





Б. ЗАКЛАДКА  
ОУЧОАМЕНТА  
БЮ.УШЕГО



**В** конце 1960-х годов стало очевидно, что при постоянном росте сложности интегральных схем задача их промышленной разработки без создания средств компьютерной автоматизации будет нереализуема. Требовалось проведение такой оптимизации работы, которая бы позволила резко сократить сроки проектирования новых схем. Через несколько лет эта проблема нашла в НИИМЭ свое решение в виде первой в отрасли системы автоматического проектирования больших интегральных схем (САПР БИС).

Из воспоминаний Александра Александровича Кокина:

*«В первые годы работы в НИИМЭ отсутствовали не только ЭВМ, не было даже калькуляторов. Интегральные схемы в разрабатывающих лабораториях отдела Г.Г. Казеннова рассчитывались сплошь и рядом на логарифмических линейках. Позднее в институте появилась электронная вычислительная машина БЭСМ-4 и стало возможным проводить очень сложные расчеты. Были созданы курсы по обучению пользования этой машиной.»*

Из воспоминаний Геннадия Георгиевича Казённова:

*«В 1965–1975 годах НИИМЭ ежегодно разрабатывал примерно 50 новых интегральных схем и столько же перепроектировал или улучшал уже выпускаемых. Развивались математические методы проектирования с использованием ЭВМ. Все это позволило за 10 лет поднять производительность труда проектировщиков в 20 раз! По тому времени это был фантастический показатель, так как по стране рост производительности труда тогда не превышал 5% в год.»*

Надо сказать, что Камиль Ахметович Валиев сначала скептически отнесся к



**Владимир Алексеевич Неклюдов — лауреат Государственной премии СССР**

машинному проектированию (он его даже называл «мышинным проектированием»). Как физик по образованию, он больше уделял внимания работам физического и технологического направлений. Однако довольно скоро он изменил свое отношение к САПР — системам автоматизированного проектирования.

Созданная в НИИМЭ система представляла собой иерархическую трехуровневую организационную структуру, включавшую высокопроизводительную ЭВМ-аппаратуру сопряжения (коммутатор малых машин), автоматизированные рабочие места проектировщиков. В стране появилась первая мощная САПР БИС на базе отечественных ЭВМ БЭСМ-6 и в дальнейшем «Эльбрус», которые были продемонстрированы практически всем членам Политбюро ЦК КПСС.

Большая заслуга в создании первой отечественной САПР БИС принадлежала члену-корреспонденту Академии наук СССР Б.В. Баталову, доктору технических наук Е.В. Авдееву, доктору технических наук Г.Г. Казённову, А.П. Котко, В.А. Неклюдову, Г.И. Стороженко, С.П. Терентьеву, Н.И. Щавлеву и доктору технических наук В.М. Щемелинину.

Из воспоминаний Геннадия Георгиевича Казённова:

*«В создании САПР БИС в НИИМЭ участвовало большое число специалистов разного профиля. Следует отметить, что разработанные в НИИМЭ методика и процесс проектирования микросхем существенно отличались от американского в лучшую сторону, особенно в части формализации.»*

В эту работу внесли большой вклад профессиональные математики Б.В. Баталов и В.М. Щемелинин, обеспечившие высокий уровень прикладного программного обеспечения».

Из воспоминаний Владимира Алексеевича Неклюдова:

*«Я перешел в НИИМЭ в августе 1968 года из ВНИИЭМ вместе с товарищами, с которыми мы занимались вопросами*

диагностики вычислительных устройств, методов их проектирования. В НИИМЭ мы начали использовать эти методы применительно к интегральным схемам — стали решать вопросы размещения компонентов, межсоединений на печатных платах, в общем, самым трудоемким и хлопотливым делом — разработкой топологии интегральных схем. В этом направлении со мной работали Георгий Эдуардович Широ и Леонид Борисович Осипов.

Кроме принципиальных научных вопросов, связанных с размещением компонентов на кристалле, трассировкой кристалла, была масса ручной рутинной работы. Схема состояла из десятка транзисторов, изображенных на чертеже в масштабе четыреста к одному. Для изготовления шаблона требовалось каждую точку контура перенести в написанную от руки таблицу, а затем чертеж переносился на фотошаблон. Мы начали с простейшей вещи — перевели таблицу в машинную форму. Далее сделали специальную программу, потом появился инструмент, который мы связали с компьютером... А потом мы начали создавать то, что на современном языке называется «топологический редактор». Он обеспечивал выполнение всех операций — структурирование, эталонирование, масштабирование. Можно было нарисовать большой узел и везде его транспонировать с разворотами, поворотами, отражениями. В итоге трудоемкость проектирования топологии значительно уменьшилась, количество ошибок сократилось.

Внедрение нашей работы происходило буквально с колес. Ее результативность была видна по самым обыденным вещам — вместо кропотливого написания таблиц появлялись стопки листов, распечатанных на ЭВМ. На них можно было смотреть и использовать в производстве.

О своей работе мы регулярно докладывали начальнику отделения Г.Г. Казённову и К.А. Валиеву, который нас все-

### **Борис Васильевич Баталов — Член-корреспондент Академии наук СССР**



гда поддерживал и с пиететом показывал нашу работу иностранцам. Запомнилось, как однажды одним из таких гостей был руководитель Чехословакии Густав Гусак, которому очень понравилась демонстрация работы координатографа.

Активные работы по созданию САПР велись в НИИМЭ до 1971–1972 годов, они неоднократно обсуждались на НТС предприятия. На последнем из них мы пытались общими усилиями найти ответ на вопрос: куда двигаться дальше? Решили, что нам следует углубиться в проектирование, в расчет схем. После этого меня перевели в группу разработчиков схем, чтобы я мог пополнить свой багаж знаний, приобрести опыт. Постепенно я вошел во вкус и остался там работать.

А через несколько лет состоялось выдвижение этой работы на Государственную премию. К этому времени из нашей команды на предприятии я остался один — и меня включили в готовившийся список».

**В 1975 году коллектив работников предприятия (Е.В. Авдеев, Б.В. Баталов, Г.Г. Казённов, А.П. Котко, В.А. Неклюдов, Г.И. Стороженко, С.П. Терентьев, Н.И. Щавлев, В.М. Щемелинин) за разработку и внедрение системы автоматизированного проектирования интегральных схем удостоен Государственной премии СССР в области науки и техники.**

Из воспоминаний Геннадия Георгиевича Казённова:

«Кульманы ушли в прошлое, их заменили дисплеи и программно-управляемые координатографы. Это была своего рода революция в КБ, и министр А.И. Шокин как-то сказал К.А. Валиеву: «Ну вот, теперь есть что показать высо-



Председатель  
Совета министров  
СССР А.Н. Косыгин  
в НИИМЭ



ким гостям вместо курятников» (технологических линий с сотнями девушек в белых халатах и шапочках).

Как-то САПР БИС показывали министру обороны маршалу А.А. Гречко. Рассказывая о системе, наш директор показал указкой на чертеж с изображением топологии микросхемы и не без гордости сообщил, что транзистор на кристалле занимает площадь всего-навсего 100 кв. микрон. Маршал вопросительно посмотрел сначала на Шокина, затем на Валиева. Возникла немая сцена. Первым пришел в себя Валиев. Он, подняв руку к своей голове и выделив один волос, произнес: «На срезе этого волоса мы можем разместить несколько транзисторов». Не выразив никаких эмоций, маршал взглянул на Шокина, и вся делегация пошла дальше».

Из воспоминаний Владимира Борисовича Бетелина, академика РАН:

«Микроэлектроника стала первой отраслью, где без предсказательного моделирования развитие стало невозможным. Сегодня практически все отрасли машиностроения, вся высокотехнологическая промышленность достиг-

ла такого уровня, что без точного моделирования их дальнейшее развитие едва ли возможно и экономически нецелесообразно».

Из воспоминаний Алексея Васильевича Лубашевского:

«Расцвет нашего института пришелся на 1960–1970-е годы. Это было одно из ведущих предприятий нашего Научного Центра, которому удалось сделать колоссальный шаг вперед по всем направлениям микроэлектроники.

Многие сотрудники имели оригинальные разработки, они были известны в мире, и авторам присылали персональные приглашения для участия в традиционной конференции, которая проводилась в Лос-Анджелесе.

В НИИМЭ приезжал А.Н. Косыгин, бывший в то время руководителем правительства страны. Он назвал наши кристаллы «произведением искусства» — столь сильное произвело на него впечатление увиденного в микроскоп. К сожалению, он не смог оказать должного влияния — начался период застоя и развитие пошло не по тому руслу...»

Из воспоминаний Юлия Сергеевича Федоренко:

«Во время приезда на предприятие А.Н. Косыгина была сделана всего одна



**Алексей Васильевич Лубашевский —**  
начальник отдела, кандидат  
технических наук

фотография в бывшем кабинете Камилля Ахметовича Валиева.

Руководитель правительства страны приехал без какой-либо помпезности, никакой особой подготовки к этому приезду не было. Мне запомнилось, как в тот осенний день я возвращался после обеда на работу. Подошел к гардеробу перед входом на второй этаж, а там стояли двое незнакомых мужчин и на парапете гардероба лежало несколько пальто. Когда же я пришел в свою комнату, то узнал, что на предприятие приехал А.Н. Косыгин.

Он пробыл у нас несколько часов, знакомясь с производством и обсуждая с А.И. Шокиным и К.А. Валиевым перспективные планы и задачи. А одним из итогов того приезда стала переезда кабинета Камилля Ахметовича — рядом с ним появилась небольшая кухня с плитой и холодильником. Как все мы поняли, это было сделано для того, чтобы у нас на предприятии можно было принимать большие делегации.

Не обходился без нововведений и каждый проезд по Зеленограду Д.Ф. Устинова. Он иногда ездил по Ленинградскому шоссе к себе на дачу в район Завидово, и всякий раз, возвращаясь оттуда, он проезжал по какой-нибудь зеленоградской улице. И обычно на следующее утро он звонил Шокину и выговаривал ему, что город очень загрязнен. Следовала мгновенная реакция, приезд министра в Зеленоград и сбор директоров предприятий для разнеса. Как это называлось тогда — наказание за нарушение электронно-вакуумной гигиены».

Из воспоминаний Алексея Алексеевича Ищука, главы Зеленограда в 1988—1999 годах:

«25 мая 1972 года в Зеленоград должен был приехать президент США Ричард Никсон. Началась подготовка к визиту. Город получил необходимые финансовые ресурсы. За счет них были досрочно введены в эксплуата-

цию 17-этажные башни на Центральном проспекте, а затем там открыли несколько магазинов, библиотеку, Дом быта и др. Были комплексно бла-

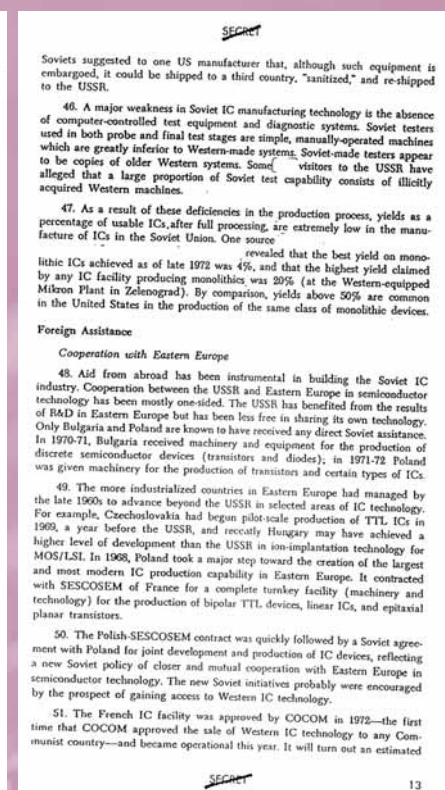
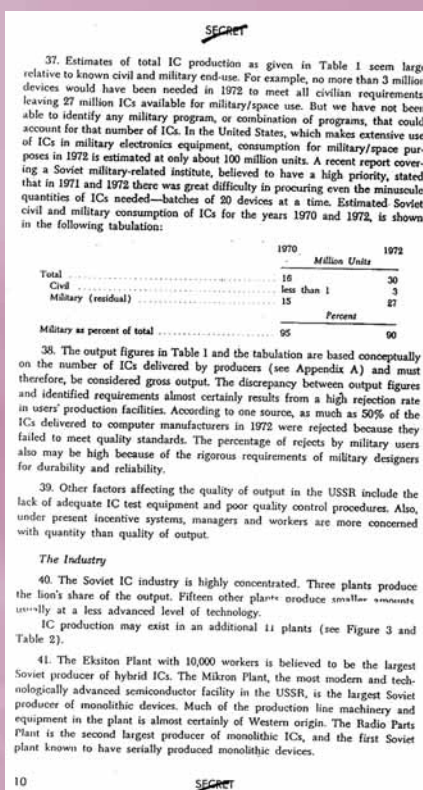
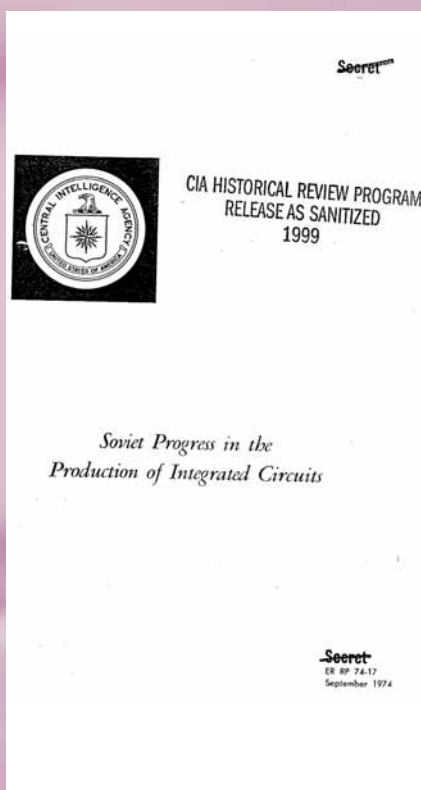
**«В СССР создан новый город в 20 км от Москвы. Зеленоград похож на американскую «Кремниевую долину» (место в Калифорнии, США, где сосредоточен наиболее крупный и мощный научно-промышленный комплекс в области микроэлектроники, компьютеров и военной техники). Город не обозначен ни на одной советской карте. Это элитарный город, через который не проходят потоки обычного транспорта, имеющий много институтов. Этот город является сердцем советской электронной промышленности и центром научно-исследовательских работ в этой области. Одной из функций Зеленограда является разработка микроэлектронных интегральных схем, аналогичных полученным законным и незаконным путем из американских источников. Специалисты США считают, что СССР, возможно, сэкономил около 100 млрд. долларов на научно-исследовательские работы по современным интегральным схемам благодаря такому использованию образцов интегральных схем из США. Это помогло СССР сократить отставание от США до 3 лет, а когда-то американцы шли с опережением в 10 лет».**

**Из журнала  
«Дефенс электроникс»**

гоустроены Центральный, Московский проспекты, улица Юности, Яблоневая аллея, Северная и Южная промышленные зоны. К асфальтовым работам были привлечены строительные тресты и асфальтировщики Глав-



Фрагменты  
из отчета ЦРУ  
о советских  
программах  
производства  
интегральных  
схем



мосинжстроя из Москвы. Они трудились и днем и ночью.

Проводилось озеленение многих территорий. В мае на въездах 37 и 40 км Ленинградского шоссе были установлены указатели «Зеленоград».

Маршрут подготовки к визиту накануне принимали А.Н. Косыгин — председатель Совета министров СССР, Г. Киссинджер — помощник президента США по национальной безопасности и министр А.И. Шокин».

Из воспоминаний Юлия Сергеевича Федоренко:

«О приезде президента США Ричарда Никсона в Москву в мае 1972 года все знали из средств массовой информации. Секретом это не было, а вот то, что в программу пребывания включено посещение Зеленограда и его предприятий, мы под большим секретом узнали от министра А.И. Шокина где-то в начале марта.

Программа приема была предельно простой, но насыщенной: краткая обзорная лекция и посещение выставки достижений отечественной микроэлектроники в Научном Центре, производ-

ственного цеха на заводе «Ангстрем», Центра машинного проектирования в НИИМЭ и МИЭТа.

Через пару дней была поставлена на дыбы вся центральная часть города, по которой должны были проследовать гости: Московский и Центральный проспекты, прилегающие к Научному Центру, «Ангстрему», МИЭТу и НИИМЭ территории и подъездные пути к ним. Грохот машин и механизмов не смолкал круглые сутки. Переукладывались дорожные покрытия. Появились агрегаты иностранного образца, которые отливали бордюр непрерывной профильной лентой. Такие машины я видел впервые, потом они исчезли и никогда больше в нашем городе не появлялись. Многие кустарниковые насаждения, которые и сегодня украшают наш город, появились именно в те дни. Пустыри облагораживались, засеивались газонной травой, обрамлялись кустарником и деревьями. Непрерывно работали поливочные машины. Наиболее крупной операцией в масштабах города был снос деревни Ржавки, которая пролежала вдоль Ленинградского



Подписание соглашений между СССР и США.  
Май 1972 года

шоссе и отделяла от него город. Жителей деревни срочно переселяли в городские квартиры, за эвакуаторами шли бульдозеры, которые сносили деревню, за ними шли озеленители, которые сажали деревья и кустарник для будущего парка. Странно выглядело множество молоденьких деревьев на привязи к одинаковым столбикам. Часть деревьев потом прижилась, но со временем интерес к этому был потерян и парк так и не получился.

В те весенние дни была построена и дорога от нашего административно-лабораторного корпуса (АЛК) к автокомбинату. Еще в марте 1972 года ее не существовало, — был сплошной газон, частично заставленный домиками строителей около будущего АЛК, ездили к «Микрону» со стороны проезда от «лесной» проходной, как сейчас. Провозить через задворки высоких гостей было сочтено недостойным, и решили проложить новую, прямую дорогу. Техники натащили видимо-невидимо, строительные вагончики, конечно, увезли. Дорога была сооружена по всем правилам за несколько дней, и в быту ей дали название «проспект Р. Никсона».

НИИМЭ пришлось труднее всех из выбранных для посещения учреждений. Дело в том, что руководству очень хотелось показать Центр проектирова-

ния — в НИИМЭ он был тогда самым мощным и современным в отрасли, и показ его планировался как гвоздь программы, но было одно большое «но». Сложность заключалась в том, что наш Центр был разбросан по второму этажу в здании НИИ и внешне не впечатлял, подходы к нему тоже не радовали глаз. Изменить программу посещения уже было нельзя — она была согласована с ЦК КПСС.

Вариантов не было. Министр принял решение перевезти Центр проектирования на второй этаж 3-й секции завода. Основу комплекса составляла вычислительная машина БЭСМ-4 со всей ее огромной периферией и коммуникациями; все это нужно было не только быстро перевезти и смонтировать, но и задействовать.

С этой целью предстояло разработать планировки размещения оборудования, проект прокладки коммуникаций, проект энергообеспечения, достать километры дефицитной кабельной продукции различных типов, достать тонны алюминиевого сплава и разместить заказы на отливку деталей фальшпола, на изготовление раздвижных опор для выравнивания плит фальшпола, разработать четкие графики демонтажа, перевозки, монтажа, подключения и запуска оборудования,



организовать круглосуточную работу бригад по всем видам работ. Вместе с этим возникало множество мелочей, которые невозможно было предусмотреть в графиках, но которые часто становились очередной проблемой и тормозили движение.

Напряжение было огромным: считалось, что мы решаем задачу государственной важности. К.А. Валиев не уходил с работы до позднего вечера, все руководители НИИМЭ перешли на режим круглосуточных дежурств. На каждое дежурство составлялся оперативный график работ, за ходом выполнения которого предстояло следить и принять меры в случае отклонения. Доставалось всем, но «героем дня» был Г.Г. Казённов, так как перебазировалось его хозяйство.

Нужно отметить огромную роль А.И. Шокина в выполнении этой операции: он ни на минуту не выпускал происходящее из своего поля зрения, доставал фонды на дефицитные материалы и оборудование для доукомплектования системы, лично связывался с заводами-изготовителями и договаривался о сроках, подключал к решению каких-то задач своих заместителей, почти ежедневно бывал в Зеленограде и на «Микроне», что-то уточнял и ставил новые

задачи (правда, нервотрепки он тоже добавлял).

Постепенно все становилось на свои места. Начала вырисовываться картина нашего обновленного Центра проектирования. На выставке в Научном Центре завершали монтаж экспонатов. Город обновлялся буквально на глазах. Подкрашенные магазины наполнялись товарами. Жителям деревень вдоль Ленинградского шоссе от Москвы до Зеленограда бесплатно выдавали шпатель и краску для приведения в порядок заборов. Но напряжение не спадало, даже наоборот. Приказы вышестоящих организаций появлялись почти каждый день, все они начинались со слов «по производственной необходимости», но в них ни слова не было о предстоящем визите. Одним из последних приказов с 23 по 26 мая 1972 года Зеленоград переводился на особое положение — на предприятиях менялся распорядок дня, перемещение людей по предприятию ограничивалось определенным временем, запрещался прием командированных даже из зеленоградских предприятий, запрещался проход на предприятие по временным пропускам.

Случилось так, что в ночь на 25 мая, на день намечавшегося визита, мне до-

Зеленоград.  
1970-е годы



Зеленоград.  
1970-е годы

велось дежурить. Вечером я отправился обходить места, где предстояло еще что-то сделать в последнюю ночь. Убедившись, что все идет нормально, ближе к полуночи я сел за руль и решил немного развеяться поездкой по городу. В безлюдном городе через каждую сотню метров мне встречались спецмашины, увенчанные усами антенн и какими-то приборами на крышах. Они непрерывно утюжили Центральный проспект от «Микрона» до «Ангстрема» и проезды, прилегающие к нему. Погода была замечательная, было достаточно светло, и все это выглядело таинственно и даже романтично.

Я вернулся на «Микрон» и занялся последними недоделками. Где-то после 5 часов утра я решил еще раз посмотреть на то, что происходит в городе. Меня поразили полная тишина и отсутствие каких-либо машин вообще. Доехал до «Ангстрема» — картина не менялась, заглянул в проезды — то же самое. Признаюсь, меня это встревожило, и я подумал, что что-то случилось.

Утром стали подходить наши сотрудники. Одним из первых приехал К.А. Валиев. Я доложил ему, что все запланированные работы выполнены и все готово к приему гостей. Время для директорского осмотра у нас еще было,

так как приезд планировался на 10 часов, и начаться он должен был с Научного Центра. Подошедший Г.Г. Казёнов отозвал меня в сторону и сбивчиво сообщил, что утром он слушал по радио «Голос Америки», где сказали о том, что президент США Р. Никсон поедет в Троице-Сергиеву лавру. Похоже, Г.Г. Казёнов боялся своих слов и просил меня никому об этом не говорить. Я повел его к директору. Услышав новость, К.А. Валиев побледнел, замахал руками, в резком тоне отчитал нас и приказал замолчать. Но вскоре информация подтвердилась официально. Последовала известная гоголевская сцена, после которой мы, чертыхаясь, разошлись.

Думаю, что слишком огорчаться не стоило, так как все, что было сделано за короткое время подготовки к этому мероприятию, пошло на пользу и Зеленограду, и «Микрону».

Вскоре для встреч таких делегаций в Зеленограде построили замечательный Дом приемов. В 1970-х годах там побывали Ф. Кастро, Э. Хонеккер, Т. Живков, Я. Кадар, Ю. Цеденбал... О некоторых встречах остались самые экзотические воспоминания.

Так, после встречи с Фиделем Кастро мне позвонили и сказали, чтобы я получил от него подарок. Оказалось, что



Руководитель  
Монголии  
Ю. Цеденбал  
на «Микроне»



*он подарил зеленоградцам целый рефрижератор ананасов, ром, сигары. Мне досталась коробка с двумя шикарнейшими ананасами — таких я не видел ни до, ни после. А руководителю Монголии Цеденбалу так понравился Зеленоград, что он приезжал сюда трижды, причем один раз — с неофициальным визитом».*

Развитие электронной техники и рост уровня интеграции интегральных схем стимулировали создание все более сложной аппаратуры и изменяли критерии ее проектирования. Так, на этапе использования дискретных радиодеталей проектирование велось по минимуму компонентов. На этапе использования простых интегральных схем при проектировании аппаратуры минимизировалось число корпусов ИС. При этом ряды ИС формировались из схем, содержащих небольшое количество элементов, выполняющих разнообраз-

Супер ЭВМ  
«Эльбрус-2»



ные простейшие логические функции, или небольших комбинационных ИС и схем памяти, заключенных в отдельные корпуса. С увеличением возможностей технологии при переходе от простейших ИС к схемам среднего уровня интеграции — СИС (включавших 100–1000 элементов на кристалле) проектирование последних проводилось в двух направлениях:

- разработка универсальных СИС, содержащих большое количество однотипных слабо связанных функциональных элементов и узлов;
- разработка специализированных СИС, содержащих разнотипные узлы и элементы с жесткой, не перестраиваемой коммутацией.

Первое направление вело к неоптимальному отношению количества элементов СИС и контактов корпуса — 1–2 вентиля на контакт. Второе направление за счет потери универсальности применения вело к улучшению указанного отношения — 23 вентиля на контакт и к резкому увеличению номенклатуры интегральных схем.

К первой половине 1970-х годов в микроэлектронике начался этап создания больших интегральных схем — БИС, содержащих более 1000 элементов на одном кристалле. Постепенно именно они стали основной базой для создания всех электронных систем, и количество заявок на разработку разнообразных интегральных схем, подаваемых НИИ и КБ всех министерств, стало нарастать как снежный ком. Так, только осенью 1971 года в Научном Центре было рассмотрено около 1000 предложений на разработку новых интегральных схем. Но даже на уровне проектирования и технологии тех лет эти заявки можно было удовлетворить в лучшем случае на 20%.

К тому времени в стране уже было разработано и производилось около 2400 типономиналов интегральных схем. Увеличение количества их серий и типономиналов вело к необходимос-

ти увеличения мощности по разработке и производству, уменьшению экономической эффективности производства и надежности интегральных схем, поскольку мелкосерийность не позволяла широко использовать групповую технологию и хорошо обрабатывать и стабилизировать все процессы по маршруту изготовления. Также возникали трудности при выработке общих подходов к автоматизированному проектированию аппаратуры и самих интегральных схем, поскольку системы автоматизированного проектирования еще находились на начальной стадии своего развития.

В то же время заказы от предприятий, занимавшихся созданием близкой по задачам аппаратуры, могли сильно отличаться, даже если они разносились к одному министерству. Заказчики твердо отстаивали позиции своих подопечных фирм, хотя основой для них служили традиции построения аппаратуры на предприятии, вкусы разработчиков, образцы зарубежной техники.

Для выхода из тупиковой ситуации был творчески использован опыт взаимоотношений с заказчиками остальной продукции электронной промышленности. Именно творчески, поскольку различие в подходах к построению параметрических рядов интегральных схем из хотя бы сотни транзисторов на кристалле и каких-нибудь трансформаторов или приемно-усилительных ламп было слишком велико.

Одним из первых успешных примеров работы по параметрическим рядам интегральных схем, которые вбирали в себя как основные схемотехнические решения, присущие данному классу интегральных схем, так и технологию их изготовления, стала как раз увязка номенклатуры приборов ТТЛ ИС для вычислительных комплексов ЕС и СМ ЭВМ с системой ПВО С-300. Благодаря этой работе удалось сдержать безудержный рост номенклатуры интегральных схем, избежать давления ко-

**Основные работы предприятия в первой половине 1972 года:**

**«Инвертор-1», технологическая НИР – интегральные микросхемы повышенной степени интеграции на дополняющих МДП-структурах; главный конструктор В.М. Гусаков.**

**«Импровизация-1Д», приборная НИР – сверхоперативная память на 16 бит с удельной мощностью 20 мВт/бит и задержкой считывания 10 нс, главный конструктор С.И. Назаров.**

**«Инсар-4», приборная договорная ОКР в развитие НИР «Инсар-1» – двоично-десятичный счетчик на частоту 18 МГц, аналог SN 5490, SN 5493; главные конструкторы Ю.И. Щетинин, В.Я. Контарев.**

**«Искушение», НИР – компоненты с барьером Шоттки и микросхемы на их основе; главный конструктор С.И. Назаров.**

**«Иридий-С», приборная ОКР – «J-K» триггер в плоском корпусе, аналог SN 5472; главный конструктор Ю.И. Щетинин.**

**«Искра-1», приборная ОКР – серия из семи логических элементов на токовых ключах, в том числе «R-S» и «D» триггеры, быстродействие 2-3 нс, аналог ECL-2500; главный конструктор Н.М. Луканов.**

**«Инстинкт-2», НИР – элементы памяти на эффекте Ганна; главный конструктор Ю.И. Пашинцев.**

**«Ишим», приборная ОКР – схемы управления ферритовыми запоминающими устройствами; главный конструктор А.П. Голубев.**

**«Иероглиф», договорная приборная ОКР – дифференциальный усилитель – преобразователь для системы управления.**





личества, не дать ему «утопить» едва начинавшую укрепляться отечественную микроэлектронику и обеспечить выпуск современной аппаратуры на микросхемах. Этот удачный опыт в дальнейшем стал постепенно распространяться и на системы других назначений.

Большую роль в достижении общего согласия сыграли руководители ЦНИИ-22 — ведущего института по элементной базе радиоэлектронной аппаратуры военного назначения и головные органи-

зации Министерства обороны, курировавшие эти проблемы. Руководители этих организаций — В.П. Балашов, Р.П. Покровский, П.И. Сугробов, Е.Я. Чаловский и руководимые ими офицеры поддержали предложения Научного Центра.

Были начаты разработки наращиваемых рядов интегральных схем для радиосвязи, операционных усилителей, запоминающих устройств, в каждом из которых было не менее полусотни типов интегральных схем.

Первым и показательным примером решения этих проблем подобным образом было рассмотрение задач и разработка необходимой и достаточной номенклатуры параметрических рядов интегральных схем, подлежащих массовому производству, обеспечивающих создание перспективных вычислительных комплексов: «Эльбрус» (главный конструктор В.С. Бурцев), ЕС ЭВМ (главный конструктор А.М. Ларионов, а затем В.В. Пржиялковский), СМ ЭВМ (главный конструктор Б.Н. Наумов).

Соглашение было достигнуто непросто, но оно позволило немедленно при-

**Организован промышленный выпуск разработанных на предприятии логических цифровых ИС серий 100 и 500, обеспечивших элементной базой:**

— сверхбольшую ЭВМ «Эльбрус-2» и машины «Ряд», предназначенные для решения стратегических задач народного хозяйства, экологии и обороны;

— единую систему ЭВМ, используемую в народном хозяйстве стран СЭВ;

— ЭВМ «Булат» — специальные машины оборонного назначения.

ступить к реализации этих решений на предприятиях Министерства электронной промышленности. В дальнейшем правильность такого подхода полностью подтвердилась.

Из воспоминаний Анатолия Васильевича Пивоварова:

*«Мне кажется, Научный Центр не ощутил так называемый «застойный период». Он непрерывно наращивал свои научно-технические и производственные возможности. Ежегодный прирост выпускаемой продукции составлял до 25%. Он был самым высоким в промышленности страны.*

*Но наступило время, когда предприятия Научного Центра перестали удовлетворять все возрастающему спросу. Ведь этим предприятиям изначально предназначалась роль опытных. Между тем ЦК КПСС и Совет министров жестко требовали обеспечения потребности оборонной промышленности в интегральных схемах. А с другой стороны, руководство страны также интересовалось и состоянием перспективных научно-исследовательских работ. Как же без этого догнать и перегнать Америку?*

*Первому директору НИИМЭ К.А. Валиеву, одному из создателей отечественной микроэлектроники, много приходилось «крутиться», чтобы удовлетворять порой исключаящим друг друга требованиям. В НИИМЭ разрабатывались новые перспективные технологии по твердотельным интегральным схемам, но «прокатывать» их на своем опытном заводе возможностей было очень мало».*

Из воспоминаний Юлия Сергеевича Федоренко:

*«У предприятия был план по новой технике, включавший в себя освоение производства новых типов изделий, технологические работы, масштабирование кристаллов и корректировки топологий, расширение номенклатуры микросхем за счет корпусного исполнения, метрологическое обеспечение, повышение выхода годных и пр.*

*К 1973–1974 годам ряд приборных разработок НИИМЭ уже был в освоении на многих заводах отрасли, контакты с которыми осуществлялись через отдел внедрения, которым руководил В.А. Брук.*

*В 1974 году началась и раскрутка номенклатуры микросхем для комплектования ЭВМ нового поколения из серии «Эльбрус». Вслед за июльской коллегией Министерства электронной промышленности по этому вопросу в августе последовал приказ Министра, которым нам предписывалось:*

*– провести установочные партии и освоить серийное производство с приемкой заказчика микросхем 100, 500, 700;*

*– запустить ГДРовскую линию сборки микросхем в чашечные керамические корпуса типа ТО-116 и организовать сборку на ней микросхем серии 500;*

*– организовать производство выводных рамок на полиамидной основе для бескорпусных микросхем серии 700 с последующим обеспечением ими смежников по кооперации.*

*Разработки новых типов микросхем сыпались из НИИМЭ как из рога изобилия. Их ждали потребители, их нужно было производить. И если разработчики еще как-то ухитрялись производить измерения образцов микросхем, то их средства были совершенно непригодными в условиях производства. Стали появляться доморощенные стенды, но наши машиностроители*



Микросхема серии 700 для супер-ЭВМ «Эльбрус-2»



А.И. Шокин,  
А.В. Пивоваров  
и К.А. Валиев  
с работниками  
предприятия,  
удостоенными  
правительственных  
наград. 1971 год.



могли изготавливать их единицы, а требовались десятки.

Так получилось, что отдел внедрения нашел свободные производственные мощности в Краснодарском техникуме электронной промышленности, учащиеся которого в то время проходили на заводе производственную практику. Спустя какое-то время измерительные стенды «КТЭП», разработанные А.И. Глазачевым, стали выпускать в Красно-

**В 1974 году творческому коллективу предприятия (Ю.Н. Беляков, В.М. Гусаков, К.А. Дракин, С.С. Дольников, В.В. Лебедев, А.И. Одинокоев, В.Б. Самойлов и Н.С. Самсонов) за разработку первых отечественных интегральных схем транзисторно-транзисторной логики присуждена премия Ленинского комсомола.**

даре серийно. Эту работу от НИИМЭ возглавлял сотрудник отдела внедрения И.А. Ройзенблит. Неожиданно это сотрудничество прервалось из-за возбуждения уголовного дела против оказавшихся нечистыми на руку руководи-

телей техникума. Под общую кампанию попал и И.А. Ройзенблит. Поползли слухи. Директор всеми способами старался защитить честь коллектива предприятия, что привело к мощному давлению на него со стороны прокуратуры и Зеленоградского райотдела КГБ. После разговора по этому поводу с первым заместителем министра В.Г. Колесниковым, бывшим тогда депутатом Верховного Совета СССР, К.А. Валиев поручил мне подготовить технико-экономическое обоснование размещения нашего заказа на производственной базе Краснодарского техникума. Обоснование получилось весьма убедительным, и после одобрения директором его подписал В.Г. Колесников. После этого дело И.А. Ройзенблита стало резко разваливаться».

Наряду с НИИМЭ и заводом «Микрон», ставшими головной организацией по разработке интегральных схем и созданию базовых технологий на новые серии, к этой работе были подключены: Минский завод «Мион», будущее ПО «Интеграл» (директор П.П. Гойденко), Ленинградское объединение

«Светлана» (генеральный директор И.И. Каминский), Вильнюсское КБ, позднее НИИ «Вента» (директор Д. Занявичус), Кишиневский завод «Мезон» (директор В.С. Никулин), Тбилисское КБ, позднее НИИ «Мион» (директор Р.И. Чиковани), Бакинское КБ и завод «Азон» (директор М. Гарибов), Фрязинский завод полупроводниковых приборов (директор Г.Д. Колмогоров), Киевский завод полупроводниковых приборов, Павлово-Посадский завод «Экситон», Новосибирские электровакуумный завод и завод полупроводниковых приборов, новгородский завод полупроводниковых приборов, Рижский завод полупроводниковых приборов, Саранский завод полупроводниковых изделий, Львовский завод электровакuumных приборов и др.

Столь большое количество предприятий было необходимо из-за того, что разрабатывалось несколько наращиваемых рядов интегральных схем (в каждом из которых было не менее 50 типов) по нескольким технологиям, обеспечивающим либо очень высокое быстродействие и большую потребляемую мощность на каждую схему, либо невысокое быстродействие и маленькую мощность. Сохранялась необходимость и в интегральных схемах, обладающих средними параметрами. Этим задачам соответствовали разрабатываемые серии 500, 100, 700, серии 155, 530, 531, 555 и ряд других. Прообразом для ряда быстродействующих схем серии 500 была взята серия американской фирмы «Моторола», а для других серий — фирмы «Техас инструментс».

На примере реализации этих параметрических рядов интегральных схем для вычислительной техники была начата разработка основ построения рядов ИС для радиосвязи, операционных усилителей, запоминающих устройств и многих других изделий электроники. При этом была предварительно решена задача разработки научно-технических

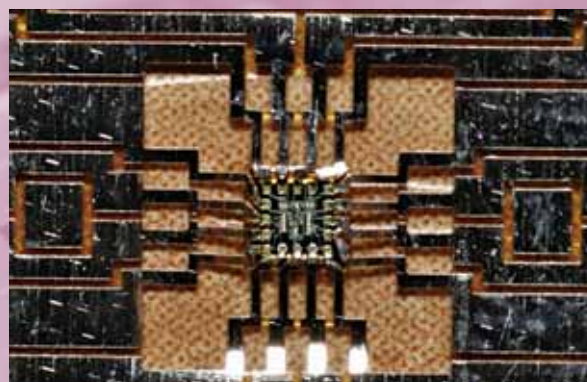
основ построения комплексных целевых программ (КЦП), которые включали в себя не только создание параметрического ряда, но и разработку базовой технологии, необходимого состава и единиц оборудования, нужных материалов, оснастки, системы параметров и т. д.

В основу разработки КЦП, как правило, при ограниченных финансовых и временных ресурсах, закладывался анализ состояния и прогноз развития данного направления в стране и за рубежом, анализ заявок потребителей, необходимое обеспечение, научные и производственные мощности, инфраструктура, т. е. все необходимое для проведения работы — то, что со временем стало называться бизнес-планом.

Фактически к 1974 году вся отечественная отрасль микроэлектроники уже работала по главным направлениям своего развития, используя КЦП. Совмещение системы приборных КЦП с обеспечивающими программами (материалы, технологии, оборудование, корпуса и т. д.) позволило просчитывать затраты, мощности предприятий, подготовку новых площадей и уверенно прогнозировать объемы выпуска различных интегральных схем исходя из потребностей страны.

Из воспоминаний Юлия Сергеевича Федоренко:

*«В начале марта 1972 года по поручению министерства мы провели одну из самых крупных научно-технических конференций полупроводниковой*



Кристалл микросхемы 700 серии биполярная (ЭСЛ) логика для супер-ЭВМ «Эльбрус-2»





**Антонина Алексеевна Казакул,  
полный Кавалер орденов Трудовой  
Славы**

подотрасли с привлечением основных потребителей нашей продукции. Она была посвящена достигнутому уровню производства массовых серий интегральных схем и путям его повышения, эффективности и качества. Работа конференции была рассчитана на три дня. Приехало много гостей — только иногородних участников было свыше 150 человек.

На пленарном заседании, которое проходило в большом зале «Научного Центра», с докладом выступил министр А.И. Шокин, в фойе была открыта большая выставка. Секции работали в нашем конференц-зале и на «Ангстрем». Секцию проектирования возглавлял Г.Г. Казённов, технологии — А.Р. Назарьян, сборки и корпусирования — К.И. Худяков, производственную — Ю.Н. Дьяков.

В апреле 1972 года А.И. Шокин попросил К.А. Валиева подготовить для него материалы к докладу на са-

мом высоком уровне. В их подготовке мне довелось участвовать вместе с Ю.И. Глушковым, и в них были отражены:

- влияние микроэлектроники на все отрасли промышленности и народного хозяйства;

- взаимосвязанность электронной гигиены, точности технологических процессов, чистоты материалов, автоматизации технологических процессов;

- использование микроэлектроники в радиоэлектронной аппаратуре и пр.

В целом большинство из инициатив, направленных на ускорение научно-технического прогресса в отрасли, исходило от А.И. Шокина. Он ставил задачи, и он же раскручивал их исполнение. Он чувствовал остроту возникающих проблем и четко на них реагировал. Иногда это было продиктовано конъюнктурными соображениями. Чтобы предугадать смысл его очередного замысла, нужно было очень внимательно следить за его высказываниями. Не раз в разговоре на самые, казалось бы, отвлеченные темы в его словах скрывался определенный смысл: он



Бригада  
А.А. Казакул —  
лучшая бригада  
в отрасли

уже вынашивал какую-то идею и готовился к постановке очередной задачи. Так стали появляться приказы, касающиеся освоения производства различной электронной аппаратуры – телевизоров, магнитофонов, калькуляторов, электронных часов...

К.А. Валиев был откровенным противником этой и подобных кампаний. Он считал, что профессионально можно заниматься только одним делом. На этой почве у него даже с министром на какое-то время были испорчены отношения. Тем не менее кампания производства товаров культурно-бытового назначения не миновала и нас. В НИИ-МЭ был создан отдел по разработке бытовых электронных приборов, начальником которого стал В.К. Гончар. Первым детищем этого отдела были настольные электронные часы, ставшие на долгие годы традиционной продукцией «Микрона». Производственной базой послужил действующий уже на заводе так называемый цех ширпотреба, где производились сувенирные значки и панно. Его начальником был Г.И. Руколь, а заместителем по технологии А.Н. Денисенко.

Мы выпускали часы 3–4 моделей общим количеством до 40 тысяч в месяц. Все время их выпуска не проходило дня без каких-либо связанных с ними вопросов. Продукция была убыточной, но обязательной и хлопот приносила много. Часы расходились по всей стране, и в каждой точке СССР мы были обязаны обеспечить ее техническое обслуживание.

С точки зрения схемотехники и конструкции наши часы были качественными, и, если бы они были изготовлены без нарушений технологии, небольшого количества отказов можно было ожидать только по вине комплектующих. С целью сокращения возможных отказов были введены: входной контроль всех покупных изделий, цеховой отбраковочный прогон готовой продукции при повышенной температуре,



Микросхема 176, изготовленная на новосибирском заводе полупроводниковых приборов.

Часы «Электроника» с микросхемами 176 серии

выдержки в электрическом режиме ОТК и др. Однако все эти меры превращались в декларации при режиме, в котором нам приходилось работать. Первую декаду каждого месяца 5-й цех «отсыпался», какое-то шевеление начиналось во второй декаде, в круглосуточный авральный режим цех переходил в последние дни месяца, в календаре появлялись 32, 33... числа. Из цеха выгребалось все подчистую, по пути на склад готовой продукции разваливались упаковочные коробки, так как клей не успевал высохнуть.

Вне стен предприятия наши часы чаще всего отказывали или сразу, или безупречно работали годами, поэтому от граждан мы имели мало претензий. А вот торгующие организации превращались в филиалы цеха 5. Появился термин «предторговый ремонт». Бригада отдела гарантийного обслуживания постоянно работала в московских магазинах, часто выезжала в другие города, тем не менее на «Микрон» шел поток посылок из всех регионов страны.



Микросхема  
серии 589



6 июля 1972 года на коллегии министр А.И. Шокин принял решение о дальнейшем развитии в отрасли метрологического обеспечения. Эта работа развивалась в определенной степени стихийно. Каждое предприятие занималось ей по-разному. Но на смену доморощенным стендам и «мормышкам» стало появляться все больше промышленных образцов контрольно-измерительного оборудования. Разработкой измерительных комплексов занялись не только машиностроительные предприятия министерства, но и предприятия смежных отраслей — потребителей изделий микроэлектроники. Как правило, технические задания на такие разработки согласовывались с головными заказчиками, которые в первую очередь преследовали интересы своих предприятий и не всегда заботились об универсаль-

**В 1974 году директору НИИМЭ К.А. Валиеву присуждена Ленинская премия в области науки и техники за личный вклад в дело становления отечественной микроэлектроники и организацию разработок и производства широкой номенклатуры интегральных схем**

ности оборудования. Нередко такие работы выполнялись по договорам или включались в межотраслевые программы по разработке определенных серий микросхем. Разработчики измерительных комплексов использовали традиционную для себя элементную базу и программное обеспечение, что вносило свои осложнения. А.И. Шокин принял решение о придании этой работе большей целенаправленности, поручив 2-му

Главному управлению начать подготовку соответствующего приказа по министерству, для чего:

- составить таблицы перечня и норм статических и динамических параметров для различных классов микросхем и отразить перекрываемость их техническими характеристиками выпускаемого контрольно-измерительного оборудования;

- подготовить предложения по унификации параметров микросхем применительно к единой международной системе;

- подготовить предложения по унификации измерительных комплексов, сведя их в ряд до минимума и, при необходимости, дать предложения по доработке и доукомплектованию для расширения технических возможностей;

- подготовить технические задания и предложения по размещению заказов на разработку и производство перспективных средств контроля;

- подготовить унифицированный ряд контактирующих устройств и технические задания на их разработку и промышленное изготовление.

На подготовку этих материалов А.И. Шокин отвел два месяца. При этом основная тяжесть работы была возложена на НИИМЭ.

В конечном счете эта работа привела к стандартизации норм параметров микросхем, унификации требований к контрольно-измерительному оборудованию, к организованному и целенаправленному развитию этого направления».

В конце 1973 года в печати появились сообщения о создании первых микропроцессоров — больших интегральных схем, которые тогда выполняли функции простейших вычислительных устройств. Было понятно, что это начало нового витка микроэлектроники, вычислительной техники и приборостроения.

В 1974 году при Научном Центре под руководством А.А. Васенкова была со-

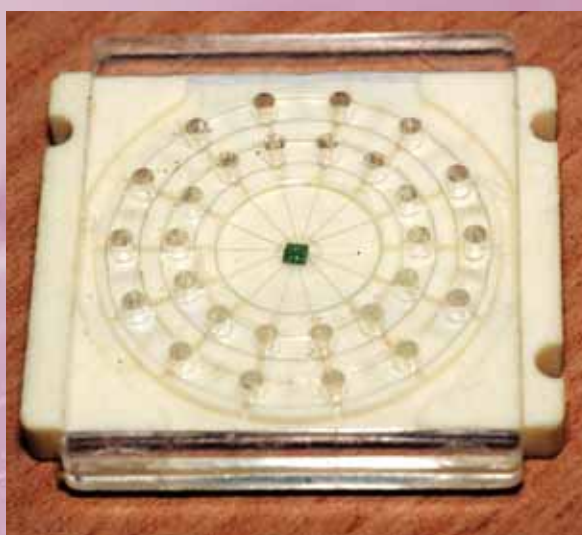
здана рабочая группа в составе ведущих специалистов (схемотехников, системотехников, технологов) из НИИМЭ, НИИТТ, СВЦ, НИИМВ и НИИТМ, которая приступила к выработке общих взглядов на разработку отечественных микропроцессоров и подготовке технических заданий на работы по их реализации на предприятиях Научного Центра. Эта группа собиралась еженедельно на протяжении полутора лет, обсуждая все вопросы, которые необходимо было решить на пути к намеченной цели – созданию отечественного микропроцессора. В ее составе от НИИМЭ были В.Я. Контарев, В.М. Гусаков, А.И. Березенко, В.В. Трушин, Б.В. Орлов.

Продвижением работы в этом направлении постоянно интересовались руководители всех предприятий, понимая значимость этой проблемы, и помогали осуществлять намеченные планы.

В НИИМЭ началась разработка ТТЛШ микропроцессорного секционного процессора по аналогу I3000 фирмы Intel (серии 589 и 1802).

В разработках БИС микропроцессоров были воплощены передовые принципы развития таких устройств, предложена микропроцессорная вычислительная система с повышенной производительностью, гибкой, перестраиваемой системой команд и расширенными функциональными возможностями. Эта программа была в значительной степени ориентирована на наиболее продвинутые направления: бортовые ЭВМ для авиации, ракетостроения, судостроения, станки с программным управлением, управление технологическим оборудованием.

Отправной точкой проектирования рядов больших интегральных схем с числом элементов на кристалле свыше 1000 стал анализ общности задач, решаемых аппаратурой различного назначения и их алгоритмов, а не простое извлечение схемотехники из отдельных функциональных частей аппаратуры в виде будущих БИС. При та-



Микросхема серии 732 ТТЛШ-логика, изготовленная по биполярной технологии с диодами Шоттки

ком подходе к проектированию разработчик реализует БИС не в виде набора элементов в кристалле, а в виде конечного автомата, выполняющего последовательность микроопераций. Введение некоторой избыточности в БИС позволяет перестраивать последовательность и виды выполняемых микроопераций, что приводит к появлению «универсальности» БИС. При таком подходе резко снижается номенклатура БИС и значительно увеличивается возможность автоматизации схемотехнического проектирования БИС и аппаратуры на их основе. Естественно, работа НИИ и КБ на этапах системотехнического, схемотехнического, логического и структурного проектирования БИС и аппаратуры потребовала значительных материальных и кадровых ресурсов, но позволяла оптимизировать наборы – ряды БИС и упростить создание аппаратуры, увеличить ее надежность.



А. И. Шокин – министр электронной промышленности (в центре)



Спутник  
серии  
«Космос»



Переход от схемотехнического проектирования к философии системотехнического создания БИС привел к появлению первых микропроцессоров — устройств обработки информации, выполненных на одной или на ограниченном наборе функционально

законченных БИС, которые за счет внутренней избыточности обладают свойством адаптации к различным задачам потребителя при минимальном количестве внешних связей.

На базе первых микропроцессоров стали проектировать микроЭВМ, представлявшие собой микропроцессор, модули оперативной и постоянной памяти, некоторые периферийные устройства, набор и объем которых определялся задачами потребителя.

В сентябре 1975 года в Научном Центре была проведена первая в стране межотраслевая конференция по отечественным микропроцессорам, на которой собрались разработчики микропроцессоров и электронной аппаратуры. Были доложены и обсуждены первые результаты, идеология построения отечественных и зарубежных микропроцессоров, задачи и возможности по созданию на них ЭВМ различных классов, заслушаны предложения и требования разработчиков к бортовой и промышленной аппаратуре.

После конференции министры А.И. Шокин и П.С. Плешаков подписа-

**В НИИМЭ впервые в стране разработан:**

— комплект микропроцессорных БИС ТТЛ с диодами Шоттки;

— отработан первый отечественный техпроцесс изготовления интегральных схем с изоляцией окислом («изопланар») — основа производства биполярных интегральных схем последующего поколения;

— разработан и внедрен базовый технологический процесс изготовления интегральных схем с применением ионного легирования;

— внедрены плазмохимические процессы в технологии изготовления интегральных схем.



Работники предприятия – ветераны Великой Отечественной войны в Звездном городке

ли совместный приказ о разработке и применении микропроцессоров в важнейшей аппаратуре.

В 1976 году началось интенсивное использование микропроцессоров и других сложных интегральных схем в разработках важнейших наземных комплексов и бортовых систем на спутниках серии «Космос», в системе ПВО С-300, в самолетах, разрабатываемых ведущими отечественными конструкторскими бюро, аппаратуре Военно-морского флота, радиолокационных системах.

Вслед за этим увеличение объема задач, решаемых аппаратурой, рост ее сложности потребовали разработки аппаратурно-ориентированных программ (АОП) — создания именно тех интегральных схем, которые были необходимы для разработки данной сис-

темы. К концу 1978 года подобную АОП удалось подготовить и приступить к ее осуществлению. Это позволило построить большинство основных типов средств вычислительной техники — от высокопроизводительных ЭВМ до бортовых ЭВМ и микро-ЭВМ приблизительно на 700 типах различных простых и сложных интегральных схем.

В основу АОП была положена система развивающихся серий ИС и БИС, согласованная со всеми министерствами, предприятия которых разрабатывали радиоэлектронную аппаратуру, и Министерством обороны. Проект системы комплексно-целевых программ и аппаратурно-ориентированных программ был представлен в ЦК КПСС и в Совет министров СССР в 1979 году.