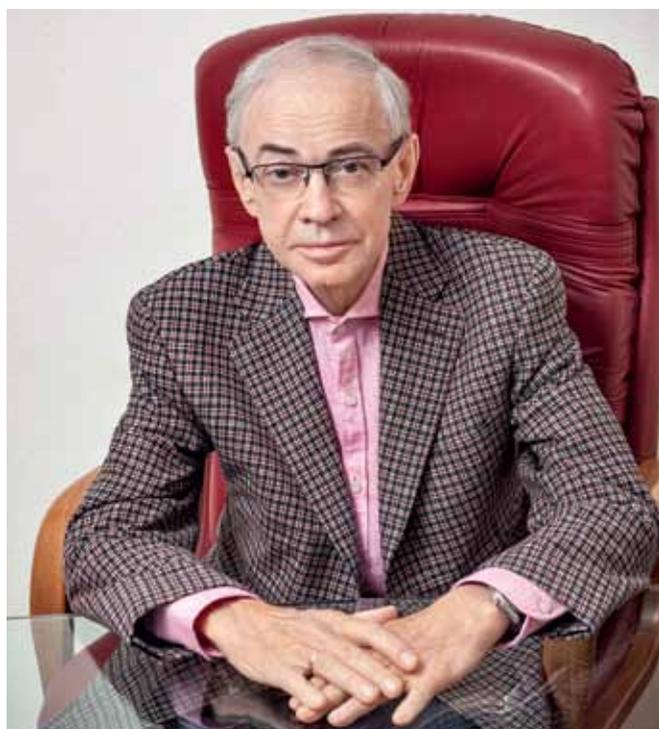


# БЕЗ САМОДОСТАТОЧНОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ НЕ СОХРАНИТЬ ГЕОПОЛИТИЧЕСКУЮ НЕЗАВИСИМОСТЬ РОССИИ

Рассказывает научный руководитель  
АО "НИИМА "Прогресс" В.Г.Немудров



Есть в нашей отрасли уникальное предприятие, создание которого было задумано в золотые времена советской микроэлектроники – на излете Советского Союза. В лихие годы радикальных экономических и политических потрясений оно не превратилось в "трудного подростка", а выбрало путь упорного труда и постоянного профессионального развития. Этим летом НИИМА "Прогресс" исполнилось 30 лет, по которым можно судить о судьбе всей отрасли. Владимир Георгиевич Немудров, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ, главный научный руководитель НИИМА "Прогресс", верит, что у предприятия и российской микроэлектроники в целом общая и счастливая судьба. О том, на чем основана его уверенность, Владимир Георгиевич рассказал журналу "ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ".

**Владимир Георгиевич, в юбилейный год, когда анализируют пройденный путь, вспоминаются яркие моменты. С чем у вас ассоциируется советская микроэлектроника?**

В самом начале 70-х академик Камиль Ахметович Валиев, в то время директор недавно созданного института НИИМЭ (НИИ молекулярной электроники), добился права участвовать в крупнейшей конференции по микроэлектронике в США, которая обычно проходила в Филадельфии. Он решил показать там некоторые советские микросхемы. А я в то время возглавлял на предприятии лабораторию сверхбыстродействующих интегральных схем, и мы за несколько лет разработали аналог схем MC 10000 фирмы Motorola, выполненных по технологии МЕСЛ.

Это были самые быстродействующие на тот момент схемы – 0,7 нс на вентиль. У нас же получились схемы, быстродействие которых составляло 0,6 нс на вентиль. Схема была разработана и освоена в производстве на "Микроне" за три года. Непростая это была задача, конечно. Именно эти микросхемы Валиев привез на ту конференцию в США.

Американцы очень удивились, вертели микросхемы в руках, исследовали. Как рассказывал К.А.Валиев, даже сделали микрошлифы и стали их изучать. Измерив профили распределения примесей, вновь удивились: оказывается, наши микросхемы были сделаны на тонких диффузионных эпитаксиальных структурах 1 мкм, толщина базы составляла 0,1–0,2 мкм. Это было изделие мирового уровня. По словам Валиева, он в тот момент пережил нечто вроде катарсиса: американцы в шоке от того, что в России, которую они считали дремучей территорией, умеют делать такие микросхемы! Отдельно они искали подтверждение того, что микросхемы действительно выполнены на советском оборудовании. Убедились. Поверили, что технологическое оборудование тоже произведено в СССР. Материалы также были наши. И мозги свои – проектировали сами.

В области микроэлектроники в СССР все было свое, отечественное. Вопрос: почему в Советском Союзе, изолированном от мира, в 70-е годы прошлого века мы умели создавать самые передовые микросхемы, исключительно на отечественном оборудовании и с помощью только отечественных

материалов? Значит, в России можно, невзирая на любые ограничения, создавать высокотехнологичную и конкурентоспособную продукцию?

**Говорят, что проблема в спросе, точнее, в его отсутствии. Кто был заказчиком той легендарной микросхемы, поразившей американских специалистов?**

Мы их разрабатывали для высокопроизводительных ЭВМ типа "Эльбрус" для заказчиков из НИЦЭВТ и ИТМ и ВТ. Функционал схемы – не наш, его предоставили заказчики. Академик В.С.Бурцев, который в то время возглавлял ИТМ и ВТ, сказал так: "Зачем нам придумывать функционал схемы? Это все равно, что изобретать велосипед. Инженеры Motorola схему отработали, крупнейшие заказчики высокопроизводительных ЭВМ типа IBM взяли за основу эти схемы Motorola и создали новые поколения своих высокопроизводительных машин. У нас нет времени изобретать свое, перед нами стоит задача создать в короткие сроки "Эльбрусы" и т.д."

***В области микроэлектроники в СССР все было свое, отечественное, в 70-е годы прошлого века мы создавали самые передовые микросхемы, исключительно на отечественном оборудовании***

Практика воспроизведения зарубежных аналогов – вопрос нетривиальный, сильно зависящий от текущей ситуации, экономики и политики страны. Сегодня важно понимать, что позади – длительный период использования зарубежной элементной базы, который привел к существенному отставанию наших изделий электронной техники. В то же время по мере усиления западных санкций и обострения геополитических конфликтов резко возрастают риски. Первый – срыв поставок критически важных изделий. Второй – возможность появления контрафактной продукции низкого качества. Третий – шанс появления изделий, содержащих незадекларированные функции ("закладки") и скрытые дефекты, которые невозможно обнаружить внешним контролем при закупке продукции.

В этих условиях задача импортонезависимости ЭКБ приобретает черты, нехарактерные для применяемой ранее тактики воспроизведения лучших зарубежных аналогов. В прошлые годы практиковалось замещение конкретного зарубежного аналога, обладавшего самыми передовыми характеристиками на момент подготовки наших технических требований. С одной стороны, такой подход облегчал постановку задачи проектировщикам, а с другой – закладывал принципиальное отставание нашей ЭКБ от зарубежной.

### **СВЧ-тематика в НИИМА "Прогресс" развивается по двум направлениям: приемо-передающие тракты для аппаратуры связи и навигации и для радиолокационной аппаратуры АФАР**

#### **В действующих программах импортозамещения ЭКБ этот подход остался?**

К счастью, нет. Помимо упомянутых недостатков, данный подход требует прямого копирования очень большого количества изделий, что невозможно выполнить ни по срокам, ни по стоимости работ. Мы в своей работе в НИИМА "Прогресс" выбрали следующий подход: в определенном сегменте продукции объединяем ряд наилучших из достигнутых в мире параметров, которые характерны для изделий данного сегмента, и проектируем наше изделие таким образом, чтобы оно учитывало запросы широкого круга потребителей.

#### **Например?**

Возьмем такую критически важную для развития отечественной микроэлектроники область, как СВЧ-технологии. СВЧ-тематика в НИИМА "Прогресс" развивается по двум ключевым направлениям: приемо-передающие тракты аппаратуры связи, навигации, цифрового телевидения и приемо-передающие тракты радиолокационной аппаратуры АФАР. Ключевая потребность широкого спектра аппаратуры – гарантия расширения частотного диапазона при снижении уровня шумов.

#### **Такой подход требует нетривиальных технических решений?**

Конечно, ориентация на широкий спектр конечных применений ставит перед разработчиками МИС серьезные технические задачи. Мы их решаем. В частности, развиваем как кремниевую, так и кремний-германиевую технологию, используя при этом современные КМОП-процессы, в том числе кремний-на-изоляторе, и биполярные на гетеропереходных SiGe-транзисторах. Совместно с другими отечественными предприятиями ведем исследования по интеграции на одном носителе кристаллов, изготовленных по различным технологиям, например, применение трактов обработки на SiGe БИКМОП МИС совместно с GaAs и GaN МИС малошумящих усилителей и мощных выходных каскадов.

Такой подход дает возможность развивать новые направления разработок, в частности в столь перспективных областях, как телекоммуникации и навигация. В сфере связи прежде всего упомяну реализацию в виде системы на кристалле передовой радиотехнологии Soft Defined Radio с программно-определяемой перестройкой частоты.

В области навигации наше техническое развитие связано с высокоточными навигационными решениями, для них открываются широчайшие перспективы использования в самых разных отраслях: геодезия, строительство, сельское хозяйство и т.д. Популярные RFID-метки и Интернет вещей также находятся в сфере наших разработок. Локальная система навигации – еще одна большая тема, за которой, мы уверены, – будущее навигационных систем.

В НИИМА "Прогресс" сложилось очень перспективное направление, которое мы называем полузаказными схемами: они основаны на сочетании БМК и встроенного ядра процессора. Наш подход дает возможность программировать изделие, дополнять всевозможными интерфейсами и сопроцессорами, цифровой обработкой и встроенной памятью, ячейками ввода-вывода, драйверами и проч. Получается действительно полузаказная схема, которая вполне может конкурировать – мы точно знаем по опыту – с ПЛИСами, которые в нашей стране толком так и не научились делать. Это направление на предприятии развивается активно, фактически мы создаем поколение полузаказных

схем, которые заменят нам импортные. Когда мы переведем эти разработки на топологические нормы 65 нм, что планируем сделать в ближайшем будущем, это станет решением очень многих проблем нашей микроэлектроники в целом. В частности, по мере развития в России технологий 3D-сборки унификация корпусов выйдет на новый уровень, что позволит в кратчайшие сроки организовать серийное производство не только специализированных СБИС, но и узлов аппаратуры в виде системы в корпусе (СвК).

**Дискуссионная тема – отечественные микроэлектронные фабрики. НИИМА "Прогресс", как известно, поддерживает крепкие партнерские связи с микроэлектронными фабриками по всему миру. Нужны ли России свои предприятия? И если да, то сколько?**

В "Прогрессе" убеждены: нужна мощная государственная программа восстановления и развития отечественной твердотельной электроники. Без самодостаточности в этой сфере независимость России под вопросом или просто невозможна. В условиях западных санкций и прочих ограничительных мер важно ликвидировать импортозависимость радиоэлектронной промышленности, прежде всего в сфере электронной компонентной базы, которая волею судьбы стала определяющей для современных вооружений, специальной техники, гражданской радиоэлектронной продукции и цифровой экономики в целом.

Чтобы добиться импортонезависимости России в части ЭКБ, необходимо восстановить производство в стране, что подразумевает весь спектр ключевых средств проектирования и производства, включая аппаратные средства, САПР, технологии, специальные материалы и технологическое оборудование.

**Принципиальных возражений на этот счет ни у кого нет. Все упирается в средства. Принято считать, что микроэлектронная фабрика – это очень большие деньги.**

Не обязательно очень большие. По нашим оценкам, ежегодные расходы на программы, разработанные нами в этом направлении, не превышают 1,2–1,3% стоимости ежегодного импорта в сфере электроники,

который, по нашим данным, составляет 750–800 млрд руб.

Речь идет о программе создания минифабрик, известной в микроэлектронной сфере как программа "Байкал 22-08". Напомню, что она была предложена еще в 2013–2015 годы рабочей группой, в которой участвовали представители 82 организаций: предприятий промышленности, институтов РАН и вузов. Ее цель – оснащение предприятий отечественными комплексами – минифабриками, снабженными всем необходимым: средствами САПР, технологиями, материалами, кадрами для проектирования опытного производства. Имеется в виду мелкосерийное производство, но высокого технологического уровня: СБИС на кремнии, КНИ и гетероструктурах SiGe по проектным нормам 22–20 нм и 10–7 нм, а также СВЧ МИС на гетероструктурах  $A_3B_5$ , SiGe по проектным нормам 22–20 нм. Стоимость всей программы составляет менее 100 млрд руб. Согласитесь, что для создания целой отечественной отрасли, базовой для современной экономики, – это небольшие деньги.

**Чтобы добиться импортонезависимости России в части ЭКБ, необходимо восстановить производство: весь спектр средств проектирования и производства, включая САПР, технологии, специальные материалы**

Кстати, за рубежом действуют программы проектирования и создания минифабрик. Так, в США компания FutrFab строит электронную минифабрику ProtoFab как компактную линию небольшой производительности. И это при их развитии мегафабрик! В Японии утверждена национальная программа Minimal FAB с финансированием из госбюджета. После изготовления в 2012–2014 годах опытного образца минифабрики в Японии стартовала программа создания серийных образцов со специализацией на технологиях КМОП СБИС, МЭМС и дискретных приборов. То есть начались продажи минифабрик как товара. Первый серийный образец фабрики Minimal FAB купил концерн Toyota.

### Минифабрики не смогут заменить мегапроизводство?

Конечно, минифабрики не являются альтернативой и не отменяют необходимость создания мегафабрик. Так же как персональные компьютеры не замещают суперкомпьютеры, аэробусы – малую авиацию и т.д. Они дополняют друг друга и вместе дали бы государству возможность выйти на принципиально иной уровень развития. Конечно, у такой страны, как Россия, хотя бы одна мегафабрика должна быть. Одобрение такого проекта есть, не хватает только денег. Но и при отсутствии мегафабрики наличие минифабрик с инфраструктурой для мелкосерийного производства стало бы отличным решением не только первоочередных задач в области импортонезависимости ЭКБ, но и положило бы начало реальной высокотехнологичной модернизации российской промышленности. А параллельно автоматически начнет формироваться кадровая структура передовой микроэлектроники.

## *Без самодостаточной отечественной микроэлектроники не достичь и не сохранить геополитическую независимость России*

### Почему крупный бизнес России отказывается развернуть у себя по доступной цене передовое микроэлектронное производство, чтобы гибко создавать нужную электронику?

После развала отечественной промышленности крупный бизнес не верит, что в России может получиться реальное производство и реальный рынок. Чтобы он поверил, нужны доказательства такого уровня, что он сможет увидеть результаты "на блюдечке с голубой каемочкой рядом с собственным ртом".

За лихие десятилетия промышленного провала приобретение импортных схем стало у нас крупным и очень выгодным бизнесом. Его продвижением занималось российское государство на самом высоком уровне. Я хорошо помню, как в 90-х Егор Гайдар, член правительства молодой независимой России, приехал в Зеленоград и говорил на встрече с жителями: "Кому нужны

эти ваши микросхемы? Мы все это можем проще и дешевле купить за границей". До сих пор – и это не является секретом – штаб-квартиры зарубежных производителей выделяют огромные бюджеты на различные маркетинговые акции на территории нашей страны. Почему так легко появляются у них российские партнеры по продажам в РФ? Потому что штаб-квартира оказывает мощную поддержку.

До сих пор наши замечательные мозги трудятся в офисах зарубежных разработчиков, прямо здесь, в самом центре Москвы, создают продукты, которые потом нашим же заказчикам продают из-за рубежа втридорога. Разве что-то изменилось за прошедшие годы?

Нужно написать крупным шрифтом: без самодостаточной отечественной микроэлектроники не достичь и не сохранить геополитическую независимость России.

### У нас работает модель стартапов, ориентированная на то, чтобы на выделенные инвестиции что-то сделать, а потом продать бизнес. Нацеленности на производство, длительное его сопровождение и продажи нет.

Продаться на этом этапе – не самый плохой вариант. Хуже то, что среди отечественных крупных организаций не находится желающих купить технологический стартап, и они попадают в состав зарубежной компании. Возьмите, например, историю знаменитой компании Cadence.

Вначале основатели Cadence скупили порядка 30 небольших фирмочек, точнее, групп разработчиков. Лишних уволили, а ценные инженерные мозги оставили. Так начался сегодняшний мировой лидер в области САПР микроэлектроники. И компания Synopsys подобным образом появилась. Понимаете, там иная психология, инфраструктура взаимоотношений принципиально другая. Мы взяли оттуда модное словечко "стартап", а обо всем остальном забыли. Кто должен купить стартап? Кто будет раскручивать новый бренд и продукцию на рынке? У нас ответов на эти вопросы, к сожалению, нет. Но само собой это не происходит.

Процессом нужно управлять, с точки зрения пользы для развития экономики страны. А это значит, что должны определенным образом подключаться госструктуры. С одной

стороны, это выглядит как управление, а с другой, как поддержка (нужные процессы, во-первых, стимулируются, а во-вторых, развиваются в нужных стране направлениях).

#### **У нас тоже есть госпрограммы поддержки компаний, занятых в сфере микроэлектроники.**

Да, у нас реализуются механизмы точечной поддержки конкретных компаний (я не говорю о статусе отечественного производителя, что имеет значение только для определенного круга заказчиков, а не всего коммерческого рынка). Скажем, они получают льготы по выплате кредитов и т.п. Но это не та поддержка, которая реально нужна отечественным компаниям.

Вот яркий пример. Разработки в сфере навигационно-связного направления в НИИМА "Прогресс" конкурентоспособны по всем параметрам: на уровне или превосходят лучших зарубежных конкурентов. Есть результаты реальных тестов. Единственный наш минус – отечественный приемник чуть дороже. Но это объективная реальность: мы заказываем микросхемы на Тайване и зависим от их политики ценообразования. В такой ситуации в других странах всегда включается господдержка отечественных производителей, направленная на то, чтобы дать своим возможность занять серьезные позиции на рынке, укрепиться и лишь потом позволить зарубежным конкурентам попытаться откусить кусочек национального рынка. Таким образом, используя рыночные интересы разных сил, действуют ведущие страны мира: США, Германия, Китай и проч. Микроэлектроника там развивается под жестким государственным контролем – рука государства контролирует и направляет активность частных коммерческих компаний. И это правильный подход.

Надо отметить, что у нас есть главное – сильное экспертное сообщество, которое в инициативном порядке продумало и сформировало серьезные программы, имеющие четкие цели возрождения в России сильной и мощной промышленности на базе передовых отечественных технологий. Теперь нужно этим наработкам дать путевку в жизнь, то есть поработать с бюджетными статьями, госпрограммами, коммерческими бизнес-планами предложений и т.д.

#### **Можете привести примеры проработанных проектов, имеющих значение для высокотехнологичного развития экономики страны?**

Пожалуйста. У нас в "Прогрессе" тоже в инициативном порядке развивается новое направление – совместный с КНР проект четырехсистемного навигационного приемника с поддержкой китайской системы Beidou по технологии 40 нм. На международном экономическом форуме в Санкт-Петербурге в июне было подписано соглашение между НП "ГЛОНАСС", ВЭБ и китайской компанией Norinco о создании совместного дизайн-центра по проектированию навигационных устройств. Проект будет выполняться на двух площадках: в Москве и в китайском городе Суджу. НИИМА "Прогресс" будет выступать в роли дизайн-центра. Чипы будут изготавливаться на китайской фабрике в SMIC, мы с ними уже сотрудничали.

Половину средств на проект выделяет российская сторона, половину – китайская. Российскую часть финансирования вносит ВЭБ. Теперь очередь за китайской стороной. Они сейчас думают. Надо отметить, что ведут они себя с нами в отношении этого проекта очень осторожно. Понятно, почему. У них установка такая: все должно быть у себя: и воссоздадут инфраструктуру у себя, готовят своих разработчиков. Правильно поступают.

***У нас есть главное – сильное экспертное сообщество, которое в инициативном порядке разработало серьезные программы, направленные на возрождение в России мощной промышленности на базе передовых отечественных технологий***

Возникает вопрос: сможет ли НИИМА "Прогресс" отстаивать интересы предприятия, своего рынка, если с той стороны в качестве партнера – мощная страна КНР с явным интересом забрать себе все плоды совместной работы? Думаю, раз речь заходит о будущем глобальном рынке, то "Прогрессу" стоит помочь, например, по линии внешнеэкономического сотрудничества или военно-промышленного. Это ведь уже не частный интерес

коммерческой компании, в этом есть государственный интерес.

Что касается высокоточной навигации, то в "Прогрессе" мы создали приемник, точность которого отличается менее чем на полсантиметра от дорожущего импортного, но он на порядок дешевле. То есть отечественное оборудование для высокоточного строительства, земледелия, геодезии и т.п. полностью конкурентоспособно с зарубежным, причем как по качеству, так и по цене. Высокоточные устройства, применяемые, например, в геодезии, как известно, обходятся очень дорого. Мы доказали, что можем делать технику такого класса гораздо дешевле. Нашей экономике нужно такое оборудование? Мы пытаемся найти деньги под запуск такой техники в производство. Бьемся.

*В ситуации, которая складывается в последнее время, некоторый обязательный минимум микроэлектронных мощностей надо создавать у себя: мегафабрику, минифабрики, свою САПР*

Еще один наш перспективный проект – разработка отечественного 2G/3G-модема с использованием лицензионных чипов для массового производства терминалов для системы "ЭРА-ГЛОНАСС". Задача-минимум – охват рынка услуг "ЭРА-ГЛОНАСС" российским оборудованием. Задача-максимум – возвращение российских производителей на рынок телекоммуникационного оборудования. Задача явно государственная как с точки зрения экономики, так и безопасности страны. НИИМА "Прогресс" в одиночку ее не решит. Нужна поддержка государства, чтобы "Прогресс" прорвался на этот рынок, где отчаянно демпингуют крупные зарубежные поставщики, которым тайваньские фабрики дают серьезные скидки на производство.

СВЧ-направление – не новая тема. Уж сколько лет идут разговоры, все понимают – мощная СВЧ-электроника стране нужна как воздух, поскольку имеет огромные преимущества и перспективы. Все время говорят, что затраты не очень уж большие. "Микрон"

грозились вот-вот открыть SiGe-производство. Но нужны деньги, а он их не нашел. Почему же создание кремний-германиевой фабрики, в которой нуждается страна, оказывается головной болью одного завода "Микрон"?

**Дизайн-центры поддержат активность государства, если оно возьмет курс на реальную поддержку отечественных производителей аппаратуры?**

Конечно! Я предложил Минпромторгу повторить удачный опыт, который мы провели когда-то под руководством Ю.И.Борисова, создав сеть дизайн-центров субмикронного уровня. Тогда это ведь получилось! Сегодня речь идет о разработке и проектировании сети дизайн-центров нанометрового уровня для систем на кристалле. Новое поколение продукции подразумевает, что нужно все обновить: новые технологии проектирования, учесть дополнительные тонкости и нюансы производства. Причем не в чистом поле с нуля создавать, а на базе существующих техцентров, которые только переоснастить надо.

**Когда эксперты рассуждают о международном разделении труда, принято говорить о том, что Китай выбрал путь международной фабрики...**

Китай сегодня вкладывает колоссальные деньги в строительство мегафабрик. Причем, как ни странно, при поддержке тайваньских инвесторов, разбирающихся в микроэлектронном производстве. Насколько мне известно, намечено строительство до десяти (!) мегафабрик, которые завалят мир микросхемами нанометрового уровня. Они будут выпускать изделия сотнями миллионов штук, цены на микросхемы, видимо, упадут катастрофически. И все будут заказывать производство там. Китай станет всемирной микроэлектронной мастерской. Таким образом, Китай выбрал направление своего развития.

Конечно, в идеале российская ниша на международном рынке труда – это высокопрофессиональное дизайн-сообщество, потому что мозги у нас отличные. Они устроены так, что мы можем проектировать качественно. Нам не хватает только дооснащения САПР и заказами. Давным-давно я мечтал о том, чтобы построить крупные

международные центры, которые будут работать не только на "Прогресс". Конечно, в эти мечты серьезно вмешивается политика. Правда, найти в мире заказчиков для наших дизайн-центров, думаю, вполне можно при любой геополитической ситуации.

Однако в ситуации, которая складывается в последнее время, конечно, нужен некоторый обязательный минимум микроэлектронных мощностей создавать у себя: одна мега-фабрика, мини-фабрики, своя САПР – все это нужно иметь свое. Иначе есть риск однажды оказаться у разбитого корыта, полностью зависимым от внешнего мира. Элементарно не хватит долларов, чтобы все закупить. Плюс реальный риск, что наше же оружие может быть обращено против нас, если оно будет создано на зарубежной элементной базе. Это уже вопрос безопасности страны.

Мир не стоит на месте. Недавно я был в Европе. Они там землю роют в части развития высоких технологий. В Евросоюзе есть колоссальный фонд в 600 млрд евро, который дает им возможность направить в инвестиционный проект очень большие деньги. Что сказать о нас? В какие высокотехнологичные российские проекты вкладываются серьезные средства, предназначенные для будущего развития?

### **Что сейчас рассматривается мировой микроэлектроникой в качестве стратегической перспективы?**

Помню разговор с академиком Камилем Ахметовичем Валиевым в конце 90-х, когда он говорил: создавай у себя группу, которая будет заниматься квантовой микроэлектроникой. В конце жизни он увлекся квантовой электроникой, но сетовал, что в Академии наук нет технического оснащения, а мы имеем возможность организовать подобию опытных стендов. Замечу, что было это в конце 90-х. Помилуйте, отвечал я ему, нам бы выжить! Какая уж квантовая микроэлектроника! Но он был абсолютно прав.

Эксперты утверждают, что в нынешнем веке произойдет еще одна технологическая революция, сравнимая по масштабу с появлением компьютеров. Нанoeлектроника достаточно быстро исчерпает себя, потому что идти особо некуда – 1 нм, а дальше волновые эффекты остановят. Так или иначе произойдет переход к квантовой микроэлектронике.

И это принципиально другая история. Американцы уже готовятся к новому микроэлектронному укладу – квантовой микроэлектронике. А мы к чему перейдем?

*Нанoeлектроника достаточно быстро исчерпает себя, достигнем 1 нм, а дальше волновые эффекты остановят. Так или иначе произойдет переход к квантовой микроэлектронике. И это принципиально другая история*

### **Получается, Камиль Ахметович смотрел вперед на 50–70 лет?**

Да. Такого масштаба был ученый. Уже на склоне лет, болел, но все равно приезжал в свой кабинет и работал над продолжением книги по квантовой микроэлектронике. "Я должен идти вперед, – говорил он мне тогда. – Я по-другому не могу". Уникальный человек, даже среди академиков.

### **С точки зрения развития технологий состоится переход к системам-на-кристалле (СНК). Какие новые вызовы это ставит перед отраслью?**

Много вызовов. Надо менять корпуса, делать многовыводные. Самое главное, пожалуй, в том, что изделие класса система на кристалле нужно рассматривать именно как систему, а не отдельную микросхему. Эти вопросы поддаются проработке, и за рубежом данное направление интенсивно развивается. В частности, средства САПР должны учитывать эту высокую степень интеграции и то, что проектируется именно система. Подобный подход, меняющий идеологию системы САПР, требует использования новых математических и вычислительных методов проектирования. Весь этот комплекс задач предполагает глубокие исследования.

### **У нас ими занимаются?**

На уровне задач для отрасли нет. Есть инициативные работы. Например, я давно мечтаю возродить отечественную САПР, которая была в очень хорошем состоянии в конце 80-х годов. Мы тогда ежегодно проводили в Гурзуфе по две конференции по

микроэлектронике: весной и осенью. Собирались элита, вузовские ученые, специалисты промышленных предприятий – костяк отрасли. Была мощнейшая команда разработчиков САПР. Можно сказать, лучшая в мире в то время. Половина команды в лихие годы уехала на Запад, серьезно улучшив кадровый состав нынешних ведущих зарубежных разработчиков САПР.

**Мы приняли решение создавать свою САПР поэтапно. У наших специалистов и у коллег на других предприятиях есть опыт, хороший задел и знающие инженеры**

Такую структуру с нуля в одночасье не создашь. Нужны годы, начинать выращивать специалистов нужно еще в высшей школе. Проблема в том, что средства проектирования тоже должны быть сверхсложными. Но ощущения безысходности нет. Я думаю, Россия, как всегда, пройдет испытания. Мы уже, как мне кажется, удачно возобновили крымские конференции. Осенью в Алуште пройдет уже третий международный форум "Микроэлектроника-2017". Вновь собираем отрасль по крупицам в единую боевую команду. Очень радует, что в ней пока еще есть специалисты по САПР. Их можно собрать и сделать эту работу.

**Нужны не только деньги на разработку. Необходимы еще специалисты, которых только в Cadence пять тысяч, и человеко-годы работы. Как с этим обстоит дело?**

Мы приняли решение заниматься созданием своей САПР поэтапно. У наших специалистов и у коллег на других предприятиях есть опыт, хороший задел и знающие инженеры. Мы разработали свой подход – создание САПР из отдельных фрагментов по частям. Кстати, и Cadence, и Synopsys действуют так же: проектируют отдельные подсистемы, а затем включают в свой продукт. Все можно сделать поэтапно. Но, конечно, должна быть определенная идеология создания такой системы.

**Она есть?**

Нужно разрабатывать. Мы готовы стать ее разработчиками. В России все можно

воссоздать, возобновить. Наша страна на это способна. Мозгов вполне достаточно, чтобы свою САПР создать, не хуже зарубежных. Америка собирает мозги по всей планете, а у нас они в достатке. Правда, у них в крови умение организовать кооперацию и получить результат, а мы не умеем.

**В НИИМА "Прогресс" взят курс на создание готовой аппаратуры. Будете оттачивать умение получать результат из кооперации?**

Это моя давняя позиция. Надо самим конечный продукт делать! Поэтому в конце 70-х годов была такая установка в профильных министерствах типа Минпромсвязи: нам нужно добавить микросхемы, а конечный продукт мы будем делать сами. Это была здоровая идеология: делать конечный продукт, начиная с микросхемы. Фактически уже тогда речь шла о высокоинтегрированных компаниях, которые сейчас процветают на Западе, – Intel и проч. Они производят и микросхемы, и конечную продукцию, поэтому хорошо живут.

Другое дело, что у нас нет производственной базы. Но тогда у нас должна быть тесная кооперация с теми, кто может за достаточно скромные средства изготовить, поставить изделие в серию. Но мы должны быть идеологами конечного продукта – это главное.

**Можно ли воссоздать советскую модель с тем разделением труда между предприятиями?**

На мой взгляд, ту модель не надо восстанавливать. Надо учесть положительный опыт, а хозяйство должно быть многоукладным: пусть в цепочки собираются разные компании, главное, чтобы в конце цепочки появился конечный продукт.

Сейчас у нас в стране в головах серьезный перекосяк: все твердят про разделение труда, а ведь такое разделение имеет смысл только до какой-то степени, потом должна происходить интеграция труда в общий результат. И только тогда, когда после разделения труда случится интеграция в конечный продукт, будет движение. У нас сейчас такого движения нет, потому что нет крупных игроков, которые владели бы всеми уровнями разработки, проектирования и создавали конечный продукт. Вот почему даже в нашем холдинге "Росэлектроника" с таким

трудом достигается интеграция участников в цепочки создания добавочной стоимости – вся эта цепочка производства, наращивания стоимости была воссоздана в одних руках.

Я уверен, что мы пройдем через эти трудности роста. Главное, мы понимаем, как правильно подходить к решению таких вопросов. Важно, что уже имеется позитивный опыт такой эффективной интеграции. Я имею в виду проект создания полужаказной СБИС на основе БМК со встроенным микропроцессорным ядром, о которой мы говорили раньше. Была реальная острая потребность в таких СнК из-за отставания технологии изготовления в России (180 нм) от мировой (65 нм).

В работе объединились несколько частных компаний. "НИИМЭ и Микрон" в части изготовления кристаллов по технологии HСMOS8 180 нм. "КМ211" – в части предоставления встроенного микропроцессорного ядра "Кварк" собственной запатентованной архитектуры, включая средства проектирования и отладки программного обеспечения. Технологический центр МИЭТ – в части поля БМК и библиотек логических элементов, а также САПР "Ковчег" для проектирования топологии БМК. НИИЭТ (Воронеж) – в части разработки технологии корпусирования в отечественный корпус СРGA325 и измерительной оснастки с базовыми тестовыми программами. Ну и НИИМА "Прогресс" как головной исполнитель определил архитектуру, структуру СнК, разработал требования ко всем компонентам, периферийные блоки, интерфейсы, топологию кристалла и общесистемное программное обеспечение. Так появилась первая в мире полностью отечественная СБИС типа "система на кристалле" – СБИС СнК БМК К5512БП1Ф, которая по своим характеристикам соответствует зарубежным ПЛИС, изготовленным по технологическим нормам 65 нм. Большое дело было сделано. И произошло это в 2010 году! С тех пор по данной базовой технологии были разработаны еще три типа таких СБИС СнК БМК.

Почему все получилось так удачно? Потому что это была не механическая интеграция по каким-то учетным принципам, а реальная – по маршруту. И управляющая компания сработала эффективно, ведь предметом

управления была именно интеграция по маршруту.

### **Какой вывод напрашивается из историй, которые вы рассказали?**

Вывод простой: мы можем все делать сами. Не нужно этого бояться, просто делать. Есть самое главное – хорошие мозги, то, что нам дает человеческая природа. А все остальное – дело наживное: воля и соответствующие средства. Средства, похоже, тоже есть. Дело за волей эффективно ими распорядиться: с прицелом на скорое выздоровление экономики страны с помощью отечественных высоких технологий.

*Уверен, что и в дальнейшем "Прогресс" будет успешно выполнять свою миссию по развитию отечественной микроэлектроники*

### **Завершая разговор, отметим, что ваш институт воплощает в жизнь эту установку. Что такое НИИМА "Прогресс" сегодня?**

Сегодня АО "НИИМА "Прогресс" – ведущий дизайн-центр Российской Федерации, головной исполнитель по ряду государственных программ, межотраслевой центр проектирования СБИС СнК, разработчик и производитель навигационных приемников ГЛОНАСС/GPS/Galileo, микроэлектронной аппаратуры. Программно-аппаратный комплекс, созданный в "Прогрессе", позволяет проектировать интегральные схемы с технологическими нормами до 40 нм. Институт обеспечивает полный комплекс услуг – разработка, изготовление опытных образцов, поставка серийных изделий. В числе основных технологических партнеров – микроэлектронные фабрики в разных странах мира: "НИИМЭ" и завод "Микрон", "Ангстрем" (Россия), НПО "Интеграл" (Беларусь), X-FAB и IHP (Германия), TSMC, USMC, PGC (Тайвань), Key ASIC (Малайзия) и другие.

Уверен, что и в дальнейшем "Прогресс" будет успешно выполнять свою миссию по развитию отечественной микроэлектроники.

### **Спасибо за интересный рассказ.**

*С В.Г. Немудровым беседовали О.А. Казанцева и Е.Н. Покатаева*

*Фото на обложке и в интервью О.Ф. Слепяна*