памяти. А затем и на других фронтах, кроме мощных микропроцессоров, здесь лидерство США сохранялось многие годы.

В 1968 г. Гордон Мур, Роберт Нойс и Эндрю Гроув покинули Fairchild Semiconductor и основали новую фирму - Intel (**I**ntegrated **E**lectronics), разместив её там же (любопытно, что первоначально по типу Хьюллета-Паккарда (первой фирмы в долине) рассматривался вариант названия "Мур-Нойс" (Moore-Noise), но это было отвергнуто: уж очень похоже на "more noise" – "больше шума").

В 1960-х годах наибольшее распространение получили ИС на основе биполярных транзисторов. Начиная с 1975 г. на рынке преобладают цифровые ИС на основе МОП-структур. Преимущества ИС на основе МОП-структур по сравнению с биполярными:

- бóльшая плотность компоновки,
- мёньшее энергопотребление,
- бóльший процент выхода годных.
- высокое быстродействие,
- лучшая технологичность.

В первые годы развития полупроводниковой микроэлектроники было много попыток создания новых технологий, но широкое применение получили только шесть, приведённых в таблице (рис. 22), в которой голубыми кружками помечены характерные для технологии ценные параметры, розовыми – средние, а фиолетовыми – худшие. Размер кружков даёт грубую оценку численного значения параметра.

А в СССР с его жёстким централизованным планированием и «роли личности» новые

капиталоёмкие проекты «развиваться стремительными темпами» могли только по постановлению ЦК КПСС и СМ СССР, для организации выхода которого нужно было много потрудиться без гарантии на успех. Такое постановление по развитию микроэлектроники стараниями команды Шокина вышло 8 августа 1962 г.

На первых годах развития отечественной микроэлектроники мы остановимся далее, но прежде, забегая несколько вперёд, рассмотрим её место в различных видах продукции и её роль в развитии науки, производства, в жизни отдельных людей и общества в целом.

Характеристика	Технология					
	МОП			Биполярная		
	P-MOS	K-MOS	N-MOS	П ² Л	ТТЛШ	ЭСЛ
Плотность компоновки	●	●	●	●	●	●
Быстродействие	●	●	●	●	●	●
Температурный диапазон	●	●	●	●	●	●
Себестоимость	●	●	●	●	●	●
Потребляемая мощность	●	●	●	●	●	●

Рис. 22. Качественное сравнение технологий

О микроэлектронике

Микроэлектроника – это комплексная отрасль науки и техники, включающая интегральную электронику (микросхемы и микроприборы в спектрах микро- и нанометровых топологических размеров), особо чистое материаловедение, особо прецизионное сложнейшее технологическое оборудование, многоступенчатые и сверхточные интегральные технологии и специально подготовленные кадры.

Почти ничего из существующих ранее технологий, материалов, технологического оборудования для микроэлектроники не годится, всё приходилось создавать заново. Создавать самим, поскольку ничего купить было ещё не у кого – за рубежом всё это создавалось почти одновременно с нами, себе ещё не хватало. И купить было нельзя – в условиях жесточайшей холодной войны что-либо стратегически важное (а микроэлектроника – особо важное) продавать СССР и его союзникам запрещалось. Таковы были тогда «санкции».

Микроэлектроника, стремительно развиваясь, всё шире и глубже проникала во все виды электронной техники, а они во всё более широкий спектр различных видов человеческой деятельности (рис. 23).



Рис. 23. Место микроэлектроники в электронной технике

Поэтому микроэлектроника быстро превратилась в особую, базовую область науки и техники, определяющую уровень развития других отраслей. Ни одна из отраслей науки и техники не оказала столь революционного и столь стремительного влияния на развитие человеческого общества, как микроэлектроника.

Практически с её появления уровень развития человеческой цивилизации в решающей степени зависит от того, сколько транзисторов микроэлектронике удаётся разместить в кристалле микросхемы.

После того, как это число превысило 1 миллион, появилось понятие "Информатика".

Уже с первых лет производства ИС проявились некоторые специфические особенности производства и применения изделий микроэлектроники. Главная из них – надёжность аппаратуры на основе ИС в равной степени зависит от двух основных факторов:

- от качества проекта и производства ИС,
- от качества применения ИС – от соблюдения разработчиками аппаратуры более сложной и более жёсткой системы требований к режимам работы ИС по сравнению с привычными для них тогда требованиями к дискретным ИЭТ.

Понимание этого пришло не сразу. В первые годы серийного производства ИС потребители часто предъявляли обвинения Минэлектронпрому в низком качестве ИС, приводящем к отказам аппаратуры. При разбирательствах в подавляющем большинстве случаев действительно имевшие место отказы были вызваны нарушениями разработчиками аппаратуры режимов работы ИС, установленных их Техническими условиями¹⁰. При приведении режимов в соответствие нормам ТУ отказы прекращались.

В связи с особой важностью этой проблемы, привожу высказывание В.М. Пролейко [14], в 1963 – 1968 гг. руководителя Главной инспекции по качеству, а в 1968 - 1985 начальника Главного научно-технического управления МЭП, т.е. человек весьма осведомлённый.

О проблеме правильности применения ИС

В.М. Пролейко:

«Главный инженер управления ГКЭТ по полупроводниковой электронике (1961-1965), заместитель директора НИИ «Пульсар» по научной работе (1965-1982) Я.А. Федотов в статье «Полвека отечественной транзисторной электронике» писал: «К 1959 году необходимость создания промышленности по крупносерийному выпуску полупроводниковых приборов уже не вызывала сомнений. Первый шаг в этом направлении – спешное преобразование ряда спичечных, макаронных, швейных фабрик, техникумов и ателье бытового обслуживания в полупроводниковые предприятия. Однако, действительно серьёзная работа по развёртыванию отечественной полупроводниковой промышленности началась в 1961 году, когда был создан Госкомитет по электронной технике во главе с А.И. Шокиным. Эту задачу удалось выполнить менее чем за пять лет, несмотря на инертность Совнархозов, эмбарго на многие виды оборудования, недостаток средств и непригодность передаваемых ГКНТ помещений для основного производства».

Проблема серийного производства полупроводниковых приборов состояла не столько в перестройке непригодных фабрик и ателье, сколько в отсутствии квалифицированных кадров для производства и полном непонимании руководителями Совнархозов специфики полупроводникового производства.

Уже в 1962 году, по указанию председателя ГКЭТ А.И. Шокина, квалифицированными специалистами по полупроводникам было составлено руководство «Типовые технологические процессы производства полупроводниковых приборов».

Текст этого руководства, за подписью А.И. Шокина был направлен лично руководителям Совнархозов, на территории которых создавались заводы по производству полупроводниковых приборов и директорам этих заводов.

В 1963 году я (В.М. Пролейко) был неожиданно для себя назначен руководителем Главной инспекции по качеству продукции с правами остановки производства при нарушении технологических процессов, изложенных в «Руководстве...»

¹⁰ «Технические условия (ТУ) являются неотъемлемой частью комплекта конструкторской или другой технической документации на продукцию, а при отсутствии документации должны содержать полный комплекс требований к продукции, её изготовлению, контролю, приёмке и применению» (ГОСТ 2.114-95).

Комиссию по контролю соблюдения технологии возглавлял специалист по полупроводниковым технологиям В.А. Фомин, перешедший в Инспекцию с таллинского завода полупроводниковых приборов. Результаты работы Комиссии в довольно частых случаях остановки производства за подписью А.И. Шокина также направлялись руководителям Совнархозов, а на такой завод направлялись группы специалистов, для оказания заводу помощи.

Второй, не менее острой проблемой, была необходимость выполнения правил по применению в электронной аппаратуре полупроводниковых приборов, изложенных в утверждённом ГКЭТ в 1963 году «Руководства по применению полупроводниковых приборов».

Нарушения режимов применения полупроводников в активно создаваемой в 60-е годы различной аппаратуре было связано с недостаточными знаниями радистов специфики полупроводниковых приборов, а ведомственные интересы, при этом, приводили к серьёзным межотраслевым конфликтам.

Особенно часто такие конфликты между ГКЭТ – МЭП и потребителями возникали по жалобам в Правительство от ВВС (маршал В.А. Судец), но наиболее острая ситуация возникла после обращения к Н.С. Хрущёву в 1964 году С.П. Королева, квалифицировавшего причину неудачного запуска ракеты Р-7 отказом транзисторов в системе управления ракеты. Понимая сложность научно-технических проблем выработки оптимальных условий применения электронных приборов в аппаратуре различного назначения, А.И. Шокин создал в ГКЭТ – МЭП Центральные бюро применения для основных видов электронных приборов (ЦБП).

Причину отказа системы управления ракеты Р-7 установили мы с руководителем ЦБП полупроводниковых приборов Г.А. Лейкиным, по срочному указанию А.И. Шокина выехавшие на опытный завод НИИ-885, производящий эти системы. Она состояла в нарушении п. 6.16 «Руководства», предусматривающего ограничение рабочих токов транзистора не выше 0,7 от предельной величины. В обследованной аппаратуре значение тока, протекающего через транзистор, превышало предельное значение более, чем в 1,2 раза. Научный руководитель НИИ-885 академик М.С. Рязанский утвердил протокол обследования, и конфликт С.П. Королёв – Н.С. Хрущёв – А.И. Шокин был исчерпан.

Подобных примеров в первые годы создания полупроводниковой аппаратуры было немало. Однако решающим фактором в развитии отечественной полупроводниковой промышленности были действия министра электронной промышленности А.И. Шокина по созданию собственного полупроводникового и вообще электронного материаловедения и машиностроения.

Специфика советской промышленности состояла, в частности, в том, что министры металлургической, химической, станкостроительной, приборостроительной и других отраслей промышленности, будучи, по определению, руководителями государственного уровня, первым приоритетом в своей деятельности определяли отраслевые интересы.

Смысл названия книги А.А. Шокина о своём отце – «Министр невероятной промышленности» определён, исходя из этой, странной для разумного общества, ситуации.

В электронной промышленности создаются научно-производственные комплексы по созданию и производству специальных материалов для электроники, электронного машиностроения, испытательного оборудования, измерительного и приборостроительного машиностроения и т.д.

Главное научно-техническое управление (ГНТУ) МЭП СССР, которым мне пришлось руководить с начала 1968 по 1985 год, высшим приоритетом всей работы определяло развитие полупроводниковой электроники. Поддержка этого направления ГНТУ реализовывало комплексно, максимально мобилизуя ресурсы для развития НИИ «Пульсар», НИИ «Сатурн», научных коллективов институтов полупроводниковой электроники Зеленограда, Воронежа, Киева, Новосибирска, Томска. При каждом заводе полупроводниковой отрасли были организованы и развивались конструкторские бюро, а в профильных ВУЗах – отраслевые лаборатории. ГНТУ также организовывало работу отраслевых НИИ и КБ с научными организациями Академии Наук СССР и союзных республик.

Уже к середине 1970-х годов отечественная полупроводниковая электроника вышла на уровень лучших мировых достижений, а по некоторым направлениям – превзошла этот уровень.

Это происходило на том этапе, когда отечественная полупроводниковая электроника развивалась в самой мощной в мире электронной фирме – Министерстве электронной промышленности СССР».

Следовательно, причина отказов аппаратуры, особенно на первом этапе создания микроэлектроники, была не столько в низком качестве ИС, сколько в низком качестве их применения. Эта

проблема была общей, и электронная промышленность активно боролась с ней созданием Руководящих технических материалов (РТМ) по применению каждого из видов ИЭТ.

Позже, освоив технологию и культуру применения ИС, потребители отставание своей аппаратуры от мирового технического уровня начали объяснять отставанием ИС, ими же и порождённым, но об этом далее.

А теперь перейдём к истокам Центра микроэлектроники.

ПЕРВОПРОХОДЦЫ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

Энтузиасты отечественной микроэлектроники

История советской микроэлектроники полностью соответствует известному высказыванию рейхсканцлера Германской империи Отто фон Бисмарка: "Русские долго запрягают, но быстро ездят". Действительно, запрягать мы начали одновременно с американцами, разработав свою собственную полупроводниковую интегральную схему Р12-2, не похожую на ИС Килби и Нойса, но ни в чем им не уступающую. Но американцы сразу начали разворачивать массовое производство, образуя для этого все новые и новые фирмы (ныне всемирно известные), создавая принципиально новые материалы, оборудование. Видя очевидную перспективу, денег они не жалели и не прогадали. А у нас, в плановой экономике и с особой ролью личности в ней, организовать принципиально новые предприятия и освоить принципиально новую продукцию было не так-то просто – нужна была высочайшая поддержка. В необходимости вкладывать огромные народные деньги в неочевидное многим начальникам дело нужно было убедить многих высоких чиновников. Задача почти безнадежная. Однако всякое дело имеет успех, если за него берутся истинные энтузиасты. В микроэлектронике они у нас нашлись. Они необходимы и сейчас (об этом далее), но пока их не видно.

В СССР образовалось две группы таких энтузиастов, первопроходцев-организаторов советской микроэлектроники – в ГКЭТ и Конструкторском бюро №1 (КБ-1, позже НПО "Алмаз"). Ещё с первой половины пятидесятых 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 вышеупомянутых микромодулей.

Но к концу десятилетия стало ясно, что нужны более радикальные методы. Вот тогда-то Ф. Лукин и поручил д.ф.-м.н., профессору А. Колосову [15], одному из наиболее активных и грамотных специалистов КБ-1, свободно владеющему тремя иностранными языками, досконально изучить подходы к микроминиатюризации по иностранным и отечественным источникам. В КБ-1 тогда было три главных конструктора сложных систем:

- А. Расплетин – главный конструктор наземных зенитных ракетных противосамолётных систем,
- Г. Кисунько – главный конструктор системы противоракетной обороны
- А. Колосов – главный конструктор авиационных систем для поражения морских, воздушных и наземных целей.

Именно авиационные системы предъявляли наиболее жёсткие требования к микроминиатюризации РЭА и именно А. Колосов был наиболее в ней заинтересован. Результаты этой работы были обобщены в 1960 г. в небольшой монографии А. Колосова "Вопросы молекулярной электроники", которая стала учебником для многих специалистов.

В том же 1960 году Ф. Лукин решил, что пора приступать к практическим работам и поручает их организацию А. Колосову: "Ф. Лукин мне и говорит: "Вы у нас самый подходящий человек, чтобы этими вопросами заняться. Создавайте лабораторию". И вот мы открыли самую первую в СССР лабораторию по микроэлектронике" [15]¹¹.

Лаборатория приступает к активной работе, привлекая к ней многочисленные НИИ и ВУЗы в качестве контрагентов: "В то время (1960-1963 гг.) усилиями А.А. Колосова, ... в ВУЗах

¹¹ В том же 1960 г. лаборатория Е.М. Ляховича в НИИРЭ начинает разработку ТС Р12-2, а в 1961 г. она была развита до специализированного отдела с прямым подчинением гл. инженеру НИИ, в начале 1961 г. отдел микроэлектроники под руководством Б.В. Малина создаётся в НИИ-35 [11], а весной 1962 г. подобный отдел под руководством Ю.В. Осокина создаётся в РЗПП)

финансировались работы по твёрдым схемам, часто проводились научные конференции" [15]. Идеи микроэлектроники начинают распространяться по стране.

Так Ф. Лукин, сам того не подозревая, начал готовить научный задел и кадры для зеленоградского Центра микроэлектроники (ЦМ), который через три года ему предстояло создавать.

В это же время А. Шокин с группой специалистов из НИИ-35 и аппарата ГКЭТ уже пришёл к выводу о том, что необходимо создавать и развивать принципиально новую подотрасль – микроэлектронику. Именно подотрасль, то есть систему НИИ, КБ, опытных и серийных заводов, распределённых по всей стране и решающих все специальные проблемы по созданию и тиражированию изделий микроэлектроники. С 1959 года он направлял в США специалистов для стажировки [14]. И когда А. Колосов обратился к К. Мартюшову (заместителю А. Шокина) с результатами своих работ и предложением о микроэлектронике, он встретил полное понимание. *“Тот идею сразу оценил и предложил организовать в Ленинграде конференцию, куда собрать всех руководителей из МЭП (тогда ГКЭТ) и кое-кого из МРП (Минрадиопром, тогда Госкомитет по радиоэлектронике – ГKRЭ). Так и получилось: я делал вводный доклад, американский грек Ф. Старос – доклад о системах памяти, а Мартюшов председательствовал. Затем нас с ним пригласили к А.И. Шокину. (Кстати, Шокин и Мартюшов — умнейшие люди, все на лету схватывали!). Обсудили проблему и поняли, что для микроэлектроники нужен единый центр”* [15]. Это было в конце 1961 г. Поддержка такой авторитетной тогда в стране фигуры, как А. Колосов, обладатель редкого в СССР звания Главного конструктора первой категории (как С. Королев, А. Туполев, А. Расплетин и др.), была весьма кстати. Она позволяла подкрепить позиции А. Шокина публичным выступлением одного из авторитетнейших радиоэлектронщиков страны. Конференция прошла удачно, идея создания новой подотрасли и Центра микроэлектроники в виде решения конференции была распространена по нужным адресам.

Об "американском следе"

На личностях упомянутого "американского грека" Филиппа Георгиевича Староса, директора ленинградского КБ-2, и его заместителя Йозефа Вениаминовича Берга следует остановиться отдельно. С середины 1980-х годов вокруг этих имён сложились ложные мифы об их исключительной роли в создании советской микроэлектроники. Распространению мифов способствовало отсутствие описания реальной истории нашей микроэлектроники, неоспоримый факт их участия в этой истории, ореол таинственности происхождения Ф. Староса и И. Берга. Сыграло роль и то, что многие, как правило, не подозревали, о существовании в стране двух Бергов: ленинградского Йозефа Берга (о нем мы ещё поговорим) и москвича адмирала и академика Акселя Ивановича Берга, многое сделавшего для становления отечественной радиоэлектроники и кибернетики. В результате эхо славы о делах академика непроизвольно переносилась на ленинградского однофамильца и его коллегу Ф. Староса (они всегда воспринимались парой), способствуя распространению легенд об их исключительности.

Отцы-основатели микроэлектроники, истинные герои её создания, описания истории потомкам не оставили – многое в ней тогда было секретным, да и времени у них всегда не хватало, работали на износ. Нашлось оно у "бывших наших", они и заполнили вакуум, естественно, героями мнимыми.

Марк Кучмент, советский физик эмигрировавший в США, историк науки в Гарвардском Русском исследовательском центре, *"в течение многих лет слышал от советских учёных, эмигрировавших в США, истории о двух иностранцах по имени Старос и Берг. Кучмент потратил восемнадцать месяцев, пытаясь понять, кто такой Старос"* [16]. В 1983 г., прочитав о Розенбергах, он предположил идентичность Староса и Берга и скрывшихся коллег Ю. Розенберга – Альфреда Саранта и Джоуэла Барра. Версию подтвердил Генри (в СССР – Генрих) Фирдман, эмигрировавший из СССР в 1981 г. В 1960÷70 гг. он работал в ленинградском СКБ-2, директором и главным инженером которого были Ф. Старос и И. Берг. В фотографии Саранта он опознал Староса, а в имевшейся у него фотографии Староса сестра Саранта узнала брата.

Первую статью М. Кучмент опубликовал в 1985 г. в журнале "Physics Today" [16], где на основе рассказов Г. Фирдмана сформулировал легенду (назовём её "миф Кучмента"). О том, что создателями советской микроэлектроники и её Центра в Зеленограде были высококвалифицированные американские учёные-электронщики – Альфред Сарант и Джоэл Барр, известные в СССР как Филипп Георгиевич Старос и Йозеф Вениаминович Берг. Статью перепечатал

нью-йоркский эмигрантский русскоязычный журнал "Проблемы Восточной Европы", а её издание – наш журнал "Инженер".

Это была первая информационная "утка", за ней последовали две статьи Фирдмана, две – Кучмента и другие. Постепенно образовалась целая "утиная стая", развивающая миф Кучмента.

Активное участие в этом мифотворчестве принял И. Берг. В 1990-е годы, воспользовавшись беспредельной гласностью, не заботясь о достоверности, он трактовал события многолетней давности в выгодном для себя свете. У него нашлись помощники. Как ни странно, и в Зеленограде. Его выступление [17] вызвало возмущение ветеранов, участников событий [18]. Но самой "жирной уткой" был все извращающий фильм «Жизнь под грифом „Секретно“» из цикла «Новейшая история» (проект Е. Киселева, автор Г. Кричевский) с участием И. Берга, показанный НТВ в ноябре 1999 г. На него последовали обоснованные опровержения [19, 20, 21 и др.], но лживый и оскорбительный для страны фильм продолжает появляться в телевизионном эфире, доступен в Интернете.

Не оставил без внимания легенду и известный писатель Д. Гранин, знакомый с И. Бергом. По мотивам рассказов Берга он написал роман "Бегство в Россию" [22]. Читается роман, как и все у Д. Гранина, интересно, но роман есть роман. Искать в нем историческую достоверность бесполезно – её там очень мало. Хотя мотивы истории А. Саранта и Дж. Бара безусловно прослеживаются.

Таким образом, имеется три основных источника, породивших и развивших миф Кучмента-Берга: Г. Фирдман, М. Кучмент и И. Берг. Эту троицу объединяет то, что, прожив большие части своих жизней в СССР, они не смогли реализовать в нем свои амбиции. Такие люди ищут оправдание личных неудач во внешних причинах, обвиняя окружающую их действительность. Это они и сделали при первой же возможности. Их легенды вызывают удивление, нездоровый интерес непосвященных и возмущение знающих действительный ход событий.

М. Кучменту не удалось раскрыть суть занятий А. Саранта и Дж. Бара в США (рис. 24). Он бросил в мир тезис о двух светилах американской электроники, наголову превосходящих всех советских специалистов. Этот тезис жив до сих пор, хотя никаких данных за него или против долгое время не было (сравнить даты прекращения ими работы по профессии и изобретения транзистора никто не догадался).

Ситуация прояснилась после выхода в 2005 г. в США книги Стивена Юсдина "ИНЖЕНЕРИНГ КОММУНИЗМ: как два американца шпионили для Сталина и основали советскую кремниевую долину" [23] (рис. 25). Главными источниками информации для С. Юсдина были его беседы с И. Бергом в течение 1990-1998 гг., рассекреченные архивы ФБР по группе Ю. Розенберга, воспоминания советского разведчика А. Феклисова, работавшего с группой Розенберга, статьи М. Кучмента и Г. Фирдмана, масса других источников. С. Юсдин провёл огромную работу.

В 1992 г. находясь в Москве С. Юсдин познакомился с И. Бергом, они подружились и эта дружба продолжалась до смерти Берга в 1998 г. Рассказы Берга заинтересовали Юсдина и он пытался написать его биографию. Но в работе он сразу споткнулся о проблему достоверности информации, исходящей от Берга-Барра. "Барр и я начинали работу над его биографией несколько раз, но проект всегда прерывался (в оригинале – "отбрасывал шины"), поскольку его более интересовали фантазии (fantasizing) о том, как события могли и должны были быть, а не то, что действительно происходило" [23]. Книга полна такими фантазиями Берга, хотя наиболее очевидные, вроде его утверждения в фильме Кричевского, что



Рис. 24. Джоэл Барр и Альфред Сарант, 1944 г., Нью-Йорк

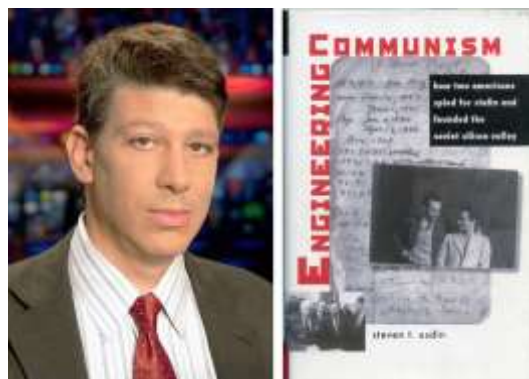


Рис. 25. Стивен Юсдин и его книга

Старос и Берг в Ленинграде разработали первые в мире мини-ЭВМ и персональный компьютер, С. Юсдин отбросил. Но книга полна и конкретными фактами из американской жизни её героев. С. Юсдин оказался добросовестным журналистом, не занимался подгонкой и подтасовкой фактов. Он выложил всю собранную информацию, предоставив читателю возможность делать из неё свои выводы. За что ему огромное спасибо!

В первой части книги описана общественная ситуация в США в довоенный период, в которой росли главный герой книги – Дж. Барр и его однокашники по колледжу, члены Лиги молодых коммунистов, а затем компартии США. Они выросли в бедных еврейских эмигрантских семьях в один из самых мрачных периодов истории США – великой депрессии. Огромная, до 15 млн. человек армия безработных (25-30 % работоспособных). Среди простых американцев слова "капитализм" и "демократия" стали ругательством. Жёсткая этническая сегрегация негров и евреев. Ровесники Барра на собственной шкуре ежедневно испытывали худшие проявления дикого капитализма тех времён. Компартия США стала крупной политической силой в стране. Распространяемая ею пропаганда о социальном рае в СССР, где нет эксплуатации, экономических кризисов и все народы – братья, была весьма привлекательна для молодёжи из окружения Барра. Они были убеждены в неизбежности социалистической революции в США и готовились строить Советскую Америку. В годы Второй мировой войны они работали в фирмах, создававших новейшую военную технику. Они считали несправедливым, что США утаивают новые военные разработки от своего главного союзника во Второй Мировой войне, причём в отличии от США реально и напряжённо воюющего с фашизмом, принявшего на себя главный удар противника. И считали своим долгом восстановить справедливость, всемерно помогать СССР. Именно поэтому они в 1941 г. во главе с Юлиусом Розенбергом объединились в группу инженеров, безвозмездно передававших информацию о новых разработках военной техники советской разведке. В книге подробно рассказывается об истории образования, деятельности и разоблачения группы Розенберга и бегства двух её членов: Дж. Барра и А. Саранта из США.

Во второй части книги описывается история пребывания И. Берга и Ф. Староса в Чехословакии и СССР. В ней, на основе "*фантазий*" Берга, получил развитие миф Кучмента-Берга, а Старос и Берг представлены как "*отцы советской микроэлектроники*". По Бергу-Юсдину все прогрессивные начинания в СССР в областях вычислительной техники и микроэлектроники связаны с инициативами и интеллектом Ф. Староса и И. Берга. А как только наши "*забывистники оттесняли их от дел*", сразу же в делах возникал провал. Здесь хочется заступиться за С. Юсдина. Конечно, американцу из-за океана трудно разобраться в том, что происходило в совершенно другом мире, а И.Берг в своих фантазиях о собственных и своего друга делах часто выглядел очень убедительно не только для американского журналиста, но и для некоторых наших недалёких соотечественников, которые (по басне С. Михалкова) "*... наше хают и бранят, ... с умилением глядят на заграничные наклейки..., а сало... русское едят*".

Но вернёмся к Ф. Старосу и И. Бергу. Кто же они на самом деле? Что они могли и что сделали в действительности? Книга С. Юсдина [23] представляет нам исчерпывающие факты.

Происхождение:

Настоящее имя Иозефа Вениаминовича Берга – Джоэл Барр (Joel Barr). Его родители, украинские евреи Вениамин и Ревекка Збарские в 1905 г. эмигрировали в США, приняв фамилию Вагг. Джоэл родился 1 января 1916 г. в Нью-Йорке. Умер И. Берг в Москве в 1998 г.

Филипп Георгиевич Старос, настоящее имя Альфред Эпеймнondas Сарантопуос – (в США Alfred Eramenondas Sarant), 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.

Образование:

Дж. Барр в 1939 г. закончил городской колледж Нью-Йорка по устаревшей, 10-летней давности программе со степенью бакалавра в электротехнике. В октябре 1945 г. проходит двухнедельный курс в Columbia University, а с августа 1949 г. – один семестр обучения в магистратуре Kungl Technical University в Стокгольме, советская разведка оплатила его учёбу.

А. Сарант в мае 1941 г. окончил Cooper Union's Institute of Technology со степенью бакалавра в электротехнике. В 1946 г. пытается поступить в аспирантуру в учебные заведения Массачусетса, Принстона и Корнелла по специальности "физика", но неудачно. Его сосед "*Дейтон знакомит Саранта с нобелевским лауреатом Г. Безэ (H. Bethe). Безэ отказался*

помочь Саранту поступить в Корнэл, потому что Сарант испытывал недостаток в академических знаниях ... имел средние способности...".

Производственный опыт:

Дж. Барр в 1940 г. – младший чертёжник Управления гражданской авиации, инженер-электрик в Signal Corps Laboratory, откуда в феврале 1942 г. его увольняют за принадлежность к компартии. Март 1942 – октябрь 1945 гг. – младший инженер, инженер-технолог Байонского завода ф. Western Electric. С осени 1946 г. Барр в Sperry Gyroscope. 16 октября 1947 г. его увольняют за сокрытие факта увольнения в 1942 г. за принадлежность к компартии. С этого момента Барр нигде не работает. 21 января 1948 г. он покидает США и путешествует по Франции, Швеции и Финляндии, подрабатывая время от времени игрой на фортепьяно в различных кафе и клубах. Итого стаж 6 лет (были перерывы между работой в разных фирмах), 4 места работы, высшая должность – рядовой инженер-технолог.

А. Сарант 6 месяцев в Western Electric, два года младший инженер-электрик в Signal Corps Laboratory, два года опять в Western Electric и до сентября 1946 г. в Bell Labs. Затем Сарант *"переехал в Итаку¹² и взял работу, помогающую строить циклотрон в корнельском университете, надеясь, что это поможет ему поступить в его аспирантуру"*. Не помогло. Что-то не сложилось в профессиональной карьере Саранта в США: *"Самое ответственное положение, которое он занимал когда-либо, было низкоуровневой технической работой"*, большего достичь ему в США по каким-то причинам не удалось. Но, как показывает его последующая деятельность в СССР, Сарант был по натуре человек деятельный, *"низкоуровневая работа"* его, по-видимому, не удовлетворяла. Поэтому в 1946 г. он бросает свою профессию инженера-электротехника, по-видимому, не видя в ней перспективы, и открывает своё дело – *"в Итаке он занимался малым домашним строительством и ремонтом"*. Итак, стаж работы в США менее 10 лет, из них 4 последние года он занимался строительством. За 6 лет работы по специальности – 4 фирмы. Высшая должность по специальности – *"низкоуровневая техническая работа"*.

Напомним, что официальной датой рождения транзистора общепринято 23 декабря 1947 г. К этому моменту Сарант и Барр уже бросили свою профессию.

Профессиональные наклонности:

Дж. Барр любил классическую музыку и думал о музыкальной карьере. Он *"разрывался между мечтами стать всемирно известным изобретателем, или композитором"*, начал изучение композиции у авангардиста О. Мессиана.

А. Сарант мечтал *"о руководстве новыми областями в электронике или желания стать ядерным физиком"* и четырежды пытался поступить в аспирантуру по специальности "физика". Потерпев поражение, он переквалифицировался в строителя.

Увлечения:

Барр с молодости интересовался *"технологией, соорудил телескоп и любительское радио из добытых частей"*. А друзья *"восхищались механическими способностями Саранта"*.

"Эти два друга постоянно переделывали электронные и механические устройства. Барр придумывал новые, иногда причудливые решения технических проблем, получая функционирующие, но небрежные поделки. Видя, что что-то работало, он переходил к следующему проекту – подробности не были важны. Сарант, делая что-то, не останавливался, пока не получал совершенно отработанный, изящный образец".

Амбиции:

Барр *"разрывался между мечтами стать всемирно известным изобретателем, или композитором"*. Тем или иным, но *"всемирно известным"*. Сарант мечтал *"о руководстве новыми областями в электронике ..."*. Именно *"областями"*. Г. Безэ рассказывал *"Сарант имел средние способности, но был расстроен, что мир не оценивает его таланты"*. Именно *"мир"* и именно *"таланты"*. Иллюстраций их абсолютно необоснованной амбициозности в книге С. Юсдина множество.

Итог:

Дж. Барр и А. Сарант на момент их эмиграции из США были бакалаврами в

¹² Итака: в Греции – остров легендарного Одисея, в США – город в штате Нью-Йорк, в котором расположен Корнельский университет.

электротехнике (не в электронике, что существенно!), с ничтожным производственным опытом в должностях до рядового инженера со средним стажем работы в одной фирме по полтора года. Работа в фирмах по специальности была для них, очевидно, не интересной – они часто её меняли, а затем (в 1946 г. Сарант и в 1947 г. Барр) и вовсе бросили – до изобретения в 1947 г. транзистора. В режиме хобби они имели радиолюбительский опыт. И все. Но оба обладали амбицией на всемирную известность.

Побег в Россию

Читателю, очевидно, интересно, почему Дж. Барр и А. Сарант бежали из США и их хорошо приняли в СССР. Это связано с их работой в шпионской группе Ю. 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, разрабатывающих и производящих 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, в т.ч. Дж. Барр и А. Сарант – 9 165 страниц.

Группа Розенберга передала советской разведке информацию и образец радиовзрывателя, спецификацию SCR-517 самолётного радиолокатора, информацию по самолётному ответчику "свой-чужой", спецификацию SCR-584 наземного микроволнового радара, о первом серийном реактивном самолёте Р-80, спецификацию SCR-720 самолётного навигационного радиолокатора, ночного бомбардировочного прицела, о бомбардировщике "летающая крепость" В-29, кусок урана и несколько эскизов по ядерной программе [23].

По Юсдину провал группы Розенберга определялся ошибками советской резидентуры и расшифровкой в 1946-1950 гг. накопленных в годы войны её шифрограмм. Начались допросы членов группы. Руководство советской разведки пыталось спасти членов группы, готовя варианты их бегства, но большинство этим не воспользовалось. К 1950 г. все 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.

Итак, Дж. Барру и А. Саранту удалось бежать. 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, как по мановению волшебной палочки превратились в крупных светил американской электроники. На них с надеждой смотрели партийные и государственные деятели и ждали научно-технических чудес. 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. И если учесть российский менталитет преклонения перед заграничными авторитетами, порождённый норманнской версией истории России (ложной, но официально принятой) – все станет ясным. Самым таинственным образом прибыли два амбициозных заморских "пророка", умеющие себя подать. С. Юсдин 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"* [23].

Так в 1951 г. новоиспечённые Ф.Г. Старос и И.В. Берг оказались в Праге, где возглавили лабораторию в составе около 30 человек. Два бакалавра с ничтожным опытом "низкоуровневой технической работы" [23], изменившие своей профессии и уже по 3-4 года в ней не работавшие, оказались во главе коллектива, в котором, очевидно, были специалисты с более высокой квалификацией. По-видимому, незнание Старосом и Бергом на первых порах чешского языка с одной стороны мешало им, но с другой позволяло скрыть 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, проявиться которым в США у них не было условий – они оказались хорошими учениками и хорошими организаторами.

В начале января 1956 г. Ф. Староса и И. Берга перевезли в Ленинград, где они

возглавили созданную для них в ОКБ-998 авиапрома 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". Чтобы не путать читателя разными названиями, в статье используем её первое самостоятельное имя – СКБ-2.

Первые три года в Ленинграде Ф. Старос и И. Берг занимаются тем, чем они отличались в Праге – разработкой спиральных потенциометров. Одновременно факультативно 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). Исследовались архитектурные, структурные, схемотехнические, конструктивные и технологические решения. Экспериментальный образец УМ-1 был изготовлен в июне 1959 г., и через месяц показан Д. Устинову, но на показе отказал. Вопреки утверждениям Берга что *"это изделие до сих пор летает"* [24], ЭВМ "УМ-1" никогда не производилась и нигде не применялась, и причина этого не происки чиновников, как в подобных случаях утверждают Берг-Юсдин, а естественная неготовность продукта поисковой НИР-овской работы неопытных людей для серийного производства. Однако министр авиапрома П. Дементьев был разочарован результатом и потерял интерес к нашим героям. Но поскольку Старос начал исследования в области гибридной технологии изготовления ЭВМ, СЛ-11 попала в поле зрения А. Шокина, упорно искавшего новые пути микроминиатюризации РЭА. Поэтому Старос и его СЛ-11 Дементьевым в 1959 г. были переданы в ГКРЭ", превратившись при этом в СКБ-2.

При поддержке А. 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". Эти удачные разработки ЭВМ сыграли важнейшую роль той капли, которая "переполнила чашу" доводов для Н.С.Хрущёва при принятии решения о развёртывании масштабных работ по созданию в стране микроэлектроники.

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

СОЗДАНИЕ ЦЕНТРА МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

Идея Центра микроэлектроники

Идею Научного центра изобретать в те годы не требовалась, она была в СССР всюду. Научные центры создавались в разных регионах страны под разные научные проблемы. Это Дубна, Протвино, Саров и т.п. Кто первым предложил использовать её применительно к микроэлектронике, узнать уже невозможно. Берг говорит, что он и Старос [24], Колосов – что предложение родилось в его беседе с Шокиным и Мартюшовым [15], Малин – что авторы он и его коллеги по НИИ-35 [11], многие говорят – А. Шокин. Объективно Шокин и его окружение были ближе всех к идее Центра микроэлектроники (ЦМ). Во-первых, они уже имели некоторый опыт участия в подобных проектах, например, создав полупроводниковый центр во Фрязино Московской области. Во-вторых, по роду своей работы они были вовлечены во все важнейшие в стране разработки оборонных и промышленных радиоэлектронных систем, и именно их задачей было обеспечение их принципиально новой элементной базой. На поиски путей её создания были направлены все их силы. Но, так или иначе, идея родилась и началась активная работа по её продвижению.

Включился в работу и Старос. В отличие от приехавшего из США не знавшего о транзисторах бакалавра А. Саранта, за более чем десятилетний срок он превратился в высококвалифицированного специалиста и прекрасного организатора, поражающего, как вспоминает Е.И. Жуков, молодых инженеров фундаментальностью и широтой знаний. 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.

Теперь, как утверждает 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" [23].

Идея интересная, но противоречащая тогдашним реалиям и задачам. Хрущёвское разделение (с 1957 по 1965 гг.) промышленности (на отраслевую науку в виде НИИ с опытными производствами в составе Госкомитетов и серийных заводов в составе региональных совнархозов) резало старосовскую суперBell на две части. Кроме того, Старос стремился к созданию вертикально интегрированной фирмы, во всем, кроме выходного продукта (по Юсдину – "миллионы компьютеров") работающей на самообеспечении. Но стране были нужны не только бортовые компьютеры, а и масса других изделий радиоэлектроники, зачастую тогда более важных, чем компьютеры. Получалось, что нужно создавать ещё массу подобных гигантов, каждого со своим полным натуральным хозяйством. Средств на это в стране, все ещё разорённой после войны горячей и втянутой в войну холодную, не было. Старос этого не понимал. Поэтому инновационный Центр по созданию интегральных схем как товарной продукции – унифицированной элементной базы для всей электроники, его не интересовал. Об этом свидетельствует и практическая деятельность Ф. Староса.

Начав заниматься в 1958 г. первым в стране тонкоплёночной гибридной технологией, он так и не создал товарной ИС на её основе. Почему? Ведь он имел реальную возможность ещё в 1958 – 1959 гг. создать первую в стране (а возможно и в мире – момент создания первых гибридных ИС не зафиксирован в истории) гибридную интегральную схему, на 4-5 лет раньше НИИРЭ и НИИТТ. Но товарная ИС его не интересовала. Он пытался на основе тонкоплёночной технологии создать ЭВМ в целом. Это сегодня подтверждают его бывшие сотрудники. К сожалению, образцов или фотографий его первых гибридных микросборок для ЭВМ "УМ-2 или "Узел" не сохранилось. Удалось найти только микросборку 2ЛН071 производства 1977 г. заводом "Катион" в г. Хмельницком, используемую в управлении накопителя "Куб-3" (рис. 26), изготовляемого там же. Но и эта микросборка никому не поставлялась, использовалась только Катионом как комплектующее изделие собственного изготовления. Да и конструкция микросборки на ИС не похожа. Например, транзисторы в ней размещены не на плате с тонкоплёночными элементами, как в гибридных ИС, а в отдельном "пенале" из фольги сбоку от неё (внизу на левой фотографии ИС). Для массового производства, обычного для ИС, эта технология неприемлема.

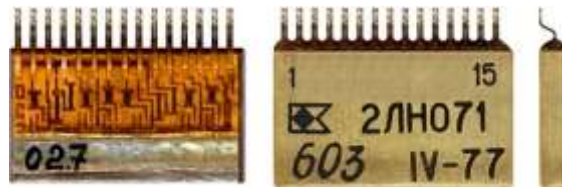


Рис. 26. Тонкоплёночная микросборка разработки СКБ-2

Об особой направленности интересов Ф. Староса по отношению к ЦМ свидетельствует и тот факт, что после выхода постановления он уделял внимание только созданию НИИ Микроприборов (НИИМП) – единственному на тот момент в ЦМ предприятию, тематика которого соответствовала его идее о суперBell. Уже существовавшие в 1964 г. НИИ Точного машиностроения (НИИТМ), НИИ Точной технологии (НИИТТ), НИИ Материаловедения (НИИМВ) и НИИ Молекулярной электроники (НИИМЭ) его не интересовали. Об этом свидетельствует директор НИИМП И. Букреев: "В тот период из первых директоров с ним контактировал только я" [25]. Ещё более категоричен директор НИИТТ В. Сергеев: "О Старосе и Берге. Меня возмущает, когда их называют «отцами» микроэлектроники и Зеленограда. С точки зрения техники их влияние нулевое" [26], естественно, он говорил о НИИТТ. Это прямые свидетельства двух непосредственных участников событий, первых директоров первых предприятий.

Иначе к задаче подходил понимающий жизненные реалии страны Шокин. Отвечая за элементную базу для всех видов электронной аппаратуры, он воплощал идею создания инновационного ЦМ – локально размещённого функционально полного комплекса НИИ с опытными заводами, решающего все специфичные проблемы создания и применения ИС. Главной задачей ЦМ было создание и отработка в опытных производствах новых технологий, новых технологических линий с прецизионным и высокопроизводительным технологическим и контрольно-измерительным оборудованием, новых особочистых материалов и т.п. На их основе в ЦМ должны создаваться интегральные схемы, РЭА и ЭВМ. И все это, после технологической отработки на опытных заводах, должно передаваться для массового тиражирования на

серийные заводы страны. Главным продуктом для ЦМ была товарная ИС. Такой подход вписывался и в совнархозовскую, и в министерскую структуры. Что особо важно, он обеспечивал возможность унификации ИС и всего того, что для их создания нужно. Тем самым затраты на создание и развитие микроэлектроники уменьшались в разы. С таким подходом страна, поднажившись, справиться могла, и справилась.

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

Нашлось и место 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.). Строительством занимались разные ведомства и сложились явные диспропорции: массово возводилось жилье, и практически ничего не было сделано по промышленному строительству – построено три школьных здания (рис. 27).

Подготовка

Такие масштабные работы, как создание научного центра, выполнялись только на основании постановления ЦК КПСС и Совмина СССР, а для этого 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 – противников и неверующих было немало. Шокин использовал все возможные средства для расширения круга сторонников. Это и выступления на различных совещаниях и конференциях, и проведение специальных мероприятий, и статьи А. Шокина в центральной прессе, и многое другое. Выступления Ф. Староса были не "гласом вопиющего в пустыне", как представляют Юсдин-Берг, а голосом в хорошо дирижируемом хоре, и дирижёр в нем – А. Шокин. Проект постановления был результатом напряжённой работы команды единомышленников из аппарата ГКЭТ, ВПК, ЦК КПСС, специалистов НИИ-35, СКБ-2 и других предприятий ГКЭТ. Главной базой для подготовки постановления и всех сопутствующих документов, плакатов и экспонатов стал НИИ-35. В работе участвовали также специалисты СКБ-2 во главе с Ф. Старосом. Курировали подготовку В.Н. Малин (заведующий общего отдела ЦК КПСС, отец Б.В. Малина из НИИ-35), И.Д. Сербин (заведующий оборонного отдела ЦК КПСС) и Г.А. Титов (первый зам. председателя Военно-промышленной комиссии – ВПК). В начале 1962 г. А.И. Шокин добился согласия Н.С. Хрущёва на проведение небольшой выставки с докладом в перерыве заседания Президиума ЦК КПСС. Следовательно, Хрущёв идею уже воспринял и с ходу не отверг. Мероприятие состоялось, и он согласился на дальнейшее рассмотрение предложения. Более того, не просто согласился, но, похоже, уже выделил для себя проблему микроэлектроники как важную.

Об этом свидетельствует история строящегося с 1958 г. в районе Крюково нового города для выведения в него из центра Москвы промышленных



Рис. 27. Первые производственные здания в Спутнике: «школа швейников (корпус "Ш")» и «школа металлистов (корпус "М")».



Рис. 28. Н.С. Хрущёв и И.Е. Рожин [Музей].

предприятий. Вот как об этом рассказывал первый архитектор Зеленограда Игорь Евгеньевич Рожин (рис. 28):

«В течение трёх лет велось строительство. Сооружались инженерные коммуникации, водозаборные узлы, очистные сооружения, построили даже первый жилой микрорайон. Но ни одно предприятие не желало сюда переезжать. Поэтому судьба нового города была неясной.

И вот на одной из выставок строительных проектов в Моссовете появился Никита Сергеевич Хрущёв. Проект города ему понравился. Но я, рассказывая о нашем проекте, сказал, что мы рискуем построить город-спальню. Он подумал и спросил: «А об электронике вы не думали?» Естественно, тогда мы об этом не думали, хотя электроника входила в моду и о ней много говорили, только не относительно Зеленограда. Находившиеся рядом с 1-м секретарём ЦК КПСС его референты зафиксировали нашу беседу.

Дней через десять мне позвонили из Министерства электроники и сказали, что со мной хочет побеседовать сам министр А.И. Шокин. В беседе со мной он сказал, что есть предложение начать строительство предприятия микроэлектронной промышленности. Через несколько дней мы встретились и отправились осматривать будущие строительные площадки.

Был прекрасный тёплый день. Мы ходили по территории будущего города, начав осмотр со стороны дер. Малино. Александру Ивановичу очень понравилось это живописное место. Помню поле овса с васильками, по которому мы гуляли, сняв пиджаки. Уехал А.И. Шокин, как я понял, приняв решение. И вот только тогда начались разговоры о строительстве предприятий микроэлектроники.

Мне иногда задают вопрос, как я оцениваю роль Ф. Староса и И. Берга, которых выдают за родоначальников отечественной микроэлектроники. Но я их не встречал и не видел. Думаю, что и Игорь Александрович Покровский их не видел. Этот процесс шёл как-то параллельно, не затрагивая вопросы архитекторов¹³» [27, 28].

Это событие окончательно разрешило одну из главных на тот момент проблем – о месте размещения планируемого Шокиным инновационного Центра микроэлектроники.

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, И. 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) технологий.

Для окончательного решения нужно было, чтобы “сошлись вместе” Н. Хрущёв и микроэлектроника с демонстрацией её преимуществ на понятном ему особо важном примере. И Шокин такую ситуацию создал. 4 мая 1962 г. в Ленинграде планировалось совещание с участием Хрущёва по проблемам судостроения, а одной из важнейших проблем была бортовая РЭА, в том числе её массогабаритные характеристики. В это время в СКБ-2 Ф. Староса завершались разработки экспериментальных образцов управляющей ЭВМ “УМ-1НХ” на основе транзисторов и бортовой ЭВМ “УМ-2” – первый опыт применения гибридной технологии, т.е. было что показать главе государства (рис. 29).

“А.И. Шокин применил весь свой организационный опыт и аппаратное искусство, задействовал старые связи с “судаками” 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” [29].

Специально для визита был разработан и изготовлено несколько образцов миниатюрного радиоприёмника с использованием популярных тогда у радиолюбителей (а радиолюбительство было повальным увлечением) источника питания и телефона от слуховых аппаратов. Длинноволновый микроприёмник был сделан из миниатюрных деталей и размещался за ухом. Он ловил всего две местные станции, но Хрущёву его противопоставили уже много лет выпускаемому всеволновому ламповому радиоприёмнику “Родина” (рис. 30).

¹³ Этот фрагмент взят из статьи И.Е. Рожина в сборнике трудов Зеленоградского музея. В 2003 г., к 45-летию Зеленограда, эта же статья с мелкими изменениями и некоторыми сокращениями, под названием «И.Е. Рожин. Захотелось среди зелёного леса построить белый город» была опубликована в сборнике [27]. Абзац о Старосе и Берге (последний в приведённой цитате) по какой-то причине из неё изъят.



Рис. 29. В КБ-2. В раздумьях о том, как встретить Н. Хрущёва. Сидят, слева-направо: Ф.Г. Старос, А.И. Шокин, Г.А. Титов (первый зам. председателя ВПК). Стоят Г.Р. Фирдман (первоисточник "мифа Кучмента"), М.П. Гальперин, А.Л. Писаревский, В.Е. Панкин.
Фотография М.С. Лихачёва из семейного архива И.Г. Титовой.
На обратной стороне рукой М.С. Лихачёва написано: "апрель 1962 г.".



Рис. 30. Радиоприёмники «ЭРА-2М» и «Родина», справа – в одном масштабе

Блок полупроводниковой логики ЭВМ "УМ-1НХ", спрятав другие блоки (рис. 31), поставили на отдельный стол и предъявили Н. Хрущёву как настольную ЭВМ – явление тогда в мире невиданное. Производство полупроводниковой аппаратуры тогда только начиналось и её образцы ещё были мало известны неспециалистам. "Настольная"



Рис.31. ЭВМ "УМ1-НХ" – «настольный» и серийный варианты

УМ-1НХ и радиоприёмник резко контрастировали по габаритам с общеизвестными тогда ламповыми приборами, а это понятно далёким от техники большим начальникам.

Как видим, оба экспоната представлялись Н. Хрущёву весьма некорректно, но "потёмкинские деревни" на Руси всегда имели успех. А миф о "первой в мире настольной ЭВМ" живёт до сих пор. Так что экскурсия по предприятию прошла удачно (рис. 32).



Рис. 32. 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).

Там же Н. Хрущёву был доложен и в целом одобрен проект постановления о создании ЦМ в Спутнике. После интенсивных согласований, 8 августа 1962 года Постановление ЦК КПСС и Совмина СССР было подписано.

Постановление

Визит был хорошо организован. Почти месяц продолжалась энергичная подготовка. И.Г. Титова (дочь Г.А. Титова), вспоминает, что в санатории в Борвихе Г. Титов и А. Шокин неоднократно обсуждали ход подготовки визита. Накануне А. Шокин провёл в СКБ-2 генеральную репетицию со Старосом, который, как принимающий, должен был давать пояснения. И визит хорошо удался: ЭВМ и радиоприёмник произвели на главу страны нужное впечатление (рис. 31).

Как обычно в подобных случаях, это было концептуальное постановление, первое в череде за ним последовавших. В нем узаконивалось, что Центру микроэлектроники быть, что быть ему в Спутнике и что отныне проблема создания и развития отечественной микроэлектроники обрела характер национальной задачи.

Были определены 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 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”* [30].

Постановление определяло первоначальный состав предприятий микроэлектроники. Непосредственно в Зеленограде создавались 6 НИИ, 5 из них с опытными заводами:

- НИИ теоретических основ микроэлектроники, № 314 (при создании – НИИ физических проблем (НИИФП).
- НИИ микросхемотехники с опытным заводом, № 335 (при создании – НИИ микроприборов (НИИМП) с заводом Компонент.
- НИИ технологии микроэлектроники, № 336 (при создании НИИ точных технологий (НИИТТ) с заводом Ангстрем.
- НИИ машиностроения для микроэлектроники № 350 (при создании (НИИТМ), с заводом Ангстрем.
- НИИ спецматериалов для микроэлектроники, № 361 (при создании НИИ материаловедения (НИИМВ) с заводом Элма.
- НИИ молекулярной электроники (НИИМЭ) с заводом Микрон.

Кроме того, в разных городах создавалось 5 филиалов ЦМ:

- КБ-2 в Ленинграде – существующее предприятия Ф. Староса.
- КБ-3 в Киеве, будущее НПО «Кристалл».
- КБ-4 в Риге, будущее НПО «Альфа».
- КБ-5 в Минске будущее, НПО «Планар».
- КБ-6 в Вильнюсе, будущее НПО «Вента».

В действующих предприятиях страны поручалось создание отделений или лабораторий микроэлектроники:

- В АН СССР – в НИИ полупроводников, Физическом институте и ИРЭ.
- В АН УССР – в НИИ полупроводников.
- В ГК по чёрным и цветным металлам (ГКЧЦМ) – в Институте металлургии им. Байкова и в Госинституте редких металлов.

В г. Орджоникидзе создать завод высокочистых металлов с ОКТБ на базе строящегося завода Швейных машин.

В Зеленограде создавался ВУЗ – Московский институт электронной техники (МИЭТ) на 2500 мест

Всего 24 предприятия, включая учебный ВУЗ.

Необходимо подчеркнуть, что создание ЦМ было не обособленной акцией, а частью масштабной программы построения новой подотрасли — микроэлектроники, инициатором и организатором которой был А.И. Шокин. В различных регионах страны: 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. ЦМ был всего лишь частью огромного айсберга, его вершиной.

Реализация

Сразу после выхода постановления команда А.Шокина приступила к созданию ЦМ (с 1966 г. – Научный центр, НЦ). В условиях закрытой в Москве прописки постановление давало ЦМ право принимать на работу специалистов из любой точки СССР. Строительный задел в Спутнике позволял сразу выделять жилье принимаемым сотрудникам, что, в условиях острого жилищного кризиса, делало работу в ЦМ привлекательной и позволяло отбирать наиболее профессиональные кадры.

В микроэлектронике используются совершенно новые для промышленности материалы, физические принципы и процессы, что повлекло за собой развитие новых технологических направлений, поставило новые крайне жёсткие, ранее не требовавшиеся к чистоте и однородности материалов, к точности работы технологического и измерительного оборудования. Ни одна из отраслей техники до того времени не предъявляла столь жёстких технических требований по широкому кругу проблем, необходимых для осуществления поставленных задач, и не могла служить достаточной базой для развития полупроводниковой электроники.

Поэтому Центр микроэлектроники изначально задумывался как комплекс предприятий не только для создания непосредственно интегральных схем (микросхем, ИС), но всего

специфичного для этого необходимого.

Началось образование НИИ с опытными заводами:

- 1962 г. — НИИ Микроприборов (НИИ-335, НИИМП) с заводом “Компонент” и НИИ Точного машиностроения (НИИТМ) с “Элионом”;
- 1963 г. — НИИ Точной технологии (НИИ-336, НИИТТ) с “Ангстремом” и НИИ Материаловедения (НИИ-361, НИИМВ) с “Элмой”;
- 1964 г. — НИИ Молекулярной электроники (НИИМЭ) с “Микроном” и НИИ Физических проблем (НИИФП);
- 1965 г. — Московский институт электронной техники (МИЭТ) с опытным заводом “Протон” (1972 г.);
- 1968 г. — Центральное бюро по применению интегральных микросхем (ЦБПИМС);
- 1969 г. — Специализированный вычислительный центр (СВЦ) с заводом “Логика” (1975 г.).

К началу 1971 г. в НЦ работало 12,8 тыс. человек. Работы предприятий начинались на временных площадях в трёх школьных зданиях. Единой организации в ЦМ сначала не было, его предприятия подчинялись 4 Главку ГКЭТ.

На этом этапе в образовании ЦМ активное участие принимает Ф. Старос. Вспоминает первый директор НИИМП И. Букреев: “*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*” [25]. Старос делился с ЦМ своими идеями и заделом. Так, в НИИМП была заново реализована идея микроприёмника, уже на основе микроэлектронной технологии. Завод “Ангстрем” выпускал разработанный ленинградцами блок памяти “Куб-2” на многоотверстных ферритовых пластинах (рис. 33). Наверное, были и другие примеры.



Модуль ёмкостью 16×19 бит,
«Куб-2» ёмкостью 128 × 19 бит,
между ними копейка 2003 г.
Размер модуля 32 × 34 × 4,125 мм
Размер блока:
128 × 19 бит – 32 × 34 × 42 мм
256 × 19 бит – 32 × 34 × 2 мм

Такие Кубы летали вокруг Луны.

Рис. 33. «Куб-2»

29 января 1963 г. один из первопроходцев отечественной микроэлектроники, д.т.н., профессор, крупный учёный и разработчик сложных систем, трижды лауреат государственных премий, талантливый организатор Ф.В. Лукин был назначен заместителем Председателя ГКЭТ, а 8 февраля — директором ЦМ. Его заместителем по науке был назначен Ф. Старос, оставшийся директором ленинградского СКБ-2. До этого момента из директоров предприятий ГКЭТ Ф. Старос был наиболее активным участником команды по созданию ЦМ и надеялся стать его директором. Когда же был назначен «варяг» — Ф. Лукин (перед назначением он был директором НИИ-37, позже НИИДАР, ГКРЭ), “*Старос был ошеломлён, узнав, что он должен согласиться на положение номер два, заместителя директора*” [9]. Почему же его не назначили директором? Причин много, вот главные:

- Расхождения в целях и задачах ЦМ к этому моменту достаточно прояснились. Идея суперBell Ф.Староса не могла удовлетворить А. Шокина, видевшего в ЦМ инновационный центр, работающий на всю электронику страны.

- Несмотря на окружающую Староса тайну, уже стало понятно, что никакими премудростями американской электроники он не владеет, что это просто толковый инженер (каких вокруг было множество), что никакого опыта управления сложными проектами и производством у него нет. И мнение о его “*гении*” к этому времени заметно девальвировало: за 6 лет работы в Ленинграде в привилегированном режиме ничего серьёзного, кроме спиральных

потенциометров, до производства доведено не было. По своей квалификации Ф. Старос ещё только подтягивался к уровню других руководителей и главных конструкторов предприятий, а его СКБ-2 – к уровню многочисленных аналогичных предприятий. Но в отличие от них СКБ-2 уже занималось разработкой тонкоплёночной гибридной технологии изготовления ЭВМ. Как справедливо оценил И. Букреев: *"По масштабности Староса сравнивать с Лукиным трудно"* [20].

- Нужно учитывать и господствующую тогда психологию. Это было время очередного всплеска холодной войны. Только что, 27 октября 1962 г. разгорелся Карибский кризис – мир был на грани третьей, термоядерной мировой войны. В том же октябре сильный общественный резонанс получило разоблачение американо-английского шпиона О. Пеньковского, высокопоставленного чиновника Госкомитета по науке и технике. Идеология насквозь пронизывала общество, шпиономания процветала. В такой обстановке руководство страны опасалось привлекать иностранцев на высшие посты. *"Особенно беспокоился И. Сербин, когда говорил, что нам нельзя новые научно-технические направления доверять иностранцам, имея в виду Ф.Г. Староса"* [7]. Напомним, что Иван Дмитриевич Сербин был заведующим оборонным отделом ЦК КПСС, к которому на приём и министры ходили (в кругах руководства оборонной промышленности его именовали не иначе, как "Иван Грозный"). В такой ситуации не могло быть и речи о назначении Староса руководителем столь важного дела, как создание национального Центра микроэлектроники. Удивительно, что его заместителем назначили.

Лучшими кандидатурами, на мой теперешний взгляд, были Ф. Лукин и А. Колосов – первопроходцы микроэлектроники, авторитетные учёные, конструкторы радиоэлектронных систем, чудесные организаторы, прекрасно понимавшие задачи микроэлектроники, её энтузиасты. Почему на должность зам. по науке не пригласили Колосова? Ведь он имел огромный опыт (достойный отдельного описания) в создании и производстве традиционных и микроминиатюрных радиоэлектронных систем, несравнимый с первыми экспериментами Староса. Именно он организовал первые широко кооперированные по всей стране работы по микроэлектронике, чем создал определённый научный задел и подготовил научные кадры, сыгравшие затем огромную роль в развитии микроэлектроники и в Зеленограде, и в других городах. Может быть, его все же приглашали? История, как и он сам, об этом умалчивают. Но представляется, что дуэт Лукин – Колосов был бы очень сильным и эффективным, остаётся только сожалеть, что он не состоялся.

Но зам. по науке назначили Ф. Староса. Оригинально по этому поводу высказался И. Букреев: *"Вспоминается анекдот: "Решили собрать тех, кто на первом субботнике нёс бревно с В.И. Лениным. Откликнулось около 5 тыс. человек. На самом деле их могло быть всего 5. То же происходит сейчас: многие, "близко знавшие" Староса, рассказывают небывшие о его неоценимом вкладе в становление зеленоградской электроники, иницилируя нездоровый интерес к персоне этого человека. ... Сам же Старос в Зеленограде никогда не работал. Я ему оборудовал кабинет в "школе-интернате" (в 1-м микрорайоне). Но появлялся он здесь всего 3-4 раза на несколько часов. ... В тот период из первых директоров с ним контактировал только я. ... Лукин становится директором строящегося Центра микроэлектроники, и Староса назначают его замом по науке. ... Конечно, он хотел руководить Центром. Ну, не случилось. После назначения Лукина он больше сюда не появлялся. ... При всем к нему уважении скажу, что Старос не мог быть назначен директором Центра хотя бы потому, что в 1963 г., когда Зеленоград превратился в объект всесоюзного значения, командовать Центром должен был человек в ранге зам. министра, члена коллегии. Тогда на сцену вышел Ф. Лукин. По масштабности Староса сравнивать с ним трудно. Вот как заместитель Лукина по науке он прекрасно смотрелся. Но его это, видимо, не устраивало самого"* [25]. Кстати, свидетельство И. Букреева о том, что *"Старос в Зеленограде никогда не работал"* подтверждается подписанным Старосом "Решением № 1" о передаче в Зеленоград из его СКБ-2 установок вакуумного напыления "УНУ-1". Зарегистрировано оно 29 октября 1963 г. под номером 1. Следовательно, с 8 февраля, когда Старос был назначен заместителем директора ЦМ, и до 29 октября Старос не принял ни одного решения. И позже ни одного. В сохранившихся архивах ЦМ это решение – единственный производственный документ, подписанный Старосом.

Итак, министром Ф. Старос де-юре был назначен заместителем директора ЦМ по научной работе. Но для фактического назначения Старос должен был представить **собственно-ручно** написанные автобиографию, личный листок по учёту кадров, фотографии и т.п. Эти

документы хранятся в личном деле работника. На всех работников ЦМ личные дела в архиве имеются, а на Ф. Староса его нет. И обязательного дублирующего приказа по ЦМ о назначении нет. Это означает, что документы для приёма на должность зам. директора ЦМ он не готовил, т.е., строго говоря, де-факто никогда им не был. И это было его решение. Почему?

По ходу событий и по назначению Ф. Лукина Ф. Старос понял, что ЦМ создаётся не таким, как он хотел, что суперBell, о которой он мечтал, не состоится. Пытаясь спасти свою идею, он в 21 июля 1964 г. написал письмо (рис. 34) Н. Хрущёву, обвиняя А. Шокина в искажении замысла ЦМ. Но 14 октября Н. Хрущёв был освобождён от всех должностей.

Ничто, кроме суперBell под его руководством, Староса не интересовало, и он фактически самоустранился от выполнения обязанностей зам. директора ЦМ по научной работе.

“Руководители бурно развивающейся отрасли пропадали на работе только что не круглыми сутками, их водители, не выдерживающие такого режима труда, менялись с пугающей частотой. ... В это по-настоящему горячее время Старос бывает в Зеленограде только наездами, зачастую игнорируя еженедельные планёрки. То есть, говоря другими словами, не участвует в повседневной работе по созданию электронной промышленности, которая требовала не только знаний, но и самоотверженности” [31]. Самоотверженности Старос не проявлял. В результате в начале 1965 г. за систематическую неявку на рабочее место в ЦМ Ф. Старос был и де-юре освобождён от де-факто не занимаемой им должности зам. директора ЦМ.

А через 8 лет, 21.06.1973 г. коллегией МЭП было принято решение: *“В связи с недопустимо низким технологическим уровнем в ЛКБ (выход годных ИС составляет 0,1÷0,2%) объединить ЛКБ и СКТБ объединения “Светлана” [32] в ЛКТБ “Светлана”.* Директором был назначен В.Цветов (директор СКТБ), его заместителем – Ф. Старос (директор ЛКБ). В 1974 г. Ф. Старос перешёл на работу в Дальневосточный Научный центр АН СССР и занимался там проблемами искусственного интеллекта. И. Берг, который официальных должностей в ЦМ никогда не имел, до середины 1991 г. проработал в ЛКТБ “Светлана”, но ничего существенного не создал.

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.*

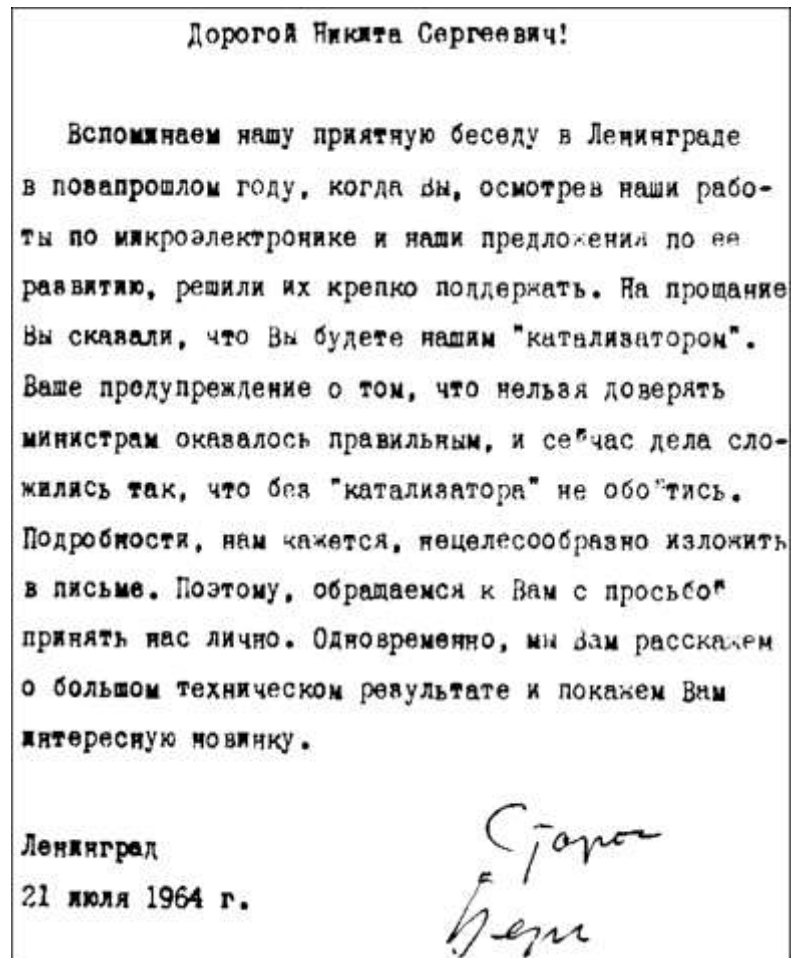


Рис. 34. Письмо Н.С. Хрущёву

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 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 технологическое и измерительное оборудование, материалы, прецизионное станочное оборудование и т. д.” [29].

Иными словами, в нашей электронной промышленности все приходилось делать самим. Конечно, спецслужбам частично удавалось пробивать окружающую нас стену КОКОМ и окольными путями добывать кое-какие изделия, документацию, материалы и оборудование. Но добывалось далеко не всё и в мизерных количествах — только посмотреть и пощупать. Разрабатывать же все это и тиражировать в нужных объёмах отечественная микроэлектроника вынуждена была сама. Иногда полученные образцы копировались, но точную копию сделать невозможно из-за различий в материалах, технологиях, оборудовании и т. п. Иногда делали функциональные аналоги, иногда — целиком 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 это приходилось делать, т.к. изоляция была 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, т.е. в относительно небольших количествах, не выгодных (в советском ценообразовании) производителю. Поэтому профильные ведомства (Минрадиопром, Минприбор, Минмаш, Минстанкопром, Минхимпром и прочие), требуя от Минэлектронпрома продукцию микроэлектроники, сами всячески уклонялись от своего вклада — от поставок соответствующих требованиям микроэлектроники приборов, оборудования и материалов. МЭПу все самое сложное приходилось делать самому.

Необходимо отметить и финансовую составляющую. Финансирование МЭП-а, как и всех оборонных отраслей, по советским нормам было хорошим. Но капиталовложения в отечественную микроэлектронику не шли ни в какое сравнение с государственными вложениями в США или Японии.

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

Так в чем же "американский след"?

Многие публикации о Ф. Старосе и И. Берге основаны на тезисе о двух светилах американской электроники, наголову превосходящих всех советских специалистов, научивших нас микроэлектронике и вычислительной технике. В связи с этим целесообразно отделить американцев А. Саранта и Дж. Барра от граждан СССР Ф.Г. Староса и И.В. Берга — профессионально это совершенно разные люди.

С. Юсдин в своей книге искренне не может понять, почему СССР не использовал должным образом таланты двух гениальных американцев. Однако из многочисленных фактов, приведённых в его же книге, следует, что именно США не использовали хоть и не гениальный, но достаточно высокий их потенциал. США дали А. Саранту и Дж. Барру минимальное специальное образование и не позволили развиваться профессионально, ограничив их должностями рядовых инженеров с *"низкоуровневой технической работой"* [23], преследовали за убеждения, вынудив в 1946-7 гг. прекратить работу по специальности, а затем эмигрировать в СССР.

СССР дал нашим героям новые имена и уникальные возможности для профессионального и карьерного роста. И они сначала полностью воспользовались выпавшим им жребием, выросли, особенно Ф. Старос, в высококвалифицированных специалистов и прекрасных организаторов, добившихся серьёзных практических результатов. Ф. Старос — главный конструктор нескольких ЭВМ (две из них отмечены Госпремиями), создатель прекрасного

коллектива, доктор технических наук, лауреат Государственной премии СССР, баллотировался в АН СССР, но скончался за несколько часов до голосования. Однако сформировавшиеся как личности в США, Ф. Старос и И. Берг недостаточно адаптировались к жизненным реалиям СССР тех лет и эти реалии их, в конце концов, отторгли.

Нет, американского "Сикорского", осчастливившего СССР заокеанской премудростью, из них явно не получается (*Игорь Иванович Сикорский ведущий российский авиаконструктор, разработавший первые в мире многомоторные самолёты "Русский витязь" (1913 г.) и "Илья Муромец" (1914 г.) (рис. 35), ставших родоначальниками всей тяжёлой мировой авиации. Крупнейший тогда в мире самолёт "Илья Муромец", на котором летал император России Николай Второй, был лучшим бомбардировщиком Первой мировой войны с рекордными характеристиками по грузоподъёмности, скорости, дальности и высоте полёта, живучести. Союзники России Великобритания и Франция запросили и получили комплект конструкторской документации на него для производства в своих странах. Это был первый самолёт гражданской авиации в нашей стране. И.И. Сикорский эмигрировал в 1918 г. в США и стал там одним из ведущих конструкторов самолётов и родоначальником американского вертолётостроения, американцы называли его "мистер вертолёт"*).



Рис. 35. Самолёт "Илья Муромец"

Ничего подобного, никакой мудрости, никаких знаний в области полупроводниковой техники и микроэлектроники А. Сарант и Дж. Барр из США не привезли. И не могли привезти, т.к. их у них не было и быть не могло – в США в своей профессии они были неудачниками и бросили её ещё до изобретения транзистора. И по 3-4 года до приезда в СССР и Чехословакию вообще не работали по профессии, т.е. в какой-то степени дисквалифицировались даже от своего весьма низкого уровня. О полупроводниковой технике и микроэлектронике тогда они ничего не знали, т.к. знаний таких тогда ещё не существовало. Следовательно, не они учили, а сами учились у нас. Только после восьми лет работы (и учёбы) в Чехословакии и СССР они приобрели достаточные знания и опыт, чтобы приступить в 1958 г. к первым работам в области ЭВМ и тонкоплёночной технологии. Но в стране было много специалистов и руководителей значительно более высокого класса. Следовательно действительно имевшее место участие Ф. Староса в подготовительном этапе создания советской микроэлектроники считать "американским следом" нет никаких оснований. С таким же "успехом" это можно считать "греческим следом", ведь родился то он в Греции.

Но нельзя не отметить, что в ответ на фальсификации об исключительной роли Ф. Староса и И. Берга некоторые наши ветераны микроэлектроники "перегибали палку в другую сторону", вообще отрицая их какую-либо роль. Это тоже неверно. Ф. Старос был активным участником работ на начальном этапе создания советской микроэлектроники и её Центра в Зеленограде, Берг ему помогал. Ф. Старос внёс большой вклад в пропаганду микроэлектроники в среде военных и промышленных руководителей, первым начал исследования и применение гибридной технологии при построении ЭВМ, участвовал в подготовке постановления по микроэлектронике. В начальный период создания ЦМ он принимал участие в подборе кадров, определении тематики работ, передавал в ЦМ созданное в СКБ-2 оборудование, проводил стажировку специалистов ЦМ в СКБ-2, передал для производства Ангстрему модуль памяти "КУБ-2" и т.п. Но ЦМ в варианте А. Шокина Староса не интересовал и, поняв, что суперBell не состоится, он прекратил своё участие в делах ЦМ. Продолжая развивать в СКБ-2 гибридную технологию, он в качестве главного конструктора создал бортовую ЭВМ "Узел" для дизельных подводных лодок, освоённую в серийном производстве в Псковском объединении "Рубин" в 1972 г. Но и в этом деле ему пришлось много учиться: от экспериментального образца "УМ-2", продемонстрированного Н. Хрущёву в 1962 г. до сдачи разработки ЭВМ "Узел" Госкомиссии в марте 1970 г. прошло 8 лет. ЭВМ получилась хорошая, в 1973 г. она была принята на вооружение дизельных подводных лодок стратегического назначения. Однако на развитии микроэлектроники работы Ф. Староса существенно не сказались, технология создания гибридных ИС была разработана в НИИТТ и распространена на серийных заводах страны почти без связи с работами в СКБ-2.

Однако "американский след" в советской микроэлектронике безусловно был и заключался

в следующем:

1. Первые биполярный, МОП и ряд других типов транзисторов были изобретены в США.
2. Планарная технология, основная при изготовлении полупроводниковых ИС, также была рождена в США.
3. В 1961 г. группа специалистов ГКЭТ (Б.В. Малин, В.А. Стружинский, А.Ф. Трутко, В.П. Цветов и др.) прошла длительную стажировку в электронных фирмах США, где изучила планарную технологию и другие вопросы полупроводникового производства. Готовилась вторая группа специалистов, но разгоревшийся карибский кризис на многие годы закрыл возможность таких контактов.

4. Из поездки в США Б. Малин привёз ИС ф. Texas Instruments серии SN51, которые были воспроизведены по указанию министра А. Шокина в НИИ-35 (серия ТС-100). Это был первый случай создания аналогов зарубежных ИС, постепенно ставшего в Минэлектронпроме доминирующим. Но при этом воспроизводились функция прибора, часто схемотехника, реже топология. Но технология, материалы и технологическое оборудование были свои, из-за их отличия (у нас однотипные технологии были унифицированы, за рубежом - у каждого своя) прямое и полное воспроизведение зарубежных аналогов было практически невозможно (об этом далее).

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

Завершая тему о роли Ф. Староса отметим, что “борцы за справедливость”, как часто в таких случаях бывает, оказались к нему весьма несправедливы. Приписывая ему заслуги мнимые, они совершенно забывают о действительных заслугах Филиппа Георгиевича, но не в Зеленограде, где они весьма скромны, а в Ленинграде, где они действительно значимы. Там им был создан один из лучших в Минэлектронпроме коллектив разработчиков ЭВМ, ИС и микропроцессоров. Очевидно, Ф. Старос был чудесным организатором, умел подбирать и сплачивать людей, среди которых были М. Гальперин, Е. Жуков, В. Кузнецов (рис. 36), В. Панкин, В. Хавкин и немало других талантливых специалистов, всегда относившихся к нему с глубоким уважением. Этот коллектив, под руководством Ф. Староса и после его ухода, разработал и внедрил в серийном производстве несколько специальных ЭВМ, одни из первых в стране: микрокалькулятор, микропроцессор, однокристалльный и одноплатный микроконтроллер. А за первыми шли вторые, третьи... Ещё в конце семидесятых годов они выдвинули и реализовали идею фрагментно-модульного проектирования однокристалльных и одноплатных контроллеров. Сегодня, т. е. почти через 30 лет, эта идея нашла повсеместное распространение в виде IP-блоков и систем-на-кристалле. А ведь фундамент и традиции этого коллектива были заложены Филиппом Георгиевичем Старосом.



Рис. 36. В.Я. Кузнецов и Б.М. Малашевич, в руке – модуль памяти "Куб-3". Зеленоград, сентябрь 2007 г.

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

На начальном этапе Ф. Лукин сосредотачивается на построении структуры Центра микроэлектроники (рис. 37), подборе научных и руководящих кадров, формировании коллективов и промышленном строительстве.

Ему приходится принимать непосредственное участие в работе архитектурно-планировочных и строительных организаций, вносить изменения в проекты, иногда расчётами доказывать обоснованность своих решений. Он напрямую участвует в формировании тематики создаваемых предприятий, вникает в проводимые разработки, оказывает оперативную помощь в их реализации.

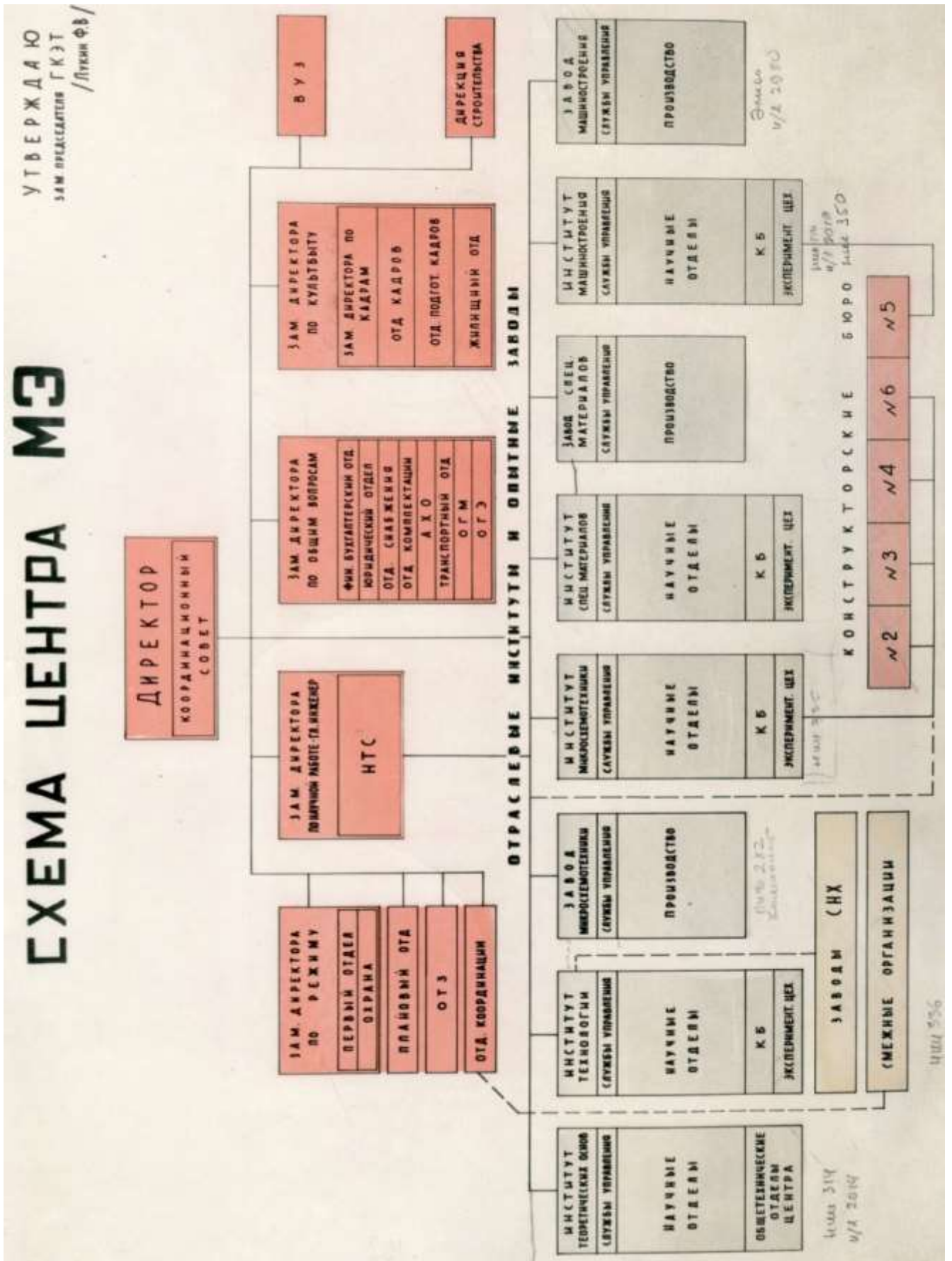


Рис. 37. Структурная схема центра МЭ, из архива В.Ф. Лукина с его пометками

В 1966 г. на базе предприятий Центра Микроэлектроники было создано научно-техническое объединение “Научный центр” (НЦ), включающее 6 НИИ, 5 заводов при НИИ, вычислительный

центр и Дирекцию Центра.

А в 1976 г. на его базе было создано НПО “Научный центр” – 39 предприятий в разных городах страны, их персонал в общей сложности насчитывал около 80 тыс. человек.

Интегральные схемы и устройства

ЦМ сразу приступил к созданию принципиально новой продукции. Уже в мае 1963 г., на основе полученных от СКБ-2 образцов, в НИИТМ была разработана установка вакуумного напыления. Во второй половине 1963 г. в НИИМП уже были получены первые результаты по тонкоплёночной технологии. Необходимо было проверить их на реальном изделии и произвести публичную демонстрацию возможностей микроэлектроники. Решили использовать уже опробованную Старосом идею – сделать микроприёмник. Но приёмник Староса был изготовлен на основе технологии микроминиатюризации – на миниатюрных транзисторах и печатном монтаже. А приёмник “Микро” был истинным примером продукции гибридной микроэлектроники на основе бескорпусных транзисторов и тонкоплёночных монтажа и пассивных элементов.

Радиоприёмником, даже карманным, тогда удивить было трудно, т.к. в 1950 – 1970 годы радиолобительство было массовым (свой первый карманный радиоприёмник я сделал ещё школьником, а через несколько лет и телевизор). Тем нагляднее была демонстрация возможностей новой технологии.

Вспоминает И. Букреев: “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 было тогда на средних и длинных волнах 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 пришлась 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...” [25].

Радиоприёмник “Микро” (рис. 38), выполненный по тонкоплёночной технологии, стал первым в стране общеизвестным серийным изделием микроэлектроники. Разработан он был во второй половине 1963 г. в НИИМП, а в 1964 г. его производство освоил “Ангстрем”. Он выпустил их около 80 тыс. шт., после чего передал заводу Минрадиопрома в Минске. До середины 1970-ых годов этот микроприёмник можно было купить в магазинах СССР и Франции.



Рис.38. Первое в СССР изделие микроэлектроники – радиоприёмник «Микро»

Приёмник собран на основе тонкоплёночной гибридной технологии, тонкоплёночная плата (на фото справа). Размер приёмника 43x30x7,5 мм (без выступающих органов управления). Прослушивалась радиопередача через телефон для слухового аппарата, вставляемый в ухо (справа).



Рис. 39. Радиоприёмники "Микро" и "Эра" и современные MP3-плееры

За Микро последовал радиоприёмник "Эра". Фактически, это были предтечи (за 40 лет!!!) современных MP3-плееров – то же назначение, те же компоновки (для размещения в кармане с внешним телефоном и на ухе) (рис. 39).

Вскоре появились первые зеленоградские микросхемы (рис. 40).



Рис. 40. Первые зеленоградские микросхемы: толстоплёночные ГИС "Тропа", тонкоплёночные ГИС "Посол" и полупроводниковые ИС "Иртыш"

К созданию серии толстоплёночных ГИС "Тропа" (главный конструктор (ГК) — А.К. Катман) НИИТТ приступил в 1964 году. Первый директор НИИТТ В.С. Сергеев вспоминает: "Никаких технических материалов и литературы по этому направлению не было, мы имели только фотографию микросхем, выпускаемых фирмой IBM. ...

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 многим другим процессам, необходимым в перспективах развития техники ..." [26]. 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 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 применяли менее точную и более грязную пескоструйную технологию.

Кстати, ИС "Тропа", на основе которых был построен бортовой компьютер "Аргон-11С" межпланетной космической станции "Зонд-7", первыми в мире вернулись на Землю из дальнего космоса. В составе МКС "Зонд-7" они в 1969 г. облетели Луну и приземлились на Землю (рис. 41).

За "Тропой" последовали серии ГИС: толстоплёночные "Трапедия", "Терек", "Тактика", тонкоплёночный "Посол" и др., разработанные НИИТТ без наличия зарубежных аналогов. Все они соответствовали



Рис. 41. ГИС серии Тропа – первые микросхемы в мире, облетевшая Луну и вернувшаяся на Землю (юбилейный планшет)

мировому уровню технологии.

Толстоплёночная технология послужила основой для создания многослойных керамических плат и корпусов для защиты интегральных схем, в последующем получивших широкое распространение в микроэлектронике и приборостроении. В 1968 г. эта технология с успехом демонстрировалась на выставке в Париже.

Разработанные в НИИТТ серии ГИС передавались на серийное производство предприятиям МЭП в Павловском-Посаде, Калуге, Кишинёве, Тбилиси. А предприятиям-разработчикам электронной аппаратуры, по их просьбе, были переданы "Руководства по производству ГИС частного применения" с полным комплектом технологической документации.

Первая зеленоградская серия ГИС "Тропа" по уровню не уступала STL-модулям IBM. Она была создана на совершенно иных конструктивно-технологических принципах из отечественных материалов. Их внешнее сходство объясняется одинаковым прототипом – плоским микромодулем (рис. 42), которые промышленно производились в СССР и в США.

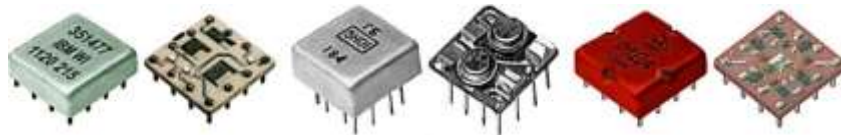


Рис. 42. SLT-модуль ф. IBM, плоский микромодуль 5Н01 (СССР) и ГИС "Тропа" НИИТТ

В 1972 г. в НИИТТ было освоено новое направление — многослойные ИС "Талисман" (рис. 43). Технология создания этих ИС тогда не имела мировых аналогов. Она резко снижала габариты, повышала быстродействие и надёжность ИС.



Рис. 43. Многослойная ИС Талисман

В полупроводниковых ИС мы сначала несколько отставали, но не на 5 – 10 лет, как утверждают недобросовестные или некомпетентные политики и публицисты не способные понять того, что невозможно в середине 1960-х годов отставать на 10 лет от события, произошедшего в 1962 г.

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. – "Ангстрем" в 1975-м, 16 Кбит – соответственно в 1977-м и начале 1978 г., а 64 Кбит обе фирмы выпустили на рынок практически одновременно, в 1979 году [33].

Аналогичная ситуация была и 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 (аналог MC10000 Motorola). Исследовав образцы, специалисты фирмы констатировали: «Ваши схемы действительно имеют более высокое быстродействие по сравнению с MC10000, у Вас хорошая технология» [34].

Стремительное развитие отечественной микроэлектроники является результатом 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 специальные сверхчистое материаловедение, и сверх прецизионные 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 были разработаны 1020 типонаименований ИС. Все это передавалось на серийные заводы Минэлектронпрома. И это было только начало...

В 1965 г. на предприятиях Центра Микроэлектроники уже работало несколько тысяч человек, было введено в строй 60 тыс. м² производственных площадей.

В Советском Союзе планирование велось по пятилеткам и 1970 г. являлся последним годом VIII пятилетки. К этому времени разработкой и производством интегральных схем занимались уже около 20 предприятий страны: НИИ, КБ, опытные и серийные заводы при головной роли зеленоградского Центра микроэлектроники.

Вычислительная техника

Согласно Постановлению задачей ЦМ было 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 (тогда НИИ-335) с заводом Компонент,
- В НИИ физических проблем в виде Научно-технического комплекса (НТКС), выделенного в 1969 г. в самостоятельное предприятие Специализированный вычислительный центр (СВЦ), далее 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, т.к. в системах управления в те годы основные ЭВМ были аналоговые, ныне почти повсеместно вытесненные цифровыми. Поэтому со временем это слово утратило своё значение, и теперь уже аналоговость ЭВМ, а они применяются, требует подчёркивания.

Первой в этом ряду была БЦВМ "Салют-1" (рис. 44), разработанная в 1966-1967 г. по техническому заданию, утверждённому С.П. Королёвым, со сроком поставки первого технологического образца — декабрь 1966 года, лётные образцы — I и II кварталы 1967 года.

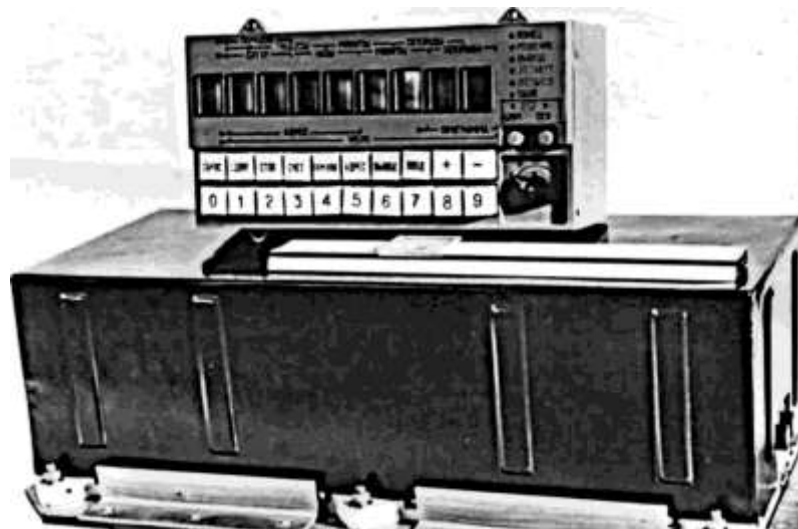


Рис. 44 БЦВМ «Салют-1» с пультом управления

БЦВМ "Салют-1" предназначалась для решения задач автономной навигации на борту пилотируемых космических объектов типа 7К-Л1 и 7К-Л3 советской лунной программы, в т.ч.:

- решение задач определения координат космического корабля по результатам обработки введённых данных;

- решение задачи расчёта уставок на проведение коррекции траектории;
- выдачу уставок на интегратор и систему ориентации по командам с пульта пилота;
- счёт и хранение меток СЕВ и формирование бортового времени;
- преобразование данных, вводимых с пульта, и преобразование результатов вычислений на пульт.

СЦВМ должна отвечать следующим минимальным требованиям:

- одноадресная последовательного действия с фиксированной запятой;
- разрядность — 32 двоичных разряда;
- ОЗУ — 64 полноразрядных числа;
- ПЗУ констант — 128 32-разрядных чисел;
- ПЗУ команд — 3072 17-разрядных чисел;
- быстродействие — 500 операций/сек;
- универсальная система команд с выполнением операций с одинарной и удвоенной точностью (64 разряда);
- ввод/вывод (обмен с пультом) десятичных чисел, угловых величин, параметров времени;
- ввод данных с астроизмерительного прибора последовательным двоичным 13-разрядным кодом;
- вывод данных на прибор ручного ввода уставок в БЦВМ системы управления число-импульсным кодом;
- вывод на пульт сигналов индикации о режимах работы окраски данных;
- выдача данных позиционным кодом на 4 абонента;
- масса с пультом — 15 кг;
- электрическая мощность, включая пульт — 56 Вт;
- вероятность безотказной работы за 20 часов непрерывной работы — 0,992.

За Салютом-1 последовали другие БЦВМ и иные приборы космической микроэлектроники [35].

Вычислительная техника в НИИФП - СВЦ

Для разработки средств вычислительной техники директор ЦМ Фёдор Викторович Лукин пригласил коллектив Давлета Исламовича Юдицкого, хорошо ему известный по совместной работе в НИИ-37 и имевший опыт создания двоичной ЭВМ А340А и модулярных ЭВМ Т340 и К340А. Так во вновь организованном НИИ физических проблем (НИИФП) появился отдел перспективных ЭВМ, в котором главный инженер Д.И. Юдицкий собрал высококлассных специалистов. Это было зёрнышко, из которого выросло одно из видных древ компьютеризации страны.

К этому времени в ОКБ "Вымпел" Г.В. Кисунько уже были проработаны основные принципы построения второй очереди системы ПРО "А-35", способной отражать сложные баллистические цели – головные части межконтинентальных баллистических ракет, разделяющиеся на отдельные боеголовки и средства преодоления ПРО. Был также проработан и велась разработка полигонного варианта Многоканального стрельбового комплекса (МКСК) "Аргунь", главным конструктором которого был назначен Н.К. Остапенко.

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

Постановлением ЦК КПСС и СМ СССР от 5 ноября 1965 года (о системе ПРО "Аврора" и второй очереди Системы А-35) трём предприятиям: НЦ (МЭП, Ф. Лукин), ИТМ и ВТ (МРП, С. Лебедев) и ИНЭУМ (Минприбор, М. Карцев) было дано конкурсное задание на разработку эскизных проектов мощной ЭВМ со сроком окончания 30 марта 1967г.

К ЭВМ предъявлялись следующие требования: разрядность данных – 45 бит, производительность – около 3 млн. алгоритмических оп/с, реализация сложных функций в одной команде, работа со словами переменной длины, объем памяти – 217 45-разрядных слов (5,625 Мбит) и т.п.

В Зеленограде в этом проекте, названном "Алмаз", участвовали молодые предприятий НЦ: НИИФП – разработка архитектуры и процессора ЭВМ, НИИТМ – конструкции, системы питания и ввода/вывода информации, НИИТТ – интегральные схемы (ИС).

Общими усилиями предприятий НЦ эскизный проект был разработан, изготовлен и испытан экспериментальный образец и точно в срок представлен Министерству обороны (МО). Причём

производительность ЭВМ была выше требуемой – 8 млн. алгоритмических оп/с. Оборудование в 11 шкафах занимало 100 кв.м. и стоило 2,6 млн. руб. (рис. 45).



Рис. 45. Инженерный пульт управления ЭВМ Алмаз

Огромную роль в зарождении и развитии вычислительной техники в Зеленограде сыграли директор Центра Микроэлектроники Ф.В. Лукин, его заместитель С.М. Бутузов и научные лидеры Д.И. Юдицкий, И.Я. Акушский и В.М. Амербаев (рис. 46).



Рис. 46. Организаторы и научные руководители создания модулярных ЭВМ в Зеленограде: Лукин Ф.В., Бутузов С.М., Юдицкий Д.И., Акушский И.Я., Амербаев В.М.

Проект ЭВМ “Алмаз” выиграл конкурс и был принят Генеральным конструктором ПРО в качестве базовой ЭВМ для МКСК.

По результатам конкурса в мае 1968 года был заключён договор на разработку ЭВМ 5Э53 для МКСК. Д. Юдицкий назначается её главным конструктором и заместителем ГК МКСК “Аргунь” по вычислительной технике. Производство 5Э53 планировалось на Загорском электромеханическом заводе (ЗЭМЗ) Минрадиопрома.

Разработчиков ЭВМ “Алмаз” объединили в новом предприятии – Специализированном вычислительном центре (СВЦ) с директором Д. Юдицким и его зам. по научной работе – И.Акушским.

Требования к ЭВМ 5Э53 по сравнению с “Алмазом” заметно повысились. Вторая очередь Системы А-35 нуждалась в общей вычислительной мощности до 0,5 млрд. оп/с – тогда эти цифры выглядели фантастично.

Её должны были обеспечивать 12 ЭВМ, каждая – с производительностью 10 млн. алгоритмических оп/с (около 40 млн. обычных оп/с), с ОЗУ 10 Мбит, ППЗУ 2,9 Мбит, ВЗУ 3 Гбит и с аппаратурой передачи данных на сотни километров. Для этого в 5Э53 был реализован целый букет новых, прогрессивных решений, запатентованных изобретений. Главное – это применение

модулярной арифметики, обладающей на задачах МКСК рядом бесспорных преимуществ. Среди них – повышенная производительность и простота аппаратной реализации процессора за счёт малой разрядности оснований и высокая надёжность системы благодаря самокорректирующимся свойствам СОК. Архитектура 5Э53 отличалась от классической в те годы фон-неймановской, и имела много принципиально новых элементов. Так, команды разделялись на арифметические и управленческие. Первые выполнялись на модулярных, вторые – на традиционных двоичных процессорах. Основные процессы — вычисления, обращения к памяти и другие – были аппаратно конвейеризированы: одновременно выполнялось до восьми последовательных операций. Среди других особенностей – блочная реализация арифметики (блок сложения/вычитания, умножения, управления адресами и т.п.), разделение памяти на оперативную данных и полупостоянную (с механической сменой носителя информации) программ, разделение шин команд и данных (гарвардская архитектура). Аппаратное расслоение памяти на восемь поочередно адресуемых блоков позволяло при времени выборки информации из одного блока ОЗУ 700 нс обращаться к памяти с тактовой частотой процессора – 166 нс.

В 5Э53 применялась новейшая тогда в стране элементная база: ИС серий «Тропа», «Посол», «Терек», специально разработанная СВЦ серия быстродействующих ИС «Конус», цилиндрические магнитные плёнки (ЦМП) для ОЗУ и т.п. В то время одним из наиболее “узких мест” ЭВМ были ОЗУ и ПЗУ. Для 5Э53 вместо дорогой и громоздкой памяти на ферритах были разработаны ОЗУ и ППЗУ на интегральных носителях – ЦМП и сменных индукционных картах. По габаритам, массе, быстродействию, энергопотреблению, технологичности и стоимости они были гораздо привлекательнее ЗУ на ферритах. В качестве внешнего накопителя большой ёмкости использовалось ЗУ на оптической ленте. Оно имело много общего с основными в то время ВЗУ на магнитных лентах (конструкция, привод, электроника), но отличалось носителем и методами записи/чтения информации – фото/светодиоды через оптоволокно на фотоплёнку. В результате ёмкость ВЗУ при тех же габаритах повышалась на два порядка и достигала 3 Гбит. Надёжность 5Э53 обеспечивало не только применение СОК в арифметическом устройстве, но полное мажорирование (2 из 3) всех других систем ЭВМ, монтаж межблочных и межячеечных соединений методом накрутки и др.

В ходе разработки совершенствовались модулярные алгоритмы. Над этим работал В. Амербаев и его команда. Вспоминает М. Корнев: *«Ночью Вильжан Мавлютинович думает, утром результаты приносит В. Радунскому (ведущий разработчик). Схемотехники просматривают аппаратную реализацию нового варианта, задают Амербаеву вопросы, он уходит думать опять и так до тех пор, пока его идеи не поддадутся хорошей аппаратной реализации»*. Это характерный пример взаимодействия подразделений и специалистов СВЦ. Специфичные и общесистемные алгоритмы разрабатывались заказчиком, а машинные – в СВЦ коллективом математиков во главе с И. Большаковым. При разработке 5Э53 в СВЦ широко применялось тогда ещё редкое машинное проектирование, как правило, собственной разработки. Весь коллектив предприятия работал с необыкновенным подъёмом не щадя себя, по 12 и более часов в день, причём и инженеры, и директор! Такой труд хорошо оплачивался и был морально стимулирован. Для ускорения освоения 5Э53 в серийном производстве Загорский электромеханический завод (ЗЭМЗ) командировал в СВЦ группу специалистов для изучения ЭВМ. Разработка 5Э53 была проведена в рекордно короткий срок – за полтора года.

В начале 1971 года она завершилась. 160 типов ячеек, 325 типов субблоков, 12 типов блоков питания, 7 типов шкафов, инженерный пульт управления, масса стендов. Изготовлен и испытан экспериментальный образец ЭВМ 5Э53 (рис. 47).

В результате 5Э53 представляла собой 8-процессорный комплекс (4 модулярных и 4 двоичных процессора), работающий с тактовой частотой 6 МГц; 25 компактных шкафов, занимавших 120 м². Нарботка на отказ составляла 600 часов (у других ЭВМ тогда – менее 100 часов).

27 февраля 1971 года восемь комплектов конструкторской документации (по 97272 листа) были доставлены на ЗЭМЗ. Началась подготовка производства.

Закончить её, к сожалению, не удалось. В Минрадиопроме с 1971 г. велась упорная борьбы со второй очередью системы "А-35" и её полигонным МКСК "Аргунь". Первой пала "5Э53", без которой Аргунь невозможен. В начале 1972 г. заместитель министра Радиопрома издал приказ о прекращении фондирования ЦНПО Вымпел для завершения работ по договору с СВЦ о создании 5Э53 и работ по организации производства 5Э53 на ЗЭМЗ. Все работы остановились, навсегда. Причины – это другая история [36-38].

На момент прекращения работ, по оценке заместителя ГК 5Э53 по внедрению ЭВМ в производство Н. Антипова, подготовка серийного производства 5Э53 в ЗЭМЗ была выполнена более

чем на 70%. Было подготовлено соответствующее оборудование, изготовлены стенды и оснастка, расписаны технологии, обучены специалисты и т.д. Все это пропало.

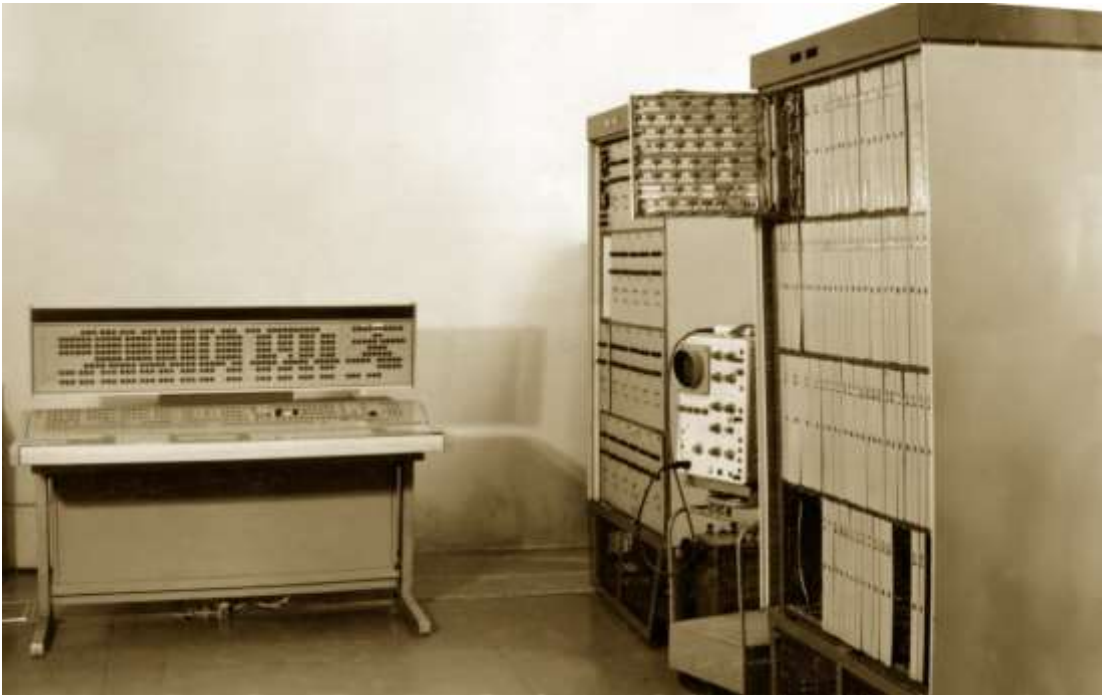


Рис. 47. Фрагмент экспериментального образца супер-ЭВМ 5Э53

Д. Юдицкий и И. Акушский искали других изготовителей 5Э53. Нашлись заводы, готовые взяться за её производство, но они были в МРП, и им не позволили. Невостребованной 5Э53 оказалась и в МЭП-е – задач для неё ещё не было. Время мощных САПР ИС с их топологическими задачами, где СОК эффективна, ещё не наступило. Восемь комплектов документации на 5Э53, возвращённых из ЗЭМЗ, бесславно сгорели в зеленоградском лесу.

Таким образом, в результате интриг перспективный проект супер-ЭВМ 5Э53 был погублен. Тем самым было пресечено новое, перспективное направление развития отечественной вычислительной техники, превосходящее все имевшееся и в стране, и за рубежом, – модулярная арифметика. В целом работы СВЦ по СОК примерно на 10 лет опережали зарубежный уровень. О том, что первая серийная модулярная ЭВМ К-340А прекрасно работает (РЛС ДО «Дунай-3У»), поражая своей надёжностью, знали только её создатели и потребители – это был секретный объект. Слух же, что Д. Юдицкий и И. Акушский не смогли сделать ЭВМ в СОК, получил широкую огласку и стал серьёзным барьером на пути внедрения СОК в ВТ.

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

В 1971 году 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 ввода-вывода), ОЗУ (до 32 секций ОЗУ 32Кх64 бит) и мощную модульную систему динамичной коммутации перечисленных модулей по сложному графу (любой ЦП мог быть соединён с любым ПВВ и любой секцией ОЗУ). Общая производительность ЭВМ оценивалась в 200 млн. оп/с.

В ЦП планировалась табличная реализация СОК: результат не вычисляется, а считывается из ПЗУ. В СОК это не сложно, а любая функция одной/двух переменных может выполняться за один машинный такт. В результате проявляется парадоксальное свойство СОК – эффективная производительность модулярной ЭВМ может быть многократно выше её физического быстродействия или производительности позиционной ЭВМ с таким же быстродействием.

Основой системы конструкционной системы ЭВМ-IV была 256-битная диодная матрица ДМР-256. Кристаллы ДМР-256 и других ИС монтировались на ситалловую плату, семь плат собирались в этажерку с межплатным монтажом по четырём граням этажерки – многофункциональный блок (МФБ). Эти блоки устанавливались на кросс-плату, несколько кросс-плат с МФБ монтировались в металлический герметичный корпус, заполняемый фреоном, – «чемодан» в обиходной

терминологии СВЦ. Тепло из блока отводилось по тепловым трубкам. Эскизный проект ЭВМ-IV был закончен в начале 1973 года. Эта ЭВМ задумывалась как прототип для последующих разработок СВЦ.

В конце 1971 года ОКБ «Кулон» авиаконструктора П.О. Сухого обратилось в СВЦ с заказом на разработку комплекса САПР самолётов, в его основе планировалась 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 высокой, что Минавиапром отказался от её создания.

В начале 1972 года СВЦ получил заказ ГРУ МО на разработку эскизного проекта супер-ЭВМ для обработки векторных и структурированных данных, получившей условное наименование «41-50». В то время за рубежом уже были известны ЭВМ такого типа, например фирмы Burroughs (США). Это многопроцессорные машины, обрабатывающие одиночным потоком команд множественный поток данных (SIMD-архитектура). Основная задача заключалась в распараллеливании данных между процессорами, которую обычно решали программно на основе традиционных скалярных процессоров. В СВЦ строили изначально векторную ЭВМ, работающую над массивами и ориентированную на алгоритмы заказчика. Задача динамического распараллеливания решалась на аппаратно-микропрограммном уровне, что резко повышало эффективность системы в целом. Эскизный проект «41-50» СВЦ выполнял совместно с Институтом кибернетики (ИК) АН Украины, директор института академик В. Глушков был научным руководителем проекта, а Д. Юдицкий – главным конструктором.

Первоначально планировалось строить ЭВМ на основе задела, полученного в рамках проекта ЭВМ-IV. Однако анализ специфичных алгоритмов заказчика (процент логических операций в них был значительно выше обычного) показал, что на данных задачах СОК не даёт заметного преимущества в быстродействии. Оправдать применение СОК могла удачная конструктивно-технологическая реализация табличной арифметики, обещавшая существенное сокращение объёма аппаратуры. Но на проверку задел оказался весьма сырым, не пригодным к практической реализации.

От СОК в ЭВМ «41-50» пришлось отказаться. Началась проработка проекта на основе традиционной двоичной арифметики.

Эскизный проект 41-50 был своевременно разработан, принят госкомиссией с высокой оценкой и с рекомендацией о продолжении работ. Далее планировалось выполнение технического проекта с разработкой конструкторской документации, ориентированной на производителя из Минрадиопрома. Но МРП категорически отказался от производства чужой (Минэлектронпрома) разработки, предложив ГРУ применять разрабатываемую в МРП ЭВМ "Эльбрус". Несмотря на то, что Эльбрус на задачах ГРУ значительно уступал 41-50, Минобороны не смог добиться её разработки. Договор на техническое проектирование 41-50 не состоялся.

Три неудачных попытки - 5Э53, САПР самолётов, а затем и 41-50, показал, что разместить производство мощных ЭВМ, не профильных Минэлектронпрому, в других министерствах практически не удаётся – конкуренции в СССР официально не было, но реально существовавшие "межведомственные барьеры", сочетавшие в себе основные недостатки конкуренции, но лишённые её положительных сторон, были несокрушимы. Поэтому Д. 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 ещё в 1971 г. были начаты исследования в новом направлении. Но ЭВМ класса мини и микро - малоразрядные (8 или 16 бит), а на малоразрядных операндах СОК не эффективен. Поэтому 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%. Он был одним из самых высоких по промышленности страны.

В 1970 г. в стране было выпущено 3,6 млн. ИС 69-ти серий: 30 серий были гибридными (толстоплёночными и тонкоплёночными), 7 серий полупроводниковые по технологии «Металл-окисел-полупроводник» (МОП), 32 серии – полупроводниковые на основе р-п перехода и с диэлектрической изоляцией.

НИИМЭ с заводом «Микрон», руководимые директором К. Валиевым и главным инженером А. Назарьяном, создали базовую технологию для массового производства биполярных цифровых и линейных схем, которая передавалась на другие предприятия для освоения. Разработчики и технологи НИИТТ и завода «Ангстрем» развернули широкомасштабную работу по созданию гибридных ИС на толстых и тонких плёнках и разработали документацию, необходимую для их выпуска на других заводах. Эти работы возглавляли В. Сергеев, А. Катман, и воплощали в жизнь В. Дёмин – директор и Э. Бенуа – гл. инженер завода «Ангстрем». Завод к этому времени выпускал 109 типоминиатюрных гибридных ИС, институт разработал основные принципы технологии и схемотехники больших гибридных интегральных схем (БГИС) на многослойной керамической подложке. Готовилась программа работ по развитию производства БГИС. Серия К-224 толстоплёночных гибридных ИС стала основой для выпуска черно-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 (директор В. Савин, главный инженер И. Блинов), Минское Конструкторское бюро технологического машиностроения (КБТМ) под руководством директора И. Глазкова, НИИ технологии организации производства (НИИТОП, г. Горький) под руководством А. Салина, НИИ полупроводникового машиностроения (НИИПМ, г. Воронеж), директор К. Лаврентьев, гл. инженер П. Масленников, НИИ Электронстандарт (Ленинград, директор Гаген), разработали комплект технологического оборудования «Корунд», обеспечивающий массовый выпуск ИС и полупроводниковых приборов по планарной технологии. Оборудование было принято в качестве базового комплекта для оснащения промышленных предприятий отрасли на следующую пятилетку (1971-1975 г.).

Накопленный положительный опыт эксплуатации опытных линий «Корунд» на заводе «Микрон», Воронежском заводе полупроводниковых приборов, опытном заводе НИИ «Пульсар», позволил приступить к разработке новых высокопроизводительных автоматизированных линий для массового промышленного выпуска полупроводниковых ИС, планарных транзисторов и диодов на пластинах повышенного диаметра (до 75 мм), что должно было привести к резкому снижению их стоимости, повышению производительности труда. Главным конструктором разработки новой линии «Корунд-С» был назначен гл. инженер НИИТМ И. Блинов, главным технологом – гл. инженер НИИМЭ А. Назарьян. Этим же приказом ответственным за создание необходимых материалов, в первую очередь кремния повышенного диаметра, для производства ИС и оборудования для его обработки был определён НИИМВ (директор А. Малинин, гл. инженер Ю. Кузнецов). Сроки были жёсткие – предъявить линии для эксплуатации в начале 1971 г. Это были очень сложные задачи для всех предприятий, т.к. НИИМЭ и завод «Микрон» в 1968 г. ещё работали на пластинах диаметром 25-30 мм, в 1969-70 на пластинах диаметром 40 мм. Технологически минимальные размеры в 1968 г. были 8-10 мкм, в 1970 г. – 2-5 мкм.

Мы перечислили только отдельные примеры выполненных работ.

Было принято в конце пятилетки подводить итоги работы, и руководство МЭП по рекомендации оборонного отдела ЦК КПСС (И. Сербии) и руководства Военно-промышленной Комиссии при Совмин СССР (Д. Устинов) в 1970 г. назначили комиссию по оценке деятельности предприятий Научного Центра Микроэлектроники и его Дирекции.

НЦ, включающего на тот момент 9 научно-исследовательских организаций, 5 опытных заводов, ВУЗ и др. По состоянию на 1 июня 1970 г. в институтах и КБ Центра работало 12 924 человека, в т.ч. 9 докторов наук и 214 кандидатов. На опытных заводах работало 16 154 человека. Для размещения предприятий Центра было построено 240 тыс. м² промышленных площадей.

В целом работа НЦ комиссией была оценена положительно. Была признана большая роль, которую сыграл крупный учёный Ф. Лукин в становлении и успехах Научного Центра и создании работоспособного коллектива. Однако было указано на недостаточную координацию разработок ИС в отрасли, в ряде случаев дублирование, технологическую разобщённость предприятий, отсутствие единой технической политики в работе с заказчиками (аппаратостроительными предприятиями), медленное внедрение НИОКР ИС в промышленное производство. Нужно было перестраивать работу комплекса предприятий микроэлектроники, придав им большие возможности для внедрения новых ИС в производство. Это привело к объединению 9 ГУ МЭП, которому тогда подчинялся НЦ с 2 ГУ, которому были подчинены практически все НИИ, КБ и заводы полупроводниковой промышленности, т.е. произошла концентрация всей микроэлектроники и полупроводниковой промышленности страны в рамках одного ГУ МЭП. Начальником этого управления был прекрасный организатор промышленности А. Константинов, главным инженером молодой, но уже опытный А.

Васенков, заместителем начальника управления – прошедший большую школу промышленности и работы в ЦК КПСС А. Грибачёв.

За достигнутые успехи в деле создания отечественной микроэлектроники НЦ был награждён орденом Ленина, а его директор Ф. Лукин – Орденом Октябрьской революции.

За 8 лет работы в Центре микроэлектроники Ф. Лукин (рис. 48) был в отпуске только два раза. Напряжённая работа сказалась на его здоровье. В октябре 1970 г. он решает взять отпуск и поехать в санаторий. При прохождении медицинской комиссии врачи обнаруживают тяжёлую запущенную болезнь, оказавшуюся неизлечимой. 18 июля 1971 г. Фёдор Викторович Лукин скончался.

Директором НЦ был назначен Анатолий Васильевич Пивоваров, главный инженер КБ-1. В 1960 г. он же сменил Ф. Лукина на этой должности в КБ-1, после его перехода на должность директора НИИ-37.

Таким образом, в 1960-е годы в Минэлектронпроме практически "с нуля" была создана принципиально новая подотрасль – микроэлектроника. И в целом технический уровень её технологий и оригинальных разработок микросхем соответствовал мировому, где-то отставая, где-то опережая. На этой проблеме мы остановимся далее, а пока рассмотрим, как в Минэлектронпроме строилась системы управления разработками.



Рис. 48. Лукин Фёдор Викторович

УПРАВЛЕНИЕ РАЗРАБОТКАМИ В МИНЭЛЕКТРОПРОМЕ

Все проблемы в создании и развитии отрасли в Минэлектронпроме решались на основе системного подхода к организации работ. Решение основной задачи МЭП – обеспечение аппаратостроительных отраслей страны электронной компонентной базой (ЭКБ, ранее электро-радио элементы (ЭРЭ), изделия электронной техники (ИЭТ), электронные приборы) решалась на основе её комплексной унификации путём создания оптимизированных функционально-параметрических рядов в рамках общепромышленной технической политики.

Эта система возникла не вдруг, а создавалась и совершенствовалась в течение всего времени существования ГКЭТ и МЭП, с 1962 по 1991¹⁴ годы.

Она, естественно, встраивалась в общегосударственную систему планирования и координации разработок промышленных изделий, основными элементами которой были:

- ООП ЦК КПСС - Отдел оборонной промышленности ЦК КПСС (Москва), осуществлял, в основном, кадровую политику, подбор и расстановку людей на ключевые посты от директоров значащих предприятий до министров. Действовал в период 1954 – 1991 год.

- Госплан СССР – Государственный плановый комитет Совета министров СССР (Москва), осуществлявший общегосударственное планирование развития народного хозяйства СССР и контроль за выполнением народнохозяйственных планов. Действовавший в период 1923 – 1991 год.

- ВПК – Комиссия Президиума Совета министров СССР по военно-промышленным вопросам (ВПК при СМ СССР) (Москва), действовавший в период 1957 – 1991 год. Осуществлял организацию и координацию работ девяти министерств оборонных отраслей промышленности (МООП, "девятка") по созданию современных видов вооружения и военной техники. В состав "девятки" входили министерства [39]:

1. МОП - оборонной промышленности (ведало всем «стреляющим» – лёгкое оружие, танки, пушки, ракеты);
2. ММ - машиностроения (производство боеприпасов, порохов, ракетного топлива);
3. МОМ - общего машиностроения (тяжёлые ракеты, космос);
4. МСМ - среднего машиностроения (атомное оружие);

¹⁴ МЭП упразднено 14 ноября 1991 г. К этому моменту в нём было 816 предприятий, в т.ч. 584 завода с филиалами и 232 НИИ и КБ с филиалами. Министры: Шокин А.И. (март 1961 (с ГКЭТ) — 18 ноября 1985), Колесников В.Г (18 ноября 1985 — 14 ноября 1991).

5. МСП - судостроительной промышленности (флот);
6. МРП - радиопромышленности,
7. МЭП - электронной промышленности,
8. МПСС - промышленности средств связи,
9. МАП - авиационной промышленности.

Существует ВПК в изменённом виде и сейчас. Но, по оценке Н. Шахова (в 1967 – 1991 г. заместителя заведующего Отдела оборонной промышленности ЦК КПСС) [39]: *"Сейчас в оборонке всё сильно запутано. ВПК РФ представляет собой нечто рыхлое, бесформенное. А вот в Советском Союзе это была очень чёткая, стройная система"*.

Продукцией Минэлектронпрома активно пользовалось и Министерство приборостроения, средств автоматизации и систем управления СССР (МПСАиСУ, Минприбор), разрабатывающее и производящее приборы, средства автоматизации и системы управления для народного хозяйства.

Действовали в период 1956 по 1991 г. также:

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

- Госстандарт СССР (Москва) – Государственный комитет стандартов Совета Министров СССР, действовал в период 1948 – 1991 г. Осуществлял руководство работами ведомств Советского Союза по установлению промышленных и торговых стандартов на различные материалы и изделия и опубликование обязательных и рекомендуемых стандартов. Помимо данной работы, Комитет стандартов принимал участие в международной стандартизации и вошёл в состав образованной в 1927 году Международная организация по стандартизации, ИСО (International Organization for Standardization, ISO). С 1992 г. его функции выполнял Комитет Российской Федерации по стандартизации, метрологии и сертификации, в 2004 г. преобразованный в Федеральную службу по техническому регулированию и метрологии, ныне Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) при Министерстве промышленности и торговли РФ.

Действуя в рамках общегосударственной системы, Минэлектронпром 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 обеспечению 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 (16ГУ МО), и его рабочий орган – 22ЦНИИ МО (г. Мытищи).

В микроэлектронике и вычислительной технике головным в Минэлектронпроме был зеленоградский Центр микроэлектроники (Научный центр).

При общем руководстве ЦНИИ Электроника и Электронстандарт, вопросами применения и стандартизации в микроэлектронике занимался (и занимается с предельно ужатыми функциями поныне) зеленоградский ЦКБ Дейтон (ранее Центральное бюро по применению ИС – 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 были:

- Отраслевой институт головных предприятий и главных конструкторов по направлениям.
- Постоянные анализы и прогнозы развития микроэлектроники в стране и за рубежом.
- Изучение нужд потребителей в форме ежегодных Заявочных кампаний.
- Формирование отраслевых долгосрочных Комплексно-целевых программ (КЦП) по направлениям микроэлектроники для общего применения.
- Формирование межотраслевых долгосрочных Аппаратно-ориентированных программ (АОП) по микроэлектронике по аппаратурным направлениям.
- Ежегодное планирование разработок в форме Плана важнейших работ (ПВР).

- Ежегодное формирование Системы развиваемых микросхем.
- Участие в общегосударственном планировании по пятилеткам.

Но прежде, чем рассматривать эти компоненты, остановимся на общих подходах.

Общие вопросы координации в микроэлектронике

Что бы эффективно управлять, нужно было иметь полную информацию обо всех предприятиях, всех коллективах, их потенциальных возможностях, их потребностях, их продукции и т.п. Нужно было знать о нуждах реальных и потенциальных потребителей, о решаемых ими задачах, условиях применения создаваемой ими аппаратуры, их требования к интегральным схемам и т.п. Нужно было знать о состоянии и о всех тонкостях развития индустрии интегральных схем за рубежом, успехи, тенденции развития и неудачи ведущих зарубежных фирм. Нужно было знать ещё очень и очень много.

На основании всех этих знаний нужно было формировать техническую политику развития отечественной микроэлектроники, её материаловедения и технологического оснащения и т.п. Весьма ограниченные ресурсы отрасли нужно было использовать наиболее оптимально, с максимально возможным эффектом. Необходимо было оптимизировать номенклатуру и системы параметров создаваемых продуктов, чтобы с минимальными затратами обеспечить потребности страны и союзников в изделиях микроэлектроники.

Все эти работы и многое другое включает понятие "координация". Задача специалистов и предприятий, занимающихся координацией, заключается в подготовке всех материалов, необходимых для принятия решений соответствующим руководителям: министру, его заместителям, начальнику главного научно-технического управления (ГНТУ), начальникам главков и др.

Практически работа по координации предусматривает формирование (на основе анализов и прогнозов) системы продуктов (микросхем, материалов, технологического оборудования и т.п.), оптимальных по номенклатуре и характеристикам (без дублирований и пробелов), соответствующих требованиям системной совместимости и максимально удовлетворяющих задачам потребителя.

Это обеспечивается регулярным формированием: анализов и прогнозов развития науки и техники по курируемому направлению в стране и за рубежом; проектов требований к перспективным разработкам и технологическим линиям для их реализации на основе системного подхода; годовых и перспективных планов разработок и производства и т.п. А также согласованием технических заданий на новые разработки, сопровождением разработок, согласованием технических условий (ТУ) на разработанные изделия, участием в госкомиссиях по приёмке завершённых разработок и многим другим.

Для выполнения функций координации в СССР был создан институт головных по направлениям науки и техники предприятий и научных руководителей (или главных конструкторов) направлений.

Главным предприятием по микроэлектронике ещё Постановлением ЦК КПСС и СМ СССР от 8 августа 1962 г. был назначен Центр микроэлектроники, в 1966 г. преобразованный в Научный центр (НЦ), он же в 1976 г. стал и головным в МЭП по вычислительной технике.

Основными формами работ по обеспечению координации были следующие:

- Разработка обзоров, анализов и прогнозов развития науки и техники в стране и за рубежом по курируемым направлениям (ежегодно).
- Формирование оптимизированной номенклатуры продукции в виде функционально-параметрических рядов, удовлетворяющих требованиям единой системы параметров, соответствующих правилам системной совместимости и функциональной полноты.
- Созданием и сопровождением нормативной базы в виде отраслевых и государственных стандартов и методик для обеспечения системных принципов развития микроэлектроники.
- Формирование годовых и перспективных планов разработок и производства продукции.
- Постоянный контроль за выполнением плановых показателей, работ и нормативных документов...

В Минэлектронпроме всё это работало, не всегда чётко, не без сбоев и ошибок, но в целом обеспечивало высокие темпы развития микроэлектроники и Микропроцессорных средств вычислительной техники (МСВТ) и других направлений.

А теперь рассмотрим основные компоненты системы планирования разработок.

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 все перечисленные в предыдущем разделе 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 Главному научно-техническому управлению министерства (ГНТУ МЭП), являясь скрытым продолжением его аппарата. От момента создания дирекции НЦ (ДНЦ), позже преобразованной в СКБ НЦ, затем в НИИ НЦ, были 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) назначались главными конструкторами (ГК) отрасли по соответствующему направлению.

Второй уровень в микроэлектронике составляли главные конструкторы и головные предприятия в частных направлениях: микропроцессоры, память, логика, операция, ЦАП-АЦП и др.

В частности, в Минэлектронпроме действовал Отраслевой совет главных конструкторов микропроцессоров и МСВТ (СГК МСВТ), созданный приказом министра № 589 от 14.10.1979 г. [40]. На составе СГК мы остановимся далее.

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,*
 - *обеспечение совместимости технических средств и программного обеспечения,*
 - *обеспечение высокой серийноспособности изделий МСВТ,*
 - *обеспечение возможности комплексирования из изделий МСВТ различных управляющих и вычислительных комплексов,*
 - *обеспечение 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 органах ...".*

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

Информационно-аналитическое обеспечение

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 все, что делается по этому направлению в мире. Отлично понимая это, Минэлектронпром организовал у себя идеальное информационное обеспечения 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 все, что могло пригодиться для пользы дела. Материалы добывались как специальными службами Минэлектронпрома по открытым каналам, так и государственными спецслужбами по их каналам, работали и те, и другие на полную мощность.

Эти материалы направлялись предприятиям в соответствии с их специализацией. Там специальные аналитики их изучали, обобщали, анализировали, составляли краткие аннотации и подробные прогнозы, которые рассылались всем руководителям и специалистам

предприятий, опять же согласно их специализации. Особо важные материалы переводились на русский язык (авторитетнейший в те годы американский журнал "Elektronics" выходил на русском языке с задержкой от оригинала на 1-2 месяца). Эти материалы были доступны любому специалисту любого предприятия, а заинтересовавшись чем-либо, он мог получить и оригинал материала.

Информационным обеспечением в Минэлектронпроме занимался специально для этого образованный ЦНИИ "Электроника", а в головных по направлениям предприятиях были специальные подразделения, укомплектованные высокообразованными специалистами со знанием иностранных языков. Был такой отдел и в НИИ НЦ.

Важно было не только знать о том, что творится в мире, но и обеспечить информационный обмен в стране и отрасли. С этой целью выпускались специализированные периодические журналы ("Электронная промышленность", "Электроника" (перевод журнала "Electronics") и др.), тематические сборники ("Микроэлектроника и полупроводниковые приборы", "Микроэлектроника" и др.), проводились конференции и семинары с публикацией их трудов и т.п. Естественно, по нормам тех времён эти материалы могли иметь и соответствующий гриф секретности ("ДСП" – для служебного пользования, "секретно", «совершенно секретно»).

Таким образом, любой специалист отрасли, при желании, мог всегда быть в курсе всех новейших достижений в сфере своих профессиональных интересов в мире и стране (в стране даже хуже, т.к. существовала секретность и "межведомственные барьеры").

Это, в значительной мере, способствовало необыкновенно высоким для СССР темпам развития отечественной электронной промышленности. Так, по данным Коллегии МЭП от 22 мая 1975 г. [32]: "... план пятилетки по всем показателям МЭП выполнено 20 мая 1975 г. Объём увеличен в 3 раза, внедрено 2300 новых ИЭТ. ... по темпам роста МЭП выполнено 5-летку за 3,5 года. ... Темп прироста (среднегодовой по 1970-1973) электронной промышленности СССР – 20 %, США – 10 %, Японии – 8,1 %, ФРГ – 10,6 %, Франции – 1,0 %, Англия – 3,8 %". Подробнее на уровне развития Минэлектронпрома мы остановимся далее.

На основе этих материалов, информации предприятий и из иных источников специалисты головной организации в рамках специальных отраслевых НИР формировали ежегодные отчёты, содержащие глубокий анализ и прогноз развития интегральных схем разных классов, МСВТ, микроэлектронных технологий, специального машиностроения, САПР ИЭТ и т.д.

Эти отчёты были одной из основ формирования технической политики развития отрасли.

Ежегодные Заявочные кампании

Ежегодная заявочная кампания была продуктивным механизмом согласования противоречивых запросов заказчиков и разработчиков ЭКБ, основой оптимизации и унификации её номенклатуры.

В рамках кампании была введена двухуровневая унификация заявок на разработки ИС, на отраслевом и межотраслевом уровне.

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

- Однажды Минприбор подал заявку на повторение трёх комплектов ИС для накопителей на гибких магнитных дисках (НГМД). Обоснование: 3 предприятия отрасли воспроизводит 3 разных НГМД для трёх разных воспроизводимых ЭВМ (в то время унификации НГМД ещё не было). Результат: к разработке принят один комплект, а Минприбору пришлось заняться унификацией НГМД.

- Представитель Минавиапрома, настаивая на воспроизводстве двух практически одинаковых ИС для двух предприятия в пылу полемики воскликнул: «Никогда гайка от самолёта Туполева не подойдёт к болту от самолёта Ильюшина». Такой подход в те времена, к сожалению, был нормой, бороться с ним было очень трудно.

Затем такая же работа проводилась с заявками министерств в Научном центре. Задача отраслевого подразделения НЦ заключалась в унификации, сведению номенклатуры к реально выполнимому и технически оправданному оптимуму. В декабре в НИИ НЦ проходило завершающее заседание специальной комиссии с участием буквально всех заинтересованных лиц.

На котором, после общего 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 позволило также оптимизировать количество технологий, номенклатуру оборудования и материалов.

Однако практика воспроизводства зарубежных аналогов по требованиям заказчиков сохранилась. Автор более 10 лет занимался в НЦ заявочной кампанией по разделу "Микропроцессоры". И за эти годы не было ни одной заявки на разработку оригинальной БИС, все заявки были направлены только на воспроизводство зарубежных микропроцессоров. Практически всей их номенклатуры. То же было по другим разделам ("Логика", "Память", "ЦАП-АЦП", "Операция" и др.).

Согласованные заявки, за редким исключением, МЭП всегда принимал без задержек. Это свидетельствует о высоком технологическом уровне его предприятий, которые практически всегда сразу приступали к выполнению заказов по воспроизводству ИС, т.к. уже имели мирового уровня технологию, отработанную на производстве схемотехнически простых ИС памяти. А в "редких исключениях" сразу же ставились работы по созданию требуемых технологий, оборудованию и материалам.

Отраслевое комплексно целевое планирование

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

Обычно, для удобства, сроки реализации КЦП привязывались к срокам пятилеток, но бывали и иные варианты.

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 обеспечивающих – по разработке 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 – 22ЦНИИ МО и 16ГУ 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, основные характеристики изделия, формы окончания работы.
- Перечень специфичных для данного направления обеспечивающих работ по созданию оборудования, материалов, стандартов и т.п., если они не включены в соответствующие КЦП.

Все НИР и ОКР, вошедшие в КЦП, автоматически включались в План важнейших работ МЭП на соответствующий год.

Все это позволило ограничить номенклатуру ИС несколькими сотнями типов, которые обеспечивали решение тех же задач, для которых зарубежная промышленность использовала несколько десятков тысяч типов микросхем.

Межотраслевое аппаратно-ориентированное планирование (АОП)

Практика формирования межведомственных долгосрочных Аппаратно-ориентированных программ (АОП) по микроэлектронике для классов продукции потребителей складывалась в течение ряда лет. В конце концов, сложился следующий механизм.

В рамках АОП по микроэлектронике НИИ НЦ собирал с помощью головных

предприятий аппаратурных министерств разработчиков аппаратуры определённого класса, требующей аналогичной ЭКБ 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 к выполнению.

Включённые в АОП НИР и ОКР автоматически включались в ПВР Минэлектронпрома.

План важнейших работ

Ежегодный план важнейших работ МЭП (ПВР) был итоговым документом по планированию разработок в Минэлектронпроме.

В него автоматически включались все НИР и ОКР, вошедшие:

- в ПВР предыдущего года с более поздним сроком окончания,
- 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 параметрических рядов ЭКБ, что бывало.

После отдельного рассмотрения в ПВР включались инициативные предложения предприятий МЭП.

ПВР согласовывался с представителями Генерального заказчика – 22ЦНИИ МО и 16ГУ МО, утверждался министром МЭП и был обязательны для исполнения. За успешное выполнения каждой НИР и ОКР. предприятия получали специальную премию.

В годовые планы могли включаться и иные работы, в основном инициированные самим предприятием-исполнителем на основе внутренних заделов, и финансироваться из бюджета МЭП, но премии за выполнение таких работ не выплачивались. Таким образом предприятиям обеспечивалась возможность проверки и доказательства продуктивности своих предложений, не очевидных для руководства. С подтверждением этой очевидности работы включались в ПВР.

Системы развиваемых микросхем

В результате такой иерархической системы планирования новых разработок удавалось сформировать оптимизированную систему изделий микроэлектроники (и ЭКБ в целом), функционально и параметрически полную при минимальной номенклатуре.

Для успешного её применения потребителями в МЭП выпускались сводные справочники, каталоги, на сложные изделия формировались Руководящие технические материалы по применению (РТМ) и т.п.

Для лучшей ориентации потребителей с 1976 г. в НЦ ежегодно выпускался Перечень (позже – Система) развиваемых ИС, в который, 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 совместно с 22ЦНИИ МО ежегодно выпускался более жёсткий документ – Перечень ИС, разрешённых к применению. Не вошедшие в него неперспективные ИС запрещались к применению в новых разработках аппаратуры.

Планирование по пятилеткам

В стране было принято планирование по пятилеткам. Имея более информативное и обоснованное долголетнее планирование на основе КЦП и АОП, МЭП в пятилетних планах, как планах работ, по сути, не нуждался. Но они были ему нужны 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 Минэлектронпрома по управлению разработками в отрасли на примере микроэлектроники. Но это внутри страны.

Международная координация

Определяющую роль НИИ НЦ играл и в международной координации по созданию и применению интегральных схем в рамках Совета по Экономической Взаимопомощи (СЭВ) и Межправительственной Комиссии по развитию Вычислительной Техники» (МПК по ВТ). Это два координирующих органа стран с социалистической экономикой, отличающихся назначением и составом стран. СЭВ занимался разносторонними экономическими проблемами, МПК по ВТ – координацией разработок и производства средств вычислительной техники в рамках двух направлений: Единой Системы ЭВМ (ЕС ЭВМ – большие машины) и Системы Малых ЭВМ (СМ ЭВМ). В СЭВ координацией разработок и производства ИС занималась 8-я секция Постоянной комиссии по РЭБ, в МПК по ВТ – Совет специалистов по МЭБ (Микроэлектронной Элементарной Базе). Секретариат 8-й секции находился в Дейтоне, Совета по МЭБ – в НИИ НЦ. Возглавляли секретариаты в разное время А.А. Васенков, С.В. Якубовский, Ю.В. Терехов, В.А. Шахнов и В.М. Гусаков. СЭВ и МПК по ВТ, координируя свою работу (в основном в них были одни люди) формировали заказы на разработки новых ИС, которые так же служили основанием для включения работ в ПВР МЭП.

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

С появлением микропроцессоров и других БИС в Минэлектронпроме нарастающими темпами разворачивались разработки и производство микро-ЭВМ, периферийных устройств и микропроцессорных систем на их основе. Первоначально координация этих работ производилось специалистами Главного научно-технического управления министерства под руководством его начальника В.М. Пролейко. В Зеленограде такие работы в первые годы были сосредоточены в СВЦ, формированием технической политики и обеспечением её реализации руководил директор СВЦ Д.И. Юдицкий, согласовывая её с руководством НЦ и министерства.

В 1976 г. в СКБ НЦ был образован отдел, координирующий в НПО НЦ разработки микроэлектронной аппаратуры (МЭА). На этот же отдел были возложены функции по координации разработок 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. Белышева, Г. Захарова и др.

Координационный совет МСВТ

Вскоре стала понятна неэффективность координации разработок МЭА в рамках одного НПО, т.к. в этих работах необходима широкая кооперация с другими предприятиями МЭП. В министерстве соответствующей службы тогда не было. Отделом было подготовлено предложение о создании отраслевого координирующего органа, одобренное генеральным директором НПО НЦ А. Малининым. Реализовано это предложение было приказом министра от 15.08.79 г., №502 о создании отраслевого совета по координации разработок микроэлектронной аппаратуры. Председателем был назначен главный инженер НПО НЦ А. Васенков. Отдел координации МЭА СКБ НЦ преобразован в отраслевой отдел с соподчинением начальнику ГНТУ МЭП В. Пролейко. Это положительно повлияло на организацию разработок и в НПО НЦ, и в отрасли.

К тому времени в стране сложилось неоднозначная ситуация в области развития вычислительной техники. С одной стороны страна входила (в качестве лидера) в МПК по ВТ. С другой – сохраняло силу назначение головных предприятий в стране, с которыми требовалось согласовывать технические задания на любую разработку и технические условия на изделия. Неприятным для МЭП было то, что головным в стране предприятием по управляющим ЭВМ и головным в СМ ЭВМ являлось одно предприятие – Институт Электронных Управляющих

Машин (ИНЭУМ, Минприбор). Директор ИНЭУМ Б. Наумов был Генеральным конструктором СМ ЭВМ. Увлёкшись СМ ЭВМ, Борис Николаевич отказывался согласовывать ТЗ и ТУ на любые средства вычислительной техники, не входящие в СМ ЭВМ, торпедуя, тем самым, все разработки средств вычислительной техники в МЭП.

Для устранения этого препятствия в рамках Координационного совета специалистам СКБ НЦ (Б. Малашевич) и НИИТТ (В. Смыслов) пришлось проделать огромную работу по формализации в стране нового класса продукции – Микропроцессорных Средств Вычислительной Техники (МСВТ) с головной ролью Минэлектронпрома, создать для него свою систему стандартизации. В МСВТ были включены микропроцессоры (БИС), микро-ЭВМ, периферийные устройства для микро-ЭВМ, системы и комплексы на их основе.

Вынужденная хитрость

Это был уже второй подобный случай в истории Минэлектронпрома. Когда были разработаны первые микрокалькуляторы, ТЗ и ТУ на них также требовалось согласовывать с Минприбором – головным по калькуляторам. И тоже с этим согласованием было масса проблем. Пришлось формально создать "новый класс продукции" – микрокалькуляторы, назначив головным Минэлектронпром. В части нормативной базы эту работу возглавил начальник отдела стандартизации НИИТТ В. Смыслов. Теперь его опыт пригодился.

Это сделало МЭП независимым в стране поставщиком средств вычислительной техники, равноправным партнёром с ЕС ЭВМ, СМ ЭВМ и производителями специальных ЭВМ при решении всех межотраслевых и международных технических и организационных проблем. Его стали приглашать для участия в межведомственных работах по унификации конструкций РЭА, клавиатур персональных ЭВМ, накопителей на жёстких дисках, на разработку ГОСТ на персональные ЭВМ и т. п.

Было организовано комплексно-целевое планирование МСВТ в рамках МЭП. СКБ НЦ была разработана и введена в действие первая КЦП «МСВТ» на XI пятилетку (1981 – 1985 гг.). Впоследствии была сформирована аналогичная КЦП на XII пятилетку.

Совет главных конструкторов МСВТ

Однако руководители предприятий, не входящих в НПО НЦ, зачастую воспринимали Координационный совет как совещательный орган и нередко не выполняли его решения. К тому же его председатель А. Васенков покинул пост главного инженера НЦ, перешёл на работу директора НИИФП. А его преемника координация не интересовала.

Необходимо было поднять статус совета и назначить нового его председателя. Это было осуществлено приказом министра от 14.10.79 г., №589. Координационный совет преобразовывался в отраслевой Совет Главных Конструкторов направлений.

Председателем SGK был назначен начальник ГНТУ МЭП В. Пролейко (рис. 49). Членами SGK МСВТ, главными конструкторами-председателями секций SGK по направлениям МСВТ назначены:

- В. Шахнов (НИИ НЦ, Зеленоград) – зам. председателя SGK, перспективное планирование и координация разработок (рис. 50),
- В. Дшхунян (НИИ ТТ, Зеленоград) – ГК микропроцессоров, однокристалльных ЭВМ и вычислительных систем на пластине,
- И. Талов (СКБ при з-де Процессор, Воронеж) – ГК мини- и микро-ЭВМ,
- Б. Малашевич (НИИ НЦ, Зеленоград) – ГК по унификации и совместимости МСВТ,
- В. Харин (СКБ при з-де Процессор, Воронеж) – ГК



49. Пролейко Валентин Михайлович, Председатель SGK МСВТ



50. Шахнов Вадим Анатольевич, зам. председателя SGK МСВТ

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),
- А. Козак (ЦКБИТ, Винница) – ГК устройств отображения информации,
- В. Звездин (НИИ МП, 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.

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. Общепризнанным центром этого сотрудничества были ГНТУ МЭП и отраслевой отдел 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.

Кстати сказать

Следует отметить, что наиболее эффективно СГК МСВТ работал в тот период, когда им руководил В. Пролейко. Его преемники фактически не интересовались проблемами МСВТ и не участвовали ни в одном заседании СГК, отчего их эффективность существенно снижалась. Только последний начальник ГНТУ МЭП и председатель СГК МСВТ А. Назарьян активно вошёл в эти проблемы, но ликвидация МЭП в конце 1991 г. пресекла эту деятельность.

Ситуация начала изменяться в 1981 г. после смены руководства НПО и НИИ НЦ: новое руководство весьма прохладно отнеслось к отраслевой деятельности в области МСВТ, а СГК МСВТ игнорировало. Положение ухудшилось ещё более в 1985 г., когда В. Пролейко – председатель СГК МСВТ и начальник ГНТУ МЭП, по злой воле был вынужден покинуть свои посты (против него было сфабриковано уголовное дело, которое позже полностью рассыпалось и закончилось полным оправданием В. Пролейко, но в МЭП он уже не вернулся). В результате СГК МСВТ оказался фактически обезглавлен. Это значительно усложнило деятельность совета, понизило его статус и, соответственно, эффективность. Не могло это сказаться и на положении отраслевой службы на предприятии, его руководство ещё более охладело к этой деятельности. Огромная польза, которую можно извлечь из владения отраслевой службой в интересах НЦ, была понята много позже, при развёртывании работ по персональным компьютерам. А пока её планомерно душили. Подразделение было переведено в помещение завода «Квант» и оставлено практически без телефонной связи. Контакты с предприятиями были разорваны. Но отраслевые функции формально остались и, в какой-то степени, выполнялись. СГК МСВТ продолжал действовать, но только в качестве клуба главных конструкторов, что тоже приносило какую-то пользу. Ситуация изменилась с появлением персональных компьютеров (ПК).

В 1985 – 1988 гг. в стране наблюдался невиданный ранее подъем активности в области развития и внедрения микропроцессоров и ЭВМ. Этот подъем пользовался поддержкой на высшем государственном уровне. Вышло ряд постановлений ЦК КПСС и СМ СССР, например:

- 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».
- 28 марта 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» и т.п.

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

- ИЭТ для средств вычислительной техники других ведомств,

- средств вычислительной техники «Электроника».

В это время в государственной системе стандартизации отсутствовало и понятие, и класс продукции типа «персональная ЭВМ (ПЭВМ)», «персональный компьютер (ПК)» (ПЭВМ и ПК – синонимы). Для нормального выпуска продукции требовались соответствующие нормативные документы. При Госстандарте СССР была образована рабочая группа специалистов (от МЭП – Б. Малашевич, НИИ НЦ), разработавшая необходимые государственные стандарты, например:

- ГОСТ 27 201-87 «Машины вычислительные электронные персональные. Типы, основные параметры. Общие технические требования».

- ГОСТ 14289-88 «Средства вычислительной техники. Клавиатуры. Расположение клавиш и символов, функции управляющих клавиш».

- ГОСТ 27954-88 «Видеомониторы персональных электронных вычислительных машин. Типы, основные параметры, общие технические требования» и многие другие.

А перед Минэлектронпромом, первым в стране приступившим к массовому выпуску ПЭВМ, остро встала проблема организации массового производства ПК, в т.ч. 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. Пришлось вспомнить о недавнем положительном примере работы SGK МСВТ и отраслевого отдела, к тому времени практически распавшегося. С небольшим перерывом выпускаются два приказа МЭП: №29 от 18.01.88 о назначении главного конструктора SGK МСВТ (В. Меркулов, НИИ НЦ), и №242 от 5.04.88 «О совершенствовании координации работ по САПР и SGK МСВТ».

Вторым приказом были утверждены: новый состав SGK МСВТ, Положение о SGK МСВТ, перечень головных предприятий по направлениям SGK МСВТ. Был также возрождён отраслевой отдел. Председателем SGK назначен начальник ГНТУ МЭП А. Назарьян. Состав SGK МСВТ:

- А.Р. Назарьян (начальник ГНТУ МЭП) – председатель SGK МСВТ (рис. 51),

- В.А. Меркулов (НИИ НЦ, Зеленоград) – зам. председателя SGK МСВТ, главный конструктор (ГК) SGK МСВТ в отрасли (рис. 52),

- Б.М. Малашевич (НИИ НЦ, Зеленоград) – зам. ГК SGK МСВТ в отрасли, начальник отраслевого отдела SGK МСВТ (рис. 53),

- В. Дшхунян (НИИ ТТ, Зеленоград) – ГК



51. Назарьян
Арташес Рубенович,
председатель SGK МСВТ



52. Меркулов
Владислав Афанасьевич,
Главный конструктор SGK
МСВТ



53. Малашевич
Борис Михайлович,
зам. ГК МСВТ

микропроцессоров, однокристалльных ЭВМ и вычислительных систем на пластине,

- А.А. Попов (НИИ НЦ, Зеленоград) – ГК ПЭВМ,
- В.С. Лопатин (ОКБ при з-де "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 МО) – 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 опто-электронных дисках,
- 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 з-де "Эвистор", г. Витебск) – ГК УВВ 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 показал состав двух SGK МСВТ, чтобы подчеркнуть масштабы работ по МСВТ в Минэлектронпроме.

Так началась вторая жизнь SGK МСВТ, отраслевой и межотраслевой координации. Началась активная работа, о темпе 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 микро-ЭВМ», №360 «О НГМД», №318 «Об изготовлении мониторов для ШЭВМ на основе телевизоров», №319 «О пленочных 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.

Проводилась огромная координационная работа и со смежными отраслями. Так с ЦСУ СССР было достигнуто и реализовано соглашение о сервисном обслуживании МСВТ предприятиями ПО «Союзсчёттехника» ЦСУ. С Минрадиопромом для координации работ по обеспечению производства персональных ЭВМ был образован совет директоров соответствующих объединений, сопредседателем совета от МЭП был генеральный директор НПО «Научный центр» Ю.Н. Дьяков. По конкретным вопросам создавались специальные рабочие группы.

В результате в МЭП и со смежниками была организована невиданная ранее в истории отрасли многоуровневая кооперация по созданию и массовому производству персональных и школьных компьютеров и периферийных устройств для них. Огромный вклад в решение этой сложной задачи внесли специалисты НИИ НЦ В.С. Бутузов, Б.М. Малашевич, В.М. Гусаков, В.М. Станкевич, Э.И. Коночкин, О.И. Бельшева, Н.И. Кубинцева, Т.А. Капцова, Т.П. Бехтева и др.

Все прекратилось в одночасье, в 1991 г. с ликвидацией Минэлектронпрома.

Координация разработок САПР ИЭТ

Постановлением ЦК КПСС и СМ СССР от 14.06.1968 г. было предусмотрено создание в зеленоградском Центре микроэлектроники Специализированного вычислительного центра (СВЦ) – головного в отрасли предприятия со следующими задачами:

- разработка принципов автоматизации процессов управления производством и технологическими процессами в электронной промышленности с помощью вычислительных машин и создания необходимых средств математического обеспечения;
- координация работ по внедрению автоматизации процессов управления производством и технологическими процессами с помощью вычислительных машин на предприятиях

отрасли;

- вычислительные работы.

В качестве основы для нового предприятия предполагалось использовать вычислительный центр НИИ Физических проблем (НИИФП), изначально созданный как головной в Центре микроэлектроники.

Однако в 1968 г. предприятие создано не было. Это было сделано приказом министра от 6 октября 1969 г. (№588), когда встал вопрос о разработке супер-ЭВМ «5Э53». При этом на СВЦ были возложены и вышеуказанные функции головного, и разработка 5Э53. Для выполнения головных функций директор в СВЦ было образовано специальное отделение, в состав которого вошли вычислительный центр и отдел АСУ (автоматизированных систем управления), возглавил отделение Ю.С. Голубев-Новожилов.

С ростом степени интеграции ИС усложнялись и Системы Автоматизации Проектирования Изделий Электронной Техники (САПР ИЭТ), а значит и встал вопрос о координации их разработок и применения. С этой целью в СВЦ было образовано подразделение, которое при его ликвидации было переведено в СКБ НЦ и включено в отраслевой отдел МСВТ. В составе подразделения работали специалисты В.И. Филатов, В.К. Дорохов, А.М. Тихомиров, Е.В. Авдеев, Э.М. Хузин и др.

Методика координации работ в области САПР ИЭТ была такая же, как и в области МСВТ. Так же был образован SGK САПР ИЭТ под председательством В.М. Пролейко, так же формировались КЦП и ежегодные планы важнейших работ, так же согласовывались технические задания и технические условия и т. п. И судьба была аналогична: с уходом работающего председателя SGK деятельность по тем же причинам практически прекратилась, специалисты разошлись по другим местам работы, где они нашли себе применение. И точно также, в условиях реалий того времени, жизнь доказала необходимость отраслевой координации и она была возрождена тем же приказом, что и координация МСВТ. Так же был восстановлен отраслевой SGK САПР ИЭТ под председательством начальника ГНТУ МЭП А.Р. Назарьяна. Состав SGK САПР ИЭТ характеризует масштабы работ в Минэлектронпроме:

- А.Р. Назарьян (начальник ГНТУ МЭП, Москва) – председатель SGK САПР ИЭТ.
- Ю.Н. Дьяков (НПО НЦ, Зеленоград) – зам. председателя SGK САПР ИЭТ, ГК САПР ИЭТ (рис. 54),
- В.Н. Брюнин (НИИ НЦ, Зеленоград) – зам. ГК САПР ИЭТ, начальник отраслевого фонда алгоритмов и программ САПР ИЭТ,
- Ю.Н. Беляков (НИИ МЭ, Зеленоград) – ГК САПР ИМС,
- Ю.Н. Харин (НПО "Электроника, г. Воронеж) – ГК ПТК АРМ,
- М.А. Меркулов (НИИ НЦ, Зеленоград) – ГК МСВТ,
- В.Ф. Попов (ОКБ МГП ЛОЭП "Светлана"), Ленинград – ГК САПР машиностроения,
- А.М. Тихомиров (НИИ НЦ, Зеленоград) – учёный секретарь SGK САПР ИЭТ,
- В.П. Сазонов (НИИ "Исток", г. Фрязино МО) – ГК САПР СВЧ ИЭТ,
- А.А. Ступаченко (НИИ "Гириконд", Ленинград) – ГК радиодеталей,
- Р.А. Лачашвили (ПО МЭЛЗ, Москва) – ГК САПР ЭЛФЭП (электронно-лучевых и фотоэлектронных приборов),
- Ю.М. Андреев (НПО "Механика", Москва) – ГК САПР инструмента и оснастки,
- Л.Е. Афанасьев (МУСПИ, Москва) – ГК САПР проектно-конструкторских работ,
- В.А. Егоров (НИПКИ "Терминал", Ленинград) – ГК САПР ГСП,
- Ю.Н. Знаменский (НИИ "Дельта", Москва) – ГК сетей ЭВМ,
- Б.К. Ковалёв (ПО "Гамма", Москва) – ГК САПР 2ГУ МЭП,
- Г.М. Зверев (НПО "Полнос", Москва) – ГК САПР 3ГУ МЭП,
- А.П. Кучурин (НИИ ЭМП, г. Пенза) – ГК САПР 4ГУ МЭП,
- В.И. Шевернёв (НИИРК, Москва) – ГК САПР 5ГУ МЭП,
- В.А. Зинкович (ПО "Планар", г. Минск), – ГК САПР 6ГУ МЭП,



54. Дьяков
Юрий Николаевич,
зам. председателя SGK

- С.А. Живулин (НИИ "Домен", Ленинград), – ГК САПР 7ГУ МЭП,
- Б.В. Киселёв (ГНТУ МЭП, Москва) – зам. начальника ГНТУ,
- А.В. Романов (ПО "Интеграл", г. Минск) – ГК САПР ПО "Интеграл",
- ЮИ. Шендерович (ЛОЭП "Светлана", Ленинград) – ГК САПР ЛОЭП "Светлана",
- Ю.А. Мухин (НИИ ТТ, Зеленоград) – зам. ГК САПР ИМС,
- А.Н. Кононов (МИЭТ, Зеленоград) – зам. ГК САПР ИМС,
- Е.В. Авдеев (НИИ НЦ, Зеленоград) – ГК САПР ПТБ,
- В.Н. Лошаков (НПО «Элас», Зеленоград) – ГК САПР НПО «Элас»,
- Б.М. Малашевич (НИИ НЦ, Зеленоград) – представитель SGK МАВТ.

Начавшаяся активная деятельность так же прекратилось в 1991 г. с ликвидацией Минэлектронпрома.

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

ПРОДУКТИВНЫЙ ПЕРИОД

В 1960-е годы отечественная микроэлектроника и МСВТ создавались и развивались, определялись их перспективные направления, создавались принципиально новые технологии, конструкции, функциональный состав, схемотехнические решения, методы проектирования и применения. Создавались и новые организационные механизмы управления разработками и применения микросхем. Происходило становление нового класса продукции.

1970-е и последующие годы вплоть до разрушительных реформ в стране, микроэлектроника и МСВТ продолжали своё развитие и совершенствование как сформировавшиеся классы продукции в условиях массового их производства. Одним из важных факторов развития была автоматизация процессов управления на основе также развивающейся вычислительной техники, то что сейчас относят к Информационным технологиям.

Информационные технологии

Вычислительный центр коллективного пользования

Первой акцией по обеспечению выполнения роли головного предприятия по системам управления было создание в СВЦ вычислительного центра коллективного пользования (ВЦКП). В те годы ЭВМ было ещё очень мало, и они были весьма дорогими. Для их установки требовались большие помещения ("машинные залы"), а для их эксплуатации был необходим большой штат обслуживающего инженерно-технического персонала, работающего круглосуточно. Поэтому идея ВЦКП тогда была актуальной.

Первоначально вычислительный центр был образован 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»). Она стала первой большой ВМ в Зеленограде. На ней кроме программистов НИИФП и СВЦ работали программисты других предприятий города: НИИМП, НИИТТ, НИИМВ НИИМЭ и др. Им предоставлялось бесплатное машинное время в необходимом количестве и в согласованное время. А до этого они должны были ездить на машины в Москву.

Проблемы с работоспособностью ЭВМ были тогда нормальным явлением, и для обмена опытом в их решении была создана всесоюзная ассоциация пользователей ЭВМ. Там обменивались информацией обо всех чудесах, которые нередко вытворялись машинами к удивлению пользователей и разработчиков. А также опытом эксплуатации, восстановления и модернизации ЭВМ (а модернизацией занимались многие). Вычислительный центр СВЦ был активным членом этой ассоциации.

С небольшим интервалом получили две ЭВМ М-220. Это было весьма удобно, потому, что системы команд БЭСМ-4 и М-220 одинаковы.

ЕВС – Единая вычислительная сеть

Первоначально единственным средством общения пользователя с ВЦКП были перфокарты и ноги – программисты приходили на ВЦ и работали непосредственно на ЭВМ. И какое-то время такой режим всех удовлетворял, поскольку иного тогда ещё не придумали. Однако за рубежом в конце 1960-х – начале 1970-х уже появились дисплеи, позволявшие удалённо взаимодействовать с ЭВМ в интерактивном режиме. Первые дисплеи фирм «Коссор» и

«Синтра» были закуплены на выставке «Электроноргтехника» и установлены в главном здании Министерства для представления оперативной информации в рамках отраслевой АСУ непосредственно министру. Программное обеспечение для реализации такого режима было выполнено зеленоградцами под руководством В. Лукашова.

Следующие попытки непосредственного доступа пользователя к ЭВМ с его рабочего места были предприняты в проекте "5Э53". Вторая очередь системы ПРО, для которой 5Э53 разрабатывалась, территориально весьма обширная. Её основные точки замкнутым кольцом окружали Москву, радиус этой окружности около 80 км. И по этому кольцу должны были быть поставлены 15 ЭВМ 5Э53. Все они по определённым правилам должны были обмениваться информацией между собой и с КВЦ действующей системы ПРО А-35. С этой целью в проекте 5Э53 была проработана система удалённого межмашинного обмена данными и разработана специальная аппаратура передачи информации (АПИ). Грех было не использовать такой задел, и Д.И. Юдицкий предложил руководству НЦ и Минрадиопрома на его основе создать единую вычислительную сеть (ЕВС) НПО «Научный Центр», соединённую с ВЦ МЭП. Предложение было одобрено и приказом НЦ за № 45 от 31 марта 1971 г. в СВЦ была открыта НИР «Разработка аванпроекта единой вычислительной сети предприятий организации Г-4515» (шифр «Юстировка»), научный руководитель Ю. Голубев-Новожилов начальник ВЦКП в СВЦ. НИР была выполнена в предельно короткий срок. Аванпроект предусматривал четыре этапа создания ЕВС:

1. Информационно-справочная система руководителей с вводом информации с бумажных носителей.
2. Обеспечение доступа к ЭВМ удалённых абонентов через оператора с представлением 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 г. Киеве (Д. Юдицкий тесно сотрудничал с В. 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. Черкасов (он был главным конструктором АПИ для 5Э53). Заместителями главного конструктора – Б. Рухманов, В. Бутузов, В. Глушман, В. Меркулов, В. Лукашов, А. Смаглий. Был составлен и утверждён напряжённый график работ по разработке, изготовлению и наладке первой очереди ЕВС.

В общем, задача была понятна. Для реализации решили использовать исключительно собственные ресурсы. ЭВМ М-220 доработали: в систему команд ввели более 20 новых операций, которые обеспечили работу в режиме реального времени – режим прерывания, работа с многочисленными терминалами, в том числе по коммутируемым телеграфным и телефонным каналам связи через аппаратуру «Аккорд 50» и «Аккорд 1200». 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 и изготовлено соответствующее количество Устройств визуального отображения (УВО, в нынешней терминологии – дисплей **рис. 55**).

Изготовили дополнительную стойку для блоков, сами ТЭЗ-ы собрали из ЗИП-а машин М220 и М222. Изготовили пульт ЕВС. Но все эти преобразования не исключали работы в штатном заводском режиме ЭВМ М220. В него можно было перейти



Рис. 55. УВО для ЕВС,
Б.М. Малашевич, Е.Н. Корепова

простым переключением одного тумблера.

Таким образом, ещё до реального появления ЕС ЭВМ, в СВЦ (возможно впервые в стране) был создан комплекс, который обеспечивал совместную работу ЭВМ БЭСМ-4, М220, М222, БЭСМ-6 с разветвлённой сетью терминалов.

Разработку, монтаж и наладку доработок на этих машинах вела команда В. Коломыца, которому вскоре после открытия тем «Юстировка 2, 3» передали всю ответственность. На основе АПИ 5Э53 было изготовлено несколько шкафов аппаратуры передачи данных, связавшей все ЭВМ и терминалы. При сдаче ОКР Госкомиссия рекомендовала работу продолжить, а результаты уже проделанной опубликовать в журнале «Электронная промышленность». Что и было сделано.



Рис. 56. За проверкой ЕВС. Первый ряд Д.И. Юдицкий и В.Е. Лукашов
Второй ряд: В.И. Трифонов, Г.В. Бечин, В.С. Сергеев и Ю.Н. Черкасов

Была разработана структура ЕВС, объединявшая все имевшиеся ЭВМ в единую систему и имевшая развитую сеть терминалов на предприятиях и у руководителей (рис. 56).

Систему венчало демонстрационное панно – схема ЕВС на всю стену с массой мигающих лампочек, эффектно демонстрирующих принцип работы ЕВС. Для работы панно было совершенно не нужно, но в НЦ постоянно приезжали различные зарубежные и отечественные делегации уважаемых гостей, и их нужно было чем-нибудь развлекать (рис. 57). Просуществовало оно не долго. В субботу 6 апреля 1974 г. в полдень в машинном зале ВЦ возник пожар: искра попала из соседнего помещения, в котором велись сварочные работы. Потушили его быстро, но панно пришло в полную непригодность. Восстанавливать его не стали.

В самый разгар работ по созданию ЕВС в 1972 г. ожидался визит президента США Р. Никсона в СССР. Программой предусматривалось посещение им Зеленограда. Этот фактор сыграл огромную роль в развитии Зеленограда – город был существенно облагорожен и приобрёл более привлекательный вид. Косметической уборке подверглось и Ленинградское шоссе до въезда в Зеленоград: покрашены все деревенские дома (а таких тогда было ещё много) и их крыши (обращённая к шоссе часть), поставлены новые штакетниковые заборы вдоль шоссе, на водяные колодцы (их тоже было ещё много) установлены новые оголовки и т.п.

Встала задача и облагораживания вычислительного центра, посещение которого предусматривалось программой визита. Воспользовавшись ситуацией (выделялись деньги), Д.Юдицкий организовал капитальную реконструкцию ВЦ, к тому времени уже объективно назревшую, т.к. ВЦ создавался постепенно, по мере получения новых ЭВМ. В работу были включены все силы предприятия. Работы проводились даже в великий тогда праздник 1 мая.

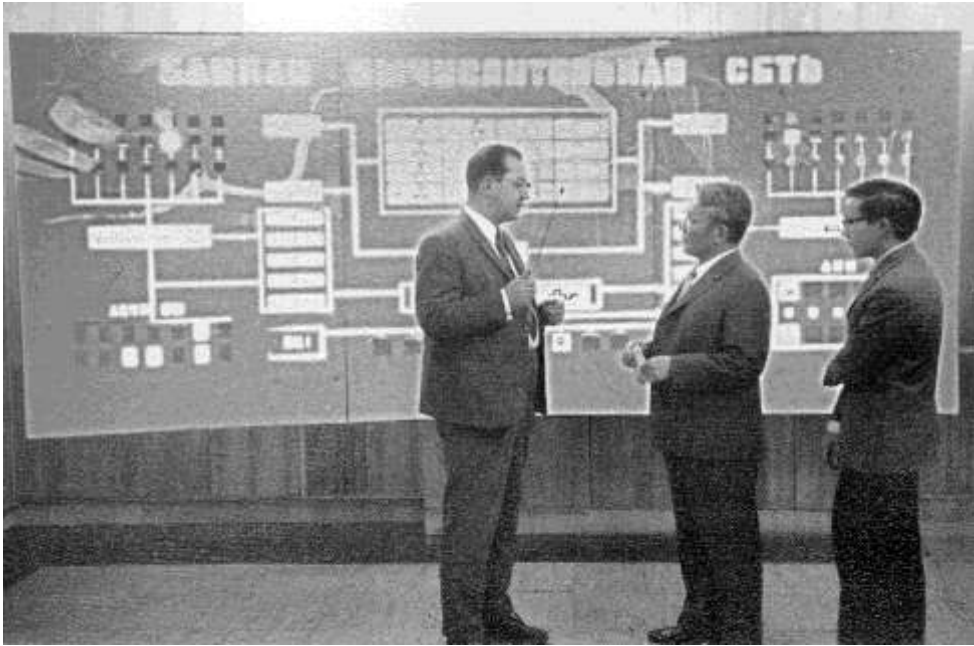


Рис. 57. Д.И. Юдицкий рассказывает 1-му секретарю ЦК Монгольской народно-революционной партии, председателю совета министров Монгольской народной республики Юмжагйину Цеденбалу о ЕВС Научного центра, 1972 г.

В результате проведённых работ ВЦ преобразился (рис. 58).

ВЦ КП работал в режиме оперативного сбора данных с 25 заводов объединения, находившихся в 5 союзных республиках. Информация принималась по коммутируемым телеграфным каналам, обрабатывалась, отчёты о выполнении производственной программы и поставках тысячам потребителей направлялись в Министерство. ЭВМ работали в круглосуточном режиме. 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. 58. В машинном зале ВЦ

Автоматизированные системы

В соответствии с главными 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 подсистемы САПР ИС, в т.ч. программы: логического и схмотехнического проектирования, логического моделирования каждой БИС в отдельности и их

взаимодействия, генерации контролирующих тестов, библиотеки базовых элементов (транзисторов, диодов и т.п.) с конструктивно-технологическими ограничениями, прорисовки топологии и корректировки принципиальных схем ИС и БИС, разработки микропрограмм (язык написания микропрограмм, программы минимизации булевых функций, моделирования и т.п.), изготовления перфолент для изготовления фотошаблонов и ряд других программных пакетов.

- 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".
- Автоматическая информационно-диспетчерская система предприятий Минэлектронпрома (АИДП).
 - 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 во всех 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 исполнительной дисциплины;
 - «выборы» с почасовым контролем за ходом голосования.

После внедрения системы во всех 32 районах Москвы (по тогдашнему административному делению) данные на городской уровень принимались только от АСУ «Район».

Система была отмечена 20 медалями ВДНХ СССР, в том числе тремя золотыми. Следует отметить, что на основе коллектива разработчиков АСУ «Район» был в дальнейшем создан ВЦКП «Зеленоград» под руководством В.Е. Лукашова, который в течение более 10 лет проводил развитие типовой системы.

Хроматрон – Мекка Минэлектронпрома

Особо можно выделить активное участие СВЦ в комплексной работе Минэлектронпрома по созданию АСУ предприятия на примере завода "Хроматрон".

Силами предприятий отрасли для завода «Хроматрон» создавалась комплексная АСУ. 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 разрабатывались СВЦ (Главный конструктор В.М. Трояновский):

- АСУ цеха изготовления теневого масок для цветных кинескопов.
- АСУ цеха нанесения люминофора на экран кинескопа.

Обе подсистемы строились на основе мини-ЭВМ «Электроника 100» (аналог ЭВМ PDP-8 ф. DEC, США), незадолго до того воспроизведённой воронежским ПО «Электроника» и выпускаемой калининградским ПО «Кварц». Машина выпускалась в двух вариантах (минимальный комплект и с расширенным ОЗУ) без программного обеспечения и методик программирования.

Задачи разрабатываемых подсистем АСУ требовали одновременной обработки большого числа параметров, для чего была необходима, в современной терминологии, Операционная Система Реального Времени (ОС РВ). Такой ОС не было тогда ни в МЭП, ни у ф. DEC. В.М. Трояновскому пришлось разработать как 2 варианта ОС РВ для обоих вариантов мини-ЭВМ «Электроника 100», так и методики программирования для этих ЭВМ. Разработка оказалась столь удачной, что нашла широкое применение везде, где использовались мини-ЭВМ «Электроника 100» и «Электроника Саратов» (вариация саратовского НИИТОП на тему PDP-8), например на Элме, в Микроне, в НИИ стекла и др.

Таким образом, СВЦ полностью и на высоком научно-техническом уровне выполнял все функции головного в отрасли предприятия по автоматизированным системам. И это сыграло существенную роль в его судьбе. Когда вновь образуемому НПО НЦ потребовалось головное предприятие с такими функциями – воспользовались готовым СВЦ.

МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ СРЕДСТВА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Историю рождения Микропроцессорных средств вычислительной техники (МСВТ, хотя так они тогда ещё не назывались) можно начинать с событий, произошедших в 1974-75 годах – с разработки и серийного производства в Минэлектронпроме трёх ЭВМ (начнём с простейшей):

1. Электроника С5-01 – оригинальная ЭВМ, разработанная в ЛКТБ «Светлана» (Ленинград),
2. Электроника-100 – воспроизведённая ЭВМ «PDP-8» ф. DEC, США, разработанная в ОКБ при з-де «Процессор (Воронеж),
3. Электроника НЦ-1 – оригинальная ЭВМ, разработанная в СВЦ (Зеленоград).

Так проявились три главных центра проектирования мини- и микро-ЭВМ в Минэлектронпроме¹⁵. Два из них, ЛКТБ и СВЦ, коллективы которых, созданные соответственно Ф.Г. Старосом и Д.И. Юдицким и имевшие предыдущий опыт создания оригинальных ЭВМ, заложили основы оригинальных архитектур типа С5 и НЦ, реализованных в последующих моделях мини- и микро-ЭВМ. Воронежский центр занимался исключительно прямым (насколько это возможно) воспроизводством ЭВМ ф. DEC. Эти три центра создали большое количество моделей ЭВМ, которое нельзя достойно отразить в одной статье. Поэтому, и согласно тематике статьи, ограничимся зеленоградскими разработками, да и их придётся представлять с большим сокращениями.

"Детский конструктор" Юдицкого

СВЦ был создан для создания супер-ЭВМ и трижды пытался реализовать этот проект с организацией производства в Минрадиопроме (МЭП-у производство супер-ЭВМ ну никак не по профилю). И каждый раз это производство срывалось. Стало ясно, что в условиях "межведомственных барьеров" (конкуренции в СССР не существовало по определению) реализовать проект создания супер-ЭВМ не удастся.

Давлет Исламович, заблаговременно оценив ситуацию, ещё в 1973 г. принял единственно правильное решение: изменение тематики СВЦ в сторону малых машин и систем, которые можно было производить в Минэлектронпроме. В результате в 1973 г. были начаты работы по созданию двух принципиально новых направлений:

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

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

Мини-ЭВМ «Электроника НЦ-1»

В 1973 г. началась разработка по мини-ЭВМ «Электроника НЦ-1».

В основу проекта НЦ-1 был положен модульный принцип («детский конструктор» по Юдицкому), позволяющий из стандартных модулей путём простого комплексования, «без паяльника и осциллографа» создавать системы разнообразных конфигураций. Это позже устройства массовых персональных компьютеров были глобально унифицированы и действительно в совокупности представляли собой международный конструктор, из которого любой, не слишком ленивый старшеклассник мог самостоятельно собрать необходимую ему систему. Тогда о возможности свободной комплектации произвольных систем самим потребителем большинство не только не мечтало, но даже не догадывалось.

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, получившей наименование "Электроника НЦ". (Обосновывая аббревиатуру "НЦ" Д.И. Юдицкий говорил: *"По решению министра продукция Министерства электронной промышленности имеет основой обозначения слово "Электроника". Мы работаем в Научном центре", поэтому по той же логике к слову "Электроника" нам следует добавить "НЦ"*).

В результате родились основные решения проекта:

- микропрограммное управление;

¹⁵ 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 вошёл.

- программируемая архитектура на основе управляющей памяти (УП), реализованной на индукционном полупостоянном ЗУ с интегральными сменными картами (задел из 5Э53). Впоследствии эта идея была реализована в микропроцессорных комплектах, но уже в виде полупроводниковой БИС УП с иной структурой.

- базовое ядро команд и его расширение, позволяющее вводить дополнительные команды для специфических применений ЭВМ. Эта идея также была затем реализована в архитектуре микро-ЭВМ НЦ;

- магистральная структура;
- модульное программное обеспечение;
- мощная тестовая система самодиагностики;
- кроссистема на БЭСМ-6 для автоматизации проектирования и отладки системного, тестового и прикладного программного обеспечения, и ряд других решений.

Благодаря применению кроссистемы на БЭСМ-6, системное и тестовое программное обеспечение было разработано к моменту завершения изготовления образцов, что позволило сразу же совместно испытать их.

Зарождение завода «Логика»

К этому времени завершалось строительство производственного комплекса из четырёх секций на южной промзоне (ныне – завод "Элма" и технопарк «Зеленоград»). Четвёртая секция (ныне – технопарк) приказом министра была передана СВЦ для создания опытного завода «Логика». Основой послужило опытное производство при СВЦ, которое до этих пор существовало в виде отдела 51 в корпусе «П» северной промзоны. Предстояло перевезти из корпуса «П», установить и запустить в работу его оборудование, параллельно закупалось новое оборудование, осваивались новые технологии, набирались новые специалисты. И все это без изменения плановых работ по изготовлению образцов разрабатываемых изделий. Ситуацию осложняло то, что проектом все 4 секции новостройки на южной промзоне предназначались для одного предприятия с единой инфраструктурой электро-, тепло- и водоснабжения и т.п. Поскольку у секций оказалось два хозяина (три секции – Элма и одна – Логика), пришлось все эти инфраструктуры делить, перестраивать. Все эти проблемы были решены и опытное производство в течение пары лет превратилось в современный завод для производства электронной аппаратуры.

Модульная конструкция мини-ЭВМ НЦ-1 (рис. 59) позволяла иметь разные варианты конструктивной компоновки. Когда она применялась в виде отдельной ЭВМ, выполнялась в виде автономного специального стола, когда применялась в составе систем – выполнялась в виде типовой 19-дюймовой стойки. В обоих вариантах использовались одни и те же модули, главные из которых:

- операционный блок ОБ-1,
- блок накопителя микрокоманд НМК-1 на интегральных индукционных картах (рис. 60а).
- блок оперативного запоминающего устройства ОЗУ-1 на интегральных цилиндрических магнитных плёнках (рис. 60б).

Следует отметить, что в распоряжении разработчиков тогда имелись только ИС с низкой степенью интеграции (серий 130, 517, 169, 125, 262), поэтому модули имели не малые размеры. Время БИС, однокристалльных и одноплатных модулей было ещё впереди. Сказывалась и предыстория коллектива – делали хоть и «мини», но всё же «супер-мини».



Рис. 59. Мини-ЭВМ "Электроника НЦ-1"

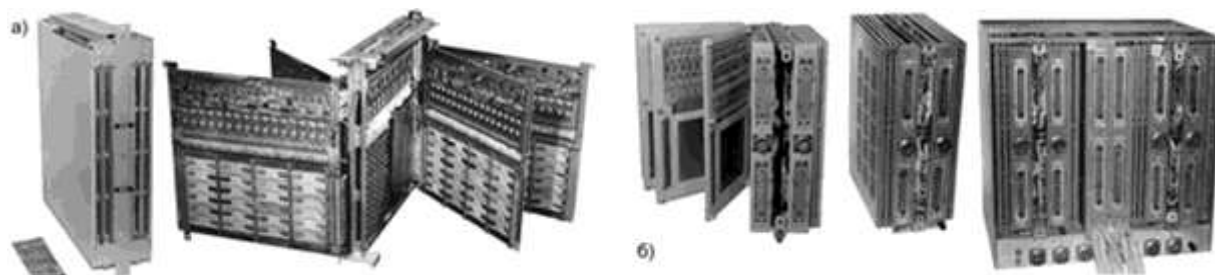


Рис. 60. Блоки НМК-1 (а) и ОЗУ-1 (б) (из задела по 5Э53)

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:

- Устройство визуального отображения информации (УВО) «Электроника НЦ-2», в нынешней терминологии – дисплей.
- Совмещённое устройство подготовки и ввода-вывода информации (СУПВВ), включающее ленточный перфоратор ПЛ-150, фотосчитыватель перфолент FS-1501 и печатающую машинку типа «Консул-260».
- Кассетный накопитель информации на магнитной ленте в компакт-кассете (КНМЛ).
- Унифицированный комплект периферийного оборудования (УКПО) для связи с объектами.

В декабре 1973 г. НЦ-1 была с высокой оценкой принята межведомственной комиссией (сопредседатели генеральный директор НЦ А.В. Пивоваров и директор Института Кибернетики АН УССР, академик В.М. Глушков). Виктор Михайлович Глушков особо отметил новизну и удачную реализацию создания программного обеспечения с помощью кроссистемы на БЭСМ-6 и ЕС ЭВМ.

Экспериментальный образец НЦ-1 был подвергнут всесторонним испытаниям и прошёл опытную эксплуатацию при окончательной отладке программного обеспечения. По их результатам была откорректирована конструкторская документация, сделано и настроено ещё несколько образцов.

Приказом МЭП, №59 от 6 февраля 1974 г. серийное производство мини-ЭВМ «Электроника НМ-1» было поручено Псковскому заводу радиодеталей (ПЗРД) Псковского объединения «Рубин». Этим же приказом там было образовано СКБ Вычислительной техники (СКБ ВТ), которое должно было заниматься внедрением НЦ-1 в серийное производство, её сопровождением в производстве, внедрением у потребителей и дальнейшим развитием этого направления.

Огромную роль в организации освоения НЦ-1 в Пскове сыграл Г.А. Скарин, который много времени провёл на заводе, выполняя сложные функции зам. главного конструктора и представителя СВЦ. Большой вклад в создание мини-ЭВМ НЦ-1 внесли Д.И. Юдицкий (ГК), М.М. Хохлов, В.В. Смирнов, Б.А. Михайлов, Ю.Л. Захаров В.В. Артюшенко, А.М. Смаглий, Ф.И. Романов, В.С. Кокорин, Б.В. Шевкопляс, В.П. Помогалин, В.П. Петров, В.В. Вушкарник, А.И. Садовникова, Р.В. Темник, Л.М. Петрова, Э. . Овсянникова-Панченко, А.П. Рунова, В.П. Боева и др.

Опыт предыдущих разработок, где одним из важнейших требований была повышенная живучесть, позволил сделать высоконадёжную машину. Как вспоминает представитель военной приёмки при СВЦ А.И. Абрамов: *«Персонал международной выставки «Связь-75» удивлялся бесбойной работе «Электроники НЦ-1» с утра до вечера, в то время, как другие машины сбиваются многократно на день»*. Справедливости ради следует отметить, что НЦ-1 выполняла чисто демонстрационную циклическую программу, обеспечивающую энергичное мигание лампочек на пульте управления. Но вероятность сбоя такая программа не уменьшала.

Мини-ЭВМ «Электроника НЦ-1» положила начало одному из новых направлений развития вычислительной техники в СВЦ. «Детский конструктор» НЦ-1 активно использовался в последующих разработках: в ЦКС МГА, в КВС «Связь-1». Его победное шествие остановила ликвидация СВЦ, но об этом далее.

Центр коммутации сообщений "Юрюзань"

В начале семидесятых работ в Министерстве гражданской авиации (МГА) проводилась грандиозная программа по переоснащению аэропортов, в т.ч. новым, современным

электронным оборудованием. Для выполнения этой программы было выпущено ряд Постановлений ЦК КПСС и СМ СССР с поручениями различным министерствам и предприятиям. В рамках этой программы в 1971 г. МГА, имевшее свою ведомственную систему телеграфной связи между аэропортами, закупило четыре комплекта французских электронных центров коммутации сообщений (ЦКС) DS-4, стоимостью по 1 млн. долларов США. В связи с недостатком валютных средств было принято решение о создании и тиражировании в стране собственного ЦКС. Имея большой задел в этой области в рамках проектов 5Э53 и ЕВС, СВЦ взялся за разработку ЦКС. От МГА заказчиком было Управление радиоэлектронного оборудования (УРО), начальник – Т.Г. Анодина. В конце 1972 г. был подписан договор СВЦ с УРО, предусматривающий разработку ЦКС с установкой и вводом в эксплуатацию первого образца в аэропорту Пулково в Ленинграде. Поручение СВЦ МЭП о разработке ЦКС вошло в Постановление ЦК и СМ СССР. С января 1973 г. в рамках темы «Юрюзань» началась его разработка. Сначала изучались алгоритмы работы телеграфа, производилась их формализация, разрабатывались машинные алгоритмы. Все это проходило одновременно с созданием первого образца мини-ЭВМ «Электроника НЦ-1», поэтому логично было решение о построении ЦКС на основе того же «детского конструктора» НЦ-1.

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 мини-ЭВМ «Электроника НЦ-1» в стоечной компоновке. ЦКС обеспечивал обработку 64 телеграфных каналов со скоростью передачи 50 бод – стандарт тех времён. «Детский конструктор» НЦ-1 был пополнен модулем мультиплексора передачи данных МПД, который осуществлял обмен информацией между ЭВМ и телеграфными каналами связи и контроль за правильностью принятой информации.

Для управления работой ЦКС и обработки телеграмм было разработано сложное и изощрённое программное обеспечение. Обработка телеграмм производилась в каждом канале независимо, со сравнением результатов. При их несовпадении производился перезапрос телеграммы и полная диагностика последовательно обоих каналов с выявлением причин несовпадения. Так обеспечивалась требуемая достоверность передаваемой информации – одна из главных задач ЦКС.

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

В это время в Зеленограде произошла крупная реорганизация, в результате которой СВЦ и завод Логика прекратили существование, разрабатывающие подразделения СВЦ с большими кадровыми потерями были переведены в НИИ Точной Технологии (НИИТТ), а цеха Логики – в завод Ангстрем. Это не могло не повлиять на ход выполнения работ над ЦКС «Юрюзань». Только в ноябре 1976 г. первый комплект ЦКС в Пулково был полностью настроен и введён в опытную эксплуатацию. Как и предусматривалось договором, в декабре 1978 г. пулковский ЦКС с высокой оценкой был принят государственной комиссией. Договорные обязательства были выполнены полностью.

Но дальше дело не пошло. Тиражировать ЦКС, как это предполагалось ранее, МЭП категорически отказался. Другого изготовителя не нашлось и пулковский ЦКС «Юрюзань» оказался и первым, и последним. Он проработал в Пулково многие годы 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 № 14 о разработке Комплекса вычислительных средств (КВС) «Связь-1». Связь-1 должна была стать базовым комплексом вычислительных средств для различных систем связи, разрабатываемых Красной зарей. Роль заказчика выполнял НИИ электротехнических устройств (НИИ ЭТУ), головной институт в ЛНПО. Производство КВС планировалось на заводе «Красная заря». ЛНПО «Красная заря» была головной в стране по системам правительственной связи и в то время приступало к созданию первой в стране системы цифровой телефонной связи «Кавказ-5». Для её узловых станций потребовались ЭВМ, причём с разными характеристиками и

конфигурациями. Нужны они были и для других разработок ЛНПО «Красная заря». Поэтому было принято решение о создании базового для всех систем на ближайшие годы комплекса вычислительных средств переменного состава, обеспечивающего возможность получения модификаций с необходимым спектром технических характеристик. В кругах связистов уже было хорошо известно о разработке в СВЦ ЦКС для МГА, начатой более чем за год до этого. НИИ ЭТУ даже принимал участие в разработке его технического проекта. Поэтому было вполне логично заказать СВЦ разработку КВС «Связь-1».

Полностью КВС Связь-1 назывался следующим образом: «Мультипроцессорный, многозадачный Комплекс Вычислительных Средств (КВС) «Связь-1», предназначенный для использования в системах коммутации сообщений, системах управления квазиэлектронных АТС и электронных центрах коммутации каналов».

При разработке КВС «Связь-1» получила дальнейшее развитие идея «детского конструктора» для комплексирования из стандартных модулей систем разных конфигураций, соответствующих задачам конкретного применения КВС. Были использованы унифицированные аппаратные и программные модули НЦ-1, средства проектирования и отладки. Но Связь-1 – система многовариантная, многопроцессорная, со сложной коммутацией, поэтому пришлось дополнительно разрабатывать новые модули. В зависимости от требований по производительности, объёмам памяти, пропускной способности и т.п. Связь-1 обеспечивала возможность построения однопроцессорной и многопроцессорных конфигураций. В рамках проекта в качестве наиболее оптимальной максимальной конфигурации рассматривалась 16-процессорная система.

Структура КВС

В основу структуры КВС максимальной конфигурации были положены критерии максимальной эффективности (пропускной способности) и живучести (надёжности, достоверности). Для этого реализуются следующие основные принципы:

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

Управление КВС аппаратно децентрализовано, поскольку его централизация увеличивает внутрисистемный расход ресурсов, снижает надёжность и живучесть системы. Роль центрального управляющего органа в КВС выполняет операционная система, представляющая собой комплекс программ, одной из важнейших задач которого является динамическое распределение ресурсов системы между отдельными задачами и процессорами. Операционная система КВС также построена по модульному принципу.

Каждый процессор системы самостоятельно обращается в подсистему памяти (в таблицу задач) и получает из очереди задание, которое и выполняет. Если задания для него нет и в системе в данный момент нет ведущего процессора, он возлагает роль главного процессора системы на себя, осуществляет управление системой, периодически просматривая очередь заданий. Как только появилось для него задание, он слагает с себя роль головного и приступает к выполнению задания. Каждый модуль имеет несколько вариантов путей для обращения к любому другому модулю, т.е. любому процессору доступен любой другой процессор, любой модуль памяти и любое периферийное устройство. Такое построение позволяет гибко использовать ресурсы системы и обеспечивает её высокую живучесть. Отказ одного или нескольких процессоров или иных модулей приводит лишь к соответствующему снижению производительности системы, но в остальном система продолжает работать нормально.

КВС «Связь-1» обеспечивал возможность построения самовосстанавливающихся управляющих систем, которые сохраняют работоспособность при появлении неисправности и в которых автоматизированы и восстановление исправного состояния, и восстановление вычислительного процесса, прерванного появлением неисправности. Самовосстанавливающиеся системы, построенные на основе КВС, характерны тем, что сохраняют данные и имеют малое время восстановления вычислительного процесса. Это предъявило определённые требования к процессору, являющемуся центральным ядром таких систем. Процессор должен быть ориентирован на выполнение отдельных функций мультиобработки – мультипрограммирования в мультипроцессорной системе реального времени. При этом он должен выполнять и функции обработки поступающей в КВС информации, и функции управления элементами

комплекса.

Однако мультиобработка несёт с собой ряд проблем. Прежде всего, она требует, чтобы вычислительные процессы развивались в виртуальной памяти с автоматическим формированием физических адресов. Это позволяет наиболее экономно распределить ресурсы оперативной и внешней памяти и организовать перемещаемость программ и данных без их преобразования. Во-вторых, встаёт проблема защиты друг от друга сегментов данных и программ, одновременно выполняемых в системе процессов. Функции такой защиты выполняются специальными микропрограммными и аппаратными средствами процессора. Следующая проблема – организация динамического взаимодействия процессов. В процессоре КВС «Связь-1» реализовано наиболее часто встречающееся взаимодействие по данным, когда один вычислительный процесс на одном физическом процессоре готовит массив данных для другого процесса, реализуемого на другом процессоре. С этой целью в процессор введены два регистра баз данных («своих» и «чужих»), регистры длины сегментов и схемы анализа адресов «своего» и «чужого» сегментов. Другой вид взаимодействия процессов вызывается необходимостью синхронизации отдельных процессов для повышения достоверности обработки информации. Это взаимодействие реализовано, в основном, на программно-микропрограммном уровне и не требует заметных аппаратных затрат.

Процессора, удовлетворяющего всем предъявленным требованиям, в «детском конструкторе» НЦ-1/ЦКС не было. Поэтому был разработан новый процессор (ГК И.П. Селезнев), который использовался в КВС и в качестве процессора обработки, и в качестве процессора связи. Настройка на определённую функцию производилась установкой в его модуль НМК-1 индукционных карт с соответствующими микропрограммами.

Для запоминающей подсистемы был разработан специальный процессор мультиплексор (ГК В.Л. Глухман), управляющий обменом информации (каждый с каждым) между модулями ОЗУ-1 и внешними ЗУ на магнитных дисках, барабанах и лентах типа ЕС ЭВМ.

Обмен информацией между модулями осуществляется через сложную систему коммутации, 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).

Программная система

Для КВС «Связь-1» была разработана модульная реконфигурируемая программная система, состоящая из базовой операционной системы и системы программирования.

В базовую операционную систему входят пакет управляющих программ, модуль диагностики и модуль восстановления вычислительного процесса.

Система программирования включает язык ассемблера, транслятор с него и систему автоматизированной отладки программ.

При разработке базового программного обеспечения использовался принцип его модульности, позволяющий осуществлять реконфигурацию системы при минимальных переработках базовых модулей.

Конструкция КВС

Немало проблем возникло и в связи с особыми требованиями заказчика к конструктивному исполнению КВС. В телефонии повсеместно применялись специализированные стойки, так называемые «стативы», пришедшие из времён, когда основным коммутирующим элементом были шаговые искатели. Это были довольно лёгкие стойки высотой 2,6 м, предназначенные для размещения в капитальных зданиях. А для КВС «Связь-1» требовалось обеспечение повышенной механической прочности, обеспечивающей их целостность в случае землетрясения. Телефонные стандартные стативы этим требованиям не удовлетворяли. Пришлось разрабатывать новые стативы повышенной прочности и подтверждать их устойчивость испытаниями с массо-габаритными эквивалентами электронных блоков.

Конфигурации КВС

КВС может иметь широкий спектр конфигурации. Требования к каждой из них определяются спецификой её конкретного применения.

КВС минимальной конфигурации содержит один процессор и один модуль памяти с

соответствующими периферийными устройствами.

КВС максимальной конфигурации содержит 16 процессоров, 16 модулей памяти общей ёмкостью 1М байт, 28 модулей коммутации и 58 различных внешних устройств.

На **рисунке 61** изображена упрощённая структурная схема КВС «Связь-1» максимальной конфигурации.

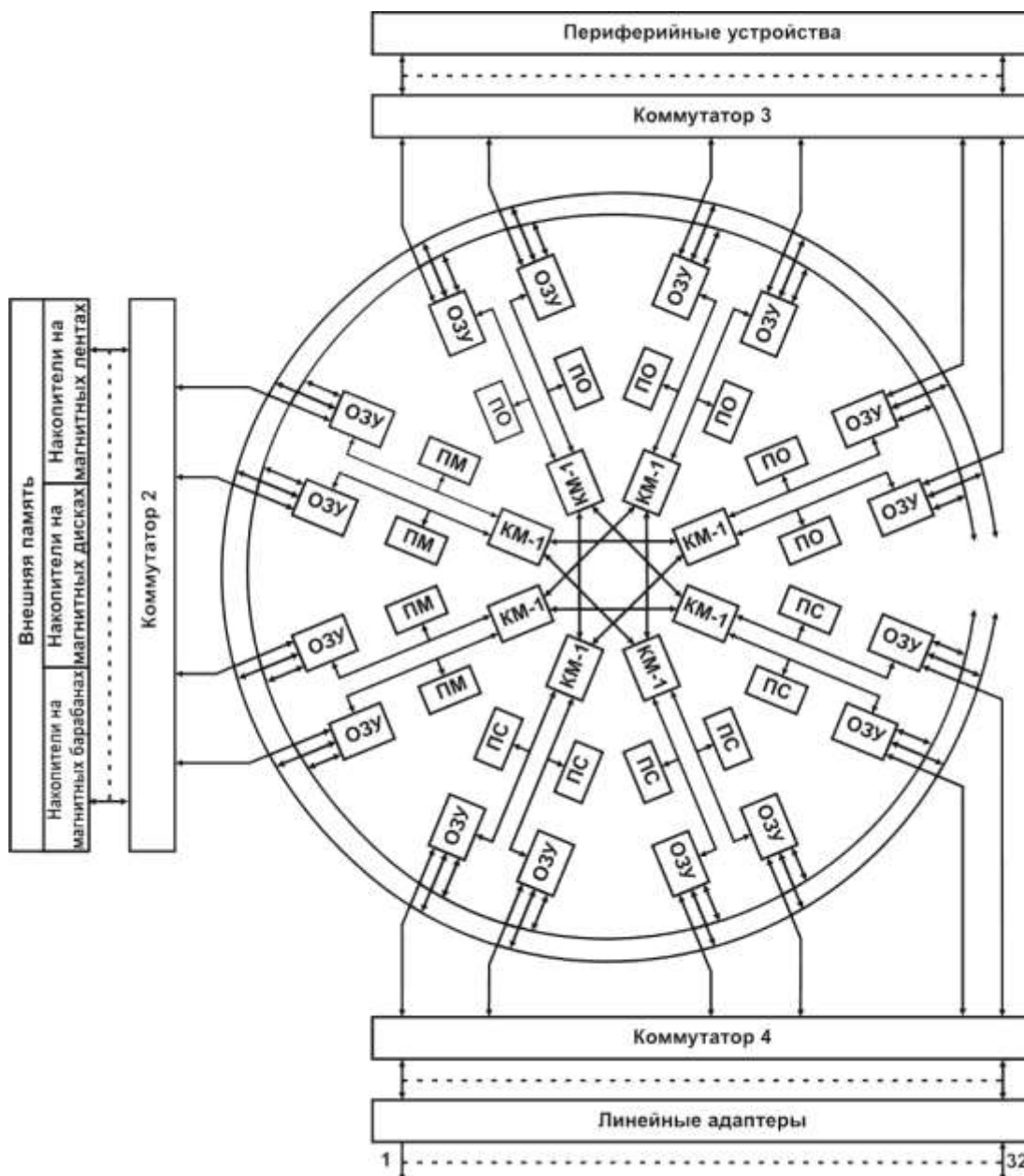


Рис. 61. Структурная схема КВС «Связь-1» в максимальной конфигурации

Центральная восьмиконечная звезда из коммутационных модулей KM-1 образует коммутатор 1, обеспечивающий возможность обращения любого процессора к любому другому процессору и к любому модулю оперативной памяти (ОЗУ). Причём вариантов путей такого обращения всегда несколько, что позволяет обойти любой, вышедший из строя модуль. К каждому модулю коммутатора KM-1 подключено по два процессора и модуля ОЗУ. Все модули ОЗУ объединены дублированной магистралью, что является ещё одним путём межмодульного общения. Процессоров в системе три типа: шесть процессоров обработки данных, шесть процессоров связи и четыре процессора-мультиплексора. Каждый процессор имеет прямой доступ в память одного модуля ОЗУ ёмкостью 64К байт, к остальным модулям, общей ёмкостью 1М байт, процессор имеет доступ через модули коммутации. Модули ОЗУ имеют прямые связи с тремя коммутаторами. Коммутатор 2 обеспечивает наиболее короткую связь процессоров-мультиплексоров с внешними ЗУ на магнитных барабанах, дисках и лентах, в качестве которых применялись стандартные устройства ЕС ЭВМ.

В соответствии с требованиями достоверности передачи данных КВС программным способом может быть настроен как одноканальная 16-процессорная система или как дублированная 2×8-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 исправны, производится перезапрос данных, если есть неисправность – она устраняется.

Разработка КВС «Связь-1» проводилась большим коллективом специалистов. Главным конструктором был Д.И. Юдицкий, научным руководителем П.В. Нестеров, Зам. гл. конструктора А.А. Попов. Активное участие принимали: М.Д. Корнев, Н.А. Смирнов, Н.М. Воробьёв, В.Р. Горовой, П.П. Силантьев, В.А. Савельичев, А.И. Коёкин, А.Ф. Григорович, В.С. Бутузов, В.Л. Глухман, В.А. Меркулов, Б.А. Михайлов, А.М. Михайлов, Е.М. Зверев, В.С. Мищенко, П.Н. Казанцев, И.И. Евдокимов, М.И. Кушнир, И.П. Селезнев, В.И. Бриккер, В.С. Петровский, В.С. Травницкий и др.

КВС и его программное обеспечение были разработаны, проект принят заказчиком, конструкторская и программная документация во второй половине 1976 г. переданы, как и предусматривалось договором, Красной заре для серийного производства.

В это время в Зеленограде произошла уже упомянутая нами реорганизация, НИИТТ (правопреемник СВЦ) от продолжения работ отказался. Дальнейшую работу над КВС «Связь-1» Красной заре пришлось осуществлять самостоятельно. В НПО «Красная заря» было освоено серийное производство КВС, но уже с наименованием «Связь-М» (рис. 60). 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 тогда 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 этому моменту технология микроэлектроники подошла к уровню, позволяющему создавать в одном кристалле сложные функционально законченные устройства, наступала эпоха микропроцессоров. А с ними и второй этап развития архитектуры "Электроника НЦ", учитывающий специфику микропроцессоров.



Рис. 62. СУВК-СМ – одна из конфигураций КВС «Связь-М»

МИКРОПРОЦЕССОРЫ

В первой половине 1970-х годов технология микроэлектроники достигла уровня БИС – больших интегральных схем, обеспечивающих возможность построения функционального устройства в одном кристалле. Первой эту возможность реализовала ф. Intel, выпустившая в 1971 г. 4-разрядный микропроцессор для простейших 4-разрядных микроконтроллеров. В СССР пионерами микропроцессорной техники были Д.И. Юдицкий и М.П. Гальперин (ленинградское ЛКТБ "Светлана"). Но они, имеющие в отличие от ф. Intel богатый опыт создания ЭВМ, пошли иным, более естественным для них путём. Они поставили перед собой задачу создания комплектов микропроцессорных БИС для разработки на их основе микро-ЭВМ. И прекрасно с этой задачей справились.

Более благоприятной ситуация была в Светлане, поскольку там были сосредоточены и

микроэлектронные технологии, и разработчики мини-ЭВМ, и уже имелся опыт создания р-МОП БИС для микрокалькуляторов. И все нужные специалисты были сконцентрированы в отделении М.П. Гальперина.

СВЦ был большой докой в компьютерах и имел практический опыт схемотехнической разработки ИС (совместно с Павлово-Посадским заводом "Экситон" и заводом Микрон), но не располагал технологией БИС. Зато рядом были лидеры в этом направлении – НИИТТ и НИИМЭ с заводами "Ангстрем" и "Микрон".

Семейство секционированных микропроцессоров

Поиск

Проработку подходов к построению микропроцессора директор СВЦ Д.И. Юдицкий в 1973 г. поручил молодёжной лаборатории 331 В.Л. Дшхуняна. Выбор был не случаен. Основанием для этого выбора были результаты работы лаборатории по созданию гибридных микросхем серий "Конус" и "Круг". А также её активная работа в настройке сложных функциональных ячеек ЭВМ «Электроника НЦ-1». Но, выбрав молодых, Давлет Исламович организовал постоянную шефскую помощь им старших, более опытных товарищей.

Лаборатория была переселена в отдельное помещение и освобождена от других работ. Служба информации все свои силы направила на первоочередное обеспечение группы В.Л. Дшхуняна всеми доступными материалами по микропроцессорной и смежной тематике, а их тогда было ещё очень мало.

В основу разработки была положена идея создания асинхронных микропроцессорных секций, из которых, как из кубиков, должны были потом строиться различные виды вычислительной техники. Т.е. микроэлектронная реализация "детского конструктора" Юдицкого на новом технологическом уровне.

Когда пути построения микропроцессоров стали проясняться, была открыта специальная поисковая НИР «Юз-1», научным руководителем которой Давлет Исламович назначил В.Л. Дшхуняна. Активными исполнителями НИР были специалисты лаб. 321: В.В. Теленков, П.Р. Машевич, Ю.И. Борщенко, В.Р. Науменков, И.А. Бурмистров, С.С. Коваленко и программисты лаб. 221: Я.Н. Кобринский (нач. лаборатории), А.Р. Тизенберг, П.А. Кемарский и Ю.Г. Бобошко и др.

Приступая к работе, молодой коллектив В.Л. Дшхуняна не представлял себе, как многих тонкостей в устройстве и работе ЭВМ, так и конечного результата. Впрочем, чёткого результата не представлял никто: нужно было сформулировать и цель проекта, и пути её достижения. Многое им предстояло изучить самостоятельно, много они узнали от старших товарищей. Регулярно с ними встречался Д.И. Юдицкий, они рассказывали ему о сделанном после предыдущей встречи, он вникал во все тонкости проблем, подсказывал пути их решения. Как вспоминает П.Р. Машевич: *«Часто Давлет Исламович задавал неожиданные для нас, молодых инженеров вопросы, особенно по системным функциям процессора, вскрывающие новые проблемы, о которых мы иногда и не догадывались»*. Кроме того, проблемы создания микропроцессоров регулярно обсуждались на заседаниях НТС, в которых участвовали все ведущие специалисты предприятия. Эти обсуждения, проходившие в духе сотрудничества, так же оказывали большую помощь разработчикам. Так планомерно, но необычайно быстро, молодые инженеры становились лучшими в стране специалистами в области создания микропроцессоров. Большой вклад в становление этого коллектива внесли зам. директора СВЦ по науке П.В. Нестеров и начальник отделения Ю.Е. Чичерин.

В результате напряжённой работы было подтверждено главное решение: на основе анализа и изучения архитектур зарубежных микропроцессоров и лучших современных мини-ЭВМ разрабатывать универсальный комплект микропроцессорных БИС со своей оригинальной архитектурой открытого типа, т.е. позволяющей строить на нем различные ЭВМ. Повторять зарубежные образцы было признано не целесообразным.

Архитектура микропроцессора

В первых зеленоградских микропроцессорах получила дальнейшее развитие отработанная на мини-ЭВМ и минисистемах архитектура НЦ, адаптированная к специфике микропроцессоров.

Главный принцип архитектуры был сформирован как «три М» (или МММ) – Модульность-Микропрограммность-Магистральность:

- Одним из основных постулатов проекта было стремление создать универсальный комплект БИС, на основе которого можно было бы проектировать ЭВМ с максимально широким спектром параметров: разрядности данных, архитектур, функциональных возможностей, производительности и т.п. Поэтому была выбрана секционная, модульная структура БИС комплекта. Каждый модуль должен был максимально использовать возможности микроэлектронной технологии того времени. Модульность – это первое «М».

- Комплект микропроцессорных БИС должен обеспечивать возможность реализации различных систем команд, что определило выбор микропрограммного управления. Микропрограммность – это второе «М»,

- Создание на основе комплекта БИС ЭВМ различной сложности должно обеспечиваться путём простого комплексирования стандартных асинхронных модулей (БИС) без применения дополнительных элементов, что возможно только при магистральной структуре. Магистральность – это третье «М».

Сейчас это представляется тривиально простым решением, но тогда это было новое слово в микроэлектронике.

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. В отчёте по НИР «Юз-1» этого термина ещё нет: тогда его ещё не придумали.

Создание и применение зачатков САПР для проектирования микропроцессоров позволили значительно сократить сроки и стоимость разработки и повысить качество проекта за счёт значительного снижения вероятности ошибок.

Были разработаны, отлажены и использованы многочисленные пакеты программ, например:

- Логического и схемотехнического проектирования,
- Логического моделирования каждой БИС в отдельности и их взаимодействия,
- Генерации контролирующих тестов,
- Библиотеки базовых элементов (транзисторов, диодов и т.п.) с конструктивно-технологическими ограничениями,
- Прорисовки топологии и корректировки принципиальной схемы,
- Разработки микропрограмм (язык написания микропрограмм, программы минимизации булевых функций, моделирования и т.п.),
- Программы изготовления перфолент для изготовления фотошаблонов и ряд других программных пакетов.

Однако наиболее трудоёмкая операция – топологическое проектирование выполнялось тогда ещё вручную. В ходе выполнения разработки складывался творческий коллектив единомышленников, проработавший впоследствии многие годы.

Рабочая группа

Руководство НЦ также живо интересовалось проблемой создания отечественных микропроцессоров. Когда идеология создания микропроцессорных БИС была определена, проработана архитектура и схемотехника БИС, проведено их моделирование и выполнено множество других работ, наступил момент, требующий подключения топологов, технологов, разработчиков контрольно-измерительного и технологического оборудования и т.п. С этой целью руководством НЦ в 1974 г. была создана рабочая группа из ведущих специалистов предприятий Зеленограда, которая подключилась к работам, выполняемым в СВЦ. В состав группы входили:

- Председатель – главный инженер НЦ А.А. Васенков (рис. 63);
- От СВЦ – П.В. Нестеров, Ю.Е. Чичерин, В.Л. Дшхунян, Н.М. Воробьёв, В.А. Меркулов, Б.М. Малашевич, Ю.М. Петров;
- От НИИТТ – В.С. Баранов, Э.Е. Иванов, Е.И. Кузнецов, Г.В. Колобков, Л.К. Минкин, Л.М. Можаров, Ю.А. Платонов, В.И.



Рис. 63 Васенков Александр Анатольевич

Рыженков, В.О. Филиппенко;

- От НИИ МЭ – В.Я. Контарёв, В.М. Гусаков, А.И. Березенко, В.В. Трушин, Б.В. Орлов;

- От НИИ ТМ – Л.А. Богородицкий, Л.М. Попель;

- От ДНЦ – Ю.В. Терехов, В.П. Козидубов, В.А. Кундин, В.И. Трифонов.

Рабочая группа еженедельно собиралась под председательством А.А. Васенкова и решала все возникающие проблемы.

Первый микропроцессорный комплект

Как только рабочая группа окончательно определилась с основами архитектуры микропроцессоров, приказом НЦ от 6.9. 1974 г., № 656 была открыта комплексная ОКР «Микропроцессор» (ГК А.А. Васенков) по схмотехническому, технологическому и конструктивному проектированию первого асинхронного микропроцессорного комплекта на основе высокопороговой КМОП технологии, а также микро-ЭВМ на его основе. Была определена специализация предприятий и сроки изготовления опытных образцов:

- СВЦ (зам. ГК Д.И. Юдицкий):

- по разработке архитектуры, структуры, программного обеспечения микро- и мини-ЭВМ и схмотехнической разработке БИС АЛУ и ПЛИМ – август 1975 г.,

- по разработке и изготовлению двух образцов микро-ЭВМ на основе БИС АЛУ, ПЛИМ и ОЗУ – май 1975 г.

- НИИТТ (зам. ГК А.К. Катман):

- по разработке БИС АЛУ (арифметическо-логического устройства) – май 1975 г.,

- НИИМЭ (зам. ГК А.Р. Назарьян):

- БИС ПЛИМ (программируемой логической матрицы) – май 1975 г.,

- БИС ОЗУ 256 бит – май 1975 г.,

- БИС ПЗУ 1024 бит – декабрь 1975 г.

ОКР была объявлена особо важной, оплата труда – аккордной.

В июне 1975 г. НИР «Юз-1» была успешно завершена. Была разработана базовая архитектура универсального асинхронного секционного микропроцессорного комплекта. В ней на новом технологическом уровне были реализованы многие решения, апробированные на предыдущих разработках СВЦ. ППЗУ накопителя микрокоманд трансформировалось в БИС управляющей памяти и т.п.

В отчете НИР «Юз-1» приведены варианты реализации устройств различных ЭВМ на основе разработанных БИС:

- 4 варианта арифметико-логических устройств, в т.ч.: 4- и 4n-разрядного, с плавающей запятой, с ускоренным умножением и делением и др.,

- 6 вариантов устройств микропрограммного управления ЭВМ,

- 6 вариантов микропроцессоров разной разрядности и вычислительной мощности,

- 3 варианта устройств ввода/вывода.

И это только малая часть того, что было реально сделано.

Работы по комплексной ОКР «Микропроцессор» выполнялись предприятиями НЦ быстрыми темпами. Однако вскоре НИИМЭ вышел из этой кооперации. Как вспоминает А.А. Васенков: «*К.А. Валиев* (директор НИИМЭ) по ряду причин, в том числе и в связи с перегруженностью НИИМЭ заданиями по ТТЛ и ЭСЛ программам для ЕС ЭВМ, СМ ЭВМ и «Эльбрусу», решил, что тематикой КМОП на этом этапе заниматься нецелесообразно и работы по ней прекратил». В результате окончательно сформировалась сохранявшаяся в советский период специализация зеленоградских предприятий: НИИМЭ занималась биполярными технологиями (ТТЛ, ТТЛШ, ЭСЛ), а НИИТТ – униполярными (N-МОП, КМОП). Это решение руководством НЦ и МЭП было одобрено и разработку БИС ПЛИМ и ЗУ передали в НИИТТ, в котором теперь сконцентрировались все БИС микропроцессорного комплекта. На момент регистрации БИС в ЦКБ "Дейтон", для обозначения микропроцессоров в классификаторе ещё не было соответствующей группировки. Поэтому БИС комплекта сначала было



Рис. 64. БИС K532ИК2 в 48-выводном корпусе

присвоено обозначение серии К532, изготавливались они в покупных 48-выводных корпусах с планарными выводами (рис. 64).

А после закрепления за микропроцессорами группировки "58" (цифра "8" до того была в резерве), комплекту было присвоено окончательное обозначение – серия (К, КР, Н)587. В процессе разработки и по результатам первого применения состав комплекта несколько трансформировался, они стали помещаться в 42-выводные корпуса собственного производства и в окончательном варианте выглядел следующим образом (рис. 65):

- БИС АУ, К587ИК2 – 4-разрядная секция арифметического устройства для построения операционных блоков ЭВМ с разрядностью обрабатываемых данных, кратной 4 бит. Кристалл размером 4,9×4,8 мм содержал 2543 транзистора.
- БИС АР, К587ИК3 – 8-разрядная секция арифметического расширителя для построения арифметических сопроцессоров с разрядностью данных, кратной 8 бит, аппаратно выполняющих операции умножения, деления и др. Кристалл размером 4,9×4,5 мм содержал 3934 транзистора.
- БИС ОИ, К587ИК1 – 8-разрядная секция обмена информацией для построения блоков внутреннего и внешнего обмена в ЭВМ и иных устройствах. Кристалл размером 5,3×5,9 мм содержал 3500 транзисторов.
- БИС УП, К587РП1 – секция управляющей памяти для построения блоков микропрограммного управления ЭВМ и иных устройств (ранее называлась «БИС ПЛМ»). Кристалл размером 5,0×4,6 мм содержал 5500 транзисторов.

БИС ОЗУ К564РУ2 ёмкостью 256 бит и К565РУ1 ёмкостью 4096 бит формально в комплект не включались, поскольку это были стандартные схемы памяти.

Ряд технических решений, реализованных в БИС комплекта, были признаны Авторскими свидетельствами СССР как изобретения и запатентованы в ведущих странах. Д.И. Юдицкий был одним из авторов основного изобретения "Микропроцессорная система", запатентованного в СССР, США, Великобритании и ГДР. Позже были получены ещё ряд других Авторских свидетельств и патентов на более частные решения.

Комплект имел 4 модификации (рис. 66), отличающиеся корпусами и стойкостью к внешним воздействиям. Две модификации для общепромышленного применения в корпусах с планарными выводами с возможностью их формовки типа КВИП (К587 в металлокерамических и КР587 в пластмассовых корпусах). И две модификации для применения в военной технике в металлокерамических корпусах (587) и микрокорпусах (Н587) с двумя вариантами выводов. Корпуса серий 587 и К587 идентичны.

Комплект обеспечивал возможность построения самых разнообразных устройств обработки данных, с разрядностью, кратной четырём бит: простейших микроконтроллеров, микро-ЭВМ, мини-ЭВМ, многопроцессорных и многомашинных систем и многого другого.

Это был один из первых в стране микропроцессорный комплект, созданный специалистами СВЦ и НИИТТ (В.Л. Дшхунян, П.Р. Машевич, В.В. Теленков, Ю.И. Борщенко, В.Р. Науменков, И.А. Бурмистров и др.), и весьма удачный. Он нашёл широкое применение и до сих пор работает во многих системах, особенно в военной технике.

Семейство микропроцессоров

Впоследствии созданная архитектура была положена в основу четырёх

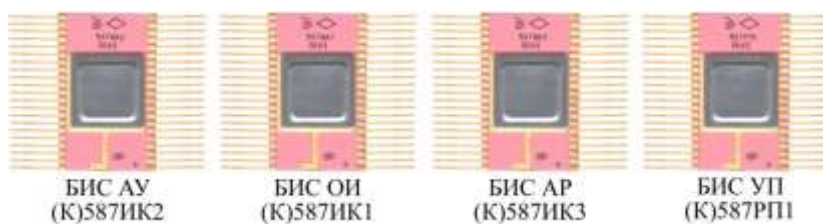


Рис. 65. Микропроцессорный комплект серии (К)587

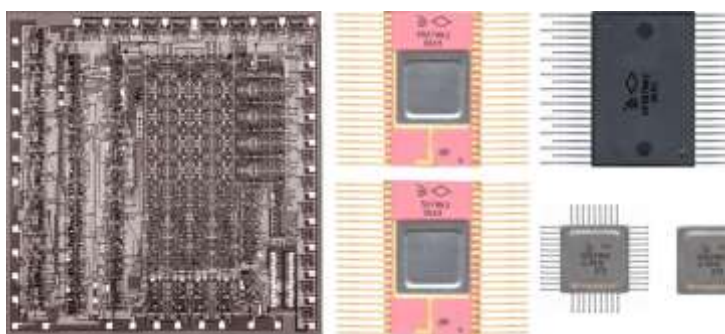


Рис.66. Топология кристалла 587ИК2 и варианты конструктивного исполнения БИС АУ

микропроцессорных комплектов на основных для тех времён микроэлектронных 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, НИИ МЭ и Микрон,
- nМОП – серия K1883 (в ГДР – U-83), СВЦ, НИИТТ и Роботрон (ГДР).

Все эти серии представляли собой секционированные микропроцессорные комплекты с однотипной архитектурой открытого типа, позволяющей строить на них разнообразные микро-ЭВМ и системы в довольно широком спектре архитектур.

Научно-технический семинар «Микропроцессоры»

Летом 1975 г. в СВЦ поступило информационное сообщение Института электроники и вычислительной техники (ИЭ и ВТ) АН Латвийской ССР о проведении в Риге осенью того же года первой в стране всесоюзной конференции по микропроцессорам. Из проекта программы следовало, что организаторы строят работу конференции исключительно на материалах зарубежных источников. Попытки Д.И. Юдицкого согласовать с директором ИЭ и ВТ Э.А. Якубайтисом совместную программу работы конференции с преимуществом информации об отечественных микропроцессорах и микро-ЭВМ не нашли понимания, и Давлет Исламович выступил с инициативой о проведении в те же сроки альтернативной конференции в Зеленограде исключительно на отечественных материалах. Инициатива была поддержана руководством НЦ и МЭП с одним уточнением: статуса всесоюзной конференции это мероприятие иметь не могло по формальным причинам, назвали его «научно-технический семинар «Микропроцессоры».

Общими усилиями ДНЦ, СВЦ и НИИТТ семинар был подготовлен и при большом стечении специалистов со всей страны проведён в пионерском лагере НИИТТ «Гайдаровец» с 24 по 26 сентября 1975 г. Открыл семинар первый зам. министра В.Г. Колесников, с докладами выступили А.А. Васенков, Д.И. Юдицкий, Ю.Е. Чичерин, В.М. Гусаков, В.О. Филипенко, В.Л. Дшхунян, Ю.М. Петров, Н.М. Воробьёв, В.А. Савельичев, В.Н. Лукашев, В.Г. Сиренко, В.А. Меркулов, Л.М. Попель, Ю.Н. Борщенко, Ю.Г. Бобошко, Я.Н. Кобринский (подчёркнуты СВЦ-шники). В своих сообщениях ряд потребителей поделились уже имевшимся первым опытом применения отечественных микропроцессоров.

Семинар прошёл весьма успешно и для многих потребителей оказался откровением: впервые они получили полную информацию об отечественных микропроцессорах, микро-ЭВМ и перспективах их развития.

СЕМЕЙСТВО МСВТ С АРХИТЕКТУРОЙ "ЭЛЕКТРОНИКА НЦ"

Эксперименты

На основе микропроцессоров в МЭП разрабатывались и серийно производились микро-ЭВМ и микросистемы.

В качестве основных производителей мини- и микро-ЭВМ в МЭП планировались 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 "Электроника НЦ" была разработана оригинальная архитектура микро-ЭВМ, воспринявшая лучшие идеи того времени. В частности в системной магистрали были использованы дополненные технические решения шины *Unibus* машин фирм DEC, как наиболее удачной, уже имеющей отечественный аналог (ОШ – Общая шина) в мини-ЭВМ ПО «Электроника» (Воронеж») и ИНЭУМ Минпробора, которые повторяли модели ЭВМ ф. DEC. Уже было ясно, что ОШ будет применяться в одной из ветвей СМ ЭВМ, впоследствии ставшей единственной. *«В архитектуре НЦ так же было увеличено число программно доступных регистров общего назначения (РОН), что обеспечивало возможность программирования в поле адресов РОН, без использования адресации непосредственно в ОЗУ. Это облегчало программирование и повышало эффективность системы в целом»* (Н.М. Воробьёв).

Для автоматизации проектирования и отладки программного обеспечения была создана соответствующая кроссистема на ЭВМ БЭСМ-6 и ЕС ЭВМ, позволяющая быстро и на

высоком уровне разрабатывать программное обеспечение микро-ЭВМ. Эти и ряд других, прогрессивных для того времени технических решений, позволяли создавать на основе разработанной в СВЦ архитектуры ряды отечественных микропроцессоров, микро-ЭВМ и микросистем, не уступающих лучшим зарубежным образцам своего времени, что и было подтверждено позже изделиями НЦ-03Т, НЦ-04Т, НЦ-05Т и НЦ-31.

Микро-ЭВМ "Электроника НЦ-01"

В рамках комплексной ОКР «Микропроцессор» в СВЦ была выполнена ОКР «Микропроцессор-Ю» (ГК Д.И. Юдицкий, научный руководитель П.В. Нестеров, ответственный исполнитель Ю.Е. Чичерин). Приказом по СВЦ № 256 от 3 октября 1974 были назначены ответственные исполнители по направлениям:

- Архитектура и ПО микро-ЭВМ и вычислительных средств на их основе – Н.М. Воробьев,
- Структура вычислительных средств на основе микропроцессоров, в т.ч. инженерной и управляющей микро-ЭВМ – А.А. Попов,
- Проектирование и комплексная отладка микро-ЭВМ – В.Н. Лукашов,
- Разработка управляющего комплекса на базе микро-ЭВМ и его специального ПО – Ю.М. Петров,
- Схемотехническая разработка БИС микропроцессора – В.Л. Дшхунян,
- Устройства ввода-вывода микро-ЭВМ и БИС сопряжения – В.А. Меркулов.

В рамках ОКР «Микропроцессор-Ю» был разработан и изготовлено 2 макетных образца одноплатной 16-разрядной микро-ЭВМ «Электроника НЦ-01» (рис. 67, слева) с быстродействием 250 000 оп/с, с ОЗУ 1К байт и с двумя параллельными программируемыми портами ввода-вывода данных. НЦ-01 была первой попыткой разработки и изготовления принципиально нового продукта – микро-ЭВМ. Их и сделали-то, как и предусматривалось приказом, два образца, что бы самим понять, что это такое – микро-ЭВМ. А, главное, в реальных условиях проверить работоспособность БИС микропроцессора серии 587. Вообще разработчики микропроцессорных БИС обречены на параллельную разработку ЭВМ или системы на их основе, т.к. это единственно возможный способ проверки и отладки самих БИС, подтверждения их работоспособности и разработки рекомендаций по применению, без которых потребитель не сможет сделать свою разработку, а, следовательно, не станет покупателем. Поэтому все производители БИС имеют свои варианты систем на их основе. Так же поступал и СВЦ.

НЦ-01 была встраиваемой управляющей одноплатной ЭВМ без своих органов управления – прототип современных микроконтроллеров, получивших ныне повсеместное применение.



Рис. 67. Микро-ЭВМ Электроника НЦ-01(слева) и НЦ-02 (справа), платы и в сборе

На НЦ-01 была сделана первая попытка применения казавшейся тогда прогрессивной технологии струнного монтажа печатной платы. СВЦ уже имел хорошие результаты по изготовлению многослойных печатных плат, но это была технология не для массового производства – платы получались довольно дорогими. А микро-ЭВМ рассматривались как продукция массовая, требующая надёжной, но дешёвой технологии. Поскольку двустороннего монтажа с существовавшими тогда технологическими нормами на ширину проводников и зазоров для применения БИС не хватало, пришлось искать альтернативные варианты технологии монтажа. Был применён специальный монтажный провод П-ПЛОТ диаметром 0,1 – 0,2 мм в расплавляемой самофлюсующей изоляции. Монтажные точки по прямой, «струной» соединялись этим проводом, полученная «подушка» проводов заливалась белой, эластичной после полимеризации мастикой. Опыт показал, что такой вид монтажа недостаточно технологичен и ремонтонепригоден.

Микро-ЭВМ "Электроника НЦ-02"

На НЦ-01 была доказана теорема существования микропроцессорного комплекта и получен первый опыт разработки изделий на основе БИС. Следующим шагом была задача разработки и выпуска экспериментальной партии управляющей микро-ЭВМ «Электроника НЦ-02» (рис. 67, справа) для их применения в реальных условиях. Задачей на её разработку, производство и проведение испытаний был приказ НЦ № 730 от 10.10 1975 г. Главным конструктором был назначен Д.И. Юдицкий, зам. ГК В.А. Меркулов.

Это была трехмагистральная, асинхронная, с отдельными магистралями ОЗУ и внешних устройств, двухплатная 16-разрядная ЭВМ в компактном корпусе с подвижным пультом управления, который легко устанавливался в удобное пользователю положение. В качестве платы процессора была использована НЦ-01, переработанная по результатам испытаний первых двух образцов. На второй плате размещалась полупроводниковая память.

На НЦ-02 был опробован второй вариант технологии струнного монтажа печатной платы. От предыдущего он отличался потенциальной лёгкостью автоматизации. Суть его в следующем: печатная плата с лужеными отверстиями и печатными проводниками питания и «земли» кладётся на лист резины, полая игла, через канал которой проходит провод ПФТЛК в расплавляемой флюсующей изоляции, последовательно обходит требующие соединения отверстия платы, протыкая затем резину. При выходе иглы из отверстия резина зажимает петлю провода. По окончании прошивки платы петли провода, выступающие с нижней стороны резины, обрезаются, резина снимается, плата паяется на волне припоя). В принципе технология, по тем временам, не плохая, особенно для мелкосерийного производства. Но для её отработки требовалось решение многих технических проблем, разработки оборудования и программного обеспечения. Поскольку требовалась технология массового производства, было признано более целесообразным развивать с целью снижения стоимости плат технологию многослойного печатного монтажа, в которой у СВЦ уже были хорошие результаты.

В 1976 г. Логикой было изготовлено 5 НЦ-02, а в 1977 г. Ангстремом ещё 35. Все они были применены: в НИИ ТМ для управления входным контролем ИЭТ и роботами; НИИ ТОП (Горький) для управления автоматами разварки микросхем.

Микропериферия

Появление микро-ЭВМ ещё более обострило проблему периферийных устройств, с которой СВЦ столкнулся уже в обеспечении мини-ЭВМ НЦ-1. Фактически периферийных устройств, соответствующих микро-ЭВМ по габаритам, массе и стоимости не было даже в задумках. Программы и данные для НЦ-01 и НЦ-02 готовились на кросссредствах на больших ЭВМ и выдавались ими в виде перфоленты или перфокарты. Но ввести эту информацию в микро-ЭВМ было нечем. Не ставить же рядом с одно- или двухплатной микрошкаф перфокарточного или большой блок перфоленточного устройства, хотя сначала приходилось. Пришлось придумывать упрощённые варианты, и они были разработаны и изготовлены. Из устройства выбросили все, кроме фотосчитывателей перфорационных отверстий с простейшим интерфейсом для подключения к ЭВМ и канала для ручного протягивания перфоленты или перфокарты (рис. 68). Этим и пользовались.

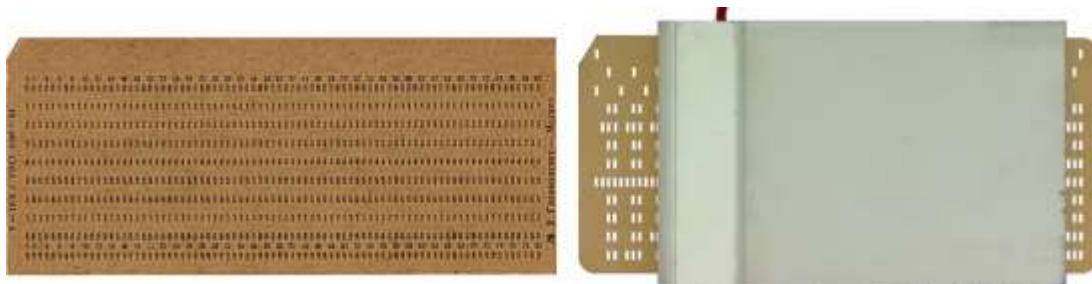


Рис. 68. Ручное устройство ввода информации с перфокарты

Так была решена проблема ввода. Но ведь необходимо было и выводить информацию на печать, для документирования результатов. Единственное, что тогда было относительно доступно, это электрическая пишущая машинка «Консул-260» чешского производства, применённая в СУПВВ для НЦ-1. Но и она не удовлетворяла многим требованиям. Поэтому в СВЦ ещё в 1973 г. в рамках темы «Ювелир» (ГК В.С. Бутузov) была начата разработка струйного принтера. Это сейчас они являются одним из основных типов принтеров, наряду с

лазерными, и основными среди цветных. А тогда и матричных (с ударными иголками) практически не было, причём не только у нас, но и за рубежом они ещё были редкостью. Хотя разработки и матричных, и лазерных, и струйных принтеров уже шли во многих странах полным ходом. И разработка в СВЦ струйного принтера по техническому уровню не уступала зарубежному уровню.

Архитектура семейства микро-ЭВМ "Электроника НЦ-0хх"

Микро-ЭВМ НЦ-01 и НЦ-02 фактически были лабораторией для отработки архитектуры, конструкции, технологии проектирования и изготовления микро-ЭВМ, в то время изделий принципиально нового вида.

Первая очередь семейства

Накопленный опыт и изучение зарубежных и отечественных новинок позволили завершить совершенствование архитектуры НЦ семейства базовых программно- и аппаратно-совместимых микро-ЭВМ «Электроника НЦ». Она включила все лучшее, что на тот момент в мире было известно, гармонично сочетая заимствованные и собственные идеи. Архитектура изначально была ориентирована на создание ряда программно-совместимых (снизу – вверх) моделей с возрастающей вычислительной мощностью. Системы команд младших моделей были подмножествами систем команд старших, была заложена возможность дальнейшего развития системы команд. 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.И. Юдицкий, Н.М. Воробьёв, М.Д. Корнев, А.А. Попов, Н.А. Смирнов, М.М. Хохлов, В.А. Савельичев, С.Г. Догаев, Ю.М. Сокол, П.Н. Казанцев, Ж. Мамаев, Н.С. Буслаева и др. ЭВМ строились по модульному принципу на основе магистрали НЦ. Базовый блок типоразмера 5U Евромеханики содержал блок питания и 18 мест для одноплатных модулей. ПО НЦ-03 (базовое для всего ряда) включало: перфоленточную и дисковую ОС, библиотеку стандартных программ, кроссисистему программирования на БЭСМ-6 и ЕС ЭВМ, Ассемблер, систему отладки, систему контроля, редактор текста и др. Впоследствии описание системы команд НЦ было оформлено в виде стандарта предприятия СТП ЦИИ.7.1.2-78 «Система микропроцессорных средств вычислительной техники. Программное обеспечение. Система команд семейства микро-ЭВМ «Электроника НЦ»».

В это время и на этих работах в СВЦ зародился принципиально новый вид сотрудничества с разработчиками бортовых ЭВМ из других министерств. Спровоцировало на такую идею появление в первой половине 1975 г. у Д.И. Юдицкого двух ведущих разработчиков бортовых ЭВМ для авиации из ленинградского НПО «Ленинец» Минрадиопрома – Р.Ю. Багдонаса и В.И. Кошечкина (ранее участников разработки БЦВМ «Гном»). Узнав о разработке первого в стране КМОП микропроцессорного комплекта БИС и микро-ЭВМ на его основе, они приехали выяснить возможность применения их в своих разработках – КМОП для бортовых ЭВМ ценен своим низким энергопотреблением. Кто в ходе переговоров первым высказал идею параллельной совместной разработки наземного и бортового вариантов микро-ЭВМ, не запомнили даже участники переговоров. Но идея сразу захватила всех. А суть её заключалась в том, что архитектурно, структурно, схемотехнически и программно эти варианты ЭВМ должны быть строго идентичны, а отличаться только конструктивно, в соответствии со спецификой применения, принятыми стандартами и с предъявляемыми требованиями. Базовый вариант ЭВМ в общепромышленном исполнении планировалось использовать в составе отладочных, испытательных и иных наземных систем. Головным его разработчиком и поставщиком должны были стать СВЦ и его завод «Логика». Специальные авиационные конструктивные варианты микро-ЭВМ Ленинец для себя должен был делать сам. Идея такого сотрудничества получила горячее одобрение руководства НПО НЦ и НПО «Ленинец» и началась совместная работа, которая затем переросла в совместную программу «Интеграция», названную так с лёгкой руки Виктора Ивановича Кошечкина.

И далее, когда в Зеленоград приезжали представители других предприятий, им предлагали эту схему сотрудничества. Большинство соглашались. Так постепенно образовался альянс добровольного сотрудничества, в котором участвовали: СВЦ Минэлектронпрома; НПО «Ленинец» (Ленинград) и НПО «Комета» (Москва) Минрадиопрома; НПО «Агат» (Москва) и «Океанприбор» (Ленинград) Минсудпрома; НПО «Электроавтоматика» Минавиапрома и др. Деятельность этого альянса весьма положительно повлияла на архитектуру базовых моделей микро-ЭВМ НЦ-03, НЦ-04 и НЦ-05.

Фактически этот образованный по инициативе предприятий в 1975 г. и строго не формализованный альянс был прообразом и предтечей будущих Аппаратурно-Ориентированных Программ (АОП), которые появились в 1978 г. Причём это была программа с гораздо более глубоким и эффективным сотрудничеством, основанном на добровольном желании участников, чем последующие директивные АОП. Эта схема пережила ликвидацию СВЦ и продолжала развиваться под руководством главного инженера НПО НЦ А.А. Васенкова. Она была разрушена односторонним отказом Минэлектронпрома от собственной архитектуры «Электроника НЦ» в пользу более старой (на 7 лет) архитектуры ф. DEC.

Базовые модели строились по модульному принципу на основе единой магистрали, являющейся расширением магистрали ОШ – советского аналога шины Unibus мини-ЭВМ PDP-11 фирмы DEC, США. В отличие от принципиально однопроцессорной ОШ/Unibus, Магистраль НЦ обеспечивала возможность построения многопроцессорных систем (до 4 процессоров) и контроля адресов и данных по чётности, что не мешало совместимости с периферийными устройствами СМ ЭВМ. Это открывало прекрасную перспективу построения систем в очень широком спектре их вычислительных мощностей на одном и том же комплекте БИС и модулей семейства НЦ. И в то же время позволяло напрямую использовать периферийные устройства СМ ЭВМ и воронежских ЭВМ.

На основе архитектуры НЦ были разработаны три базовые модели микро-ЭВМ НЦ-03Т (ГК Д.И. Юдицкий, после его ухода Ю.Е. Чичерин), НЦ-04Т (ГК Н.М. Воробьёв) и НЦ-05Т (ГК М.Д. Корнев).

Программное обеспечение

Параллельно с развитием технических средств микро-ЭВМ создавалось и программное обеспечение. Сначала разработка программ проводилась в рамках тем по созданию ЭВМ, но в начале 1978 г. с целью обеспечения их комплексного развития, они были выделены в отдельную тему. Так появилась ОКР «Разработка базового программного обеспечения микро-ЭВМ» (шифр «Электроника НЦ-МО», исполнители Н.А. Смирнов (ГК), В.С. Петровский, М.М. Хохлов, В.А. Савельичев, С.Г. Догаев, Н.С. Буслаева). Работа закончилась в середине 1979 г. Была окончательно отработана и утверждена общая концепция построения программного обеспечения микро-ЭВМ «Электроника НЦ», разработано и аттестовано на ЭВМ НЦ-03 базовое программное обеспечение, включающее:

- Две модульные перфоленточные операционные системы ПОС-01 и ПОС-02, организующие работу ЭВМ.
- Кросс-систему программирования на универсальных ЭВМ типа БЭСМ-6 и ЕС ЭВМ (в то время уже были модели ЕС-1020, ЕС-1022, ЕС-1030, ЕС 1033, ЕС 1050). Кросс-система позволяла произвести полный цикл разработки программ для микро-ЭВМ до практически полностью отлаженной программы, лишь иногда требовалась доводка на резидентной системе программирования.
- Резидентную систему программирования, позволяющую произвести полный цикл разработки программ непосредственно на микро-ЭВМ до полностью отлаженной программы, а так же, при необходимости, произвести доводку программ, разработанных на кросссистеме программирования.

Системы программирования включали Ассемблер «БАСС», редактор текста и диалоговую систему отладки.

- Библиотеку стандартных программ.
- Систему контроля.

Разработанное программное обеспечение обеспечивало оптимизацию использования ЭВМ, максимальные по тому времени удобство пользователю, лёгкую адаптацию к различным областям применения.

Микро-ЭВМ "Электроника НЦ-03Т"

Микро-ЭВМ "Электроника НЦ-03Т" разработана в 1975-6 гг. в СВЦ (ГК – Д.И. Юдицкий, позже Ю.Е. Чичерин, разработчики: В.Е. Лукашов, В.С. Петровский, С.Г. Догаев, В.М. Елагин, В.Г. Сиренко, Б.В. Шевкопляс, Ю.И. Борщенко, В.В. Титов, Ю.Б. Терентьев, Л.М. Петрова и др.).

Это была 16-разрядная ЭВМ, 1 или 2 процессора на МПК К587, память до 64К слов, 4-х уровневая система прерываний, система команд НЦ-03 содержала 190 команд. НЦ-03Т была младшей, базовой моделью ряда микро-ЭВМ «Электроника НЦ» и к её разработке в середине

1975 г. приступили в первую очередь (ГК Д.И. Юдицкий, зам ГК Ю.Е. Чичерин). А мене чем через год, в первой половине 1976 г. на опытном производстве СВЦ была запущена первая партия из пяти комплектов НЦ-03Т. К концу года ЭВМ не только была изготовлена, отлажена её аппаратура и ПО, проверена в условиях реального применения, но и успела получить золотую медаль на Выставке достижения народного хозяйства (ВДНХ). Позже были разработаны варианты микро-ЭВМ "Электроника НЦ-03Д" и "Электроника НЦ-03С".

Опробованный и оправдавший себя на «детском конструкторе» НЦ-1 принцип модульного построения технических и программных средств получил дальнейшее развитие. Но теперь применение микропроцессоров и БИС памяти позволило перейти к одноплатной реализации модулей. В результате были разработаны одноплатные процессор, ОЗУ, контроллеры периферии. Комплексный блок с внешними размерами, соответствующими стандарту КА-МАК, позволял разместить встроенный пульт управления, блок питания и 18 одноплатных модулей. Главными отличиями от КАМАК были Магистраль НЦ с соответствующими соединителями и установка модулей в блок сзади.

НЦ-03Т могла иметь различные варианты комплектации из типовых модулей, Если 18 мест для модулей блока оказывалось недостаточно, можно было подключить дополнительные такие же блоки (без пульта управления).

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

АСНИ «Атомная адсорбция»

Первым реальным применением микро-ЭВМ НЦ-03Т была разработанная В.М. Трояновским и В.Е. Похлебкиным Автоматизированная система научного эксперимента (АСНИ) для автоматизации измерения химического состава веществ по методу атомной адсорбции. Применявшийся в таких не автоматизированных системах цифровой вольтметр требовал постоянной прецизионной калибровки и последующей сложной и длительной обработки результатов. НЦ-03 взяла на себя эти проблемы, полностью освободив от них персонал. В результате резко увеличилась точность и скорость измерений. За эту работу в 1976 г. главный конструктор АСНИ В.М. Трояновский получил серебряную медаль ВДНХ.

В 1975 –1976 гг. в СВЦ была выполнена НИР-овская разработка НЦ-03Т, а на заводе «Логика» выпущена первая партия из пяти ЭВМ. Были проведены её испытания и получен первый опыт реального применения в составе АСНИ «Атомная адсорбция». В мае 1976 г. (приказ по СВЦ № 180 от 3 мая 1976 г.) была открыта ОКР «Электроника НЦ-03Т» по разработке ЭВМ и её освоению в серийном производстве на Логике (ГК Ю.Е. Чичерин, зам. ГК по ПО – В.Е. Лукашов).

Интересной особенностью разработки НЦ-03Т было то, что в ходе её выполнения были выработаны ряд предложений по улучшению БИС серии К537. В отчёте по теме они заняли 6 страниц текста. Это оказалось возможным и целесообразным потому, что разработчики и БИС, и ЭВМ были членами одного дружного коллектива и всегда помогали друг другу.

ЗЕЛЕНОГРАДСКАЯ "ПЕРЕСТРОЙКА"

Наступил момент, когда нам придётся остановиться на событиях, приведших к ликвидации СВЦ и завода "Логика" и отказа от прогрессивной архитектуры "НЦ".

Мы уже говорили, что неудачи проектов супер-ЭВМ, вызванных внешними причинами, негативно влияли на настроения в коллективе СВЦ, разговоры на тему «Когда нас разгонят?» были популярны в коридорах и курилках предприятия. К 1976 г. ситуация радикально изменилась. Удачная реализация проектов по разработке ЕВС, НЦ-1, Связь-1, ЦКС, микро-ЭВМ и АСУ воодушевила коллектив. Было развито созданное ещё в эпоху 5Э53 опытное производство, переехавшее в 1974-1975 гг. в новое здание на южной промзоне Зеленограда. В нём изготавливались первые партии всех изделий, их настройка, стажировались специалисты псковских ПЗРД и СКБ ВТ. Приказом Министра №216дсп от 26 апреля 1976 г. опытное производство было преобразовано в завод «Логика» при СВЦ. Директором завода «Логика» приказом 2ГУ МЭП № 48к от 8 июня 1976 г. назначен Н.Н. Антипов, главным инженером (приказ 2ГУ МЭП № 49к от 8.06.76) – В.А. Шахнов. Обязанности главного инженера СВЦ (вместо

выбывшего Н.Н. Антипова) приказом по СВЦ 101к от 14.06.76 г. были возложены на В.С. Бутузова.

Быстрыми темпами развивалась невиданное ранее в стране широкое сотрудничество предприятий различных ведомств по созданию унифицированных бортовых и наземных микро-ЭВМ с архитектурой НЦ, причём не по приказу свыше, а по доброй воле участников, число которых постепенно росло.

Успешно завершались разработки ЦКС «Юрюзань» для МГА и КВС «Связь-1» для МПСС.

Активно велись работы по созданию микропроцессорных комплектов БИС и базовых микро-ЭВМ на их основе.

В Минэлектронпроме 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» около деревни Ново-Волково.

Казалось, что фирма из затяжного кризиса, наконец, вырвалась. Разговоры на тему «*Когда нас разгонят?*» прекратились. 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. 69). В нем 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 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.

Вот как это событие вспоминает В.С. Бутузов: «В первых числах июля 1976 г. в середине дня я возвратился из Москвы и сразу же был вызван к Д.И. Юдицкому. Зайдя в кабинет, я увидел там все руководство СВЦ и начальников подразделений. Все подавленно молчали. Взглянув на меня, Давлет Исламович коротко сказал: «Нас нет». После паузы обратился ко всем присутствовавшим: «Всем быть на местах и заниматься устройством людей. Самим уходить последними, когда будут устроены все ваши люди».

Сам Давлет Исламович выполнил это указание, покинув свой пост, когда люди были устроены. И многим, не



Рис. 69 Приказ 336

согласившимся с предложенными им вариантами, помог устроиться в иных местах.

Объем статьи не позволяет рассказать о причинах и реализации этого приказа. Об этом достаточно сказано в книге «Давлет Исламович Юдицкий» в серии «Созидатели отечественной электроники». Отметим лишь, что произошло это в рамках преобразования чисто зеленоградского НЦ в союзное НПО НЦ с присоединением к нему ряда предприятий в разных городах страны. И что СКБ НЦ был создан не на основе СВЦ, а с использованием лишь его не основной четверти. Реальная делёжка СВЦ была произведена двумя приказами по НПО НЦ. 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. Все это и последовавшие переезды на длительное время практически парализовало выполнение плановых разработок СВЦ. А научно-производственный комплекс СВЦ – завод «Логика» был разрушен. СВЦ исчез полностью, завод «Логика» остался только на бумаге. Памятником этих событий является уже фактически другой завод «Логика», в другом здании, выпускающий чистые газы и воду для полупроводникового производства и удивляющий непосвящённых полным несоответствием названия и продукции.

Фактически в Зеленограде происходил процесс, прямо противоположный тому, что в то же время проходило в воронежском НПО «Электроника». Там создавали новый завод «Процессор» для производства мини- и микро-ЭВМ и ОКБ при нём, занимающееся прямым (насколько это возможно) воспроизводством ЭВМ фирмы DEC. В Зеленограде, где все это уже было и на гораздо более высоком уровне, безжалостно разрушили мощный НИИ и действующий завод. Позже разрушенное пришлось восстанавливать в виде НИИНЦ с заводом «Квант», в них были возвращены сохранившиеся остатки подразделений СВЦ и Логики, естественно с огромными потерями. Была сохранена и основная, заложенная Д.И. Юдицкий тематика – микро-ЭВМ и системы на их основе. Но была потеряна оригинальная отечественная архитектура ЭВМ типа НЦ. Приказом министерства ей предпочли более старую (на 7 лет) архитектуру ф. DEC, которая в США вскоре тихо скончалась. Минэлектронпром оказался «большим католиком, чем папа римский».

Итак, в результате реорганизации остатки СВЦ и завода Логика оказались в НИИТТ и Ангстреме. Коллектив потерял своего лидера и ряд ведущих специалистов, но в целом сохранился и продолжал работать. Мощное теоретическое отделение, работавшее на перспективу, осталось без тематики и быстро рассосалось по московским предприятиям. Была прекращена работа по созданию периферийных устройств примерно с тем же результатом. Но разработки микропроцессоров и микро-ЭВМ сохранились. Сложнее было с микропроцессорными системами. Первоначально они были тоже оторгнуты. Так гл. инженер НИИТТ Филипенко В.О. чётко заявил пришедшим из СВЦ, что системами НИИТТ заниматься не будет. Но вскоре ситуация изменилась, Филипенко оказался во Фрязине, а на его место из НИИ Микроприборов пришёл системотехник М.Ф. Поликанов, начавший бурное развитие тематики в направлении общепромышленных и бортовых космических микро-ЭВМ и микросистем.

ПЕРВОЕ ПОКОЛЕНИЕ МСВТ С АРХИТЕКТУРОЙ НЦ

Электроника НЦ-02М

В 1976-7 гг. Логикой и Ангстремом было выпущено более 40 НЦ-02, применённые в технологическом оборудовании. Полученный опыт показал, что для многих применений требуется большое количество входов от датчиков управляемого объекта и выходов на его исполнительные органы, т.е. в конструкции ЭВМ требовалось введение дополнительных мест для установки модулей УСО. В 1976 г. ЭВМ модернизировали, получилась «Электроника НЦ-02М» (рис. 70). В новом корпусе были свободные места для установки дополнительных одноплатных устройств. Всего было выпущено 63 ЭВМ НЦ-02М, которые так же применялись в технологическом оборудовании.



Рис.70. Электроника НЦ-02М

Электроника НЦ-03Т, -03Д и -03С

ЭВМ НЦ-03Т выпускалась Ангстремом с 1976 по 1981 г., всего было выпущено 976 комплектов. Награждена Золотой медалью Лейпцигской ярмарки. 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. Ангстремом было выпущено 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 их производство, вместе с "Электроникой НЦ-32", передано на Черкасский завод телеграфной аппаратуры. Таким образом, разных моделей НЦ-03 Ангстремом было выпущено 2683 комплекта. По тем временам – крупное производство (рис. 71).



Рис. 71. Микро-ЭВМ Электроника НЦ-03Т, -03Д и -03С

Микро-ЭВМ "Электроника НЦ-04Т, -04У"

В начале 1976 г. на основе МПК К587 в рамках темы «Микропроцессор-6Ю» началась разработка ЭВМ "Электроника НЦ-04Т", ГК – Н.М. Воробьёв, разработчики: В.Е. Лукашов, В.А. Савельчев, В.Н. Шмигельский, В.А. Меркулов и др. От НЦ-03Т отличалась расширенной системой команд (до 328), арифметическим сопроцессором, более развитыми системами адресаций и прерываний и др. Однако ликвидация СВЦ прервала разработку НЦ-04Т на начальном этапе, она была продолжена и завершена в НИИТТ. В 1980-1984 гг. Ангстремом их было выпущено 1670 экз.

В 1977 г. пост первого заместителя директора НИИТТ занял М.Ф. Поликанов, пришедший на него с аналогичного поста в НПО «Элас». Имеющий большой опыт в разработке бортовой аппаратуры, он начал её развитие и в НИИТТ (для этого его и брали). По его предложению был заключён договор о разработке и поставке программно-аппаратного бортового комплекса для ПО «Радиоприбор» (Минобщемаш). Комплекс состоял из бортового варианта НЦ-04 – НЦ-04У (И-04 в обозначении заказчика), блока памяти И-08 и системного программного обеспечения, предназначался он для системы спутниковой навигации (рис. 72). ГК – В.А. Меркулов, ведущие разработчики: А.М. Смаглий, Г.М. Алаев, А.Е. Абрамов, Е.В. Фёдорова и др. В каждом спутнике устанавливалось 3 комплекта. Планировался запуск 24 спутников для точного определения места нахождения подвижных наземных объектов.



Рис.72. Микро-ЭВМ "Электроника НЦ-04Т и -04У"

Комплекс разрабатывался на основе микропроцессорного комплекта серии 587 как бортовой вариант микро-ЭВМ "Электроника НЦ-04Т" под внутренним обозначением "Электроника НЦ-04У". Для реализации проекта впервые в стране были разработаны принципиально новые корпуса БИС (микроробуса, МПК серии Н587), многослойные керамические платы и технология монтажа микроробусов и иных элементов на эти платы. Только через несколько месяцев по завершении разработки появилась информация о реализации подобных новых технических решений за границей.

Комплекс в установленные сроки был разработан, освоен в производстве на Ангстреме

и поставлялся заказчику. Начался запуск спутников. К сожалению, данный проект системы спутниковой навигации оказался неудачным.

Микро-ЭВМ "Электроника НЦ-05Т, -05Д"

Микро-ЭВМ «Электроника НЦ-05Т» планировалась как старшая модель первой очереди ряда НЦ и должна была обладать существенно более высокой производительностью, не достижимой на основе КМОП БИС серии К587. Для неё планировалось создание микропроцессорного комплекта БИС на основе ТТЛШ технологии, обладавшей более высоким быстродействием, но и большим энергопотреблением. Степень интеграции ТТЛШ ИС была существенно ниже, чем у КМОП, следовательно, функциональность БИС получалась меньше, а число БИС в комплекте больше. Такой комплект планировалось разрабатывать совместно с НИИМЭ, обладающим ТТЛШ технологией. Но сначала группой специалистов СВЦ (Н.М. Воробьёв, М.Д. Корнев, В.А. Савельичев, А.В. Бокарёв, П.Н. Казанцев, Ю.М. Сокол, Р.М. Воробьёв, Л.С. Кридинер, Ж.А. Мамаев и др) в 1976 г. была начата предварительная проработка архитектуры и структуры микро-ЭВМ и микропроцессорного комплекта. Эта работа на начальном этапе была прервана реорганизацией в НЦ, и возобновлена после длительного перерыва в НИИТТ.

ТТЛШ/ЭСЛ секционированный микропроцессорный комплект серии 1802

Для микро-ЭВМ «Электроника НЦ-05Т» в СВЦ, а затем в НИИТТ совместно с НИИМЭ разработан секционированный ТТЛШ микропроцессорный комплект серии К1802. Изготовитель завод "Микрон". Комплект состоял из 7 8/16-разрядных БИС, не имевших зарубежных аналогов. Разработчики: от НИИТТ 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, сегодня в каталогах приводится 16 БИС.

Основные свойства комплекта: неограниченное наращивание разрядности, микропрограммируемость, возможность эмуляции различных систем команд, высокое быстродействие. В составе комплекта: 8-разрядная микропроцессорная секция, 4-разрядный 4-входной сумматор, арифметический расширитель, 5 БИС различных умножителей, 2 БИС специальных регистров, интерфейсные БИС, мажоритарные элементы и др. (рис. 73).



Рис. 73. Микропроцессорный комплект серии x1802

В июле 1980 г. была завершена разработка экспериментального образца микро-ЭВМ «Электроника НЦ-05Т» (рис.74) – старшей модели из ряда микро-ЭВМ с архитектурой типа «НЦ», включающего НЦ-03Т, НЦ-04Т и НЦ-05Т. ГК – Н.М. Воробьёв, ведущие разработчики: М.Д. Корнев, В.А. Савельичев, А.В. Бокарёв, П.Н. Казанцев, Ю.М. Сокол, Р.М. Воробьёв, Л.С. Кридинер, Ж.А. Мамаев и др. НЦ-05Т делалась 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 5 образцов НЦ-05Т, но в это время произошли события, изменившие её судьбу.



Рис. 74. Микро-ЭВМ Электроника НЦ-05Т, -НЦ-05Д, процессор НЦ-05Д

DEC-переворот

К 1981 г. в НИИТТ и в НПО НЦ завершилась смена поколения руководителей. Ушли ветераны, основатели НЦ, обладавшие огромными знаниями и опытом создания сложных радиоэлектронных систем. Им на смену 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, активный сторонник архитектуры PDP-11 ф. DEC. Разницу между архитектурами ЭВМ PDP-11 и НЦ они не понимали. А тому, что архитектура НЦ моложе архитектуры PDP-11 на 7 лет (огромный срок в развитии вычислительной техники), значения не придали. Не обсудив со специалистами и партнерами, 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 за одно и по архитектуре типа С5 в ЛНПО «Светлана»), в т.ч. над первой версией НЦ-05Т, были прекращены.

К сентябрю 1984 г. была разработана другая микро-ЭВМ с тем же названием, но уже с более слабой архитектурой PDP-11/34 фирмы DEC. Это потребовало коренной переработки как ЭВМ, так и микропроцессорного комплекта. В результате проект был закончен только в сентябре 1984 г. (ГК В. Савельичев, ведущие разработчики: А. Бокарёв, П. Казанцев, В. Хворостов, В. Плотников, Ю. Сокол, М. Гоморин, Ж. Мамаев и др.

В новой НЦ-05Т (позже переименованной в НЦ-05Д, где «Д» – от DEC,) была реализована архитектура мини-ЭВМ PDP-11/34 ф. DEC. Она программно совместима с ЭВМ «Электроника 60», «Электроника 100/25», СМ-3» и «СМ-4». НЦ-05Т была выполнена на основе микроразъемного исполнения БИС (серия Н1802) и многослойных керамических печатных плат (МКП) размером 100×120 мм. По четыре МКП монтировалось на типовом для ряда микро-ЭВМ «Электроника НЦ» модуле размером 180×300 мм, по два с каждой из сторон.

НЦ-05Д - 16-разрядная микро-ЭВМ, обрабатывающая 1-, 8-, 16-разрядные слова, 16-разрядные данные с фиксированной и 32-разрядные с плавающей запятой (порядок 8 бит, мантисса – 24 бит). Диспетчер обеспечивал возможность адресации 256К байт страничной памяти с размером страницы от 32 до 4096 байт (кратно 32). Комплектуемое ОЗУ – 128К байт. 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-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) ф. Фанук. Специалисты НИИТТ, обученные в СВЦ самостоятельному проектированию, предложили сделать функциональный аналог на основе архитектуры НЦ, МПК серии K588 и БМК КР1801ВП1. Министр согласился, но потребовал полного внешнего соответствия аналогу. В результате была создана СЧПУ «Электроника НЦ-31» (рис. 75) (ГК – Ю.Е. Чичерин, разработчики: В.Н. Шмигельский, В.Н. Лукашов, Ю.Б. Терентьев, Ю.И. Титов, В.С. Петровский, И. Евдокимов и др.). По совокупности параметров НЦ-31 не уступала лучшим зарубежным образцам того времени.

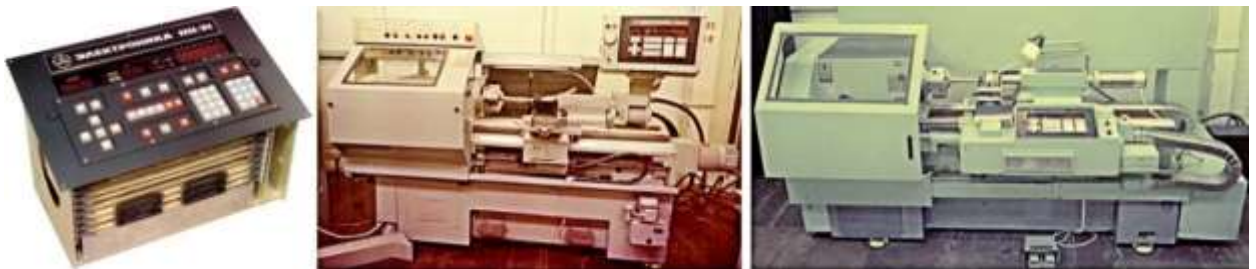


Рис. 75. СЧПУ НЦ-31 и её установка в станки

Серийное производство НЦ-31 было начато в 1980 г. на Ангстреме, а затем передано

на заводы «Квант» (Зеленоград) и «Диффузион» (Смоленск). Только Ангстрем и Квант выпустили 3736 комплектов НЦ-31. Станки с НЦ-31 работают до сих пор, уже 20-25 лет.

МКТК Электроника НЦ-32

Поскольку ЦКС «Юрюзань» в Пулковое хорошо работал, в 1978 г. МГА и Министерство связи заказали НИИТТ разработку многофункционального концентратора телеграфных каналов (МКТК). К концу 1980 г. такой МКТК «Электроника НЦ-32» был разработан (ГК – Н.А. Смирнов, разработчики: М.Д. Корнев, Н.М. Воробьёв, В.Р. Горовой, П.П. Силантьев, В.А. Савельичев, А.И. Коёкин, А.Н.Лавренов, В.Л. Глухман, В.А. Меркулов, Б.А. Михайлов, П.Н. Казанцев, И.П. Селезнев, В.И. Бриккер, В.С. Петровский, В.С. Травницкий и др.).

НЦ-32 был построен на основе микро-ЭВМ НЦ-04Т, а входящий в его состав абонентский пункт – на основе НЦ-03С. Было разработано базовое и специальное ПО. НЦ-32 обрабатывал до 32 телеграфных канала со скоростью 50, 100 и 200 бод (рис. 76).



Рис.76. Стойка МКТК «Электроника НЦ-32» и его абонентский пункт

Первый комплект НЦ-32 был поставлен на Центральном телеграфе в Москве, где заменил 300 операторов и окупился за 9 месяцев. 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» (ГК Н.Н. Зубов). Его назначение – автоматическая оценка работоспособности, нервно-психической активности и прогноза эффективности профессиональной деятельности оператора (лётчика, водителя, космонавта, спортсмена, диспетчера и т.п.). Была изготовлена опытная партия Тонус НЦ-01 (рис. 77), 15 комплектов которой прошли опытную эксплуатацию в различных медицинских исследовательских центрах. Всего их в разных модификациях было выпущено около 125 экз. Но в 1982 г. работы по медицинской тематике в НИИТТ были прекращены, а разработчики переведены на бортовую тематику.



Рис. 77. Психодиагностический комплекс Тонус НЦ-01

Это только основные примеры прикладных систем, созданных коллективом СВЦ-НИИТТ на основе микропроцессорных комплектов, разработанных под руководством Д.И. Юдицкого. Их можно отнести к первому поколению микропроцессоров и систем на их основе с архитектурой типа НЦ.

ВТОРОЕ ПОКОЛЕНИЕ МСВТ С АРХИТЕКТУРОЙ НЦ

Первое поколение созданных в СВЦ микропроцессоров имела секционную структуру, позволяющую создавать на их основе разнообразные вычислительные средства. Второе поколение, используя новые достижения микроэлектронной технологии, отличалось однокристальностью функциональных модулей – микропроцессоров, микроконтроллеров, модулей памяти и т.п. Однако существовало это поколение недолго, директивным способом оно было перестроено на архитектуру типа PDP-11.

Однокристальная микро-ЭВМ Электроника НЦ-80Т

В 1980 г. в НИИТТ разработана n-МОП 16-разрядная однокристальная ЭВМ с архитектурой НЦ – К1801ВЕ1. ГК В.Л. Дшхунян, разработчики П.Р. Машевич, П.М. Гафаров, С.С. Коваленко, А.А. Рыжов, В.П. Горский, А.Н. Сурков и др.

К1801ВЕ1 (рис. 78) – 16-разрядная ЭВМ с возможностью обработки 1-, 8-, 16- и 32-разрядных данных. Адресуемое пространство 64К слов (128К байт), резидентные (в кристалле) ОЗУ – 128×16 бит, ПЗУ – 1024К×16 бит. Система команд НЦ-03.

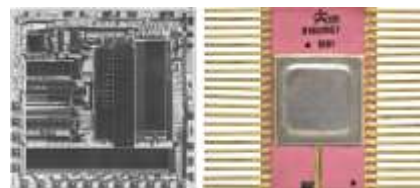


Рис. 78. К1801ВЕ1 в корпусе и топология кристалла

Из-за ограниченности числа выводов в БИС был применён вариант магистрали НЦ с совмещёнными шинами адреса и данных. Для периферийных устройств она полностью соответствовала шине Q-BUS микро-ЭВМ LSI-11 ф. DEC, но отличалась мультипроцессорностью (до четырёх микропроцессоров). Шина получила название "Магистральный параллельный интерфейс (МПИ)" и узаконена стандартами ОСТ 11.305.903-80 и ГОСТ 26765.51-86. ОЭВМ К1801ВЕ1 содержала микропроцессор, оперативную и постоянную память, таймеры, порты ввода-вывода и выход на магистраль МПИ.

Одноплатная микро-ЭВМ Электроника НЦ-8001

В 1979 г., в рамках разработки однокристальной ЭВМ К1801ВЕ1, были сделаны действующие образцы одноплатной ЭВМ «Электроника НЦ-8001» (рис. 79) и персонального компьютера «Электроника НЦ-8010».



Рис. 79. Электроника НЦ-8001, 2 варианта и в комплексе

Конструкционная система Электроника НЦ-8020



Рис. 80. Электроника НЦ-8020

В 1981 г. разработана многоплатная малогабаритная конструкция микросистемы на

основе НЦ-8001 включающая двухплатный и 8-платный блоки для установки НЦ-8001 и периферийных модулей (рис. 80). В первой очереди ЭВМ Ц-8020 было два модуля: НЦ-8001 и КСПК для подключения периферийных устройств.

Персональный компьютер Электроника НЦ-8010

Как мы уже отмечали в 1979 г. был сделан действующий образец персональной ЭВМ «Электроника НЦ-8010» (тогда это называлось «инженерная микро-ЭВМ индивидуального пользования»), программно совместимая с НЦ-03Т (ГК В. Дшхунян, разработчики: А. Полосин, Н. Карпинский, А. Половянюк, О. Семичастнов, Б. Бекетов, И. Лозовой, Г. Фролов и др.). Это был первый в стране персональный компьютер, причём построенный полностью на отечественных микросхемах с отечественной архитектурой, программно совместимый с отечественным семейством микро-ЭВМ «Электроника НЦ». Конструктивно он был выполнен в виде увеличенной по высоте стандартной клавиатуры. После нескольких итераций НЦ-8010 (рис. 81) 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, К1801ВЕ1, НЦ-8001, НЦ8010 и НЦ-8020 были прекращены. Это, безусловно, были лучшие в стране микро-ЭВМ своего времени, не уступающие лучшим зарубежным образцам.



Рис. 81. Электроника НЦ-80-10

ИТОГИ РАЗВИТИЯ МСВТ С АРХИТЕКТУРОЙ НЦ

На этом развитие вычислительной техники в Зеленограде на основе архитектуры НЦ – детища Д.И. Юдицкого, – завершилось. Большинство изделий были освоены в серийном производстве и широко применялись в стране. А суммарный объем их производства – около 10 тыс. комплектов, по тем временам был огромен:

Таблица

Объем производства микро-ЭВМ 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

СЕМЕЙСТВО МСВТ С АРХИТЕКТУРОЙ PDP-11 И VAX-11

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

Здесь уместно сделать небольшое отступление. В 1970-е годы в Минприборе и Минэлектронпроме началось активное воспроизводство мини-ЭВМ семейства PDP-11 американской фирмы Digital Equipment Corp. (DEC). В Минприборе апологетом этого направления был Б.Н. Наумов, директор Института электронных управляющих машин (ИНЭУМ), позже Академик АН СССР. В МЭП – В.Г. Колесников, генеральный директор воронежского ПО «Электроника», позже 1-й заместитель министра, министр МЭП, член-корреспондент АН СССР. Будучи Генеральным конструктором СМ ЭВМ, Б.Н. Наумов эту же идеологию проводил и в СМ ЭВМ. А став министром, В.Г. Колесников внедрил её во всем МЭП-е, запретив приказом разработки мини- и микро-ЭВМ с другими архитектурами. В СССР закона об интеллектуальной собственности не было, считалось, что все, что люди изобретают и разрабатывают, они делают в рабочее время за зарплату. Патентов тоже не было, были авторские свидетельства, закрепляющие авторство за человеком без каких-либо прав на изобретение. Поэтому в СССР воспроизводство чужих разработок (и отечественных и зарубежных) не считалось предосудительным. Но за рубежом были иные порядки. Естественно, фирма DEC не могла не отреагировать на такое поведение Минприбора и МЭП, но и сделать ничего не могла. Единственное, что она могла, это «погрозить пальчиком» в виде письма во внешнеторговую советскую организацию. «Электроноргтехника» (ЭЛОРГ). Такое письмо они и прислали, его перевод (рис. 82) сохранился у начальника патентного отдела НИИТТ А.С. Левита.

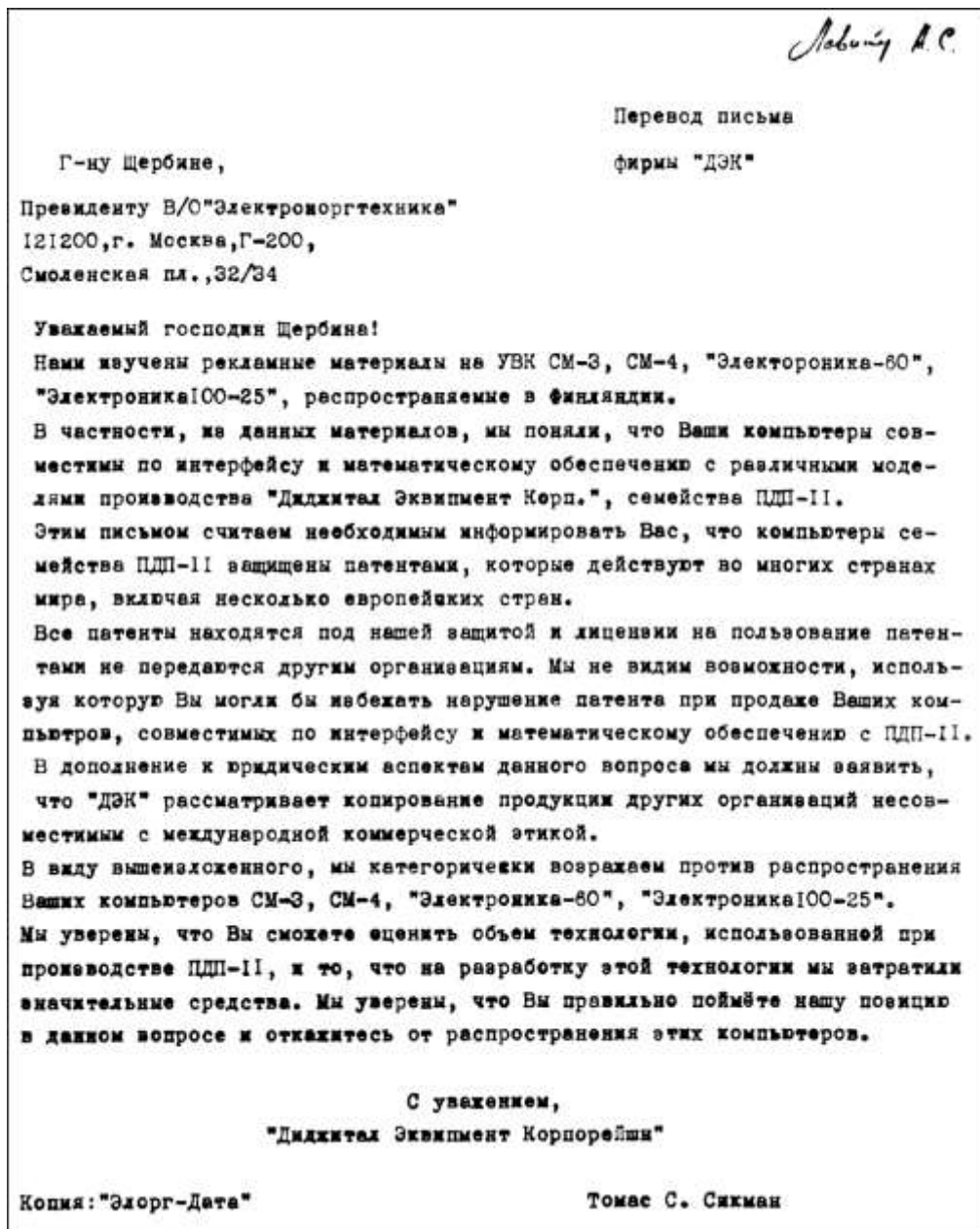


Рис. 82. Перевод письма ф. DEC

Автору не известно, ответил ли ЭЛОРГ фирме DEC, но в стране это письмо никаких последствий, кроме разговоров в «курилках», не имело.

Но вернёмся к микропроцессорам и микро-ЭВМ.

Разработчики микропроцессоров в НИИ Точных технологий (НИИТТ), переведённые в 1976 г. из ликвидированного СВЦ, не умели и не хотели заниматься прямым копированием зарубежных интегральных схем (ИС) и микро-ЭВМ, как это делали в воронежском ПО «Электроника». Но и развивать свою архитектуру типа НЦ им запретили. В этой ситуации им пришлось делать функциональные аналоги, программно совместимые с ЭВМ фирмы Digital Equipment Corporation (DEC), США.

16-разрядные PDP-11-совместимые микропроцессоры

Как мы уже говорили, в 1980 г. в НИИТТ на основе n-МОП технологии была разработана однокристалльная ЭВМ K1801BE1 (ОЭВМ) с архитектурой типа НЦ, программно совместимая с уже промышленно выпускаемой микро-ЭВМ "Электроника НЦ-03Т" В 1981 г. на её основе сделали однокристалльный процессор – K1801BM1.

Создавая архитектуру НЦ, окончательная итерация которой была реализована в микро-ЭВМ НЦ-03, -04, -05 и НЦ-80Т (K1801BE1), разработчики изучали многие зарубежные и отечественные мини- и микро-ЭВМ, в т.ч. PDP-11/03, -11/30, -11/34, -11/40, -11/70 и заимствовали из них много ценных идей и решений. Поэтому между архитектурами ЭВМ PDP-11 и НЦ было много общего, но архитектура НЦ появилась на свет на 7 лет позже PDP и впитала в себя многие из достижений этого семилетия, т.е. была более прогрессивна. Естественно, что архитектура DEC тоже последовательно совершенствовалась от модели к модели, но требования программной и аппаратной совместимости моделей накладывали на это совершенствование весьма жёсткие ограничивающие рамки. Архитектура НЦ на тот период была свободна от таких рамок, т.к. она изначально разрабатывалась для ряда ЭВМ с различной вычислительной мощностью и этот ряд ещё только создавался.

Микропроцессоры типа BM1

С целью расширения области применения микропроцессора K1801BM1 была заложена возможность реализации в нём системы команд (СК) либо НЦ, либо PDP.

Первая партия микропроцессора K1801BM1 была выпущена с СК НЦ, вскоре запрещённой. Далее BM1 выпускался только с СК (64 команды), полностью соответствующей СК микро-ЭВМ LSI-11 и "Электроника 60".

Таким образом, БИС K1801BM1, как и последовавшие за ним K1801BM2 и K1801BM3/BM4, вопреки распространённому мнению, не были ни прямыми, ни косвенными аналогами БИС микропроцессоров ф. DEC. Все они были однокристалльными (у DEC – многокристалльные) и имели встроенную системную магистраль МПИ (отличающуюся от Q-bus и Q-bus-22 ф. DEC и ПО «Электроника» мультипроцессорностью – до 4-х процессоров). Микропроцессоры (МП) имели совершенно другие структурные и схемотехнические решения. В чем-то сначала получались несоответствия, позже устранённые. Конструктивно, для разных условий эксплуатации микропроцессоры и периферийные БИС для них выполнялись в различных корпусах (рис. 83) с соответствующей вариацией в обозначениях БИС.

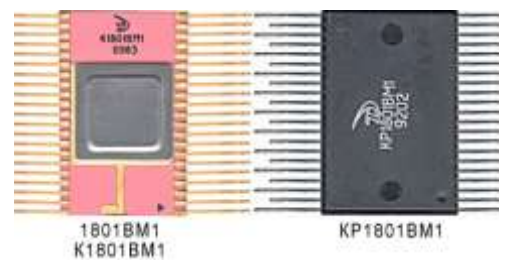


Рис. 83. Микропроцессоры типа BM1

Микропроцессоры типа BM2

В 1982 г. в НИИТТ был разработан второй DEC-совместимый 16-разрядный микропроцессор K1801BM2, Главный конструктор (ГК) – В. Дшхунян, разработчики В. Науменков, А. Рыжов, И. Бурмистров, Г. Куров и др. От BM1 он отличался расширенной СК (72 команды), пополненной командами умножения, деления и арифметики с плавающей запятой. СК BM2 была полностью совместима с СК микро-ЭВМ LSI-11/2 и "Электроника 60М". Для повышения быстродействия в BM2 был реализован отсутствующий в аналогах конвейер, обрабатывающий одновременно три последовательные команды. Позже были разработаны КМОП варианты микропроцессора – 1806BM2, Н1806BM2 1836BM2 и Н1836MB2 для различных видов монтажа и условий эксплуатации, а так же специальный вариант для карманной ПЭВМ «Электроника МК-85» – КА1013BM1 (рис. 84).

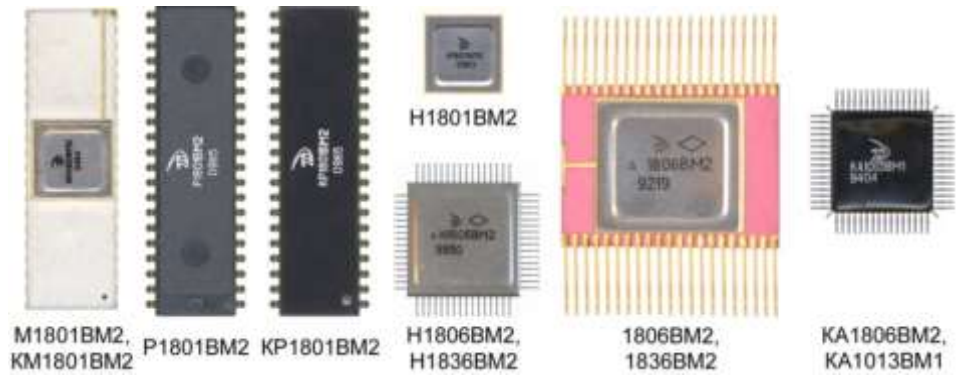


Рис. 84. Микропроцессоры типа VM2 в различных исполнениях

Микропроцессоры типа VM3 и VM4

В июне 1983 г. в НИИТТ разработан третий МП, совместимых с ЭВМ типа PDP-11 фирмы DEC – БИС K1801BM3. ГК В. Дшхунян, разработчики П. Машевич, С. Коваленко, В. Горский, Р. Волков, Ю. Фортинский и др. (рис. 85).

Главное его отличие от VM1 и VM2 – наличие диспетчера памяти с физическим адресом в 22 бит и адресным пространством до 4М байт. Было применено ряд новых структурных и схемотехнических решений для повышения производительности процессора. Это введение быстрой магистрали ОЗУ, узла для предварительного разбора команд, распараллеливания процесса выполнения команд (конвейер), 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.МП имел 8 РОН и 4 линии запросов на прерывания.

Базовая СК (75 команд) включала все команды МП VM1 и VM2. Кроме того реализованы 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 процессора VM3 и сопроцессора VM4 (VM34) в виде такого же корпуса типа ДИП.

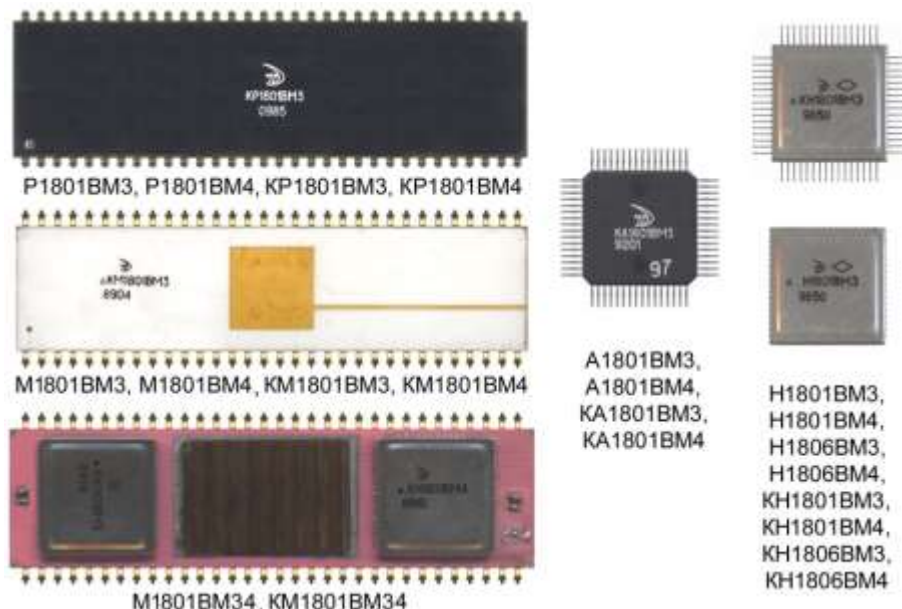


Рис. 85. Микропроцессоры типа VM3/VM4/VM34

Комплект однокристалльных модулей

МП серий 1801/1806 стали ядром огромного комплекта однокристалльных функциональных модулей со встроенной системной магистралью МПИ (рис. 86).

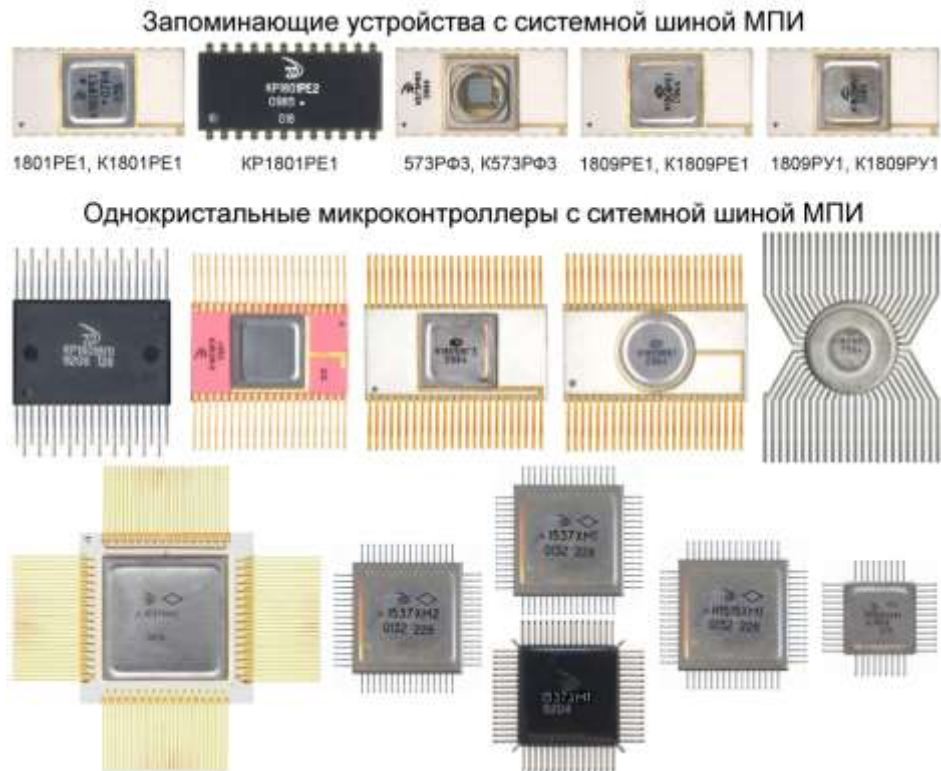
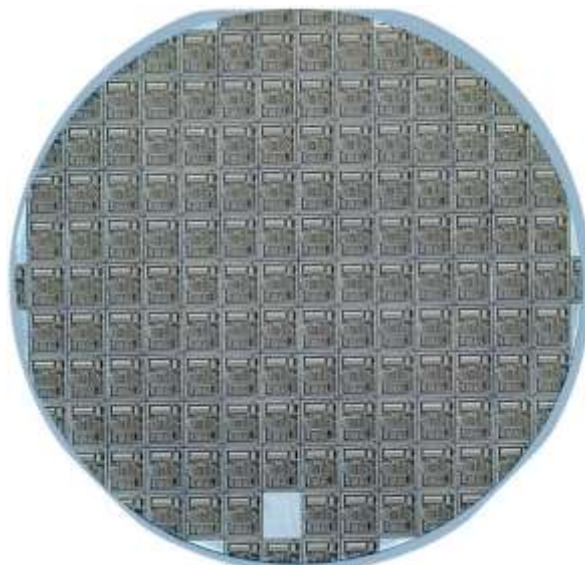


Рис. 86. Однокристалльные модули ЗУ и микроконтроллеров для микропроцессоров типа ВМ1 ÷ ВМ3/4/34

Массово производились БИС однокристалльных ОЗУ 1К×16 бит (К1809PY1), ПЗУ 4К×16 (К1801PE1 и К1809PE1), УФРПЗУ 4К×16 (К573PФ3). В НИИТТ, НИИ НЦ, Светлане и многими другими предприятиями 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 (n-МОП и КМОП), Светланой (n-МОП, серия К1809) и даже в Венгрии. Номенклатура таких модулей превышала 500 типов. Функциональная полнота модулей и встроенный МПИ предельно упрощали построение различных систем, обеспечивали их высокие характеристики. В результате микропроцессорный комплект 1801/1806/1836 был наиболее популярным и массовым в стране.

Производство кристаллов серии 1801 производилось на новом тогда производстве на кремниевых пластинах диаметром 150 мм (рис. 87).



М 1:1

Рис. 87. Кремниевая пластина (диаметр 150 мм) с кристаллами 1801ВМ3

32-разрядные VAX-11-совместимые микропроцессоры

16-разрядные микропроцессоры серий 1801/1806 нашли широчайшее применение. Они работали в персональных компьютерах, управляли разнообразными станками, применялись в системах связи, в управлении технологическими процессами, в различных видах вооружения и военной техники, летали в самолётах и космических аппаратах, плавали в кораблях и подводных лодках и имели массу других применений. Но было немало применений, где их вычислительных ресурсов не хватало. Требовались такие же массовые 32-разрядные микропроцессоры.

В 1985 г. НИИТТ приступил к разработке 32-разрядного микропроцессорного комплекта, архитектурно совместимого с ЭВМ VAX-11/750 ф. DEC, США. ГК – В. Дшхунян, зам. ГК – 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 КЛ1839ВМ1 (рис. 88), контроллера динамической памяти КЛ1839ВТ1 и адаптера магистралей КЛ1839ВВ1.

(рис. 89)

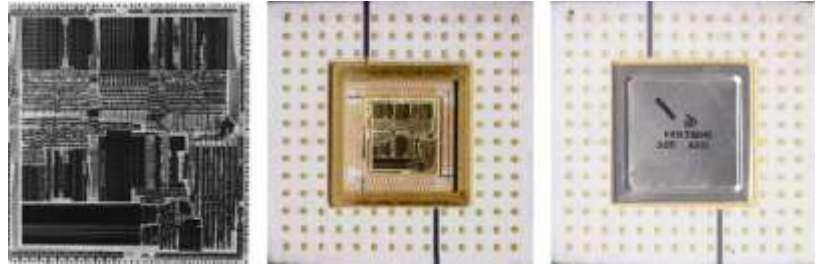


Рис. 88. Микропроцессор Л1839ВМ1



Рис. 89. Топологии кристаллов и корпуса БИС серии Л1839

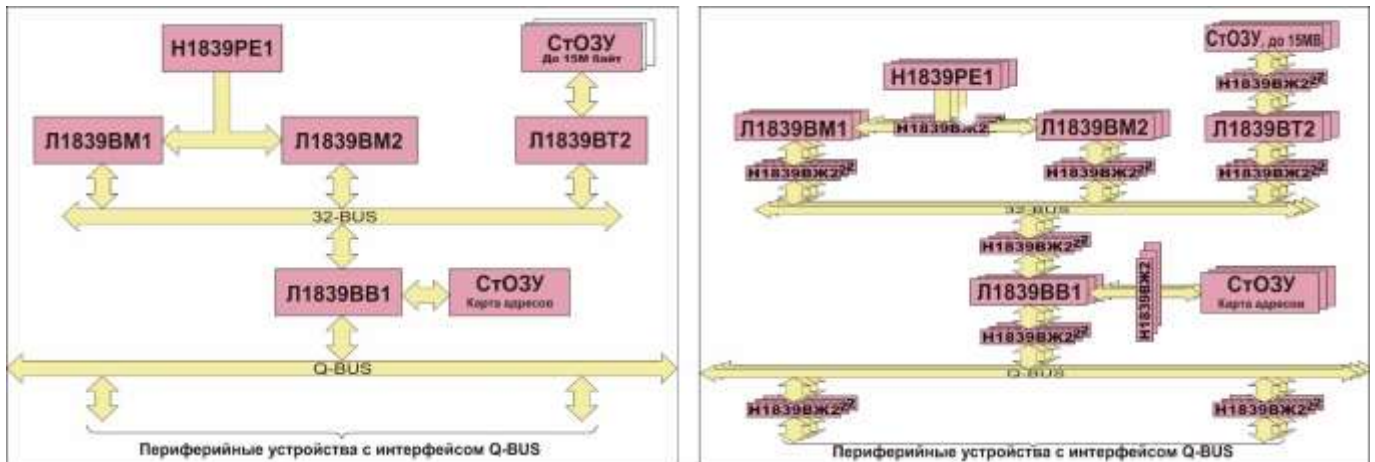


Рис. 90. МПК Л1839 - типовая структура одноканальной (слева) и троированной ЭВМ

В 1990-91 гг. начаты поставки БИС арифметического сопроцессора Л1839ВМ2, контроллера статической памяти Л1839ВТ2, ПЗУ микропрограмм Н1839РЕ1 и мажоритарный (2 из 3) элемент Н1839ВЖ1. Обмен между процессором, сопроцессором и памятью осуществляется по внутренней 32-разрядной магистрали, а связь с периферией - через МПИ, подключаемый к внутренней магистрали через адаптер КЛ1839ВВ1. Комплект 1839 был существенно мощнее ЭВМ "micro-VAX-I" и несколько превосходил "micro-VAX-II" – упрощённых вариантов ЭВМ VAX-11/750, выпущенных примерно в то же время ф. DEC. Он позволяет строить ЭВМ, программно совместимые с ЭВМ "VAX-11/750", "micro-VAX-I" и "micro-VAX-II" ф. DEC, «Электроника 82» воронежского ПО «Электроника», а также СМ1700 и СМ1702 из семейства СМ ЭВМ. ЭВМ обрабатывают 7 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 16М байт, виртуальная – 4Г байт. Наличие 8-канального мажоритарного элемента обеспечивает возможность

построения как обычных одноканальных, так и высоконадёжных троированных ЭВМ и систем (рис. 90). БИС серии 1839 в 2003 г. переработаны на новые топологические нормы и востребованы потребителем до сих пор.

Разработку БИС серии Л1839, радикально превосходящей технический уровень тогдашнего лидера в мини- и микро-ЭВМ ф. DEC (США), осуществили тогда ещё молодые технологи (рис. 91), системо- и схемотехники (рис. 92) НИИ Точной технологии, а производил их завод Ангстрем..

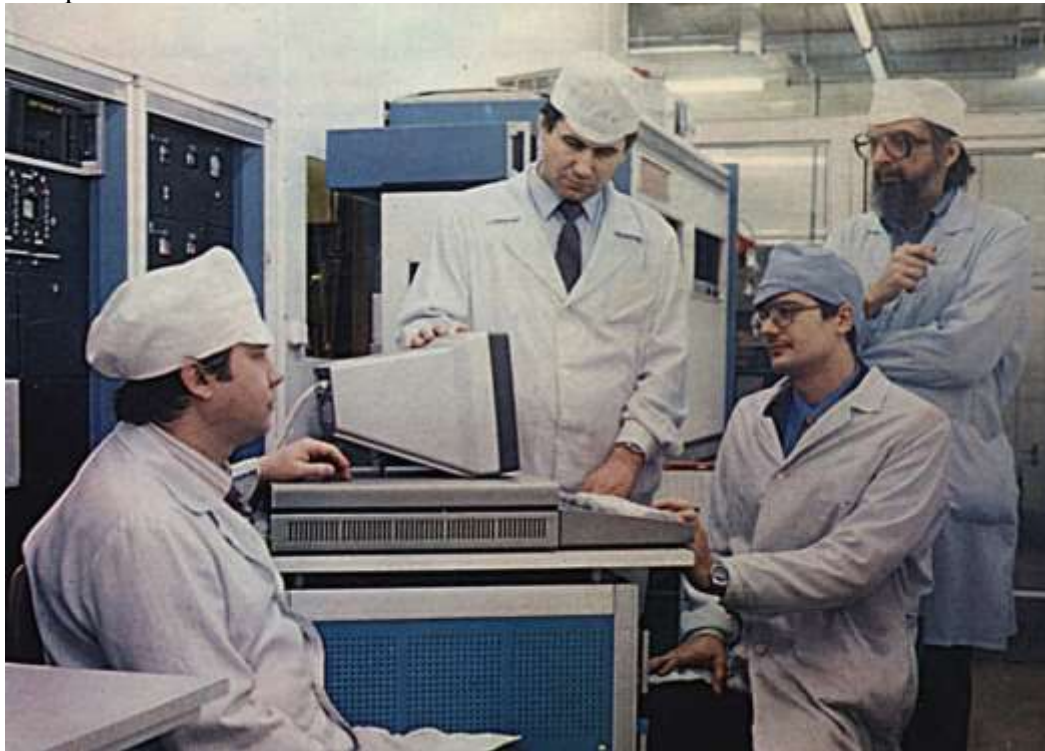


Рис. 91. Основные технологи серии Л1839:
Ю. И. Сергеенков, В.П. Быков, В. В. Гребенщиков, Г.М. Ситников



Рис. 92. Основные разработчики микропроцессорных БИС МПК серии Л1839:
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

PDP-11-СОВМЕСТИМЫЕ 16-РАЗРЯДНЫЕ ЭВМ

Одноплатные ЭВМ и модули

К началу 80-х г. магистраль МПИ получила довольно широкое распространение в Минэлектронпроме. Первыми в чистом Q-BUS начало работать ОКБ при заводе "Процессор" воронежского ПО «Электроника». Однако принять конструкцию оригинала воронежцы не могли, т.к. она была выполнена в дюймовых размерах. Пришлось делать её метрический аналог, получивший народное название "корзинка". Его основу составляли одинарная и двойная платы размером 135×240 и 280×240 мм, а так же объединяющий их конструктив (4 ряда по две одинарных или одной двойной плате в каждом, использовался счетверенный блок разъёмов). После DEC-переворота на этот же конструктив перешёл НИИТТ (рис. 93). Приняли на вооружение МПИ и в ЛКТБ "Светлана". За удалённостью и, не будучи обласканные руководством Минэлектронпрома, они без лишнего шума спустили на тормозах запрет на оригинальные архитектуры микро-ЭВМ и продолжали развивать свою архитектуру С5, но сочли целесообразным в своём семействе С5-21М воспользоваться получившей широкое распространение магистралью МПИ. Их плата, соответствующая размеру 7U Евромеханики (277,75×220 мм), была близка воронежской и легко с ней компоновалась в специально разработанном конструктиве, так же подобном воронежской корзинке. Таким образом, начиная с 1977 г., когда была разработана микро-ЭВМ "Электроника 60" ("60" – от "60 лет Великой октябрьской революции") интенсивно развивалось семейство одноплатных модулей с магистралью МПИ, номенклатура которых достигла многих десятков.



Рис. 93. Корзинки Электроники-60 и ДВК (справа)

Одноплатная

ЭВМ Электроника НЦ-8001Д (МС1201.01¹⁶)

На основе К1801ВМ1, КР565РУ3 и К1801ВП1-xxx на двойной плате в 1981 г. в НИИТТ была разработана одноплатная микро-ЭВМ «Электроника НЦ-8001Д» ("Д" – от DEC), ГК – В. 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 КР565РУ6 - МС 1201.01.

"Электроника НЦ-8001Д" (рис. 94, слева) является первым представителем зеленоградских микро-ЭВМ, архитектурно совместимых с микро-ЭВМ типа PDP-11 и LSI-11 ф. DEC США и их отечественными клонами. По СК НЦ-8001Д, LSI-11 и "Электроника 60" идентичны.



Рис. 94. Одноплатные ЭВМ «Электроника НЦ-8001Д, -ДМ и -ДА»

На плате размещались: процессор К1801ВМ1; полная адресуемая память: системное и пользовательское ПЗУ К1801РЕ1 (разъёмы для двух БИС), контроллер ОЗУ К1801ВП1-30 и

¹⁶ В МЭП согласно ОСТ 11 305.907-81 действовала своя система обозначения МСВТ, аналогичная действовавшим в ЕС ЭВМ и СМ ЭВМ. МС в ней означало «Микропроцессорные средства», а цифры – вид изделия по своему классификатору. Не все они сохранились в памяти и документах.

ОЗУ 56К байт; контроллеры НГМД "Электроника ГМД-70 или ГМД-7012", выпускаемых ереванским ПО «АНИ» (оба с 8-дюймовыми дискетами), символьного дисплея 15ИЭ-00-013, интерфейс радиальный параллельный (ИРПР) 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 все это выполнялось на отдельных платах. На противоположной стороне платы размещался разъем системной магистрали МПИ с 16-разрядной адресной шиной. Быстродействие НЦ-80-01Д - 500 тыс. оп/с. Для НЦ-8010Д разработаны и реализованы в ПЗУ версии языков программирования Фокал и Бейсик.

Электроника НЦ-8001ДМ (МС1202.02)

На основе К1801ВМ2, КР565РУ6 и К1801ВП1-xxx также на двойной плате в марте 1982 г. в НИИТТ была разработана одноплатная микро-ЭВМ «Электроника НЦ-8001ДМ» (см. [рис. 94](#), в центре) (МС 1201.02), ГК – В. Дшхунян, ведущие разработчики Ю. Отрохов, Ю. Борщенко, В. Артюшенко, С. Шишарин, С. Хромов, А. Козлов, Л. Ситник и др. По составу и всем характеристикам она была идентична ЭВМ НЦ-8001Д, за исключением микропроцессора – она была построена на основе К1801ВМ2 с соответствующим удвоением производительности и расширением системы команд: МС 1201.02 была совместима с СК микро-ЭВМ LSI-11/2 и "Электроника 60М".

Электроника НЦ-8001ДА (МС1201.03)

На основе К1801ВМ3, КР565РУ6 и К1801ВП1-xxx также на двойной плате в марте 1984 г. в НИИТТ была разработана одноплатная микро-ЭВМ «Электроника НЦ-8001ДА» (МС 1201.03) (см. [рис. 94](#) справа), ГК – 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 4М байт ОЗУ с контролем по Хеммингу). МС 1201.03 была совместима с СК микро-ЭВМ LSI-11/73 и "Электроника 60-1".

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

Одноплатные модули

Одноплатные периферийные функциональные модули со встроенным МПИ на одинарной или двойной плате разрабатывались и выпускались в Воронеже, Зеленограде, Ленинграде и других предприятиях, причём не только Минэлектронпрома. Полную номенклатуру периферийных модулей, которая измерялась десятками наименований, восстановить уже невозможно, да, наверное, и не нужно ([рис. 95](#)).

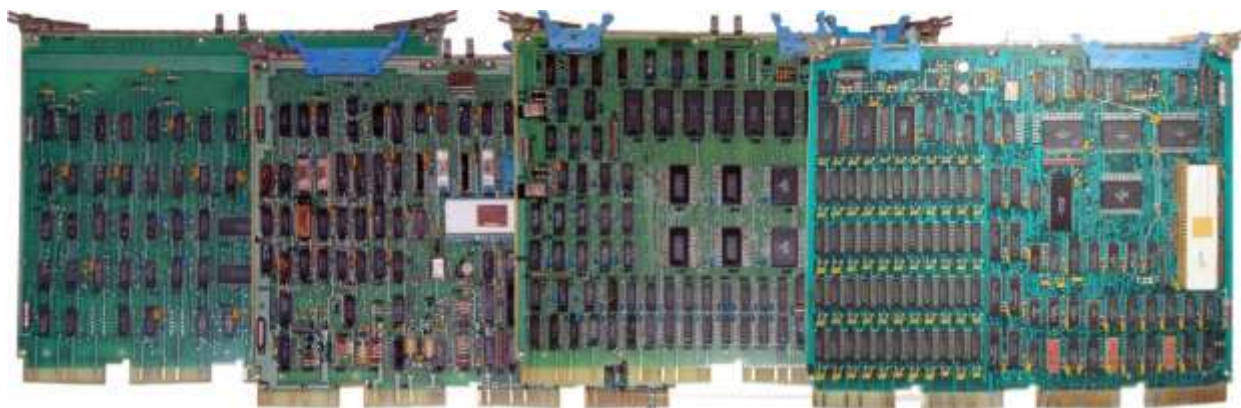


Рис. 95 Одноплатные модули

В заключение необходимо отметить, что одноплатные ЭВМ и периферийные модули выпускались 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.

ПЕРСОНАЛЬНЫЕ ЭВМ

ДВК-1 и ДВК-2

В Минэлектронпроме фрязинским заводом им. 50-летия Октября выпускался символьный дисплей 15ИЭ-00-013 (рис. 96), 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, вставили в него НЦ-8001Д и получили то, что назвали "Диалоговый вычислительный комплекс" – ДВК, на котором работало все ПО Электроники-60. Термина "персональный компьютер" (ПК) тогда ещё не было: ДВК появился весной 1981 г., а первый персональный компьютер IBM PC 5150 ф. IBM, от которого и пошёл этот термин, вышел в свет чуть позже – в августе 1981 г. И никто тогда не мог предположить предстоящую популярность этого термина. У нас закрепился термин "персональная ЭВМ" (ПЭВМ), так, в отличие от IBM-совместимых, и будем их называть. Кстати, обозначения "ДВК-1", "ДВК-2", "ДВК-3" и "ДВК-4" – это широко распространённые, но не официальные названия ЭВМ, в технической документации они не использовались. Правильнее считать их названиями типов ДВК, т.к. за каждым номером фигурировало по несколько моделей, отличающихся не только комплектацией, но, иногда, и конструктивным исполнением, и 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 отличия имели 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 попадали 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 НЦ-8020/1,2". ГК - В. Глухман, разработчики: М. Хохлов, Б. Шевкопляс, Н. Буслаева, Л. Петрова, Э. Овсянникова-Панченко, Р. Темник и др. Проект был закончен в ноябре 1982 г.

Разрабатывалось два варианта ДВК: ДВК-1 ("Электроника НЦ-8020/1") и ДВК-2 ("Электроника НЦ-8020/2"). Они отличаются только комплектацией. ДВК-1 – это дисплей 15ИЭ-00-013-1 с изменённым межплатным монтажом, и вставленная в него 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, получился ДВК-2М (рис. 97).



Рис. 96. Дисплей 15ИЭ-00-013 и ДВК-1. Внешне они ничем не отличались



Рис. 97. ДВК-2 с 8-дюймовым НГМД и термопринтером и ДВК-2М с 5-дюймовым НГМД и матричным принтером, всё производства МЭП

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 их моделей и фирм на рынке росло как снежный ком, никакой совместимости, никакой унификации. На этом фоне ДВК-1 сначала выглядел вполне респектабельно.

Основным и наиболее важным в создании ДВК было постановление программного обеспечения. 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 микро-ЭВМ "Электроника 60". Она обеспечивает возможность работы на языках Фортран, Ассемблер и Бейсик. ТМОС ДВК по функциям совпадает с ТМОС "Электроника 60".

На несколько лет ДВК-1/2 были вытеснены с рынка более молодыми, но более развитыми моделями – ДВК-3 и ДВК-4. Однако с началом компьютеризации школ о нем снова вспомнили и широко применяли в качестве ЭВМ ученика в одном из вариантов школьных классов. ДВК-1 серийно выпускался Ангстремом, Квантом, фрязинским заводом "Им. 50-летия СССР" и рядом других заводов Минэлектронпрома.

ДВК-3 и ДВК-4 (МС0507.х и МС0502.х)

Параллельно с ДВК-1/2 проводились активные работы по созданию нового ДВК в специальном конструктиве. В те годы ПК в мире переживали этап максимальной интеграции – стремились все, что возможно поместить в один конструктив. Заболел этой болезнью и В.Г.Колесников. Ему понравился ПК ф. НР, в котором блок электроники, видеомонитор, ВЗУ и даже принтер размещались в одном конструктивном моноблоке. И зам. министра повелел сделать так же. Унифицированный моноблок ДВК-3 и ДВК-4, после нескольких итераций по доработке (рис. 98), был освоен в серийном производстве и на ряд лет стал базовым для различных вариантов ДВК-3 и ДВК-4.



Рис. 98. Варианты унифицированного моноблока ДВК-3 (в центре – с встроенным сверху открытым принтером)

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», в который были переведены цеха аппаратного производства Ангстрема. Таким образом, через 8 лет было воссоздано раздушенное в 1976 г. образование – СВЦ с заводом «Логика», специализирующееся в создании средств вычислительной техники. Ядро новых предприятий составляли специалисты СВЦ и Логики, правда, с существенными кадровыми потерями.

В апреле 1984 г. была завершён проект "Электроника НЦ-8020/3" по разработке ДВК-3, его первый вариант получил обозначение НМС 01901.1 (ГК Л. Кридинер, разработчики Е. Бычков, Ф. Романов, М. Хохлов, В. Карповский, Н. Угрюмов, Р. Темник и др.

Главное отличие ДВК-3 – моноблочная конструкция (рис. 99 а). В моноблок ДВК-3 устанавливались: монохромный графический видеомонитор; "корзинка" сзади монитора (логический блок), два НГМД-6022 (с 5-дюймовым диском) под видеомонитором, блок питания под корзинкой. Над горловиной видеомонитора было предусмотрено место для разрабатываемого в ереванском НПО "Позистор" встраиваемого термопринтера. Кроме того, для ДВК (и "Электроника 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. В этом конструктиве было выпущено немало ДВК, но позже от него

отказались. Был разработан металлический горизонтальный системный блок, включающий электронику и накопители (рис. 99 б), а мониторы и принтеры имели автономную конструкцию (ДВК-3С и ДВК-4С). К тому же результату пришли и зарубежные производители: для ПК класса desktop, к которому относились ДВК: моноблочные компоновки, как весьма неудобные в применении, довольно быстро исчезли.



Рис. 99. ДВК-4 - в моноблоке (а) и с системным блоком (б)

МС 1286 - двуликий Янус №1

К середине 80-х годов прошлого века в стране бурно развивалось две линии ПЭВМ:

- Линия Минэлектронпрома, выпускавшего ПЭВМ с архитектурой PDP-11 ф. DEC.
- Линия Минрадиопрома и Минприбора с IBM-совместимой архитектурой.

Были и другие прецеденты, но они заметной роли не играли.

Обе линии со временем накопили большие банки системного и прикладного программного обеспечения, причём ПО IBM-совместимых ЭВМ развивалось гораздо быстрее, т.к. на него работала масса фирм во всем мире, а на линию "Электроника" – только Минэлектронпром. Даже ф. DEC, выпустив пару моделей ПЭВМ "DP-350" (воронежский аналог – "Электроника-85") и "DP-380", ушла с рынка ПЭВМ.

В этих условиях разработчики НИИИИЦ с готовностью восприняли предложение своих львовских коллег А. Маликова, Е. Натопта, А. Барышнева и А. Щабалина о создании IBM-совместимого сопроцессора для ДВК. Такой процессор – МС1686, был разработан на одинарной плате ДВК (135×240 мм), ГК А. Маликов. От ИЦ в разработке участвовал программист М. Хохлов. Установка МС1686 в любой ДВК превращало его в «двуликого Януса», способного работать либо как ДВК, либо как IBM-совместимая ПЭВМ.

МС1686 был разработан, изготовлена партия около 20 плат и распространена для опытной эксплуатации среди нескольких предприятий, в т.ч. в НПО «Алмаз». Однако, несмотря на положительный опыт реальной работы МС1686, руководство Минэлектронпрома идею не оценило и IBM-крамолу в свою вотчину не допустило.

Бытовая персональная ЭВМ «Электроника БК-0010»

Как мы уже говорили, в 1979 г. в рамках темы по разработке однокристалльной ЭВМ K1801BE1 с архитектурой типа «ИЦ» были сделан действующий образец ПЭВМ «Электроника ИЦ-8010». Далее в НИИИТТ был разработан эскизный проект (ГК В. Дшхунян, разработчики Н. Карпинский, А. Половянюк, И. Лозовой, Н. Трофимова, М. Дябин, В. Санжапова), завершённый в мае 1981 г. созданием второго варианта ПЭВМ (рис. 100).

Это была двухмагистральная двухпроцессорная (два K1801BE1) ЭВМ с адресуемой памятью 256К байт и комплектуемой оперативной памятью 64К байт. Второй процессор управлял работой дисплея (25×64 символа или 512×256 точек) на основе бытового телевизора. Внешнее ЗУ было построено на бытовом магнитофоне на компакт-кассете со скоростью обмена 250 бит/с. Кроме того, в ЭВМ имелось сменное ПЗУ ёмкостью 32К байт.

Через год, в мае 1982 г. была завершён рабочий проект «Электроника ИЦ-8010» (ГК В.Дшхунян, зам. ГК А. Полосин, разработчики Н. Карпинский, А. Половянюк, О.

Семичестнов, И. Лозовой, Н. Трофимова, М. Дябин). В создании ПО (язык Фокал), принимали участия специалисты МИЭТ: Г. Фролов, Т. Куправа и др.



Рис. 100. Этапы создания бытового компьютера «Электроника БК-0010»

Но за полгода до окончания ОКР было принято два директивных решения – о переходе на архитектуру типа PDP-11 и о серийном производстве этой ЭВМ на заводе «Экситон» (г. Павловский Посад Московской обл.). Поэтому уже практически сделанную ЭВМ (вариант 3) пришлось переделывать. К работе подключились специалисты ОКБ завода «Экситон»: С. Косенков (ГК от Экситона), З. Счепицкий, А. Малинин, М. Мочалова, А. Чесноков и др. В результате проект закончился изготовлением четвёртого варианта НЦ-8010. Вариант 4 был уже однопроцессорным (K1801BM1) 16 разрядным ПК с быстродействием до 300 тыс. оп/с, адресное пространство 64К байт, ОЗУ – 16К байт, экранная память – 16К байт (512×256 точек в черно-белом режиме и 256×256 в 4-х цветном), ПЗУ – 32К байт. ВЗУ – бытовой кассетный магнитофон. В том же 1982 г. Экситон изготовил первые 5 ЭВМ. С этого момента центр по созданию компьютера переместился в Павловский Посад.

Окончательный вариант бытового компьютера родился в 1983 г. уже в Экситоне под названием "Электроника БК-0010" (БК – бытовой компьютер). Уже в том же году несколько десятков БК-0010 поступили в продажу в фирменный салон-магазин «Электроника», а с 1984 г. завод "Эксион" приступил к её массовому производству, которое продолжалось до 1989 г.

Электроника БК-0010 была первым в стране выпускаемым в массовом производстве бытовым компьютером (в те времена профессиональные персональные компьютеры были весьма дорогими, поэтому во всем мире выпускались более дешёвые бытовые компьютеры с использованием телевизора и магнитофона в качестве периферийных устройств). В настоящее время в Internet встречаются утверждения, что БК-0010 была первым в мире 16-разрядным бытовым компьютером, и это похоже на правду – за рубежом использовались 8-разрядные микропроцессоры. БК-0010 за приемлемые деньги (650 рублей) можно было купить в фирменных салонах-магазинах "Электроника".

В 1990 г. была выпущена БК-0011 (-0011М) с полстраничным ОЗУ ёмкостью 128К байт. Одновременно в состав ЭВМ был введён контроллер НГМД. При этом пришлось ввести вторую плату и машина стала ещё несколько повыше. БК-0010/-0011 пользовался огромным успехом у потребителей, образовывавших различные группы и общества для обмена опытом и программами. В Москве был "Клуб пользователей персональных компьютеров БК", были такие клубы и в других городах, в 1993 – 1996 гг. выходил журнал "Персональный компьютер БК-0010 ... БК-0011М" (рис. 101). Проводились ежегодные конкурсы "БК-мания". Этот интерес не угас и сейчас, в Internet имеется масса посвящённых БК-0010 страниц (Яндекс на момент написания статьи показал 2 тыс. ответов, Google – 89 900), форумов, посвящённых БК-0010, музеев.

Только Экситоном в 1983-1989 гг. было выпущено более 125 000 ЭВМ: около 78 000 ЭВМ для розничной продажи и более 44 500 в составе школьных классов. Всего в МЭП было выпущено более 160 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».

Была поставлена задача объединения в одном компактном блоке:

- Платы вычислителя и блока питания ЭВМ БК-0010;
- Клавиатуры типа «Русло-3», выпускаемой в Минэлектронпроме;
- Лентопротяжного механизма кассетного магнитофона «Электроника 302», выпускаемого заводом «Элион» (Зеленоград);
- Контроллера телеграфного канала.

ПЭВМ получила название «Электроника НЦ-Тимур-А» (ГК А. Полосин, разработчики: Н. Карпинский, А. Половянюк, В. Сафронов, Б. Бекетов, А. Развязнев и др.). В первом квартале 1985 г. изготовили 25 образцов Тимура-А (рис. 102), 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. 8 августа 1985 г. было утверждено техническое задание на школьную ПЭВМ, получившую наименование «Электроника УК-НЦ». Работа по созданию Тимура-А плавно перешла в разработку УК-НЦ,



Рис. 101. Обложка журнала



Рис. 102. Школьная ЭВМ «Тимур» с телевизором в качестве видеомони-

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

Школьная ЭВМ «Электроника УК-НЦ» (МС0511)

Примерно за год «Электроника УК-НЦ» была разработана (ГК А. Абрамов, зам. ГК А. 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 и начале 1987 гг. в составе комплекта для класса (ЭВМ учителя и 12 ЭВМ учеников) УК-НЦ прошла серьёзные испытания и принята межведомственной комиссией.

УК-НЦ (рис. 103) была двухпроцессорной ЭВМ (два микропроцессора К1801ВМ2: центральный и периферийный). Имевшаяся в МПИ резервная линия была использована в качестве адресной, что позволило удвоить адресное пространство процессора К1801ВМ2. УК-НЦ – моноблок с встроенными электроникой, клавиатурой (88 клавиш), блоком питания и разъёмами: для подключения черно-белого или цветного видеомонитора, бытового магнитофона в качестве ВЗУ, принтера, для устройств и интерфейсом типа «С2» и локальной сети. От встроенного ВЗУ на компакт-кассетах решили отказаться в пользу более соответствующей профилю Минэлектронпрома и перспективной полупроводниковой памяти. Для этого на верхней панели ЭВМ имелось два гнезда, в которые можно было вставить сменные кассеты ПЗУ с прикладными программами или данными, а так же внешний контроллер для других периферийных устройств, в частности для накопителя на гибких магнитных дисках. В донной части корпуса был отсек, в который также можно было установить дополнительный электронный блок, например сетевой адаптер или модем.



Рис. 103. Школьная ЭВМ «Электроника УК-НЦ» (МС 0511): плата, внутреннее устройство, внешний вид

УК-НЦ широко применялась как при компьютеризации школ, так и для других применений. Она выпускалась на 5 заводах Минэлектронпрома: «Квант» (Зеленоград), «СЭМЗ» (Солнечногорск), «Мезон» (Кишинев), «Мион» (Тбилиси) и «Нуклон» (Шауляй). Всего было выпущено более 310 тыс. 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 с встроенными ЖКИ дисплеем и алфавитно-цифровой клавиатурой. FX700P имел параллельный 4-разрядный порт (12 контактов), для подключения периферийных устройств, их воспроизводство 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 имевшихся на предприятии и хорошо отработанного однокристалльного микропроцессора 1806ВМ2. Министр согласился с этим предложением, но потребовал полного внешнего сходства с аналогом (рис. 104).

МК-85 обрабатывает числа с плавающей запятой, разрядность мантиссы 10, порядка – 4 десятичных разряда. Объем энергонезависимой памяти у МК-85 – 2К байт, у МК-85М – 6К байт. Это обеспечивает возможность реализации BASIC-программ в 1221 и 5317 шагов соответственно. МК-85 и МК-85М во всем идентичны и отличаются только количеством установленных на имеющиеся на печатной плате места БИС памяти КА1013РУ1 (1 или 3)..

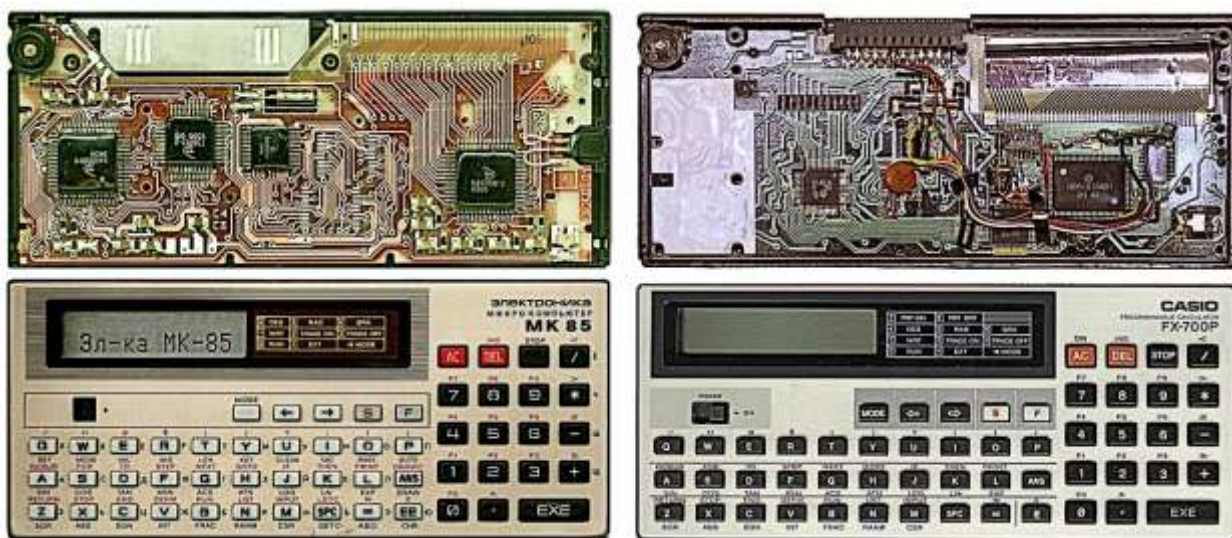


Рис. 104. Микро-ПК «Электроника МК-85» и «Casio FX700P» (справа)

Периферийные устройства МЭП

Для МК-85 на основе МП 1806ВМ2 и БМК 1515ХМ-1 была разработана микроконтроллер КА1013ВМ1. Его архитектура и вычислительная мощность соответствовала мощности мини-ЭВМ PDP-11 или СМ ЭВМ. Впоследствии это существенно расширило области применения МК-85.

МК-85 стоил 145 рублей и сразу сметается с прилавков фирменных магазинов "Электроника". МК-85 серийно выпускался Ангстремом с 1986 и до 2000 г., всего выпущено было около 150 000 МК-85 в разных вариантах. Было сделано несколько прикладных вариантов МК-85, в частности "Электроника МК-85С" для шифрования Авиго, прекратившая поток фальшивок и тем самым оказавшая стабилизирующее влияние на экономику страны в лихие 1990-е годы.

С создаваемыми в Минэлектронпроме микро-, мини-/ВМ, персональными компьютерами, системами управления и проектирования и т.п. широко применялись, тогда остро дефицитные в стране, периферийные устройства разработки и производства МЭП, в том числе:

- внешние ЗУ на гибких (рис. 105) и жёстких (рис. 106) магнитных и оптических дисках, на ЦМП (цилиндрических магнитных плёнках): НГМД Электроника ГМД-70, ГМД-7012, ГМД-7022, ГМД-6022, МС-5301, МС-5305, МС-5309, МС-5311, МС-5313, МС-5314, МС-5316, МС-5325, МС-5326 (рис. 76); НЖМД Электроника МС-5401, МС-5402, МС-5405, 5410 и др.,
- монохромные и цветные видеомониторы и видеотерминалы на ЭЛТ и матричные, в т.ч.: Электроника МС-7105, МС-7401, МС-6102, МС-6105, МС-6106, МС-6113, МС-6205, (рис. 107) Электроника 32 ВТЦ 101, 32 ВТЦ 201, 32 ВТЦ 202 и др.
- термо- и матричные принтеры: Электроника МС-6302, МС-6304, МС-6307, МС-6312, МС-6317, МС-6318, МС-6320, МС-6337 (рис. 108), струйный принтер МС 6313 и др.
- планшетные графопостроители и дигитайзеры ("сколки") (рис. 109),
- Клавиатуры Электроника 15ВВВ-97-006, МС 7001, МС-7004 и др. (рис. 110)
- Одноплатные адаптеры телеграфных и сетевых каналов и другие модули ...



Рис. 105. Примеры 8- и 5,25-дюймовых НГМД (дискетоды) МЭП



Рис. 106. Примеры 5,25-дюймовых НЖМД (винчестеры) МЭП



Рис. 107. Примеры мониторов МЭП (для ДВК): Электроника МС-6105.01, МС6105.3 и МС6106



Рис. 108. Примеры принтеров МЭП, справа – встраиваемый термопринтер для ДВК-3/4



Рис. 109. Примеры графопостроителей и дигитайзера МЭП



Рис. 110. Примеры клавиатур ЭВМ МЭП

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

Итоги развития МСВТ с архитектурой PDP-11 и VAX-11

Минэлектронпром был основным в стране производителем персональных компьютеров разных классов. По неполным данным в течение 1979 ÷ 2000 гг. им выпущено и поставлено потребителям более 850 000 ПК, больше, чем всеми другими ведомствами вместе взятыми:

Таблица 2

Объем производства персональных компьютеров разработки зеленоградского НЦ МЭП¹⁷

Тип ПК	1979-1980	1981-1985	1986-1990	1991-1995	1996-2000	Итого:
НЦ-80-10, БК-0010/11	8	11 275	147 793	3 026	-	162 102
Тимур – УК-НЦ	-	25	290 774	21 367	-	312 166
ДВК	-	7 838	200 421	19 383	-	227 642
Итого:	8	19 138	638 988	43 776	-	701 910
МК-85				150 000		150 000
			Итого:			851 910

Кстати сказать

Мусорная корзина – кормилица

Молодого читателя может удивить, что далеко не все разработки средств вычислительной техники, выполненные в СВЦ, НИИ ТТ и НИИ НЦ закончились промышленным производством и в значительной степени оказались напрасными, как бы школьными лабораторками для обучения сотрудников, кстати хорошими лабораторками. К сожалению, в целом по стране ситуация была гораздо хуже. Большинство разработчиков электронной аппаратуры в СССР работало на "мусорную корзину", многие называли её «Кормилицей». Это прекрасно видно из статистики потребления ИС, которую ежегодно собирало ЦКБ «Дейтон». В статистике отдельно учитывалось потребление ИС в НИИ, КБ и заводами. Это даёт возможность интегральной оценки эффективности разработчиков электронной аппаратуры в стране в целом. В качестве исходных данных примем, что в ходе разработки изделия (компьютера, радиоприёмника, СЧПУ и др.) изготавливается 10 опытных образцов, а в серийном производстве выпускается 10 000 изделий. Тогда соотношение потребления ИС в обеспечение производства к ИС для науки будет $10\ 000 / 10 = 1000$. Это при 100% КПД разработчиков аппаратуры, т.е. если все разработки пошли в производство.

В своё время на основе данных Дейтона я рассчитал реальное значение этого отношения по многолетней статистике. Оно оказалось катастрофически низким – 6. Т.е. за каждой ИС, купленной разработчиком аппаратуры следовало не ожидаемые 1000 ИС, купленных заводом

¹⁷ Без учёта производства воронежским, смоленским и другими заводами Минэлектронпрома, достоверных данных о которых автор не имеет.

(как мы рассчитали), а всего 6. Иными словами, усреднённый по стране КПД разработчика электронной аппаратуры был катастрофически низким. Огромное число разработок электронной аппаратуры в стране в производство не пошло. Они закончили свою жизнь в "мусорной корзине". Не удивительно, что мы так плохо жили. На этом фоне эффективность СВЦ, НИИ ТТ и НИИ НЦ представляется очень высокой.

Комплекты учебной вычислительной техники (КУВТ)

С появлением профессиональных и бытовых ПЭВМ стала очевидна необходимость их введения в школьное образование. Школ в стране было очень много, а средств всегда не хватало – следовательно школьные ЭВМ должны были быть максимально-возможно дешёвыми. На основе такого, казавшегося тогда логичным, подхода производители ПЭВМ начали делать учебные классы и ставить их в ближайшие школы. Никаких требований ещё не было и каждый творим по своему разумению.

Первый класс для студентов и школьников установили летом 1983 г. в специальном помещении в общежитии МИЭТ (рис. 111, слева). Класс содержал 12 рабочих мест учащегося (РМУ) на основе ДВК-1 и НГМД-7012.

В марте 1985 г. в НЦ был утверждён состав двух типовых комплекта для классов – Комплектных классов технических средств (ККТС):

- ККТС-1 (рис. 111, в центре) на основе ДВК-2М (рабочее место преподавателя – РМП) и 12 шт. ДВК-1М (РМУ);
- ККТС-2 (рис. 111, справа) на основе ДВК-2М (РМП) и 12 шт. БК-0010Ш (РМУ).



Рис. 111. Первые учебные классы в Зеленограде

Эти классы устанавливались 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-НЦ имели Зеленоградское происхождение. Для оснащения школ были приняты в качестве типовых так же КУВТ «Агат» (НИИВК, Минрадиопром), «Корвет» (НИИСчетмаш, Минрадиопром) и японский «Yamaha».

КУВТ ДВК выпускался с 1986 заводами «Квант» (Зеленоград) и "Имени 50-летия СССР" (Фрязино) в течение 2-3 лет, пока не было развёрнуто массовое производство КУВТ УК-НЦ.

КУВТ-86

КУВТ-86 был разработан в Экситоне и имел несколько модификаций, отличающихся вариантами РМП на основе ДВК-2М, УК-НЦ или БК-0011 и РМУ на основе БК-0010/-0010Ш/-0011/-0011Ш.

КУВТ-86 производились с 1986 по 1989 гг. заводами: «Квант» (Зеленоград), «Экситон» (Павловский Посад), «Мезон» (Кишинев), «Мион» (Тбилиси) и «Нуклон» (Шауляй). Всего было выпущено более 4 000 классов. Только заводом «Экситон» школам страны было поставлено 3695 КУВТ различных типов (1985 г. – 50, 1986 – 982, 1987 – 1032, 1988 – 897, 1989 – 734). Минимальная комплектация КУВТ была 12 РМУ, т.е. только для школ заводом было изготовлено и поставлено более 44500 ЭВМ типа «Электроника БК-0010/0011».

КУВТ УК-НЦ (МС0202)

КУВТ УК-НЦ (рис. 112) был разработан в 1985-86 гг. в НИИ НЦ специально для учебных классов и удовлетворял всем требованиям, предъявляемым тогда к школьным ПЭВМ. Двухпроцессорная ПЭВМ УК-НЦ применялась и в РМП и в РМУ. Все ЭВМ (РМП и до 16 РМУ) 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.



Рис. 112. Фрагмент КУВТ УК-НЦ

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

Всего заводами Минэлектронпрома для компьютеризации учебных заведений было произведено более 500000 ПЭВМ, т.е. более 38000 комплектных классов.

Вычислительные системы на основе PDP-11-совместимых ЭВМ

Объем статьи не позволяет представить всю гамму прикладных систем, разработанных в НИИТТ/НИИНЦ и производившихся Ангстремом, Квантом и другими заводами на основе 16-разрядных микропроцессоров типов ВМ1 ÷ ВМ3/4. Ограничимся перечислением основных из них:

- Системы числового программного управления «Электроника НЦ-16-31», «Электроника НЦ-80-31», «Электроника НЦ-82-31», «Электроника НЦ-85-31», МС 2106 (рис. 113).



Рис. 113. Примеры СЧПУ: НЦ-16-31 и 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» (рис. 114), «Электроника НЦ-816К».



Рис. 114. Блоки полупроводникового ОЗУ 64К и 256К байт

• Системы автоматизации проектирования и настройки аппаратных и программных средств "Электроника НЦ-603", "Электроника НЦ-803".

Были и курьёзные разработки, например подарки Л.И. Брежневу и В.В. Гришину (рис. 115), и многое другое.



Рис. 115 Подарки Л.И. Брежневу и В.В. Гришину – информационные системы по миру и Москве

VAХ-11-совместимые 32-разрядные ЭВМ

Одноплатная микро-ЭВМ Электроника 32

В 1989 г. в НИИТТ на основе микропроцессорного комплекта 1839 была разработана первая одноплатная 32-разрядная микро-ЭВМ «Электроника 32» (ГК – С.А. Шищарин).

Фактически это был одноплатный вариант ЭВМ VAX-11/750. На двойной типовой плате конструктива Электроника-60 и Электроника 82 размещались процессор, системное ПЗУ, 4М байт ОЗУ, разъем для его расширения до 4Г байт и последовательный порт ИРПС СМ ЭВМ.

Первый вариант ЭВМ был выполнен без арифметического сопроцессора, но все его функции выполнялись микропрограммно. По завершении разработки КЛ1839ВМ2 был сделан второй вариант с повышенной производительностью, которая достигла 5 млн. оп/с (рис. 116).

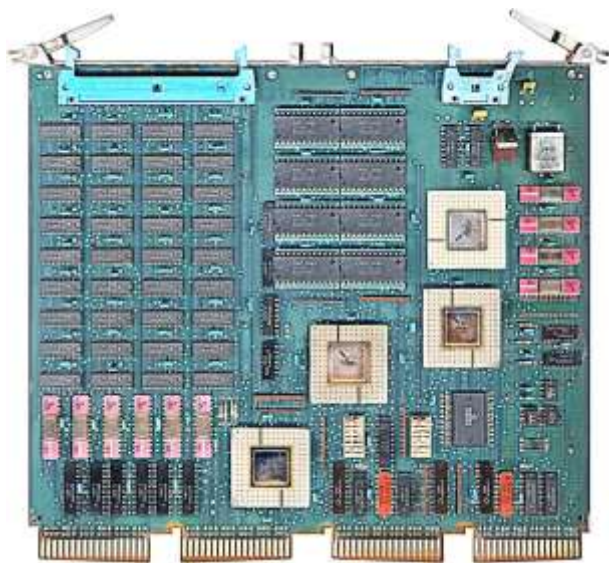


Рис. 116. 32-разрядная микро-ЭВМ «Электроника

Была выпущена опытная партия в несколько десятков ЭВМ, которые использовались в составе вычислительных комплексов в системах автоматизации проектирования, в т.ч. в составе разрабатываемой в НИИ НЦ инженерной рабочей станции «Электроника НЦ-ИРС-32». Но реформы в стране и вызванное ими прекращение производства ЭВМ в Зеленограде остановили её дальнейшее развитие.

Электроника VAX/PC – двуликкий Янус №2

К концу 80-х годов широкое распространение получили IBM-совместимые ПК, проникли они и в Зеленоград – вотчину ДВК. Для того, чтобы иметь возможность пользоваться продуктами обоих направлений вычислительной техники, разработчики НИИТТ решили сделать и 32-разрядную ЭВМ, способную работать в операционных системах и DEC,

и IBM. Но в отличие от MC 1686 для ДВК, в качестве базовой была выбрана IBM-совместимая ЭВМ. Для этого была разработана (ГК С.А. Шишарин) версия ЭВМ «Электроника-32», но конструктивно выполненная в виде слота для IBM PC с шиной PCI.

Первый вариант «Электроника VAX/PC» была выполнена на двух слотах – ОЗУ емкостью 4М байт было вынесено на отдельный слот. Второй вариант «Электроника VAX/PC-2» уже разместился на одном слоте (рис. 117).

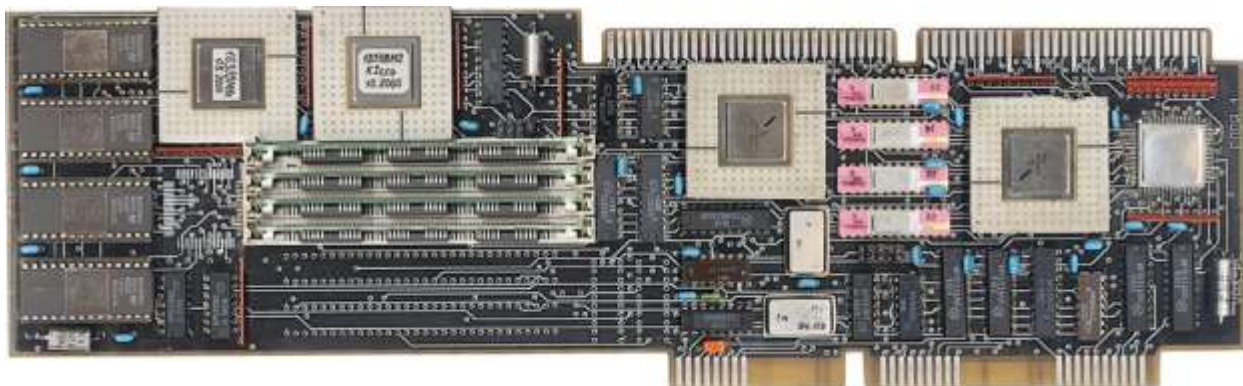


Рис. 117. Электроника VAX/PC-2

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

Были выпущены опытные партии обоих вариантов VAX/PC, но реформы в стране пресекли и это направление. А выпущенные 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 определенный интерес у зарубежных специалистов (там прецедентов подобных устройств не было), один экземпляр ЭВМ «Электроника VAX/PC-2» приобрел музей компьютеров в США.

Инженерная рабочая станция «Электроника НЦ-ИРС-32»

В 80-90 гг. для разработки БИС и ЭВМ в Минэлектронпроме использовались собственные САПР. Они работали на ЭВМ VAX-11/750 ф. DEC и её клоне Электроника-82. В 1989 г. в НИИИЦ начался проект создания их архитектурного аналога - «Электроника НЦ-ИРС-32» (рис. 118).



Рис. 118. «Электроника НЦ-ИРС-32» с графопостроителем (слева), дигитайзером (справа) и принтером (в столе)

Основу ИРС-32 составляла одноплатной ЭВМ «Электроника-32». Причем, для получения требуемой производительности использовалась двухмашинная организация ИРС-32. Обе ЭВМ имели общее адресное пространство 8Г байт, но по 4М байт ОЗУ, расположенные на платах ЭВМ, были доступны только процессору этой платы. Остальное ОЗУ, расположенное на отдельных платах, было доступно обоим процессорам.

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), жестких (ЦНИИТОП, 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 сек. 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.

ИРС-32 была разработана и в 1991 г. была изготовлена опытная партия в количестве 10 комплектов, но без оптического диска и видеомонитора (ЦКБИТ, Винница), которые опаздывали. Началась отработка схемотехники и конструкции ИРС, постановка на нее программного обеспечения Электроники-82, но в это время Минэлектронпром прекратил свое существование, финансирование прекратилось и работы постепенно прекратились.

IBM-переворот

С развитием микроэлектроники плотность компоновки аппаратуры неуклонно росла, что привело к появлению переносных компьютеров типа laptop с плоским экраном, предшественников современных notebook. Тогда их называли «наколенными». Появился проект такой ПЭВМ и в НИИ НЦ – ДВК-5 (рис. 119). Его построение планировалось на основе процессора K1806BM3 и более интегрированных БИС памяти и периферийных контроллеров. Однако завершён проект не был.



Рис. 119. Эскиз ДВК-5 от 09.1985г и его компоновочный аналог

Во второй половине 1980-х годов доминирующее положение IBM-совместимых ПЭВМ в мире стало очевидно всем. ПЭВМ с архитектурой PDP-11 в мире никто кроме Минэлектронпрома СССР не выпускал, даже ф. DEC, ушедшая с рынка ПК после неудачной попытки (повторенной в Воронеже в виде ПК «Электроника-85»). Организовать достойную программную поддержку Минэлектронпром обеспечить не смог. Основной довод сторонников воспроизводства зарубежных ЭВМ (использование программного обеспечения оригиналов) работать перестал – ни ф. DEC, ни кто другой программ для ПЭВМ с архитектурой PDP-11 не создавал. В связи с этим в 1989 г. в Минэлектронпроме, в т.ч. в Зеленограде, 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, аналоге I8086. На основе полученного опыта сформирована огромная отраслевая комплексная программа развития нового направления – IBM-совместимых ПК. Были разработаны и изготовлены образцы двух первых 16- и 32-разрядных моделей ПК-16 и ПК-32 (рис. 120) 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.



Рис. 120. IBM-совместимые ПК-16 и ПК-32

Иными словами была сформирована программа создания новой индустрии, включающей многие десятки НИИ, КБ и заводов с широчайшей внутриотраслевой кооперацией, направленное на создание в Минэлектронпроме 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. Но в это время в стране произошёл путч ГКЧП, за ним последовали развал СССР и ликвидация Минэлектронпрома со всеми его программами. На этом развитие массовых средств вычислительной техники в Зеленограде было завершено, но разработка многочисленных специальных ЭВМ, выпускаемых небольшими тиражами, продолжается. Но это другая история, представленная в статье НПО «НИИ «Субмикрон» - наследнике СВЦ и НИИИЦ в части вычислительной техники.

"Последний из могикан" советской компьютерной индустрии

Начатые в стране в середине 1980-х годов реформы с одной стороны постепенно разрушили Минэлектронпром вместе с его технической политикой, с другой – вынудили предприятия самим заботиться о своей судьбе, т.е. искать своих потребителей. На примере такого поиска мы и остановимся. В 1990 г. начальник отделения микропроцессоров НИИТТ П.Р. Машевич был в командировке в Словакии и увидел в магазине в продаже Sinclair-подобный компьютер Didaktik Game, словацкий клон ZX Spectrum – тогда мирового хита компьютерной техники. Он посетил изготовителя компьютера – фирму Didaktik Skalica. Ознакомившись с компьютером, П.Р. Машевич предложил заменить применённые в нем ИС средней интеграции одной полузаказной БИС. Для работы ему передали электрическую схему и образец Didaktik Game.

Так в НИИТТ на основе БМК КА1515ХМ1 началась разработка (ГК Б.В. Ильичёв) многофункционального периферийного контроллера Т-34ВГ1, получившего позже официальное обозначение КА1515ХМ1-216 (в металлокерамическом корпусе) и КР1515ХМ1-216 (в пластмассовом корпусе). Для экспортных поставок БИС маркировалась как ULA1.

Контроллер заменил 15 ИС компьютеров ZX Spectrum и Didaktik Game, в т.ч. применяемый в них контроллер ULA. Это была полностью оригинальная БИС, в которой были реализованы некоторые собственные решения. Например, видеопамять, отдельная и со своим контроллером в английском и словацком компьютерах, была схемотехнически объединена с ОЗУ с единым контроллером. Образцы БИС вместе с соответствующей документацией и рекомендациями по применению передали через посольство в Словакию и, ожидая результата, сделали свою плату компьютера в конструкции Didaktik Game. Ответа долго не было. Для прояснения обстановки П. Машевич и Б. Ильичев поехали в Словакию, захватив с собой несколько образцов своих плат. Когда их поставили в компьютеры, те сразу заработали без каких-либо

отличий от словацких машин. В результате Didaktik Skalica на ряд лет стала стабильным потребителем продукции завода Ангстрем, и не только контроллера Т34ВГ1, а всего выросшего вокруг него комплекта БИС. Позже была разработана и поставлялась БИС Т34ВГ2, в отличие от Т34ВГ1 включающая контроллер флоридиска и принтера.

Разрабатывать контроллер для Z80 и не иметь этот микропроцессор было бы нелогичным. Поэтому одновременно была организована разработка аналога Z80. Главным конструктором был назначен Ю.Л. Отрохов, ведущие разработчики К.В. Грязнов, Г.М. Ситников, Ю. Сергиенко, И.Б. Короткова и др. За 9 месяцев, после четырёх итераций, им удалось сделать п-МОП микропроцессор Т34ВМ1 (КМ1858ВМ1, КР1858ВМ1) – полный функциональный аналог микропроцессора Z80А. Для полноты комплекта в него ввели БИС ДОЗУ КР565РУ5 (64Кх1) и БИС ПЗУ (16Кх8) типа Т34РЕ1 (КР1013РЕ1), содержащая 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 Kompakt" со встроенным флоридиском и портом для принтера. Для Ангстрема на тот период этот комплект был одним из наиболее массовых продуктов.

Для зеленоградского завода "Квант", основной продукцией которого были персональные компьютеры типа ДВК, УК-НЦ и школьные классы на их основе, начало 1990-х годов было тяжёлым периодом. Но это было время пика синклеромании в стране, которой решено было воспользоваться. Квант заказал в 1991 г. НИИ "Кристалл" (бывшие разработчики ДВК и УК-НЦ, размещались на территории Кванта и фактически были инициаторами разработки). ZX Spectrum-совместимый компьютер "Квант-БК", который и был разработан (ГК В.Е. Осипов). Разработку Квант-БК они вели на основе ангстремовского комплекта БИС. Но, кроме БИС для компьютера, требовались корпус и клавиатура, остальное можно было сделать самим. Пригодились старые связи по УК-НЦ со световодским заводом "Калькулятор", выпускающим клавиатуру для УК-НЦ. Там сделали усечённый вариант клавиатуры и подобрали соответствующий корпус размером 154×224 мм. В нем и был сделан первый вариант Квант-БК (рис. 118, слева).

Когда в НИИТТ появился вариант БИС Т34ВГ2 с встроенным контроллером флоридиска, появилось желание применить дисковод НГМД 6021, выпускаемый заводом "Элакс", расположенном в том же здании, что и часть завода "Квант". Да и применять покупной корпус, имея собственные литьевые машины, было нелогично и невыгодно. Поэтому разработали специальный УК-НЦ подобный корпус размером 255×340 мм, заложив в него резерв для развития. Пресс-формы заказали московскому ПО "Механика" Минэлектронпрома и начали выпускать второй вариант домашнего компьютера "Квант-БК" (рис. 121, справа) под тем же наименованием, что создало проблему понимания истории последующим поколениям любителей компьютеров. К этому времени было наработано собственное программное обеспечение, появилась потребность повысить удобство работы с компьютером и расширить его функциональные возможности, для чего количество клавиш с 40, как у ZX Spectrum и первой версии Квант-БК, было увеличено до 58. Одновременно в корпус ввели встроенный блок питания, освоённый в производстве заводом "Квант" для другого изделия.



Рис. 121. Квант БК - вариант 1 (слева) и вариант 2

В этих модификациях Квант-БК выпускался примерно до 1995 г. и хорошо продавался как Квантом, так и Кристаллом, в т.ч. на Митинском радиорынке в Москве. Этому благополучию положили конец завод "Элакс". Имея запас НГМД на складе и видя, что они регулярно приобретаются Квантом и Кристаллом (других потребителей уже не было), Элакс решил на

этом заработать и втрое повысил цены на накопители. Результат был печален для всех – покупать Квант-БК перестали.

Этим и закончилась история бытового компьютера "Квант-БК", названного в Internet "последним из могикан советской компьютерной индустрии".

ИТОГ СОВЕТСКОГО ПЕРИОДА

Итак, мы рассмотрели историю отечественного инновационного центра микроэлектроники советского периода, поскольку его история закончилась вместе с окончанием истории Союза Советских Социалистических Республик.

Здесь уместно подвести итог этому периоду. Итог нам необходим не только, и не столько, чтобы гордиться или ругать проделанные работы, а есть и чем гордиться, и о чём сожалеть. Прежде всего, итог нужен для понимания дальнейшего нашего 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, что бы не повторять их в будущем.

Начнём с итога.

Начав практически "с нуля" (на месте южной промзоны было всего одно строение – силосная башня), но опираясь на хорошо развитые в стране полупроводниковые технологии и достижения в других отраслях знания и производства, СССР создал мощную отечественную самодостаточную, функционально полную инфраструктуру микроэлектроники.

Задача перед её создателями, пришедшим из аппаратостроительных предприятий, была очевидна – с использованием принципиально новых интегральных технологий сделать в виде микросхемы те устройства, которые ранее они делали из дискретных элементов на печатной плате. Что делать было ясно.

Главная задача – как это сделать. Задача создания интегральных технологий и всего необходимого для их промышленной реализации. Эту главную задачу пришлось решать действительно "с нуля", решать самостоятельно. И решили её успешно.

С позиций: "что делать" и "как делать" и следует оценивать технический уровень отечественной микроэлектроники. Поскольку исторически сложилось так, что между уровнем развития технологий и выпускаемых микросхем образовался разрыв – микросхемы, в основном отставали.

Попробуем разобраться в причинах этой парадоксальной ситуации.

О пресловутом отставании элементной базы

В последнее время выходит масса печатных и телевизионных изданий об истории отечественной науки и техники, о главных конструкторах космических, ракетных, авиационных и иных систем, об их продукции, зачастую превосходящей своих зарубежных современников. Издания достаточно интересные и, безусловно, полезные. Но практически у всех имеется один принципиальный недостаток – они полностью умалчивают о важнейших составляющих этих систем. Так, в фильме о главном конструкторе ракетных систем П.Д. Грушине ("Защита Грушина" с сериале "Тайны забытых побед") много внимания уделяется точности поражения ими целей, но ни слова не говорится о том, чем такая точность обеспечивается. Ни о бортовой или наземной системах управления, ни о радиолокаторах, ни о чем ином, где работают электроны, даже не упоминается. Слова с корнем "электрон" в этом фильме и многих подобных изданиях просто отсутствуют. Из фильма создаётся впечатление, что эти хитрой конструкции гептиловые бочки умны сами по себе, сами находят и поражают цель. А ведь без электроники в принципе было бы невозможно создание всех тех систем, о которых рассказывают печатные и телевизионные издания. Без электроники ракеты Грушина не только не попали бы в цель – вообще не полетели бы.

Но разработчики систем управления, радиолокаторов, компьютеров и других радиоэлектронных систем, о которых забывают упомянуть создатели ракет, самолетов и т.п., оказались больны той же болезнью. В подавляющем большинстве, рассказывая о вычислительной технике и иной радиоэлектронике, они забывают о комплектующих изделиях, из которых их аппаратура строится, умалчивают, что именно уровнем развития комплектующих изделий определяется и технический уровень их продукции. А если и вспоминают, то чаще всего для того, чтобы недостатки своих изделий "списать" на пресловутую "отсталость элементной

базы". Из всей массы пишущих, пожалуй, только В.В. Пржиялковский (ген. конструктор ЕС ЭВМ) и В.И. Штейнберг (гл. конструктор семейства БЦВМ "Аргон") не забывают достаточно объективно оценить роль элементной базы.

Такая однобокая подача материалов, на фоне нынешнего подавляющего распространения импортной электроники, создаёт ложное представление у читателя и зрителя, особенно у молодёжи, об уровне развития страны и её электроники в недалёком прошлом. В результате общество стремительно забывает, что во многих областях науки и техники дореформенного периода наша страна имела весьма высокий уровень развития, часто превосходящий мировой. Первый в мире спутник, первый в мире космонавт были наши. Первое в мире поражение баллистической ракеты противоракетой с безъядерным зарядом (кстати, ракетой "В-1000" П. Грушина) было получено нашей системой ПРО (Система А), американцы отстали на 23 года. И сбита она была благодаря системе управления, полностью отечественной, построенной на основе ЭВМ "М-40" академика А.С. Лебедева. Первая в мире атомная электростанция была наша. Первый в мире атомный ледокол был наш. Первой в мире ЭВМ производительностью более 1 млн. оп/с. была наша КЗ40А (кстати, так и оставшаяся мировым рекордсменом по производительности среди ЭВМ второго поколения, на транзисторах). Лучшей ЭВМ Восточного полушария в своём поколении была наша БЭСМ-6. Производство интегральных схем в СССР и США началось практически одновременно, в 1962 г. Таких примеров нашего лидерства или соответствия передовому уровню было огромное количество. В СССР информация о достижениях электроники, как и многих других направлений науки и техники, была в значительной степени засекречена. И тогда общественность о многих наших достижениях и приоритетах не знала, а в нынешних условиях и то, что было известно, забывается. Это создаёт у непосвящённых, особенно у молодёжи, не знающей жизненных реалий тех времён, ложное представление, что своей электроники у нас никогда не было. Что совершенно не соответствует действительности и даёт ложные ориентиры на будущее.

Что же было на самом деле? Номенклатура "элементной базы", официально это называлось "изделия электронной техники" – ИЭТ, сейчас ЭКБ – электронная компонентная база), весьма обширна и разнородна. От "простейших" резисторов, до сложнейших микросхем. Это и конденсаторы, и транзисторы, и разъёмы, и переключатели, и трансформаторы, и радиолампы, и кинескопы, и многое, многое иное. С самого зарождения электронной промышленности в стране в 1961 г. министр А.И. Шокин стремился реализовать принцип её опережающего развития относительно запросам потребителей. На основе инициативных разработок отрасли. Но далеко не всегда потребители воспринимали эти инициативы. Так 1 февраля 1973 г. на заседании в Военно-промышленной комиссии при СМ СССР (ВПК) А.И. Шокин привёл следующий пример [32]: "МЭП инициативно разработал СВЧ-приборы миллиметрового диапазона, опережающие зарубежный уровень, но 5-6 лет эти приборы остаются невостребованными разработчиками РЭА – они не видят аналогов за рубежом и не хотят рисковать. Пример СВЧ ЭВП миллиметрового диапазона – не единственный". (Кстати, в СВЧ приборах наша электроника всегда была и есть на передовых в мире позициях). Именно инициативные разработки МЭП соответствовали, а часто и превосходили мировой уровень. И именно для демонстрации преимуществ созданных ИЭТ, не оценённых потребителями, Минэлектронпрому часто приходилось разрабатывать и аппаратуру на их основе. Сохранились [22] оценки уровня разработок ИЭТ, которые давало заказывающее 16ГУ МО на ежегодных отчётах МЭП в ВПК, и выглядят они весьма достойно (табл. 3):

Таблица 3

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%

Подчеркнём, что это оценки Генерального заказчика МО, не заинтересованного в приукрашивании успехов Минэлектронпрома. Но и без лукавства здесь не обошлось – сравнивались только что законченные разработки с новыми, но анонсированными зарубежными изделиями, т.е. с некоторой, правда незначительной, задержкой.

Но если за мировой уровень принимать не рекордсменов, а некоторый спектр перспективных изделий с лучшими параметрами, что вполне справедливо, то многие наши ИЭТ этому спектру вполне соответствуют. Оценка динамика развития отечественной электроники на основе такого подхода, качественно (на 2010 г.) представлена на [рис. 122](#).

Здесь мировой уровень представлен некоторой жёлтой полосой совокупности параметров, верхняя граница которой соответствует рекордным характеристикам, а нижняя отделяет характеристики изделий, современных соответствующему периоду, от характеристик устаревших изделий. Характеристики лучших отечественных изделий электроники представлены более узкой темно-зелёной полосой. Рисунок показывает технический уровень отечественной электроники как в целом соответствующий спектру характеристик мирового уровня, иногда проваливаясь вниз, а иногда прорываясь в лидеры. К этому рисунку мы ещё обратимся позже.

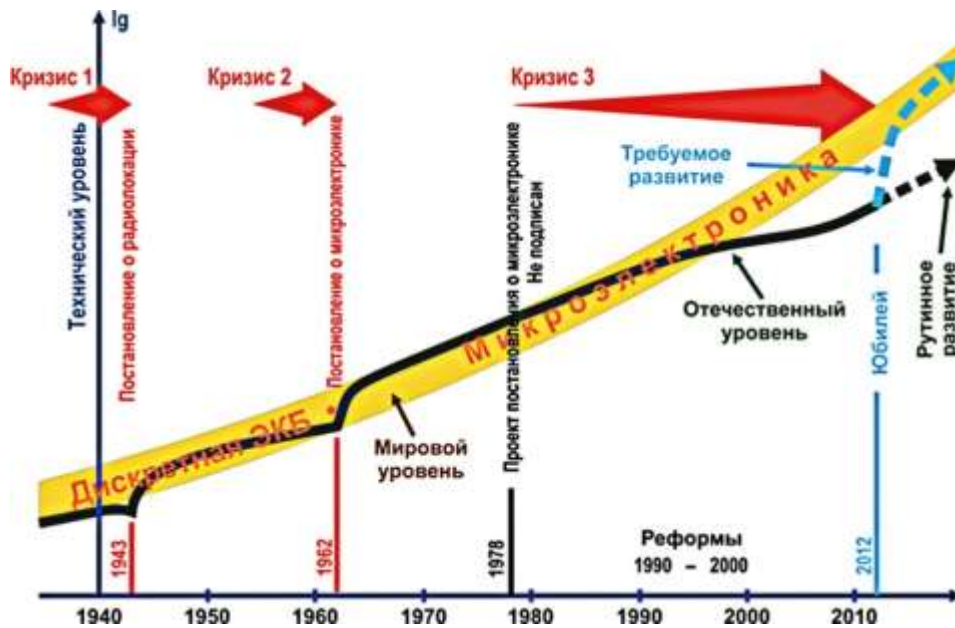


Рис. 122. Динамика развития отечественной электроники

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.

Вынужденное "натуральное хозяйство"

Основой электронной промышленности являются новые технологии, в этом её принципиальное отличие от аппаратостроения, основой которого являются новые архитектурные и схемотехнические решения. А микроэлектронные технологии требуют особых: сверхчистых материалов, сверхсложного и сверхпрецизионного технологического оборудования и особых сверхчистых и без вибраций производственных помещений. Причём, всё это нужно только микроэлектронике, т.е. в относительно небольших количествах, не выгодных (в советской экономике) производителю.

Эта особенность привела к тому, что профильные министерства (химики, металлурги, машиностроители, приборостроители, строители и др.) отказывались от разработок и производства для Минэлектронпрома специальной продукции, соответствующей их специализации. А централизованная плановая система, которая, вроде бы по определению должна была просто решить эту проблему волевым методом, не сработала. Государство не смогло (или не сочло нужным) заставить министерства выполнять свои профессиональные функции.

А импортировать в условиях противостояния двух систем в форме "холодной войны" с "балансированием на грани войны" (термины тех лет) ничего передового 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 из капиталистических стран не поставлялось.

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

Но на тиражирование этих заводов в нужных количествах средств Минэлектронпрома не хватало. А государство на финансирование строительства заводов средств выделяло всё меньше и меньше. А объём производства микросхем всё меньше и меньше соответствовал потребностям страны¹⁸.

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

Руководство Минэлектронпрома предпринимало все возможные меры исправить положение. Вот примеры выступлений А.И. Шокина на заседаниях ВПК, записи о которых сохранились у В.М. Пролейко [32], начальника Главного научно-технического управления МЭП в течение 18 лет:

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 все технологическое оборудование, включая металлорежущие станки, и более 1000 наименований материалов, включая бескислородный кремний"*.

13.04.1977: *"МЭП сегодня – 12 500 типов ИЭТ, 20 млн. типонаименований, 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 23-м съезде КПСС было решено создать в СССР производство всего комплекса материалов для электронной промышленности. В МЭП самая низкая зарплата и худшее обеспечение среди МООП"* (Министерств Оборонных Отраслей Промышленности).

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".

20.02.1985 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"

¹⁸ Здесь для молодёжи, не знающей советских жизненных реалий, требуется пояснение. Основная прибыль, получаемая отраслями, перечислялась в госбюджет. Часть её затем возвращалась Госпланом СССР в отрасли, расписанная по статьям расходов. Сколько вернуть – определялось высшими властными структурами. Которых с 1980-х годов проблемы электроники, как крыловскую героиню под дубом, не очень волновали. Как и сейчас.

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. Глинозем 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 произвел 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 ее.*

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

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

Даже этого короткого экскурса на заседания ВПК достаточно, чтобы понять невыносимость условий, в которых развивалась отечественная электронная промышленность.

Но, несмотря на эти ужасные условия, электронная промышленность под руководством А.И. Шокина развивалась самыми высокими в стране темпами (табл. 2, составленная на основе материалов книги А.А. Шокина [29]):

Таблица 4

Оценка темпов роста объёмов производства относительно 1961 г.

Годы	Объёмов производства			Численности персонала			Относительный рост выработки на одного Работавшего:		
	Вся пром.	МЭП	Относит. всей пром.	Вся пром.	МЭП	Относит. всей пром.	Вся пром.	МЭП	Относит. всей пром.
Темпы роста в МЭП и относительно всей промышленности									
1961	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,0	1,00	1,0
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

Таблица показывает, что в дореформенный период темпы роста объёмов производства в МЭП всегда был значительно выше, чем в промышленности страны в целом, к 1990 г. – почти в 34 раз. При том, что рост численности производственного персонала в МЭП был всего в 3,5 раза, а выработка на одного работающего – почти в 10 раз были 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 этом, как уже

было сказано А.И. Шокиным: "*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. 13.08.1975 г. на заседании ВПК С.А. Афанасьев (министр общего машиностроения) 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 абзацем [13]: "*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 все же многие ИЭТ МЭП разрабатывал и производил по зарубежным аналогам, проигрывая этим отставание от мирового уровня в данном направлении.

Попробуем разобраться с этим на примере микроэлектроники – самом сложном изделии электронной техники. И самом важном. И прежде всего на уже упомянутом утверждении многих отечественных компьютерщиков и радиоэлектронщиков об "*отставании отечественной элементной базы*".

Действительно, большинство изделий микроэлектроники (но далеко не все) разрабатывались по зарубежным аналогам, следовательно, появлялись в нашей стране на пару и более лет позже, чем в других развитых странах. В народе этот процесс уничижительно назывался "передиром", официально – "воспроизведением".

Всегда ли это было, почему и как это происходило?

Всегда ли это было?

Рождение мировой микроэлектроники состоялось в 1962 г. и связано с началом серийного производства первых полупроводниковых интегральных схем (ИС) фирмами Fairchild (серия "Micrologic"), Texas Instruments (серия "SN-51") в США и Рижским заводом полупроводниковых приборов (полупроводниковой ИС "P12-2" и серии гибридных ИС (ГИС) "Квант" на её основе) в СССР. В СССР это событие ознаменовалось еще и выходом Постановления ЦК КПСС и СМ СССР от 8 августа 1962 г. (№ 831-353) о развитии отечественной микроэлектроники и создании её инновационного центра – Центра микроэлектроники (ЦМ, позже "Научный центр" – НЦ)) в будущем Зеленограде.

ЦМ создавался практически на пустом месте, располагая сначала только тремя типовыми школьными зданиями. Но уже через два года завод "Ангстрем" выпускал микроприёмник "Микро" и первую серию толстоплёночных ГИС "Тропа", а завод "Элион" приступил к изготовлению вакуумного оборудования. И это было только начало.

На вновь создаваемые предприятия микроэлектроники, и в ЦМ, и в других регионах страны пришли высококвалифицированные инженеры из радиоэлектронных предприятий. Они принесли с собой богатый опыт проектирования радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) из дискретных элементов и прекрасно знали, какие функциональные узлы (ячейки) нужны для построения РЭА. Поэтому они чётко понимали стоящие перед ними задачи, которые можно сформулировать следующим образом – в виде интегральной микросхемы выполнить те же самые функциональные узлы, которые ранее они выполняли на печатной плате. Иными словами функциональный состав микросхем и их схемотехника были специалистам хорошо известны, проблемы были в конструкции и технологии. Но в этих вопросах никакого отечественного опыта тогда ещё почти не было, а о зарубежном опыте, который тоже был ещё ничтожно малым, информацию можно было почерпнуть только в редких и скудных публикациях – на свободном рынке микросхем ещё не было. Первые полупроводниковые ИС ф. Fairchild и Texas Instruments с 1962 г. поступали только для военных и космических программ, а первые ГИС, анонсированные ф. IBM в 1964 г., использовались ею только для новых ЭВМ системы IBM-360. И это все, 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. Вот некоторые примеры отечественных пионерских проектов:

- Первая отечественная полупроводниковая ИС Р12-2 и гибридные ИС (ГИС) "Квант" на её основе имели важные преимущества перед американскими:

- Р12-2 реализовала функцию "2НЕ-ИЛИ" – универсального элемента для построения любых цифровых устройств. Первые американские ИС были триггерами – схемами ограниченного применения.

- ГИС серии "Квант" были первыми в мире промышленными ГИС с двухуровневой интеграцией (в них использовались полупроводниковые ИС "Р12-2", в зарубежных – дискретные бескорпусные транзистор).

- ИС "Р12-2" и ГИС "Квант" сразу же пошли в серийное производство, продолжавшееся более 30 лет, первые американские ИС Дж. Килби и Р. Нойса остались экспериментальными, в производства пошли другие ИС, даже не ими разработанные.

- Первое зеленоградское изделие – радиоприёмник "Микро" (см. [рис. 36](#)) был первым в мире функционально законченным изделием потребительской микроэлектроники (конечным продуктом). За ним последовал радиоприёмник "Эра". Фактически, это были предтечи (за 40 лет) современных МРЗ-плееров – то же назначение, те же компоновки (в кармане – левые на рисунке, и за ухом – правые).

- Первая зеленоградская серия ГИС "Тропа" по уровню не уступала STL-модулям IBM. Она была создана на совершенно иных конструктивно-технологических принципах. Их некоторое внешнее сходство объясняется одинаковым прототипом – плоским микромодулем (см. [рис. 40](#)), которые тогда промышленно производились и в СССР, и в США.

Список отечественных изделий микроэлектроники первых лет весьма внушителен и характерен тем, что все это, как правило, оригинальные разработки, не имеющие прямых зарубежных аналогов. По техническому уровню они, в основном, либо не уступали зарубежным современникам, либо превосходили их, как ГИС "Талисман" из НИИТТ (см. [рис. 41](#)) 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 все свои потенциальные возможности, продолжался не долго. Пришлось переходить на воспроизводство зарубежный образцов.

Почему?

В 2-3 года раскрутив маховик создания микроэлектроники, Минэлектронпром вскоре оказался в кризисной ситуации. На него обрушился огромный шквал заявок на создание и поставку широчайшей номенклатуры ИС. Многие потребители ИС занимались воспроизводством зарубежных образцов РЭА, выпускаемых самыми различными фирмами. И они требовали воспроизводства комплектующих изделий, в т.ч. ИС, применённых в оригиналах аппаратуры. Часто эти требования оформлялись в виде постановлений ЦК КПСС и СМ СССР, обязательных к исполнению. Аналогично поступали и те, кто разрабатывал оригинальную аппаратуру. Они заказывали не ИС 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 3000 заказов на воспроизводство ИС, при возможностях Минэлектронпрома 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 сложно и очень дорого), особочистых материалов и т.п. Этот абсурд не по силам ни одной стране, тем более скромному по своим возможностям Минэлектронпрому.

Решение этой 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.

Минэлектронпром перешёл на формирование отраслевых планов разработок изделий электронной техники на основе заявок министерств-потребителей. Проводилась ежегодная, так называемая, "заявочная компания". Каждое министерство, разрабатывающее и производящее радиоэлектронную аппаратуру, собирало со своих предприятий заявки на разработки новых изделий электронной техники, проводило их определённую унификацию и оптимизацию

и представляло в Минэлектронпром. Общее число таких заявок было весьма внушительно, и Минэлектронпром проводил следующий этап унификации и оптимизации всех поступивших заявок. А в конце года выносил результаты для обсуждения на межотраслевое заключительное совещание, на которое министерства приводили представителей всех заинтересованных предприятий – своих заказчиков. Там все заявки обсуждались, и принималось окончательное решение. В результате количество заявок приводилось к целесообразному и реально выполнимому при удовлетворении потребностей максимального числа заказчиков. Принятые заявки автоматически включались в планы разработок Минэлектронпрома на следующий год. Заявочную компанию по изделиям микроэлектроники проводил зеленоградский "Научный центр" – головной в отрасли по микроэлектронике. А проведение заявочной компании по разделу "Микропроцессоры" от их появления и до ликвидации Минэлектронпрома было одной из моих служебных функций. И за все эти почти два десятка лет ни от одного из потребителей не поступило ни одной заявки на разработку микропроцессора с заданными функциями и характеристиками. Все заявки были на воспроизведение конкретных зарубежных аналогов, причём самых различных. То же самое было и по другим разделам: "Память", "Логика", "ЦАП-АЦП" и т.д. Интересный пример – создание ЭСЛ ИС серии 100. Ещё к 1969 г. в НИИМЭ была разработана, поставлена на Микроне своя технология производства ЭСЛ ИС и получены первые образцы нескольких оригинальных ИС серии 138. Но вскоре началась разработка супер-ЭВМ "Эльбрус" и по требованию её главного конструктора (подкреплённого постановлением ЦК КПСС и СМ СССР, с которым не поспоришь) НИИМЭ и Микрону было поручено воспроизведение серии МС10000 ф. Motorola. Выпускать две близкие по характеристикам серии ИС было и не целесообразно, и не по силам НИИМЭ и Микрону. В результате развитие оригинальной серии К138 пришлось остановить и, в угоду заказчику, делать аналоги уже давно выпускаемых МС10000 (серия 100), уступающих серии К138 по быстродействию (важнейший для ЭСЛ ИС параметр).

Так, под давлением потребителей, оригинальные разработки в Минэлектронпроме постепенно были вытеснены и замещены воспроизводством зарубежных аналогов. Известный закон: "Делай заказчику не то, что он просит, а то, что ему нужно" был блокирован. Аппаратурщики далее получали то, что просили. И тут-то и началось самое интересное – те же самые аппаратурщики, навязавшие практику воспроизводства, начали обвинять Минэлектронпром в "отставании элементной базы". Т.е. в том, что заказанные ими же Минэлектронпрому аналоги зарубежных ИС появлялись у нас в стране позже, чем их оригиналы за рубежом. Это абсурдно и аморально.

Но аморальности ситуации заказчики не замечали. Мало того, многие пошли дальше. И свои неудачи в реализации проектов они частенько стали оправдывать "недостатками" элементной базы. Специалистам НИИИЦ (в т.ч. и мне) и ЦКБ "Дейтон" часто приходилось выезжать на предприятия и разбираться с такими обвинениями. В подавляющем большинстве они были беспочвенны, а причинами неудач аппаратурщиков, как правило, были нарушения режимов и условий применения ИС (несмотря на прекрасное информационное обеспечение – на каждую серию ИС потребителю давался "Руководящий технический материал по применению"). А частенько эти причины не имели никакого отношения к элементной базе.

Навязанная Минэлектронпрому практика воспроизводства ИС неизбежно привела к реальному отставанию отечественной элементной базы, а вслед за ней и РЭА. Зарубежный потребитель получал в своё распоряжение ИС сразу по выпуску её на рынок производителем. Наш потребитель получал её с задержкой, складывающейся из следующих этапов:

- Для потребителя ИС, разрабатывающего оригинальную аппаратуру:
 - время на продвижение ИС аналога на рынок производителем,
 - время на принятие решения о целесообразности "воспроизводства" ИС,
 - времени оформления заявки на "воспроизводство" ИС и принятия решения,
 - времени разработки ИС и освоения её в производстве.

В сумме это составляло 2-4 года.

• Для потребителя ИС, "воспроизводящего" зарубежную аппаратуру задержка была ещё больше и включала:

- время для продвижения ИС-оригинала производителем на рынок,
- время разработки и организации производства аппаратуры-оригинала,
- время продвижения аппаратуры-оригинала на рынок,
- время на принятие решения о целесообразности "воспроизводства" аппаратуры и

формирование соответствующих планов и заданий,

- времени оформления заявки на воспроизводство ИС и принятия решения,
- времени разработки ИС и освоения её в производстве.

В сумме это составляло 5-8 лет.

Таким образом, только за счёт ими же навязанной практики "воспроизводства" аппаратурщики обрезают свои собственные разработки на отставание от мирового уровня на 2 - 8 лет. Что посеяли, то и пожали.

Невостребованные возможности

Устав от аморальных обвинений в "отсталости" элементной базы и понимая, что *"идуций следом никогда не догонит"*, Минэлектронпром в 1978 г. в форме отраслевого стандарта ОСТ 11 348.901-78 [41] (с 1987 г. ГОСТ-27394-87) разработал процедуру и технологию метода совместного проектирования БИС. В разработке стандарта активное участие принимали 22ЦНИИ МО и 16ГУ МО (рис. 123).

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 Минэлектронпром вышел на уровень серийного производства микропроцессоров и других функционально сложных БИС, т. е. к микроэлектронной реализации устройств. Предполагалось, что разработчики радиоэлектронных систем захотят реализовать свои заделы, свои оригинальные структурные и схемотехнические решения, свои "know-how" (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. 124). Он позволял создавать оригинальные БИС и тем самым избавиться от пресловутого воспроизводства и связанного с ним отставания и элементной базы, и РЭА.

Метод совместного проектирования предусматривал выполнение схемотехнического этапа создания ИС (позже в США получившего названия "Front-End" проекта) заказчиком, а этапа разработки топологии, конструкции и т.д. ("Back-End" проект) – предприятием Минэлектронпрома (исполнителем). Метод позволял заказчику получить именно те ИС и БИС, которые ему нужны для оптимального решения его задач с использованием его оригинальных технических решений.

Для того, чтобы донести идею предлагаемого метода до потенциальных партнёров в журнале "Электронная промышленность", тогда весьма популярном среди микроэлектронщиков, и аппаратурщиков, была размещена статья [42], обосновывающая и подробно описывающая суть метода.

Предложение строилось не на пустом месте. Этот метод уже был практически апробирован и отработан в Зеленограде при создании ИС серий "Конус" и "Круг" (1969-1972 гг., "Front-End" – СВЦ, "Back-End" – завод "Экситон", Павловский Посад) и микропроцессоров серий К587 ("Front-End" – СВЦ, "Back-End" – НИИТТ), К588 ("Front-End" – СВЦ, "Back-End" – ПО "Интеграл", Минск), К1883 ("Front-End" – СВЦ и НИИТТ, "Back-End" – ф. Robotron, ГДР) и К1802 ("Front-End" – СВЦ и НИИТТ, "Back-End" – НИИМЭ). Кстати, подобным методом создавались и первые отечественные ИС, разработанные в 1962 г. в Риге ИС "Р12-2" (схемотехника НИИРЭ, Ленинград) и в 1964 г. в НИИТТ ГИС серии "Тропа" (в разработке электрических схем участвовал НИИЭМ).



Рис.123. Основные разработчики ОСТ 11 348.901-78. Слева направо: Малашевич Б.М. (СКБ НЦ), Шуклин А.И. (16ГУ МО), Щебаров Ю.Г. (22ЦНИИ МО)

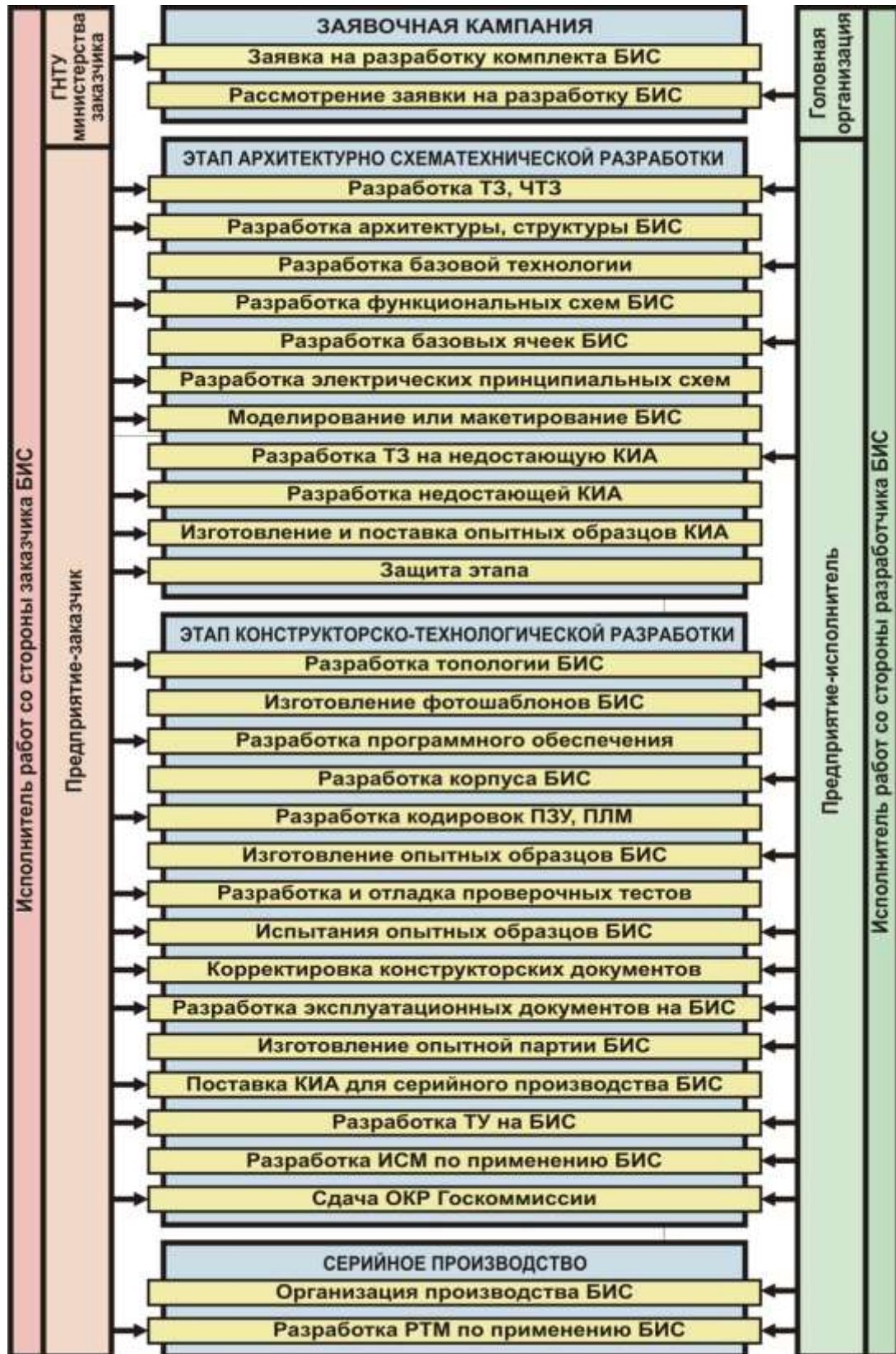


Рис. 124 Приложение 2 (обязательное) к ОСТ11 348.901-78

Проверенный таким образом метод совместного проектирования, доказавший свою эффективность и на межотраслевом, и на международном уровне, в форме отраслевого стандарта ОСТ 11 348.901-78 предлагался для более широкого применения. Повсеместно ругаемые ныне советские чиновники верно оценили возможности метода. ОСТ был согласован Генеральным заказчиком (рис. 125), а ВПК приняла решение о введении ОСТ 11 348.901-78 в действие в аппаратных министерствах.

Для служебного пользования
Экз. 15 47

<p>СОГЛАСОВАНО</p> <p>В/ч 25580 Командир <i>Р. П. Покровский</i> <u>"26" июля</u> 1978 г.</p>	<p>УТВЕРЖДЕНО</p> <p>Организация п/я А-1501 Заместитель руководителя <i>В. Г. Колесников</i> <u>" "</u> 1978 г.</p>
---	---

МИКРОСХЕМЫ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ВЫСОКОЙ СЛОЖНОСТИ

Порядок проведения научно-исследовательских и
опытно-конструкторских работ

ОСТ II 348.901-78
Срок действия с IХ 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>СОИСПОЛНИТЕЛИ</p> <p>от В/ч 67947</p> <p>Командир Заместитель командира Руководитель разработки Исполнители:</p> <p>от в/ч 25580-Е</p>	<p><i>А. А. Васенков</i> А. А. Васенков <i>Ю. С. Кацовский</i> Ю. С. Кацовский <i>Ю. В. Терехов</i> Ю. В. Терехов <i>В. А. Шахнов</i> В. А. Шахнов <i>Б. М. Малашевич</i> Б. М. Малашевич</p> <p><i>В. П. Балашов</i> В. П. Балашов <i>И. Ф. Усольцев</i> И. Ф. Усольцев <i>Ю. А. Бедрекровский</i> Ю. А. Бедрекровский <i>И. С. Кручинкин</i> И. С. Кручинкин <i>Ю. Г. Шебаров</i> Ю. Г. Шебаров <i>А. И. Шуклин</i> А. И. Шуклин</p>
---	--

<p>СОГЛАСОВАНО</p> <p>В/ч 25580-В</p> <p>Командир Организация п/я Р-6846 Заместитель руководителя Предприятие п/я А-7538 Заместитель руководителя Руководитель организации п/я Г-4397 <u>12.9.78</u></p>	<p><i>Е. А. Чаловский</i> Е. А. Чаловский <i>А. П. Грибачев</i> А. П. Грибачев <i>С. В. Якубовский</i> С. В. Якубовский <i>В. И. Проппяко</i> В. И. Проппяко</p>
--	--

Рис. 122. Лист утверждения ОСТ11 348.901-78

О том, что Минэлектронпром и госчиновники не ошиблись, свидетельствует тот факт, что через два десятка лет метод совместного проектирования получил распространение во всем мире в виде дезинтеграции процесса создания ИС на этапы "Front-End" (схемотехническое проектирование) и "Back-End" (топологическое проектирование), которые в ОСТ именовались "этап архитектурно-схемотехнической разработки" и "этап конструкторско-технологической разработки" (см. [рис. 125](#)).

Но ОСТ опередил своё время. Отечественные аппаратурщики не воспользовались предоставленной им прекрасной возможностью резко повысить технический уровень своей РЭА, сократить или ликвидировать своё отставание от мирового уровня. Они оказались психологически не готовыми к участию в создании БИС – серьёзных технических препятствий тому не было. Они так и не отказались от порочной практики заказов воспроизводства зарубежных аналогов, обрекающей их на отставание от зарубежных конкурентов. По прогрессивной технологии в СССР совместно с заказчиком другого ведомства создан только один микропроцессорный комплект – серия К583 для некоторых моделей компьютеров ЕС ЭВМ и бортовых компьютеров ("Front-End" – межведомственная рабочая группа при НИЦЭВТ во главе в В.А. Гринкевичем (инициатором и энтузиастом этой работы), "Back-End" – минское ПО "Интергал").

Только с появлением матричных базовых кристаллов (БМК) некоторые потребители потихоньку начали включаться в процесс создания полузаказных БИС, но очень робко и очень медленно.

Таким образом, на вопрос: "**Почему** Минэлектронпром воспроизводил зарубежные ИС?" следует однозначный ответ – по требованию потребителей.

Рассмотрим, "**как** осуществлялось воспроизводство?".

Как, или кажущаяся простота

Непосвящённым кажется, что Минэлектронпром 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" какой-нибудь БИС (несколько образцов и пользовательскую документацию всегда можно было достать) нужно создать комплексную научную и производственную инфраструктуры, соответствующие техническому уровню воспроизводимой БИС. 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, чтобы вклиниться в чужой сектор рынка. Фирма Intel переименовала свой процессор I586 в запатентованный лейбл "Pentium" именно в конкурентной борьбе с дублёрами, выпускавшими процессоры-аналоги, в обозначения которых включались узнаваемый интеловские цифры 86, 186, 286, 386 и 486 из незащищаемых обозначений оригиналов: I8086, I80186, I80286, I80386 и I80486).

Значит и Минэлектронпрому, **прежде**, чем приступить к воспроизводству ИС, нужно было создать:

- соответствующие технологии,
- особочистые материалы,
- сверхпрецизионное оптико-механическое, технологическое оборудование,
- контрольно-измерительное оборудование,
- системы автоматизации проектирования,
- системы управления технологическими процессами,
- и многое, многое другое.

И все это растиражировать в требуемых для оснащения заводов объёмах.

На это требуются годы.

И только тогда, когда все это сделано, опробовано и аттестовано, когда подтверждены возможности вновь созданной технологии, только тогда можно приступить к созданию (или "воспроизводству") ИС.

И уже неважно, будут они оригинальными, или сделаны по аналогу, поскольку все они конструктивно-технологически оригинальны, т.к. 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.

Все вышеуказанное Минэлектронпрому приходилось делать самостоятельно, поскольку организованный странами НАТО международный комитет КОКОМ изолировал СССР от международной кооперации, он 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, что ДОЗУ 64 Кбит фирма Intel и завод Ангстрем начали производить почти одновременно, в 1979 г. (Intel на несколько месяцев раньше), следует, что созданием необходимых для этого инфраструктур за несколько лет до того они начали тоже практически одновременно и, естественно, независимо, т.к. "заимствовать" было ещё нечего. Вопросы "что создавать" перед специалистами, освоившими предыдущий уровень технологии, не стояло. Им это было совершенно ясно. Трудности были в том, как получить нужные результаты, и каждая фирма решала эти трудности сама. Поэтому их технологии уникальны, не взаимозаменяемы. Не зря главной проблемой, особо охраняемым секретом в эпоху именно микроэлектроники стало "знаю как" ("know-how"). Поскольку со "знаю что" обычно все 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 Минэлектронпром, как правило, был готов принимать заявки на воспроизводство зарубежных ИС сразу по их появлению на рынке. Именно поэтому советская микроэлектроника входила в тройку мировых лидеров, занимая почётные второе место по изделиям военного назначения и третье место 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 т.ч. и для военных систем). Уровень развития советской микроэлектроники обеспечивал возможность создания и тиражирования лучших в мире ракет, самолётов, подводных лодок и многого 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 Минэлектронпроме:

- Во-первых, многие руководители Минэлектронпрома и его предприятий постепенно привыкли к этой практике, которая существенно облегчала им жизнь, т.к. в значительной степени избавляла их и от необходимости скрупулёзной работы над формированием номенклатуры, и от ответственности за качество этой номенклатуры. 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 БИС, а не дают нам совершенные и перспективные системо- и схмотехнические отечественные решения для создания БИС, тормозит как развитие МЭП, так и МООП в целом"* [32]. Но там же прозвучало заявление Л.И. Горшкова, зам. председателя ВПК: *"МЭП должен разработать аналоги более 100 типов зарубежных БИС"*. Так оригинальные разработки ИЭТ, как правило более высокого технического уровня, волей потребителей постепенно вымывались из планов Минэлектронпрома.

- Во-вторых, в большинстве НИИ и КБ Минэлектронпрома разрабатывающих ИС так и не были созданы коллективы, способные на самостоятельную архитектурную, структурную и схмотехническую разработку оригинальных ИС. Все силы были направлены на "срисовывание" топологий чужих ИС, восстановления 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. Таким образом, в результате **навязанной и ежегодно подкрепляемой потребителями** (подчеркнём это еще раз) практики "воспроизводства" ИС, большинство предприятий Минэлектронпрома (к счастью не все) оказалось неспособными выполнять, выражаясь современным языком, "Front-End" этап проектирования ИС (при "воспроизводстве" не нужный), т.е. этап соиздания нового. Пока ИС были относительно несложными, процесс "воспроизводства" проходил за терпимые сроки. Но с появлением БИС и СБИС "срисовывать" топологии и

восстанавливать из них электрические схемы становилось все проблематичнее, а далее и практически невозможно. Да и авторы оригиналов постоянно придумывали хитроумные способы защиты от воспроизводства. К этому рубежу отечественная микроэлектроника вплотную приблизилась в попытках воспроизведения микропроцессоров I386 и I486, завершить которые помешала безобразно неудачная реализация давно назревших в стране реформ. Но "после драки кулаками не машут".

"Можем мы и сами шевелить усами"

В Минэлектронпроме были коллективы и специалисты, которые "воспроизводить" микропроцессоры и другие БИС не хотели и не умели (это, как мы уже говорили, тоже искусство и профессия), а разрабатывали их самостоятельно. Потому, что имели в своей предыстории богатый опыт создания различных ЭВМ и имели соответствующие квалификацию, опыт и научные заделы. В первую очередь это коллективы СВЦ (переведённый 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, именно они были предметом гордости Минэлектронпрома. О некоторых мы уже говорили. Вот несколько примеров:

- В 1975-77 гг. в СВЦ и ЛКТБ были созданы семейства микро-ЭВМ с оригинальными архитектурами "НЦ" и "С5" соответственно, не уступающие по совокупности параметров лучшим зарубежным образцам своего класса.

- В 1979 г. и в НИИТТ, и в ЛКТБ были разработаны однокристалльные 16-разрядные микро-ЭВМ (ОЭВМ в терминологии тех времён, в нынешней терминологии – микроконтроллеры) К1801ВЕ1 и К586ВЕ1 (рис. 126) – младшие модели семейств микро-ЭВМ «НЦ» и «С5».

Их характеристики превосходили параметры единственной известной тогда зарубежной 16-разрядной ОЭВМ TMS 9940, ф. TI, США (табл. 5). Она не была программно совместима ни с какой ЭВМ.

Таблица 5

Сравнительные характеристики ОЭВМ

Характеристика	TMS 9940	К1801ВЕ1 (НЦ-80Т)	К586ВЕ1 (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	128x8	128x16	128x16
ПЗУ, бит	2Кx8	1Кx16	1Кx16
Время сложения, мкс	3,2	3,1	2,0
Уровней прерываний	4	5	3
Ввод-вывод	32 программируемые линии	16 бит магистраль, 32 бит последоват. канал в/вывода	16 бит магистраль, 5 каналов в/выв, 8-бит посл. канал

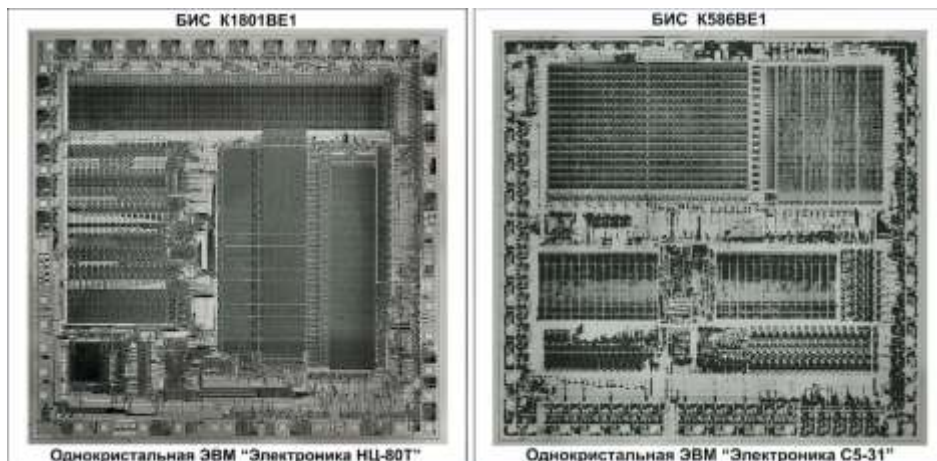


Рис. 126. Однокристалльные ЭВМ НИИТТ НПО НЦ и ЛКТБ «Светлана»

- В 1980 г. ЛКТБ "Светлана" разработало, а в последующие годы реализовало идею фрагментно-модульного проектирования однокристалльных и одноплатных контроллеров (рис. 127). Сегодня, т. е. почти через 30 лет, эта идея нашла повсеместное распространение в виде IP-блоков и систем на кристалле (СнК).

- В 1980-85 гг. в НИИТТ (после запрета министра на развитие архитектуры "НЦ" и директивного решения о переходе в отрасли на архитектуру "PDP-11" и "VAX-11" ф. DEC, США) был создан ряд микропроцессоров: 1801BM1, -BM2, -BM3, -BM4, 1806BM2, -BM3 и BM4, 1839BM1 и BM2. Эти микропроцессоры были программно совместимы с процессорами ф. DEC, но имели оригинальные структуры и схемотехнику и были однокристалльными в отличие от многокристалльных прототипов (4-6 БИС). По совокупности параметров они значительно превосходили прототипы.

Это далеко не полный список оригинальных разработок Минэлектронпрома.

Если бы предприятиям Минэлектронпрома 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 совершенно иначе. Но этого не произошло. В первую очередь по вине потребителей, навязавших "воспроизводство" аналогов. Во вторую очередь по вине руководителей Минэлектронпрома и большинства его предприятий, которые либо не смогли, либо не захотели противостоять этому давлению.

В результате многие предприятия Минэлектронпрома оказались в нелепой ситуации. Они разрабатывали и внедряли новые полупроводниковые технологии, оборудование и материалы, соответствующие перспективному мировому уровню, а иногда и опережающие его. Они прекрасно разрабатывали топологии ИС. Они прекрасно выпускали ИС в массовом производстве (к сожалению, не всегда в достаточных объёмах). И умея все это делать, в целом не хуже зарубежных коллег (во всяком случае, до 1980 г, они были вынуждены "воспроизводить" чужие изделия, т.е. идти со значительным отставанием от своих возможностей. Многолетней практикой заказов "воспроизводства" зарубежные ИС потребители сами "рубил сук, на котором сидели". И срубили – эта практика не позволяла реализовать имевшиеся потенциальные возможности ни микроэлектронщикам, ни аппаратурщикам.

И всё же, подводя итог нельзя не отметить, что ни одно из достижений отечественной радиоэлектроники и вычислительной техники, а их было множество (а могло быть много больше, если бы не практика "воспроизводства"), было бы невозможно 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 знать 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 дедов и отцов, стремились не только восстановить отечественную микроэлектронику, но и вывести её на мировой уровень (см. рис.1 19).

А без своей микроэлектроники в диапазонах микро- и наноразмеров нашей стране не обойтись. Это одно из необходимых условий жизнеспособности России.



Рис. 127. Л1875ВЕ1 – 2-й вариант фрагментно-модульного микроконтроллера ЛКТБ "Светлана", 1987 г.

ЗАКАТ

Однако по объёмам производства интегральных схем Минэлектронпром в целом

значительно отставал и от зарубежного уровня, и от потребностей страны — средств для развития производственных мощностей серийных заводов (а они в микроэлектронике очень дороги) не хватало. В результате резко возросла нагрузка на зеленоградские опытные заводы. «Создавшееся положение, когда опытные заводы НЦ в основном оказались загруженными серийным производством интегральных схем, начало пагубным образом сказываться на дальнейших перспективах развития микроэлектроники» [30]. Возможности отработки на опытных заводах новых материалов, процессов, технологических маршрутов, оборудования и изделий оказались резко ограничены.

«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 Минэлектронпроме. Была обоснована необходимость привлечения министерств, отвечающих за получение различных материалов (Минхимпром, Минцветмет, Минчермет), создание оптико-механического оборудования (Миноборонпром), контрольно-измерительного оборудования и мощных перспективных САПР (Минрадиопром, Минпромсвязь, Минприбор). Предполагалось построить в Зеленограде в 1979-1983 г.г. ряд НИИ, опытных заводов, реконструировать и переоснастить действующие предприятия Научного Центра и на территории Российской Федерации построить около 20 новых производств СБИС, привязанных к развитым научно-культурным регионам, обеспеченным квалифицированными кадрами, имеющим хорошую высшую школу. 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 объем обеспечивающих работ и отодвинуло сроки реализации ряда проектов. Это решение сильно затормозило развитие микроэлектроники в нашей стране» [43].

В результате примерно с 1980 года началось прогрессирующее отставание. Причин тому немало, но к главным можно отнести следующие:

- недостаточная государственная поддержка начиная с конца 1970-х годов;
- навязанная заказчиками политика и практика воспроизводства зарубежных образцов, заведомо программирующая отставание;
- нежелание других отраслей народного хозяйства разрабатывать и производить материалы и спецоборудование для электронной промышленности с соответствующими характеристиками по чистоте и точности;
- нагрузка опытных заводов серийной продукцией;
- отвлечение ресурсов отрасли на разработку и массовое производство непрофильной продукции: товаров народного потребления, видеотехники, вычислительной техники.

О первых четырёх причинах мы в разной степени подробности уже говорили. Остановимся на последней, полностью внутриотраслевой причине — на коренном изменении специализации Минэлектронпрома, противоречащем его изначальному назначению. Эта позиция публично была сформулирована министром МЭП В. Колесниковым в конце 1980-х годов на заседании расширенной Коллегии МЭП, я участвовал в её подготовке и проведении. Коллегия была посвящена программе развития МСВТ, включающих микропроцессоры, ЭВМ, периферийные устройства и прикладные системы. Во вступительном слове министр сказал: «У Минэлектронпрома имеется три главных направления: микроэлектроника, МСВТ и видеотехника». Из трёх главных — два не профильные для МЭП по определению. И это были не просто слова.

Вообще-то фирмы, проектирующие ИС, особенно сложные, типа микропроцессоров, обречены на разработку устройств, в которых ИС применяются, например ЭВМ, либо иметь соответствующих партнёров. Это необходимо, во-первых, для отработки и подтверждения правильности проекта ИС, во-вторых, для создания их первичного рынка. Но для этого не требуется организации собственного массового производства аппаратуры, а постановлением о создании ЦМ такие проекты полагалось передавать на серийные заводы страны. И фирма Intel, выпуская ЭВМ, не конкурировала с ИВМ.

Но МЭП начал конкурировать с Минрадиопромом и Минприбором на их полях —

персональных ЭВМ 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: десятки НИИ, КБ и заводов, создававших и тиражировавших МСВТ, видеотехнику, бытовую электронную аппаратуру. На их создание работал весь МЭП. Откуда же брались необходимые для этого интеллект, людские, материальные и финансовые ресурсы? Естественно, за счёт микроэлектроники. Ведь ресурсы министерства были ограничены, и их, как мы уже отмечали, остро не доставало для развития необходимых мощностей серийного производства микросхем.

Вот пример. В 1983 году в НИИТТ началась работа над динамическим ОЗУ ёмкостью 1М бит. По тем временам – огромный прорыв и огромный потенциальный рынок. ИС была разработана, изготовлены образцы. Однако выпускать её с экономически оправданным процентом выхода годных было не на чем — для её производства требовалась технология уровня 1 мкм, но имеющиеся на Ангстреме чистые помещения и оборудование такой точности тогда не обеспечивали. Вот как вспоминает об этом директор НИИТТ и завода “Ангстрем” в 1981–1987 годы А.Т. Яковлев: *“Возникшие в 1983 г. опасения за темпы развития ... вылились в обращение, которое было направлено первому заместителю министра МЭП. ... Однако руководству МЭП-а потребовалось пять лет, чтобы прийти к решению о строительстве нового завода. В 1988 г. строительство началось. Оно затянулось на много лет”* [43].

Таким образом, на своевременно поставленный вопрос о необходимости создания принципиально нового производства с микронными и субмикронными топологическими нормами руководство министерства не отреагировало — не хватало средств. А.Т. Яковлев: *“К сожалению, в то время было принято решение в первую очередь построить такой завод в Минске. Туда были направлены основные средства. Считалось, что «Ангстрем зазнался». Но на Интеграле ничего не получилось. Время показало, что там не было того потенциала и научного прорыва, какие были на Ангстреме”* [43]. Но в это же время в Зеленограде строились непрофильные для МЭП-а серийные заводы – “Квант” для персональных ЭВМ и “Элакс” для накопителей на магнитных дисках. Причём Квант разместили *“на площадях строящегося завода “Микрон”, где первоначально планировалось производство эпитаксиальных пластин”* [35], а Элакс 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 дало, а имеющиеся в Минэлектронпроме использовались на непрофильные нужды. Аналогичная ситуация была в Воронеже (там был построен завод ЭВМ “Процессор”). В других регионах строились заводы для производства: компьютеров, матричных, струйных и термопринтеров; внешних ЗУ на гибких и жёстких дисках, на магнитных лентах; видеомониторов на электронных трубках и различных матричных экранах; графопостроителей, дигитайзеров, клавиатур и других устройств вычислительной техники. В результате оптимальный момент для перевооружения отрасли был упущен, что и привело к неуклонному, все возрастающему отставанию. А начатое в 1988 году совместно с германской фирмой Meissner&Wurst строительство в Зеленограде нового производственного корпуса, ориентированного на субмикронные технологии, затянулось – опять же из-за дефицита средств. Между тем *“немцы брались построить завод “под ключ” за три года”* [43]. В конце концов, в 1991 г. его основной корпус 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 МЭПе аппаратостроения, наряду с другими выше указанными причинами, сыграло резко негативную роль в судьбе отечественной микроэлектроники. Автору, отдавшему многие годы развитию вычислительной техники именно в Минэлектронпроме (в качестве координатора разработок микропроцессоров и МСВТ в Минэлектронпроме и со смежными отраслями и члена, а затем зам. председателя отраслевого совета главных конструкторов МСВТ) нелегко было смириться с таким выводом — выходит, что многие годы проработал “во вред”. Но, учитывая огромные масштабы работ по МСВТ и другой аппаратурной тематике в Минэлектронпроме при остром дефиците ресурсов на развитие микроэлектроники, такой вывод представляется очевидным.

Но ещё более мощный удар по отечественной микроэлектронике нанесли реформы в стране в 1990-е годы.

С большими потерями российская микроэлектроника все же выстояла и в настоящее время постепенно восстанавливается. Но о восстановлении необходимой стране полной инфраструктуры микроэлектроники, обеспечивающей её и страны независимость от произвола Госдепа США, даже речи нет.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ

В результате реформ наша страна получила открытый доступ к рынку потребительской и промышленной микроэлектронике и вычислительной техники. Естественно, со всеми особенностями рыночной экономики. За своё место на рынке нужно бороться, но такова теперь жизнь и у нас. Технологически конкурировать на рынке производства такой микроэлектроники мы сейчас не можем, да и острой необходимости в этом пока нет. Современные полупроводниковые производства с субмикронными и нано-микронными топологическими нормами очень дороги (десятки миллиардов долларов), их в мире очень мало, а их производительность такова, что много их и не нужно. Строить их в России на данном этапе её развития нет никакой необходимости, да и не позволят – технологическое оборудование для полупроводникового производства новейших уровней технологии в Россию никто не поставит, Госдепартамент США не позволит (вот они «закрытые друзья»). Но любые БИС потребительского или промышленного применения можно купить по рыночным ценам или производить по своим проектам на зарубежных фабриках. И то, и другое делается многими фирмами России, разрабатываемыми на основе покупных или заказанных микросхем свои вычислительные и управляющие системы самых различных уровней сложности. Таких фирм в стране много, но описание их – не тема настоящей статьи.

Но в специальной, военной технике мало что изменилось – Госдеп США строго лицензирует их поставки России. Если мы хотим сохранить свою страну, мы должны все необходимое для стратегически значимых систем (СЗС) делать сами. Иначе, в случае конфликта с бывшими «закрытыми врагами», а ныне с «закрытыми друзьями» (что практически одно и то же) наши СЗС могут начать вытворять все что угодно, но не то, что нужно. С учётом этих обстоятельств и должно происходить в России развитие отечественных микроэлектроники и вычислительной техники. К сожалению это далеко не так.

Необходимость обеспечения национальной безопасности требует в СЗС использовать вычислительную технику, гарантированную от встроенных аппаратных и программных диверсионных закладок. И иметь гарантированные поставки в течение длительного срока (специальная техника от короткоживущей потребительской и промышленной отличается в разы более длительными сроками существования, по 10 лет и более). Обеспечить эти гарантии можно только имея полный контроль над созданием средств вычислительной техники и микроэлектроники. Значит, их разработки можно проводить только в нашей стране под жёстким контролем приёмки Генерального заказчика.

В 1900-2000 годы мы крупно подразвалили всю свою науку и технику и были вынуждены импортировать для новых СЗС электронику промышленного назначения. Они стоят сейчас почти повсюду: у военных, банкиров, в правительстве, в транспортных системах, в коммуникациях и т.п. И никто не может гарантировать отсутствие в них диверсионных закладок. Скорее можно гарантировать их наличие, поскольку всякая возможность человеком, как правило, используется, тем более американцами. Вся история США убеждает в этом. Но у нас об этой опасности предпочитают громко не говорить, только шёпотом. В последние годы все же лёд тронулся, задача импотрозамещения в СЗС постепенно обостряется и предприняты некоторые меры к решению проблемы. Но как-то бессистемно. Но вернёмся к Зеленограду.

Специальной вычислительной техникой в Зеленограде занимались НИИИЦ с Квантом и НПО «Элас» с заводом «Компонент», в основном это были бортовые сбое- и отказоустойчивые необслуживаемые вычислительные и управляющие системы космического, авиационного, морского и наземного мобильного применения. Эти направления, пережив лихие 1990-е годы, сохранились и в настоящее время восстановили и укрепили свои позиции.

Разработкой и производством основных БИС микропроцессоров, периферийных контроллеров и памяти в Зеленограде занимались НИИТТ с Ангстремом и НИИ МЭ с Микроном. Они тоже пережили годы реформ и даже существенно развились в эти лихие годы, в основном за счёт экспорта, существенно потеснив мировых гигантов на рынке микросхем для часов, микрокалькуляторов, электронных игр, сотовых телефонов и т.п. Войдя в реформы с уровнем технологии в 1,0 – 1,5 микрона, сейчас они владеют субмикронными технологиями уровня до 65 нм. А Национальный исследовательский университет «МИЭТ» продолжает выпускать специалистов для микроэлектроники

и приборостроения. Это хорошо, но не это главное. В Зеленограде, за счёт выделения групп специалистов из НИИТТ, НИИМЭ и Эласа образовалось ряд фирм среднего бизнеса, разрабатывающих однокристалльные средства вычислительной техники на самом современном уровне в режиме Fabless (без фабрики), с организацией серийного производства на передовых зарубежных фабриках.

Это стало возможным в соответствие с современным уровнем развития микроэлектроники. Оно приходит к тому, что всего несколько полупроводниковых фабрик будут обеспечивать всю мировую потребность в микросхемах. И любой имеет возможность заказать на такой фабрике изготовление разработанных им микросхем. Процесс создания ИС, ранее сосредоточенный в одной фирме, ныне разинтегрировался, распался на два этапа у двух исполнителей:

- Front-End этап (проектирование архитектуры, структуры, схемотехники, логической модели, проверочных тестов и т.п.) осуществляется заказчиком, Fabless (без фабрики) фирмой. Проектирование ведется по правилам, представляемым планируемой фабрикой-изготовителем.

- Back-End этап (технология, топология, конструкция ИС) осуществляется фабрикой-изготовителем.

Вот разработкой Front-End проектов в интересах отечественных потребителей и занимаются зеленоградские (и не только, в стране их множество) Fabless дизайн-центры. Так же работают, при необходимости создания БИС по технологии, отсутствующей на своём заводе, и дизайн-центры Ангстрема и Микрона.

Рассмотрим предельно кратко, какими ресурсами располагает сегодня зеленоградская электроника.

Характерной особенностью Зеленограда является то, что для повышения эффективности предприятий электроники (и иного бизнеса) в городе созданы специальные структуры, в т.ч.:

1. Особая экономическая зона «Зеленоград»,
2. Корпорация развития Зеленограда,
3. Зеленоградский инновационно-технологический центр (ЗИТЦ),
4. Зеленоградский нанотехнологический центр (ЗНТЦ),
5. Технопарк «Зеленоград»,
6. Специализированная территория малого предпринимательства,
7. Бизнес-инкубатор,
8. Центр развития предпринимательства,
9. Инновационный территориальный кластер (ИТК) «Зеленоград».

Не уверен, что в данном случае "количество переходит в качество" но что есть, то есть.

Из этого множества остановимся на Инновационном территориальном кластере «Зеленоград».

ИТК «Зеленоград»

Созданный в 2012 г. Инновационный территориальный кластер (ИТК) «Зеленоград» – обособленная научно-индустриальная площадка Москвы со специализацией в области микроэлектроники и высокотехнологичного бизнеса. ИТК «Зеленоград» включает в себя более 170 научно-исследовательских институтов, промышленных предприятий сферы информационных технологий, приборостроения, микро – и наноэлектроники, а также их обеспечивающих (материалы, оборудование и др.) и образовательных учреждений. Организации и предприятия кластера работают в секторах приборов и оборудования промышленного применения, развивают компетенции и активно выходят на рынки медицинской техники, IT 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 старт-апов 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.

Подробнее с НТК "Зеленоград" можно познакомиться на его сайте <http://www.technounity.ru/>., а с его участниками (напомним, их более 170 и описать их в одной статье невозможно) в его Каталоге предприятий, продукции и услуг <http://www.technounity.ru/upload/icon/КАТАЛОГ%20РУС%202017.pdf>. Там же указаны сайты предприятий.

Сегодняшняя ситуация в зеленоградской электронике соответствует ситуации в электронике¹⁹ России, где также работает масса и сохранившихся советских, и образованных вновь коллективов, создающих различные изделия электроники.

Уникальность Зеленограда в том, что в нём, как и ранее, на основе сформированных десятилетиями заделов и традиций, сохранилась и развивается наиболее высокая плотность концентрации научного потенциала в электронике.

Зеленоград как был, так и остаётся инновационным центром отечественной микроэлектроники. Активно работающим на обеспечение её развития для обеспечения экономики и обороноспособности страны, её стратегически значимых систем.

ЧТО ДАЛЬШЕ?

Необходимость обеспечения национальной безопасности требует в СЗС использовать микроэлектронику и вычислительную технику, гарантированную от встроенных аппаратных и программных диверсионных закладок. И иметь 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 должно проводить только в нашей стране под жёстким контролем приёмки Генерального заказчика. В связи с этим задача стоит 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.

Сейчас, как и ранее, в стране имеются серьёзные разработки разнообразных стратегически значимых систем. Но построены многие из них на импортируемых изделиях микроэлектроники. Это очень опасно по многим причинам, главных из них:

1. Зарубежные поставки, при всей их оперативности и привлекательности, могут и подвести. Либо фирма производитель решит прекратить производство применённых изделий, либо, в результате политических решений, поставки определённых категорий изделий микроэлектроники в Россию могут быть запрещены. Получение изделий категории "милитари", т.е. с расширенным диапазоном стойкости к воздействиям внешних факторов (температура, удары, радиации и т.п.) всегда было и всегда будет проблематично.

2. Применение импортируемых изделий исключает возможность интегральной реализации прогрессивных оригинальных отечественных структурных решений построения электронной аппаратуры (а они у нас имеются), т.е. обрекает отечественную промышленность на запрограммированное отставание и зависимость от зарубежного технического уровня, а науку – на застой и разрушение.

3. Современные изделия микроэлектроники содержат миллионы элементов. Это обеспечивают возможность введения в них различных диверсионных закладок, обнаружить которые весьма сложно и очень дорого, а практически невозможно. Такие закладки могут годами спать и не влиять на работу системы. Но в нужный кому-то момент они могут быть включены и полностью дезорганизовать работу стратегически важных систем. Поэтому в таких системах следует применять только изделия микроэлектроники, процесс создания и производства которых можно контролировать, т.е. отечественные.

Следовательно, все стратегически и экономически важные системы должны быть изготовлены на основе отечественных изделий микроэлектроники и наноэлектроники. И это

¹⁹ Кстати, давно пора отказаться от терминологического реликта советских времён, где электроника понималась (и до сих пор в Минпромторге понимается) как подмножество радиоэлектроники. По логике и международному опыту наоборот, радиоэлектроника - подмножество электроники. Наряду с радиолокацией, вычислительной техникой, микроэлектроникой, потребительской электроникой, системами управления и т.п.

вполне возможно.

Интеллектуальный потенциал отечественной микроэлектроники в ходе реформ, как мы уже отмечали, пострадал существенно меньше, чем производственный. Конечно, были большие кадровые потери за счёт выезда специалистов в зарубежные фирмы или их переквалификации. Но ядра большинства дизайнерских коллективов сохранились. А зарубежные фирмы быстро оценили уровень наших дизайнеров и поняли, что дешевле их не вывозить в свои страны, где оплата труда высокая, а использовать в России. Российские ВУЗы продолжают выпускать молодых инженеров электронного профиля. В этих условиях даже крупнейшие зарубежные микроэлектронные фирмы (Intel, Freescale и др.) предпочли создавать свои или совместные дизайн-центры по проектированию ИС в России и число их неуклонно растёт.

В микроэлектронном производстве также намечаются положительные сдвиги. В настоящее время преград для приобретения Россией современных технологий и оборудования стало заметно меньше, сейчас главная проблема – инвестиции. В этих условиях лидеры российской микроэлектроники Ангстрем и Микрон заняты созданием принципиально новых высокопроизводительных производств. Это, конечно, не пик мирового уровня, но уже заметный прогресс. Для первого шага восстановления отечественной микроэлектроники вполне достаточный.

Значительно хуже ситуация с обеспечивающими производствами. Ранее мощное материаловедение, обеспечивавшее полупроводниковое производство особочистыми материалами, в т.ч. пластинами монокремния, почти разрушено. Аналогичная ситуация и в специальном машиностроении – современного спецтехнологического и контрольно-измерительного оборудования в стране практически не производится. Зеленоградский завод Элион, ранее ведущий в микроэлектронном спецмашиностроении, сейчас Опытно-экспериментальный центр НИИДАР-а, т.е. занимается радиолокационными станциями. Для обеспечения стратегической безопасности России необходимо развивать свои материаловедение и специальное машиностроение, как это делалось в 1960-е годы.

А дальше Российской Федерации, чтобы гарантировать своё существование в качестве Великой державы, нужно строить свою самодостаточную независимую специальную микроэлектронику. Для этого требуется сделать шаг, аналогичный сделанному в 1962 г. А.И. Шокиным и Н.С. Хрущёвым. Из которых А.И. Шокин "со товарищи" понял проблему, подготовил предложение по её решению и убедил Н.С. Хрущёва в необходимости её решения.

С современным эквивалентом Н.С. Хрущёва проблемы, вроде, нет. Есть такой человек, который способен понимать и оценивать проблемы и, при необходимости, принимать радикальные решения. Но кто-то, как тогда А.И. Шокин "со товарищи", должен подготовить ему соответствующие материалы.

А вот с этим и проблема – не вижу я современного "Шокина". И "сотоварищей".

Но не может быть, чтобы их в России не было! Но без "Шокина" они не соберутся.

Явно их нет в Минпромторге РФ. Микроэлектроника – это, прежде всего технология, а людей глубоко понимающих эту технологию там вообще, похоже, нет.

В советское время был анекдот:

"Встречаются два друга:

– Чем занимаешься?

– Науку в бок толкаю.

– Как это?

*– Вперёд – ума не хватает,
назад – начальство не даёт".*

Нынешний Минпромторг микроэлектронику "в бок толкает".

ОБ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ЭЛЕКТРОНИКЕ, ИЛИ О ПИРОГИ ПЕКУЩИХ САПОЖНИКАХ

В подтверждение приведу последнюю из трёх статей по проблемам микроэлектроники, опубликованных мною в распространяемом в высших властных и деловых структурах страны "Информационно-аналитическом издании "Советник Президента" (рис. 128), Президента РФ [44]. Привожу полную авторскую версию, не вписавшуюся в формат издания.



Борис МАЛАШЕВИЧ,
советник президента ГК «Синэрджента»

ОБ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ЭЛЕКТРОНИКЕ, ИЛИ О ПЕКУЩИХ ПИРОГИ САПОЖНИКАХ

К такому выводу я пришёл на основе личного опыта формирования и координации реализации шести пятилетних отраслевых Комплексно-целевых программ (КЦП) развития микропроцессоров и компьютеров в Министерстве электронной промышленности СССР.

На сайте Минпромторга России опубликован приказ № 662 от 31 апреля 2015 г. «Об утверждении отраслевого плана мероприятий по импортозамещению в радиоэлектронной промышленности РФ». Ознакомление с планом мероприятий обескураживает своей несостоятельностью.

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 организациях. Не владеет тонкостями «клов лав» («знаю» «как») руководимых производств, «эффективные менеджеры» управление технологическими процессами подменяют управлением денежными потоками, часто становясь «эффективными разрушителями». Беда в том, что они искренне считают, что овладев специальными терминами и поверхностными представлениями об отрасли, они могут эффективно управлять делом.

начинала 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 «эффективные менеджеры» – катастрофична. Радиоэлектроника все 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.

Аналитика

Рис. 128. Фрагмент статьи в Информационно-аналитическом издании "Советник Президента"

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.

Обескураживает своей полной несостоятельностью. К такому выводу я пришёл на основе многолетнего личного опыта формирования и координации реализации документов подобного типа - 5-летних отраслевых Комплексно-целевых программ (КЦП) развития микропроцессоров (четыре КЦП МП на 20 лет) и вычислительной техники (две КЦП МСВТ на 10 лет) в Минэлектронпроме (МЭП) СССР.

Анализ Плана я буду проводить на основе его сравнения с КЦП, поскольку решаемые ими задачи аналогичны. Такое сравнение целесообразно, поскольку эффективность системы планирования разработок в МЭП была высокой. В частности, отечественная микроэлектроника в дореформенный период уверенно входила в тройку мировых лидеров, её технический уровень в целом соответствовал мировому уровню, иногда превосходя его. Так, первым в мире изделием потребительской микроэлектроники в 1964 г. был зеленоградский радиоприёмник «Микро». Первые в мире микрокалькуляторы (японский ML-805 и наш БЗ-04) вышли в 1973 г. с разницей в полгода. Оперативную память 64К бит ф. Intel и Ангстрем выпустили в 1979 г. почти одновременно. Наш 16-разрядный однокристалльный микроконтроллер К1801ВЕ1 (1979 г.) по совокупности характеристик был лучшим в мире. А «Электроника МК-85» (1985 г.) был первым в мире карманным ПК с 16-разрядным процессором ...

Так что не верьте тем из современных некомпетентных или недобросовестных политиков и публицистов, которые твердят о вечной отсталости дореформенной отечественной микроэлектроники – она была на уровне. В чем она действительно отставала – так в объёмах производства. Хватало её только для военных применений, частично для промышленности. Но это результат политики не отрасли, а государства, не обеспечивавшего средств на достаточное тиражирование производственных мощностей. Необходимые материалы, технологии и оборудования были, но в недостаточном количестве.

Анализ вызвал вопрос о причинах обескураживающе неудовлетворительного качества Плана. Или Планов? Ведь он не мог быть утверждён без согласования, хотя бы в рабочем порядке, с вышестоящими организациями, т.е. он обязательно рассматривался в органах Правительства РФ, Совета безопасности, аппарата Президента ... И ни у кого не вызвал вопросов, всех удовлетворил. Иначе он не был бы утверждён. Значит он типичен в России!? Следовательно, причина его появления носит общесистемный характер. Значит, в существующих условиях авторы Плана принципиально не могли сделать что-либо радикально лучше полученного. Как покажем далее, дееспособные инфраструктуры для формирования качественных программ развития в ходе реформ были

разрушены без создания эффективной замены им. Не это ли одна из главных проблем развития России?!

Вывод о системном характере проблемы побудил рассмотреть и Федеральную целевую программу "Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники" (ЭКБ и РЭ) на 2008 - 2015 годы (утв. постановлением Правительства РФ от 26 ноября 2007 г. N 809). Вывод подтвердился.

Для обоснования этого вывода рассмотрим основные недостатки обоих 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, разрабатывалась научно-техническая концепция и комплекс мероприятий по её реализации. Как основной продукции, так и обеспечивающих направлений (технологии, оборудование, материалы ...). Формировались оптимизированные функционально-параметрические ряды унифицированных изделий, обеспечивающие полное удовлетворение задач при минимизации затрат средств и времени на реализацию КЦП ... За пояснительной запиской следовал перечень конкретных разработок по проведению исследований и созданию конкретных изделий с указанием их названий, параметров, исполнителей, заказчиков, сроков и стоимости разработок и других необходимых для достижения целей исходных данных.

Что же мы видим в Плане?

Пояснительной записки нет вообще. Что не позволяет понять позицию и критерии авторов Плана при его формировании. Лишь в заголовке сформулирована цель плана – «импортозамещение в Радиоэлектронной промышленности». Но радиоэлектроника отрасль весьма разноплановая и по видам изделий, и по сферам применения. Очевидно, необходимо было определить, что же из множества её продукции подлежит импортозамещению, где оно принципиально важно и перво-степенно, где можно подождать, а где им вообще не нужно заниматься, довольствуясь международной кооперацией. Представляется очевидным, что в первую очередь импортозамещение необходимо в стратегически значимых системах (СЗС), определяющих уровень развития и безопасности страны. Но и среди них есть разные приоритеты важности и срочности. Содержание Плана свидетельствует об отсутствии такого анализа.

Следовало бы проанализировать и само понятие «импортозамещение» применительно к радиоэлектронике. Прямое импортозамещение применимо, в основном, для конечного продукта, поступающего потребителю: для продуктов питания, для потребительской электроники, для автомобилей и т.п. Но оно во многих случаях практически неприменимо для комплектующих изделий, используемых при производстве других более сложных изделий. В частности, неприменимо импортозамещение для электронной компонентной базы радиоэлектроники (ЭКБ), а в Плане этих ЭКБ – более 35%, плюс комплектующие на уровне устройств.

Неприменимо и по экономическим причинам, и из соображений целесообразности. Действительно, чтобы заменить импортный микропроцессор на плате электронного устройства нужно иметь его отечественный взаимозаменяемый аналог. Но в мире нет межфирменной унификации микропроцессоров, как и многих других приборов ЭКБ, у каждой фирмы они свои, функционально и параметрически близкие, но не взаимозаменяемые. А российские разработчики за последние 25 лет применяли самые разнообразные микропроцессоры и другие ЭКБ. Для прямого их импортозамещения в серийно выпускаемых устройствах нужно повторить разработки и освоение в производстве всех их аналогов, что непосильно для любой экономики. Да и не нужно. Нужно сформировать свои современные оптимизированные функционально полные параметрические ряды унифицированных ЭКБ и на их основе строить всю отечественную радиоэлектронику, как это было до реформ. Поэтому понятие «импортозамещение» применительно к ЭКБ и многим другим комплектующим изделиям в серийно выпускаемой продукции в большинстве случаев бессмысленно. В этой ситуации возможно два выхода: либо смириться с применением в какой-то аппаратуре импортируемой ЭКБ, либо перепроектировать аппаратуру на основе отечественной ЭКБ. Значит нужно чётко и однозначно определить, что из производимой радиоэлектроники можно оставить в покое (не ставить задачи импортозамещения), а что перепроектировать. Для перепроектируемой и вновь создаваемой аппаратуры понятие «импортозамещение» теряет смысл, здесь более уместно понятие «импортоисключение». А для его реализации необходима КЦП по созданию оптимальной современной номенклатуры унифицированной ЭКБ на основе функционально-параметрических рядов. Это, на мой взгляд, и должно быть главной задачей Плана, и именно этого в нем абсолютно

нет.

Сам План выполнен в виде таблицы, содержащей 8 граф из которых только одна «Продукт, технология» что-то (но явно недостаточно) говорит о содержании работы. Информация об исполнителе, объёме и источниках финансирования, технических характеристиках, конкретных сроках и этапах разработки и т.п. формой не предусмотрена. Т.е. понять, что конкретно, кем, для кого и когда планируется создавать невозможно. Нет такой информации в Плане.

План включает 534 работы, каждая из которых отнесена к одной из 30 группировок, указываемых в графе с неподходящим наименованием «Технологические направления». Группировки эти бессистемно рассеяны по таблице и фактически не несут никакой информации. Группировки разномасштабны, а некоторые и вовсе непонятны, например «Базовые станции» или «Информация уточняется» (поз. 517). В графе «Максимальная плановая доля импорта к 2020 г.» привлекает внимание два типовых ответа: «Нет данных» (18 позиций) и «Информация уточняется экспертным органом» (226 позиций). Таким образом, по 244 позициям Плана из 534 (45,7 %) цель фактически не поставлена!?

В Плане незаметно следов попытки унификации номенклатуры изделий. Например, явно избыточно количества микропроцессоров (24 работы по созданию микропроцессоров или линеек микропроцессоров). Присутствуют и работы по созданию изделий, не требующих импортозамещения, например, для видеодомофонов (поз. 86-88).

Многие работы абсолютно неконкретны, например: лазеры (402), матрицы (403), усилители мощности (502), аттенюаторы (504), переключатели (505), преобразователи частот (506) и т.п.

И уж совсем непонятно наличие в Плане работ, противоречащих его задаче – расширяющих «импортоприменение», бороться с которым План призван. Так в поз. 110, 113, 116, 118, 122, 124, 126-128 предусмотрено создание коммуникационного оборудования «на базе иностранной ЭКБ». А в поз 215 и 216 предусмотрено создание линеек сетевых микропроцессоров с топологиями 16 нм. и 10 нм соответственно, производство которых возможно только на зарубежных фабриках, т.е. импорт.

Этим ограничим анализ Плана, поскольку задача статьи не его доскональный разбор, а желание понять причины появления такого обескураживающего Плана.

Посмотрим на Федеральную целевую программу 2008 – 2015 гг. В отличие от Плана ФЦП документ существенно серьёзнее и по форме, и по содержанию. Наверное потому, что создан был на 6-7 лет ранее, когда прежде действовавшие традиции и инфраструктуры создания таких документов были менее разрушены, об этом далее. Но и в ФЦП есть ряд принципиальных недостатков системного характера:

- Нет классификации ЭКБ и РЭ, соответственно нет и комплексности в планировании их развития. В ФЦП представлены лишь отдельные классы ЭКБ и РЭ.
- Полностью отсутствует анализ и прогноз развития ЭКБ и РЭ в стране и за рубежом. Соответственно не сформулированы конкретные задачи по техническому уровню ЭКБ и РЭ на планируемый период.
- Не проанализированы ЭКБ и РЭ с позиции их роли и места в создании стратегически значимых систем. Соответственно не определено, какие ЭКБ и РЭ обязательно должны выпускаться отечественной промышленностью, выпуск каких можно допускать на зарубежных фабриках по российским проектам (программа такой режим не предусматривает), а какие в планируемые ФЦП сроки следует импортировать (например, средствам, выделенным на цифровое телевидение, радиовещание, мультимедиа и т.п. можно было найти более важное для страны применение).
- Нет анализа требований к ЭКБ от разных классов РЭ и их потребителей. Соответственно не разработаны требования к унификации ЭКБ, её классификация по этим требованиям. Не сформированы современные функционально-параметрические ряды унифицированных ЭКБ, требования к их составу и характеристикам.
- Не учтена специфика полупроводниковых производств изделий микроэлектроники разного назначения:
 - Массовая микроэлектроника (в основном потребительская и индустриальная) производится на мощных высокопроизводительных монопрофильных и монотехнологических фабриках с фиксированным или маловариантным технологическим маршрутом и с наивысшим уровнем технологии. Такие фабрики очень сложны и очень дороги. Их в мире мало (производительность их столь высока, что много не требуется), работают они, как правило, а режиме «кремниевая мастерская», производя изделия по проектам заказчиков. России заниматься созданием таких фабрик в

обозримом будущем экономически не по силам, да и не нужно, достаточно пользоваться международной кооперацией с покупкой изделий, либо с производством там своих разработок.

○ Специальная микроэлектроника отличается более широкой номенклатурой изделий, более разнообразными условиями их применения и, соответственно, более широким спектром применяемых технологий. Но и существенно меньшей потребностью в каждом изделии. Для их изготовления применяются многопрофильные мультитехнологичные производства с перестраиваемыми многовариантными технологическими маршрутами и с относительно невысокими топологическими нормами (0,35 – 0,06 мкм), определяемыми необходимостью повышенной радиационной стойкости. В результате фабрики получаются относительно недорогие, их создание вполне по-силе для России. Но в ФЦП нет анализа необходимых для России технологий и мощностей производств. Соответственно в ней имеется как излишества, так и неопределённости. Так из запланированного программой создания явно избыточного количества (35) микроэлектронных и микромеханических базовых технологий (технологические маршруты которых имеют много общих технологических процессов и могут совмещаться в одном производстве), для 17 предусмотрено создание технологических линий не заданной мощности, а для 18 технологические линии без пояснений не указаны, т.е. где будут поставлены новые технологии непонятно. Поскольку характер всех этих линий не указан, а взаимосвязи их в Плане не видно, логично полагать их специальную структуру для каждой базовой технологии. В этих условиях типов технологических линий оказывается неоправданно много при ожидаемой недостаточной загрузке для многих.

Это только некоторые из недостатков ФЦП, подтверждающие системный характер проблем управления развитием отечественной радиоэлектроники. И План, и ФЦП отличаются фрагментарным характером, в них отсутствует комплексный подход к решению проблемы в целом. Возможно поэтому в наименовании этих документов отсутствует слово «комплексный», как это было в «Комплексно-целевых программах» МЭП.

Системные проблемы

Системных проблем²⁰, мешающих эффективному планированию развития отечественной промышленности, много. Остановлюсь на трёх мне понятных и, на мой взгляд, важнейших:

- техническая некомпетентность менеджмента,
- неумеренная коммерциализация промышленного производства и отраслевой науки,
- деградация системы управления отраслевой наукой и промышленностью.

Естественно, любое правило не без исключений и эти причины действуют далеко не повсеместно, но, к сожалению, достаточно широко, чтобы серьёзно тормозить развитие промышленности, и не только.

Техническая некомпетентность менеджмента

Под технической некомпетентностью менеджмента я понимаю массовое движение экономистов, юристов, социологов и представителей прочих неподходящих профессий на руководящие должности в научных и промышленных предприятиях, в отраслевых органах. В СМИ таких руководителей часто называют «эффективными менеджерами». Однако недаром широкую популярность получило понятие “know how” – «знаю как». Не владея тонкостями “знаю как” руководимых производств «эффективные менеджеры» управление техническими процессами подменяют управлением денежными потоками, направленным на достижение быстрого экономического эффекта. Без понимания технической сущности процессов они часто становятся «эффективными разрушителями». Таким более подходит название, данное сатириком М. Задорновым – «кое-какеры». Беда в том, что многие из «кое-какеров» искренне считают, что будучи, как им кажется, неплохими специалистами в своих профессиях, нахватавшись специальных терминов и получив какое-то поверхностное представление об отрасли, они могут эффективно управлять сложными научно-производственными комплексами. И такое заблуждение – общая болезнь властных и деловых структур России. Разрушительная болезнь.

В 1960-х годах подобной болезнью переболели США – во главе многих промышленных фирм «эффективные менеджеры» вытеснили профессионалов. И эффективность фирм, как и у нас ныне, резко упала. Тогда американцы поняли очевидное (понимание очевидного часто опаздывает), что обучить менеджменту технических специалистов относительно легко, а «эффективных менеджеров» обучить технике практически невозможно. Пора бы и нам понять, что в промышленных

²⁰ Криминальные и коррупционные проблемы в статье не рассматриваются.

сферах руководящие должности, по определению, должны занимать, специалисты соответствующей отрасли, выросшие в этой отрасли, знающие её специфику, а, главное, её технологии, тонкости её “знаю как”.

Неумеренная коммерциализация

Под неумеренной коммерциализацией промышленного производства и отраслевой науки я понимаю фактическое возведение в Абсолют требования быстрой доходности и минимизации затрат в любой деятельности при определённом пренебрежении к качеству выполнения работ. Например, при проведении конкурсов на разработки часто выбирается не лучший проект высококвалифицированного, обладающего требуемыми ресурсами исполнителя, а самый дешёвый или самый быстрый. Разрушительную роль играют и, так называемые, «оптимизации», которые практически сводятся к минимизации затрат (без анализа отдалённых, а часто и ближайших последствий) и повышения производительности труда персонала (без учёта влияния на качество труда). С бездумным сокращением персонала, с перекладыванием его объёма работ на оставшихся без оценки возможности его качественного выполнения. А зачастую, с ликвидацией технологически необходимых этапов работ, на чем мы ещё остановимся.

Неумеренная коммерциализация особенно пагубна именно в радиоэлектронике, как базовой отрасли с высочайшей наукоёмностью, от уровня развития которой зависит уровень развития многих других отраслей, экономики и безопасности страны в целом. Поэтому в оценку эффективности радиоэлектроники должны входить не только её собственные технико-экономические показатели, но и её влияние на улучшение таких показателей других отраслей.

Деградация системы

Под деградацией системы управления отраслевой наукой и промышленностью я понимаю уничтожение или искажение (без достойной замены) в ходе реформ ряда этапов формирования и обеспечения реализации программ развития и соответствующих им аналитически-координационных структур. В результате эффективность этих программ гораздо ниже необходимой. А создаваемые институты тоже недостаточно эффективны (что естественно – болезнь роста, а преемственность с прошлым опытом нарушена).

Иллюстрация

Влияние этих причин проиллюстрирую на примере хорошо мне известных крупнейших отечественных предприятий микроэлектроники, зеленоградских Микрона и Ангстрема. Которые, благодаря технически грамотному управлению, не только выжили в ходе реформ и кризисов в стране, но и развили в лихие 1990-е годы свои производства, вышли на внешний рынок и 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 технологическую специфику, и специфику рынка своей продукции. В результате Микрон поступательно развивается, осваивает новые технологии и виды продукции. Естественно, не без проблем, но специалисты понимают, как их решать, и решают.

А Ангстрему, как говорят в народе, «с барином не повезло». Его собственники (сначала один, потом другой) вели себя явно неадекватно. Сначала, желая поставить своих людей, вынудили в конце 2003 г. высокопрофессионального руководителя В.Л. Дшхуняна уйти с предприятия. Однако новое руководство с задачей не справилось. Началась кадровая чехарда, частые смены руководителей, как правило, из кое-какеров (каждый с аналогичной командой), быстро превративших прибыльное предприятие в убыточное. В результате в 2007 г. собственник был вынужден опять пригласить В.Л. Дшхуняна, который восстановил прибыльность предприятия. А затем опять началась чехарда смены управляющих команд. За период с декабря 2003 г. в Ангстреме сменилось 11 руководителей, каждый со своей командой. Без учёта второго периода эффективной работы В.Л. Дшхуняна, получается 10 руководителей за 9,5 лет (в основном кое-какеры), средний «срок жизни» руководителя и его команды - 11,4 месяца. И каждый начинал со своих разрушительных преобразований, неадекватность которых приводила к новым назначениям. Результат очевиден - Ангстрем опять в долгах. От банкротства его спасли только санкции Барака Обамы²¹, т.к. Ангстрем –

²¹ Б. Обаму следовало бы представлять к награждению российским орденом Почёта за то, что своей политикой санкций он вынудил наши власти заниматься тем, чем они должны были заниматься изначально – развитием собственных науки и производства. К сожалению, пока не очень эффективно.

основной в стране производитель так ныне востребованной специальной микроэлектроники, всегда работавший и работающий на импортоисключение микроэлектроники в стратегически значимых системах.

В целом в радиоэлектронике (и не только) ситуация аналогична – где руководят специалисты ситуация лучше, где кое-камеры – катастрофична. Радиоэлектроника все 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, но их становится все меньше и нейтрализовать разрушительную деятельность агрессивных кое-камеров им все труднее. Поэтому темпы развития отечественной радиоэлектроники явно не соответствуют потребностям страны, и План в обеспечении этих потребностей не поможет.

Что же делать

Есть уместная здесь поговорка: «Все новое – забытое старое». Поэтому предлагаю вспомнить положительный опыт прошлых лет в части развития микроэлектроники.

Главными в планировании создания новой продукции в микроэлектронике были КЦП - конкретные и понятные долговременные технические планы, о них кратко я уже сказал. Для формирования и обеспечения реализации КЦП существовала специальная инфраструктура (подобных которым, насколько я понимаю, сейчас в стране нет – они ликвидированы кое-какерами в ходе «оптимизаций»):

- Во главе стояло Главное научно-техническое управление МЭП (ГНТУ), определяющее и обеспечивающее реализацию технической политики в отрасли по всем её направлениям. Это десятка три (в микроэлектронике – 3÷5) высококвалифицированных специалистов, приглашённых из соответствующих предприятий.

- Следующий уровень – головные предприятия по видам продукции. В микроэлектронике головным был зеленоградский НИИ Научный центр, в котором были небольшие группы по направлениям (включая обеспечивающие: технологии, материаловедение, спецоборудование, системы автоматизации и т.п.), всего 10-15 высококвалифицированных специалистов (также приглашённых из соответствующих предприятий).

- По видам продукции и по направлениям действовали Главные конструкторы направлений и Советы Главных конструкторов видов продукции в направлениях.

Все эти интеллектуальные ресурсы использовались при формировании и организации реализации технической политики отрасли. Основой этой политики были ежегодные анализы и прогнозы развития соответствующего направления в стране и за рубежом. На основе этих исследований примерно раз в 5 лет формировались соответствующие КЦП. Кроме того, для уточнения нужд потребителей ежегодно проводилась заявочная компания, в рамках которой ведомства готовили сводные заявки своих предприятий, подвергнутые отраслевой унификации. В головной организации МЭП эти заявки подвергались межотраслевой унификации на основе концепции развития и рассматривались на заключительном заседании с участием всех заинтересованных сторон. Принятые решения и работы из КЦП автоматически включались в годовые планы разработок и освоения в производстве отрасли.

Такова была созданная министром МЭП А.И. Шокиным система планирования новых разработок (в весьма кратком изложении), эффективно работавшая до ликвидации МЭП. В части микроэлектроники она требовала 10 - 15 человек в НИИИИЦ и 3 - 5 человек в ГНТУ. Т.е до 20 высококвалифицированных специалистов и небольшое количество помощников, фактически выполнявших роль аналитически-координационного центра, который, привлекая интеллект предприятий отрасли и иерархический институт Главных конструкторов, эффективно управляли созданием новой техники. Помимо этого, они же организовывали решение массы иных важных общепромышленных задач. Например, формирование функционально-параметрических рядов унифицированных ЭКБ с выпуском соответствующих стандартов, контроль выполнения требований унификации и планов развития согласованием технических заданий на разработки и технических условий на изделия, экспертизу правильности применения ЭКБ при необходимости и в конфликтных случаях и многое другое.

И вот эти аналитически-координационные центры были ликвидированы в ходе реформ, «оптимизаторы» сочли их содержание «излишними издержками» и «неэффективными расходами». В результате сэкономили копейки, потеряв эффективность системы, выдавшей, в частности, План создания неизвестно чего, неизвестно зачем, неизвестно когда, неизвестно кому. И похоже, что таких Планов в стране много.

Так стоило ли экономить мизерные затраты на содержание аналитически-координационных центров, малочисленных, не дорогих, но высокоэффективных? Безусловно нет! Без высококачественной аналитики и координации невозможно эффективное развитие как в любой отрасли, так и в стране в целом. На аналитике и координации экономить нельзя!!! Но мы сэкономили. Результат – см. выше.

Естественно, сейчас напрямую повторять описанную инфраструктуру и невозможно, и не нужно – условия иные. Но построить нечто подобное современное необходимо, используя и новые, и апробированные ранее полезные идеи. Это аналитически-координационные центры, институты головных подразделений, Главных конструкторов направлений и советов Главных конструкторов при них. Вернуть ряд выполнявшихся ими ныне упразднённых функций, ряд задач, решавшихся с пользой для дела в организациях Минобороны... Было бы полезным создание института независимых экспертных советов по отраслям и направлениям из высокопрофессиональных специалистов соответствующих отраслей. В т.ч. из числа неработающих пенсионеров – не использовать их интеллект и огромный опыт расточительно. Это позволит сосредоточить имеющийся интеллект на оптимальное решение задач развития отрасли, промышленности и страны в целом.

Итог

Мы рассмотрели лишь некоторые аспекты системной проблемы управления развитием промышленности и отраслевой науки в стране на примере радиоэлектроники. Но и из сказанного очевидна острая необходимость серьёзного реформирования этой системы. И не только в радиоэлектронике.

В России есть один всем известный и понятный 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 лишь сострадание к ним и страх за судьбу страны. Но как только во главе был поставлен системно мыслящий профессионал, положение радикально улучшилось, мир удивляется результатам – в России всегда умели быстро и эффективно работать, если для этого были условия.

На фоне такого примера остаётся непонятным, почему в руководство специализированных ведомств и фирм продолжают допускать кое-какеров? Зачем промышленность и торговлю объединили в одном министерстве, поставив во главе специалиста в социологии, экономике и юриспруденции? Промышленность России – создатель почти всего материального, нас окружающего. Она достойна, как минимум, отдельного министерства. Во главе со своим «Шокиным» или «Шойгу» из системно мыслящих профессионалов. Который, взяв все лучшее из прошлого и настоящего, создаст условия для эффективной работы, выведет отечественную промышленность (и радиоэлектронику) на уровень, достойный России, обеспечивающий развитие и безопасность страны, успешно конкурирующий в мире.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сборник «Страницы истории отечественных ИТ», том 5, М. Альпина, 2019, 224 с. [Страницы истории отечественных ИТ. Том 5. \(computer-museum.ru\)](#)
2. Изобретение интегральной схемы. [Изобретение интегральной схемы — Википедия \(wikipedia.org\)](#).
3. Список лауреатов Нобелевской премии по физике. / [Список лауреатов Нобелевской премии по физике — Википедия \(wikipedia.org\)](#)
4. Лента. Компания Texas Instruments чествует изобретателя, сделавшего своё открытие... в далёком 1958 году. // [Лента | Computerworld Россия | Издательство «Открытые системы» \(osp.ru\)](#).
5. Колосов А.А. Вопросы молекулярной электроники. М. КБ-1, Отдел научно-технической информации, 1960, 132с.
6. *Лаврентьев А.П.* “Все мы должны исполнять свой долг” (запись беседы корреспондента “Новой Зеленоградской газеты” с А. А. Колосовым) // Там же. , с. 32—35.
7. 60 лет НПО «Алмаз». Победы и перспективы. / М. ИФ «Унисерв», 2007, 560 с.
8. Ляхович Е.М. Я из времени первых. СПб. Скифия-принт, 2019, 312с.
9. Реймеров Л.И. Твёрдые логические переключающие схемы "НЕ-ИЛИ" на монокристаллах полупроводника // АС 163790 от 22.07.1964, заявка № 715095/26-24 от 8.03.1962.
10. *Осокин Ю.В., Михалович Д.Л., Кайдалов Ж.А. и Акменс Я.П.* Полупроводниковая твёрдая схема «НЕ-ИЛИ». // АС 248847 от 18.07.1969, заявка 1234531/26-9 от 12.04.1968.
11. *Малин Б.В.* "Место для Зеленограда выбрала Москва" // Зелёная ветвь Москвы. Зеленоград

- до 2003 года. Очерки, воспоминания, размышления, зарисовки. ООО «Зеленоградский полиграфический центр». Москва, Зеленоград, 2003. с. 64-66.
12. *Механцев К.*. Об одном полузабытом событии (К пятидесятилетию микроэлектроники) / *М. ЭНТБ*, № 7, 2009, с. 106-108.
 13. Алфёров Ж.И. «А.И. Шокин и отечественная электроника» // В сб. Очерки истории российской электроники. Вып. 2. Электронная промышленность СССР. 1961 – 1985. К 100-летию А.И. Шокина. М. Техносфера. 2009. с. 9 – 11.
 14. *Пролейко В.М.* Основные этапы истории отечественной полупроводниковой электроники. В сб. История отечественной электроники, том 1. М. ИД «Столичная энциклопедия», 2012, с. 392-398.
 15. А.А. Колосов: Источник научного творчества неиссякаем / [135_138.QXD \(electronics.ru\)](http://135_138.QXD(electronics.ru)), [Электроника НТБ - научно-технический журнал - Электроника НТБ - Источник научного творчества неиссякаем \(electronics.ru\)](http://ЭлектроникаНТБ-научно-техническийжурнал-ЭлектроникаНТБ-Источникнаучноготворчестваиссаякаем(electronics.ru))
 16. *Mark Kuchment*, "The American Connection to Soviet Microelectronics" // *Physics Today*, Sept. 1985, с. 44-47.
 17. *Шерстюк А.А.* Беседа с *А. Седуновым*. "Американо-советская драма Зеленограда" // Газете Зеленограда "41", № 65, 1993 г.
 18. *Сергеев В.С., Пивоваров А.В., Васенков А.А., Сretenский В.Н. и др. (20 человек)*. "Статья вызвала возмущение научной общественности" // Газете Зеленограда "41", № 10, 1994 г.
 19. *Федотов А.Я., Гуськов Г.Я., Бункин Б.В., Пивоваров А.В.* "Электронную промышленность создавали наши соотечественники", // Газете Зеленограда "41" же, №28, 2002 г.
 20. *Пролейко В.М.* "Вместо постскриптума" // там же, №28, 2002 г.
 21. *В. В. Пржиялковский, А. Н. Томилин, А. Д. Смирнов, Н. П. Брусенцов, Е. Н. Филинов, В. В. Липаев, Я. А. Хетагуров, Э. М. Пройдаков И. В. Дмитриева.* "Зачем же подтасовывать факты" // <http://www.pcweek.ru/?ID=53517> и <http://www.pcweek.ru/?ID=63541>, 1999 г.
 22. *Гранин Д.* "Бегство в Россию". Роман // «Новый Мир» 1994, №7-9.
 23. *Steven T. Usdin.* "Engineering communism: how two Americans spied for Stalin and founded the Soviet Silicon Valley" // Yale University Press New Haven & London/ 2005. 352 с.
 24. *Лаврентьев А.П.* "Вспомним Иосифа Берга" // Электронная техника. Серия 3. Микроэлектроника. 1998 вып. 1(152). с. 43-45.
 25. *Букреев И. Н.* Без Шокина не было бы Зеленограда. Он запитывался идеями и претворял их в жизнь так, что ахнешь // Зелёная ветвь Москвы. Зеленоград до 2003 г. Очерки, воспоминания, размышления, зарисовки. Москва -- Зеленоград, 2003, с. 79--80.
 26. *Сергеев В.С.* "Страницы жизни" // изд. ОАО "Ангстрем", 1998, 44 с.
 27. *Рожин И.Е.* Захотели среди зелёного леса построить белый город //В сб. «Зелёная ветвь Москвы». М. Зеленоградский полиграфический центр. 2003. с. 115-116.
 28. *Рожин И.Е.* У истоков Зеленограда. // в сб. трудов Гос. Зеленоградского ист.-краев. музея; Вып. 3 / Науч. ред. и состав. Н.И. Решетников. - М. «УРСС», 1908, - 2008 с
 29. *Шокин А.А.* Министр невероятной промышленности СССР. М., изд-во ЦНИИ "Электроника", 1999. 372 с.
 30. *Васенков А. А., Дьяков Ю. Н., Ефимов И. Е. и др.* Зеленоград — город микроэлектроники // Зеленоград в воспоминаниях. М. Ладомир. 1998, с. 37--74.
 31. *Куприянов С.* "УМ - хорошо, микроум – лучше" // Советская Россия (Rednews.ru) - ежедневный новостной портал www.rednews.ru/article.phtml?y=2001&m=08&y=011=1&id=396.
 32. *Пролейко В.М.* Электронная промышленность СССР и её министр (обзор важнейших решений коллегии ГКЭТ – МЭП с 1961 по 1985 год). / В сб. "Очерки истории российской электроники", вып. 2, "Электронная промышленность СССР 1961-1985. К 100-летию А.И. Шокина". М. Техносфера, 2009, с.46-76.
 33. Книга истории ОАО "Ангстрем". 1963—1998. Зеленоград, изд-во "Ангстрем". 24 с.
 34. *Луканов Н. М.* Некоторые малоизвестные моменты из истории отдела 22 НИИ Молекулярной электроники // Электронная техника. Серия 3: Микроэлектроника. Вып. 1 (152). М., 1998, с. 49--57.
 35. *Гуськов Г.Я.* НИИМП-Элас: истоки и эволюция отечественного космического микроэлектронного аппаратостроения // Зеленоград в воспоминаниях. М. Ладомир, 1998, с. 81-97.
 36. *Малашевич Б.М.* «50 лет отечественной микроэлектронике. Краткие основы и история развития» //Очерки истории российской электроники, вып. 5. Техносфера, М, 2013, 800 с.

37. Малашевич Б.М. "Модулярная арифметика и модулярные компьютеры». В сб. «История информационных технологий в СССР. Знаменитые проекты: компьютеры, связь, микроэлектроника», М., Книма, 2016, с. 228-257.
38. Малашевич Б.М. " Модулярные супер-ЭВМ для первых систем ПРО", В кн. Уварова В.С. "Противоракетная оборона России. Взгляд через годы". Чебоксары, Новое время, 2017, с. 253 – 271.
39. Шахов Н.А. Каким был оборонный комплекс СССР и что мы имеем сейчас. Интервью газете "Советская Россия". <https://aeroplan2010.mirtesen.ru/blog/43102164720/Kakim-byil-oboronnyiy-kompleks-SSSR-i-cto-myi-imeem-seychas>.
40. Приказ Министра Минэлектронпрома за № 589 от 14.10.1979 г. "О Совете главных конструкторов Микропроцессорных средств вычислительной техники".
41. Малашевич Б.М., Васенков А.А., Терехов Ю.В., Шахнов В.А. и др. ОСТ 11 348.901-78 "МИКРОСХЕМЫ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ВЫСОКОЙ СЛОЖНОСТИ. Порядок проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ". М, ГР № 8090353 от 14.09.78. – М НПО НЦ, 1978, 37 стр.
42. Малашевич Б.М., Васенков А.А., Шахнов В.А. "Микропроцессоры и проблема взаимодействий между потребителями и создателями изделий электронной техники". – М, Электронная промышленность, № 5, 1978 г., с.22-26.
43. Васенков А.А. Некоторые события из истории микроэлектроники. // В сб. "Созидатели отечественной электроники под ред. Б. Малашевича. Выпуск 1. Александр Анатольевич Васенков". М. Техносфера. 2010. стр.27-96.
44. Малашевич Б.М. "Об отечественной электронике, или о пекущих пироги сапожниках». – Информационно-аналитическое издание "Советник президента", М., 2016, №136, с. 11.

Большая часть фотографий из архива автора, меньшая – из открытых источников.