

Причины системных проблем в развитии радиоэлектронной и электронной промышленности России

Часть 4. Конец 1970-х – начало 2000-х годов*

А. Брыкин, д. э. н.¹

УДК 621.37 | ВАК 05.27.01

Развитие производственно-технологического комплекса электронной и радиоэлектронной отрасли связано с приоритетами в развитии промышленности и страны в целом. Анализируются стратегические просчеты прошлых периодов развития страны и ситуация, которая сегодня сложилась в отрасли. Делается попытка ответить на вопрос: возможно ли ее переломить? Технологический прорыв СССР 1961–1980 годов достиг паритета отечественной электронной промышленности с ведущими технологическими странами. Данная статья посвящена периоду очередного невнимания к отрасли, периоду перестройки и развала большой страны, который неизбежно сказался на электронной промышленности, отбросив ее в очередной раз на несколько десятилетий назад от конкурентов. В статье рассматривается начальный период восстановления отрасли в новой России, связанный со Стратегией развития отрасли, принятой в 2007 году, анализируются ее результаты.

РЕЗУЛЬТАТЫ РЕАЛИЗАЦИИ ГЕНЕРАЛЬНОЙ СХЕМЫ РАЗВИТИЯ И РАЗМЕЩЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 1961–1980 ГОДОВ

Благодаря активным действиям первого Министра электронной промышленности СССР и сформированной им команды с 1961 по 1980 год был реализован настоящий прорыв в электронной индустрии страны. В результате четко реализованного плана к середине 80-х годов электронная и микроэлектронная промышленность обеспечивала современной электронной компонентной базой (ЭКБ) и аппаратурой на ее основе возрастающие потребности народного хозяйства Советского Союза.

* Автор предоставил в редакцию серию материалов, в которых анализируются причины возникновения системных проблем в развитии радиоэлектронной и электронной промышленности России. Каждая статья охватывает определенный период: 1917–1945 годы (дореволюционный, предвоенный, военный), 1945–1970 годы (послевоенный), 1950–1990 годы (становление отрасли, технологический прорыв 1961–1970 годов, период перестройки и развала большой страны). Первые три части опубликованы в «ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес» № 4, 5, 6 за 2021 год.

¹ Финансовый университет при Правительстве РФ, НИЯУ МИФИ, профессор, brka@mail.ru.

Несмотря на системный кризис в экономике, усугублявшийся санкциями со стороны США и ряда других высокотехнологичных государств, в 70-е годы в СССР были созданы единственная в мире самодостаточная инфраструктура и кооперация для электронной промышленности и смежных с ней отраслей. Промышленность СССР обеспечивала всю номенклатуру электронных изделий собственными электронными материалами и высококачественными веществами, средствами производства и проектирования. Благодаря научно-технической и логистической скоординированности управления сопряженных отраслей промышленности до конца 70-х годов держался паритет в технологической микроэлектронной гонке между СССР и США.

Нобелевский лауреат Ж. И. Алферов дал этому периоду следующую оценку: «Третье место СССР в радиоэлектронной и научно-технологической гонке синергетически обеспечили экономике в целом устойчивое второе место практически по всем компонентам производительных сил. В сфере обороны СССР удалось не только обеспечить полный паритет с капиталистическим Западом, но и стать безусловным лидером в некоторых видах и типах техники» [1]. Организационно-управленческая модель электронной отрасли, подкрепленная мощной ресурсной базой, стала ключевым фактором, обеспечившим

до конца 70-х годов 20 века устойчивое развитие всей промышленности в СССР. Из-за недоинвестирования отрасли в конце 70-х годов этот паритет был разрушен и началось нарастающее системное отставание, сопряженное с реформами в экономике и развалом огромной страны.

ПЕРЕСТРОЙКА И ОБОСТРЕНИЕ СИСТЕМНЫХ ПРОБЛЕМ В ЭКОНОМИКЕ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ

К началу перестройки (1986 г.) СССР имел прогрессивную систему государственного планирования и информационного обеспечения экономики, которая во многом компенсировала очевидно нарастающее технологическое отставание в электронике и вычислительной технике. Это отставание не позволило Госплану СССР осуществить подготовленный системный рывок за счет логистической координации тысяч предприятий промышленности, НИИ и КБ как единого производственно-технологического механизма.

В 1980 году в США появился микроконтроллер *Intel 8051*, 8-битный чип, давший начало целому семейству электронной техники, которая доминировала на рынках в течение нескольких десятилетий. К этому времени из-за стратегических ошибок 70-х годов наша электронная промышленность скатывалась на воспроизводство зарубежных аналогов в сегменте вычислительной техники, однако еще имела технологические возможности для выпуска клонов этого чипа на предприятиях в Минске, Киеве, Воронеже и Новосибирске.

Технологии микроэлектронных производств требовали мощнейшего фундамента со стороны обеспечивающих высокотехнологичных отраслей промышленности. Если в 1965 году мировая цена типовой производственной линии в отрасли составляла 1 млн долл., то к 1980 году – уже более 50 млн долл. Если в 60-е годы затрата 1 долл. на капитальное оборудование приносила около 10 долл. в виде поступлений от продажи произведенной продукции, то к середине 1980-х отношение этих затрат к продажам практически сравнялось [2]. Если в 1972 году предельной технологической нормой в микроэлектронике была размерность 10 мкм, то в 1997-м она составила 0,25 мкм.

Для обеспечения технологической гонки в микроэлектронике были необходимы колоссальные ресурсы, требующие возведения электроники в национальный приоритет стран, претендующих на лидерство в промышленности и экономике. Уже тогда лидерство в микроэлектронике и экономике в целом стало тождественным.

В 1976 году в США появляется программа Пентагона, при реализации которой в американские электронные фирмы из государственного бюджета вновь пошли огромные инвестиции. Целью программы было создание высокопроизводительных интегральных схем с повышенной радиационной стойкостью для систем управления крылатыми ракетами и других видов оружия. Выполнение

этой военной программы дало старт развитию технологий микроэлектроники и ее нового сегмента – микропроцессорной техники. Только на программу НИОКР по созданию сверхскоростных интегральных схем в период 1979–1988 годов в США государство инвестировало свыше 1 млрд долл. с софинансированием псевдочастных компаний в размере более 2 млрд долл. Это позволило увеличить отрыв от стран-конкурентов от трех до пяти лет. Создание впоследствии консорциума высокотехнологичных компаний *Symantec* и его щедрое финансирование к концу 1990-х годов позволили вывести его предприятия на самоокупаемость и отказаться от госфинансирования. Период смены технологических мощностей в этом сегменте промышленности уменьшился до 2,5 лет, что требовало новых и новых инвестиций, получаемых зарубежными компаниями уже во многом самостоятельно за счет массового производства в интересах глобального потребительского рынка.

Советское руководство откликнулось на новые технологические вызовы с огромной задержкой. «Многие в Правительстве, а тем более в ЦК считали, что затраты в таких размерах на электронную промышленность нецелесообразны, к тому же запросы Министерства электронной промышленности СССР явно завышены, так что «надо не ходить с просьбами, а лучше работать... Предпочитали деньги, в буквальном смысле слова, закапывать в землю – на мелиорацию земель, эффективность которой была довольно сомнительной, в 1976–1980 годах было выделено 38,6 млрд руб. А главное, приближалась Олимпиада-80, нужно было строить олимпийские объекты, что особенно волновало руководство Москвы. И финансовые ресурсы, и строительные мощности города в понимании «власть предержащих» нужно было сконцентрировать на этом «важнейшем» мероприятии, а Зеленоград мог и подождать» [3, с. 86].

В конце 1980-х годов объем инвестиций в электронную промышленность США превосходил показатели СССР в четыре раза, японский же уровень был выше в шесть раз, а в сегменте микроэлектроники – почти в восемь раз. В финансировании отраслевой науки разрыв составлял семь-восемь раз в пользу США. Кроме государственных приоритетов, это было также связано с тем, что СССР финансировал электронику за счет госбюджета, а в США электроника создала и захватила рынки сбыта вне оборонных задач и начала частично окупать себя за счет гигантского платежеспособного спроса гражданского рынка.

В 1983 году в СССР на базе процессора «6502» 588-й и 589-й серий был создан похожий на *Apple II* (1977 год, США) ПЭВМ «Агат» (300 тыс. оп./с). Цена процессора многим не дотягивала до цены популярного автомобиля тех лет в СССР – ВАЗ-21011 (автомобиль стоил 6,4 тыс. руб., процессор – 4,0 тыс. руб.). Первым крупносерийное

производство процессора в 1984–1986 годах освоил Лианозовский электромеханический завод (ЛЭМЗ, ПО «Утес»), затем Волжский завод ЭВТ, Ковылкинский электромеханический завод (Мордовия), Загорский электромеханический завод (Московская область) и минское НПО «Агат». В конце перестройки из-за высокой цены изготовления процессор стали закупать за рубежом, а его маркировку зачищали наждачной бумагой.

Начавшаяся в период перестройки деградация экономики прошла катком и по электронной промышленности. «За три с половиной года XII пятилетки (1986–1990 годы) предприятия Минрадиопрома, Минприбора и Минпромсвязи СССР произвели 291,3 тыс. персональных ЭВМ (26,3% от плана), 29,4 тыс. шт. СМ ЭВМ (52,6% от плана), 4,2 тыс. шт. ЕС ЭВМ (52% от плана). Из запланированных постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 23 января 1986 года «О мерах по разработке и производству персональных ЭВМ в 1976–1990 годы» к строительству 102 промышленных объектов по производству ЭВМ и периферийного оборудования на 74 объектах работы даже не начинались» [4].

В конце 1980-х годов в СССР был ощутимый недостаток СБИС (сверхбольших интегральных схем). Промышленные предприятия СССР не могли достичь масштабов производства, необходимых для нужд экономики страны. Делались такие микросхемы только в лабораториях и на некоторых опытных производствах. Коэффициент выхода годных изделий ЭКБ в СССР в 1984 году составлял ~10% (в США – более 85%). При этом советские компоненты памяти ограничивались объемом в 64 Кбит, а в США уже серийно производили чипы до 1 Мбита.

СИСТЕМНЫЕ ОШИБКИ РАЗВИТИЯ ВПК И ЕГО ИНТЕГРАЦИИ В ЭКОНОМИКУ

При нарастающем системном кризисе в электронике и экономике страны в целом СССР обеспечивал паритет с США в военном секторе. В целом ряде видов вооружений Советский Союз за счет накопленного системного рывка в высокотехнологичной промышленности и электроники в период 1950–1970-х годов на многие годы опережал другие страны. «Наиболее мощным компонентом обороны страны оставалась стратегическая триада – ракетные войска стратегического назначения, ракетные подводные крейсера стратегического назначения ВМФ и дальняя стратегическая авиация ВВС. В стране сохранялся мощный комплекс по разработке и производству ядерного оружия» [5].

Оборонная промышленность конца 1980-х годов была наиболее мощным сектором советского машиностроения (60% объема производства). На ВПК работало более 35 млн человек. ВПК структурно состоял из следующих сегментов: космической отрасли и среднего машиностроения (ядерная), авиационной, судостроительной,

приборостроительной, бронетанковой промышленности, промышленности артиллерийско-стрелкового вооружения, промышленности боеприпасов. Производства ВПК были оснащены передовым технологическим оборудованием и высококвалифицированными кадрами [6].

Выстроенный еще с 30-х годов 20 века и непрерывно совершенствовавшийся в СССР режим секретности усиливал разрыв в научно-технической кооперации высокотехнологичной промышленности СССР. Псевдобезопасность стала катализатором нарастающего отставания от научно-технического прогресса в массовом производстве, ориентированном на потребительский рынок. Предприятия кодировались, назывались номерными почтовыми ящиками, выпускали нумерованные изделия. Инженеры не знали, что и зачем они делают, в какой производственной кооперации они задействованы. Изоляция достигала даже того, что существовали нумерованные города, где функционировали институты и заводы, изолированные друг от друга. Режим изоляции НИИ и КБ сдерживал общее развитие. Этот фактор стал непреодолимым при осуществлении попытки диверсификации ВПК, в те годы именованный как «конверсия».

В 1980-е годы ВПК стал изолированной от народного хозяйства и разделенной внутри империей, приближаясь к тождественности по отношению ко всей высокотехнологичной советской промышленности: до 90% телевизоров, холодильников и магнитофонов: примерно 50% электроплит и мотоциклов производились на предприятиях ВПК. При этом цель обеспечения их качества и улучшенных характеристик не шла ни в какое сравнение с безусловным выполнением государственного оборонного заказа, доля которого в экономике предприятий высокотехнологичного сегмента промышленности составляла более 90%.

Из-за недофинансирования и, как следствие, технологического отставания электронная промышленность СССР тех времен стала сильно зависеть от зарубежных технологий и оборудования. Только закупка зарубежного оборудования могла обеспечить предприятия отрасли машинами для нарезки кристаллов из пластин. Собственные разработки не были обеспечены высокоточными резцами с лазерным напылением. Проявилось отставание в средствах разработки – системах автоматизированного проектирования. При воспроизводстве зарубежных аналогов стандарты проектирования пришлось заимствовать, а для воспроизводства моделей и алгоритмов проектирования, заложенных в зарубежных САПР, требовались огромные временные и материальные ресурсы, которых отрасль не получала.

Несмотря на громкие публичные заявления руководства на XXVII съезде КПСС (1986 г.) электронной промышленности СССР пришлось продолжить закупки зарубежной техники для обеспечения запросов ВПК. Началась

деградация собственного электронного машиностроения и САПР.

Решение о сокращении Вооруженных Сил СССР было озвучено в декабре 1988 года на Генеральной Ассамблее ООН в Нью-Йорке. В цифрах это было представлено следующим образом: в период 1989–1990 годов численность Вооруженных Сил должна быть сокращена на 500 тыс. человек, танков – на 10 тыс., артиллерийских систем – на 8,5 тыс., боевых самолетов – на 800 единиц [7]. Советский Союз приостановил поток практически бесплатных поставок высокотехнологичной военной техники странам соцлагеря. Рынок государственного оборонного заказа и военно-технического сотрудничествакратно уменьшился, нарушив ритмичность загрузки предприятий, притом, что гражданский рынок для предприятий ВПК не смог стать платформой для диверсификации.

Военно-промышленный комплекс создавал иллюзию наличия в СССР гражданских отраслей промышленности в высокотехнологичном сегменте. Большим препятствием к его диверсификации являлась экономическая модель мобилизационной экономики СССР, по которой отсутствие серийности в госзаказе приводило к убыточности любых электронных производств. Отставание в потребительских характеристиках гражданской продукции, производимой предприятиями ВПК, увеличивалось в том числе из-за разных для военной и гражданской продукции стандартов. Более строгие требования военной приемки ухудшали ценовые характеристики производимой продукции, это сказывалось на конкурентоспособности продукции на потребительских рынках, где все больше стали появляться зарубежные производители. Результат – отставание в потребительских характеристиках, производительности труда, энергопотреблении, устаревание средств производства и потеря рынков сбыта.

При конверсии времен М. Горбачева расчет на то, что оборонные предприятия смогут заместить собою гражданские и заполнить потребительский рынок, не оправдался. За первую послесоветскую пятилетку, к 1991 году, ВПК покинули более 2,5 млн высококвалифицированных специалистов, объем военного производства сократился почти в два раза. Предприятия были вынуждены выживать самостоятельно, в большей степени за счет экспорта, доступного в основном предприятиям радиоэлектроники, производящим финальные образцы техники со все большим применением в них иностранной ЭКБ.

Разрабатывавшиеся Правительством РФ программы конверсии оборонных отраслей провалились, причем не только из-за отсутствия финансирования. Половина высвобожденных в результате конверсии мощностей предприятий ВПК ничем не загружена, и они просто омертвлены, а другая половина загружена конверсионной продукцией, которая в большинстве случаев постепенно уничтожает производственно-технологический

потенциал, не оставляя предприятиям никаких шансов на выживание в ином технологическом облике [8].

Тем не менее, перестройка не смогла полностью развалить отечественный военно-промышленный комплекс, основы которого были заложены в период 50–70-х годов 20-го века. Однако кризис и новшества в модели управления экономикой страны спровоцировали новые испытания и в итоге нанесли сокрушительный удар по новейшим разработкам конца 80-х годов.

В стремлении решить системную проблему в СССР перешли к практике создания совместных производств с зарубежными партнерами, продолжили закупать зарубежное технологическое оборудование через совместные предприятия в странах «третьего мира», чему активно препятствовал режим КОКОМ и объявленные в 1980 году новые санкции. Производство материалов (поликремний, сверхчистые вещества) и электронной компонентной базы по-прежнему оставалось мелкосерийным. Экономически эта модель была обречена на провал, который явно обозначился в 1991 году.

ПЕРИОД «ОБВАЛА» ЭКОНОМИКИ, РАЗВАЛ СТРАНЫ И ОТРАСЛИ

1991 год стал годом «обвала» промышленности Советского Союза. В результате политики либерализации цен, отсутствия приоритетов руководства страны в развитии электроники, как и всей промышленности, предприятия были лишены господдержки для ведения конкурентной борьбы с зарубежной электроникой, доступ которой на внутренний рынок был бесконтрольно открыт новым Правительством России.

В условиях гиперинфляции предприятия электроники не могли отыскать оборотные средства для обеспечения воспроизводства. Исключением являлись предприятия радиоэлектроники, которым удавалось поставлять продукцию за рубеж. Им в стремлении обеспечения конкурентоспособности пришлось во многом перейти на использование ЭКБ иностранного производства. Данное обстоятельство еще более сузило рынок отечественной ЭКБ и привело предприятия отрасли практически к банкротству.

По информации руководителей предприятий ВПК, направленной в письмах и обращениях в Федеральное Собрание Российской Федерации, из-за непродуманной конверсии и приватизации разрушены со 2-го по 5-й уровень кооперации предприятий военного судостроения, военной радиоэлектроники, авиационной промышленности и промышленности боеприпасов. За период 1991–1998 годов ВПК утратил сотни технологий, которые создавались десятилетиями. В стране полностью прекращено производство боеприпасов, ракет «воздух – поверхность», систем ПВО, бронетанковой техники. Авиационная промышленность вместо производства более 540 боевых

самолетов в год производит только 1–2 боевых самолета для внутреннего рынка и 15 боевых самолетов на экспорт. Почти полностью остановили работу предприятия российской электронной промышленности [9].

Начиная с 60-х и вплоть до 80-х годов 20-го века СССР, развивая электронику, приоритетно инвестировал в создание электронных производств на территории Союзных Республик. К моменту развала СССР передовые в технологическом оснащении предприятия отрасли оказались в странах Балтики, в Беларуси, на Украине и в Армении. В результате развала страны большое количество кооперационных связей, наработанных Госпланом СССР, было разрушено, а электронные центры Российской Федерации оказались не перевооруженными без доступа к технологиям, внедренным за счет бюджета СССР в 80-е годы на территориях республик, ставших суверенными государствами. Этот фактор еще больше затормозил развитие отрасли в новой России.

ПОТЕРИ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО, СОЦИАЛЬНОГО И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО КАПИТАЛА

По данным Министерства иностранных дел СССР, за 1991–1997 годы из Российской Федерации в США, страны Западной Европы и Израиль эмигрировали свыше 100 тыс. ученых, инженеров и конструкторов. Всего за четыре десятилетия (1970–2009 годы) территорию бывшего СССР покинули более 1,9 млн евреев вместе со своими родственниками-нееврейями. Подавляющее большинство – свыше 1,6 млн – сделало это в 1989–2009 годах, когда количество эмигрантов в 5,6 раза превысило их число за предшествующий период 1970–1988 годов [10]. Они увезли с собой знания и опыт, технологии и разработки НИИ и КБ.

Масштаб бедствия характеризует тот факт, что в 90-е годы для обработки потока эксклюзивной научно-технической информации из Российской Федерации НАТО учредило специальную программу «Информационно-технологическая совместимость информационных технологий и глобальных сетей стран блока и стран Восточной Европы». Программа организовывала приглашение российских специалистов для классификации в соответствии с европейскими стандартами полученных из России технологий и формирования предложений по их применению [11].

В начале 2000-х годов от модели эмиграции зарубежные компании перешли к модели «утечки мозгов» из России на нашей же территории. Так, в 2004 году компания Intel захватила российскую компанию «Эльбрус МЦСТ», которая производила процессоры «Эльбрус» и координировала развитие в СССР и России экосистемы вычислительной техники, основанной на отечественной архитектуре. Коллектив ученых и разработчиков возглавлял профессор Бабаян. Их разработки были впереди зарубежных, однако их воплощение потребовало недоступного

для промышленности СССР и России уровня технологии производства интегральных схем. Сам Бабаян называет переход под крыло Intel «хорошей, честной сделкой» [12].

«Знания и опыт мирового уровня, которыми обладают „Эльбрус“ и „УниПро“, имеют стратегическую важность для Intel. Заключенное с ними соглашение открывает дополнительные возможности для осуществления ряда наших программ, – отметил Ричард Вирт, старший почетный сотрудник Intel, генеральный менеджер подразделения Software and Solutions Group. – Кроме того, этот договор способствует дальнейшему расширению нашей деятельности в России, чья экономика относится к числу наиболее быстро растущих, и демонстрирует нашу приверженность этой стране» [13].

Результатом заключенного соглашения стало то, что, помимо Нижнего Новгорода и Сарова, компания Intel теперь стала вести исследования и разработки в Санкт-Петербурге и Новосибирске, расширила научно-исследовательские работы в Москве.

Опыт Intel начала 2000-х и по сей день активно применяется мировыми технологическими лидерами, которые научились использовать человеческий капитал и научно-технический потенциал инженерной школы Российской Федерации фактически бесплатно. За счет бюджета России происходит обучение высококлассных специалистов, а зарубежные конкуренты используют его, активно создавая на территории страны свои центры разработок, прибыль от которых, естественно, остается за рубежом.

БЕЗВОЗМЕЗДНАЯ ОТДАЧА РЫНКОВ СБЫТА ВНУТРИ СТРАНЫ ЗАРУБЕЖНЫМ ИГРОКАМ

Кроме ориентации человеческого капитала высокотехнологичных отраслей промышленности на зарубежные компании, тем же иностранным компаниям после распада СССР рынок электроники в 1990-е годы был безвольно отдан. Концепция высшего руководства страны, развивавшаяся фразой: «Все, что нужно, мы купим за рубежом», привела к фатальным последствиям: отечественные производства, работавшие в строгой кооперационной иерархии Госплана, потеряли свои позиции, а иностранные производители начали доминировать на отечественном рынке, наращивая показатели своей доходности за счет российского государственного бюджета, компаний с госучастием и потребительского рынка.

Отставание в развитии электроники стало сдерживающим фактором для Госплана СССР в процессах информатизации экономики. После развала СССР, уничтожения отраслевой модели управления электронной промышленностью и передачи рынков сбыта к началу 2000-х годов мы подошли с серьезной деградацией и в информатизации экономики страны, и ее базиса – электронной промышленности.



Комплекс ЭТТ FTT-17.16.XXX*



Комплекс ЭТТ FTT-17.08.XXX*



Комплекс ЭТТ FTT-17.25.XXX*

*порядковый номер индивидуального исполнения

Электротермотренировка (ЭТТ) – это общепризнанный как в России, так и за рубежом наиболее эффективный метод отбраковочных испытаний изделий радиоэлектроники. Под воздействием повышенной температуры окружающей среды в сочетании с электрической нагрузкой ЭРИ за короткий промежуток времени проходят свой «период приработки». Таким образом, все потенциально ненадежные элементы, выявить которые не удастся обычными методами контроля, отбраковываются на этапе ЭТТ.

Комплексы ЭТТ производства ООО «Совтест АТЕ» предоставляют следующие возможности для проведения испытаний:

- Задание тепловых режимов испытаний в требуемом диапазоне.
- Задание электрических режимов и контроль выходных параметров изделия.
- Цифровой тест на частотах до 20 МГц.
- Функциональное и параметрическое тестирование ЭКБ.
- Сигнализация о превышении допустимых параметров тестирования.
- Гибкость и универсальность за счёт модульности.
- Реализация нестандартных решений.
- Выполнение требований метрологического законодательства РФ и нормативной документации в области испытаний.



Произведено в России на заводе «Совтест АТЕ»

Первые в области тестовых решений.
Поставляем технологии тестирования
на российский рынок с 1991 года.

Включен в государственную программу «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности 2013–2025» (в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 17.02.2016 №109)

К 2007 году доля России на мировом рынке электроники оценивалась в 0,23%. Разрушились кооперация и координация работ предприятий электронной промышленности с организациями, оставшимися за пределами России. Дегradировала база разработки и выпуска специального технологического оборудования и специальных материалов. Большинство уцелевших организаций электронной промышленности стали убыточными. Преобладающей стала стратегия «выживания», а не лидерства в своей области [14]. При объеме внутреннего рынка ЭКБ в 630 млн долл., лишь 40 млн долл. приходилось на отечественных производителей.

НАЧАЛО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В 2000-е ГОДЫ

В середине 2000-х годов, несмотря на отрицание либеральным крылом Правительства России необходимости промышленной политики, ее проявления вылились в программу по созданию интегрированных структур в оборонно-промышленном комплексе. В результате уцелевшие предприятия, находящиеся в собственности государства, начали объединять в научно-промышленные конгломераты, сгруппированные по продуктовым направлениям. В сегменте радиоэлектронной промышленности появились холдинги «Российская электроника», «Концерн Радиоэлектронные технологии» (КРЭТ), «Оптические системы и технологии» (ныне – холдинг «Швабе»), концерны «Алмаз-Антей», «Созвездие», «Вега», «Автоматика», часть предприятий перешла в частную собственность и сгруппировалась в холдинге «РТИ-Система» и группе компаний «Ангстрем». Отрасль, прошедшая череду организационных и корпоративных трансформаций, стала новой сущностью смешанной экономики и нуждалась в новой стратегии своего развития, которая была принята в 2007 году. Реализация этой стратегии стала важнейшим этапом восстановления электронной и радиоэлектронной промышленности России.

В системе органов государственного управления радиоэлектронная и электронная отрасли в череде административных реформ к 2005 году еще более потеряли приоритетность. В этот период их развитием занималось управление в составе Российского агентства по промышленности, находившегося в ведении Министерства промышленности и энергетики Российской Федерации.

Преамбула новой стратегии констатировала, что электронная промышленность Российской Федерации находится в глубоком структурно-технологическом кризисе и последние 15 лет стагнирует:

- отмечается резкое падение объемов производства отрасли;
- уменьшается серийность производимой продукции;
- доля устаревшей ЭКБ растет, рост применения ЭКБ иностранного производства увеличивается;

- возрастает моральное и физическое устаревание технологического оборудования из-за 15-летнего периода отсутствия инвестиций;
- фиксируется полное отсутствие гражданского сектора в сегменте ЭКБ, вычислительной техники, телекоммуникаций и навигационном обеспечении, отсутствие рынков сбыта на потребительском рынке, полностью захваченном зарубежными производителями.

В результате негативного проявления указанных факторов в электронной промышленности имеют место следующие тенденции:

- во вновь разрабатываемых отечественных ВВСТ применяется до 70% иностранной ЭКБ. В силу действующих санкций разработчикам радиоэлектронных средств приходится довольствоваться не соответствующей требованиям заказчиков номенклатурой импортной ЭКБ, что приводит к дополнительным затратам на проверку изделий при ее применении;
- утрачены технологии производства ЭКБ 70–80-х годов, хотя и устаревшей, но являющейся основой находящихся на вооружении образцов ВВСТ, потери технологий составляют 40–50%;
- из-за технологического отставания в области твердотельной СВЧ-электроники имеются серьезные проблемы в создании современного радиолокационного вооружения, использующего активные фазированные антенные решетки [14].

Основное решение системной проблемы в стратегии 2007 года было сформулировано следующим образом: ликвидация критического научно-технологического отставания отечественной электронной промышленности от мирового уровня, повышение конкурентоспособности ее продукции на внутреннем и мировом рынках сбыта и увеличение объемов продаж электронной компонентной базы.

Примечательно определение границ отрасли в этот период: 200 организаций, в том числе 121 промышленное предприятие, 18 научно-производственных организаций и 61 научная. В их числе 36 федеральных государственных унитарных предприятий и 164 ОАО, в том числе 98 с государственным участием (47 с контрольным пакетом акций у государства) и 66 обществ, акционированных без госучастия.

Стратегия не была адаптирована к новым условиям смешанной экономики и ориентировалась лишь на подведомственные Минпромэнерго России предприятия, решение системной проблемы для которых предполагалось осуществить за счет проектов, стимулирующих рынки сбыта для производителей ЭКБ. Ожидания были следующими:

1. Проект «Электронный паспорт». Ожидания – единовременный заказ 150 млн чипов, с последующим



Акционерное общество

ИРКУТСКИЙ РЕЛЕЙНЫЙ ЗАВОД

РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО ИЗДЕЛИЙ КОММУТАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

СОЕДИНИТЕЛИ РАДИОЧАСТОТНЫЕ КОАКСИАЛЬНЫЕ

Типы присоединительных размеров:

- IX, вариант 1 и SMA в соответствии с ГОСТ РВ 51914-2002
- SMP по стандарту MIL-STD-348B, Fig. 326
Рабочий диапазон частот 18; 26,5 и 40 ГГц
Волновое сопротивление 50 Ом
Износостойкое покрытие золото-кобальт
Категория качества «ОТК» и «ВП»



ФИЛЬТРЫ ПОМЕХОПОДАВЛЯЮЩИЕ ГЕРМЕТИЧНЫЕ

Номинальное волновое сопротивление: 50 Ом
Диапазон частот: 0,5...10 ГГц
Тангенс угла потерь, не более: 0,035
Рабочий диапазон температур: -60...+125 °C
Натекание (герметичность), не более: $1,3 \cdot 10^{-11}$ м³·Па·с⁻¹; $1 \cdot 10^{-7}$ л мкм рт.ст./с.
Категория качества - «ВП» по ГОСТ РВ 20.39.411
Номинальные напряжения: 50В, 100В, 200В;
Номинальная емкость: 27 пФ, 100 пФ, 510 пФ, 1000 пФ,
5100 пФ, 10000 пФ, 30000 пФ.



СВЧ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЙ КОАКСИАЛЬНЫЙ

Схема переключения - 2 положения, 2 направления (2П2Н / DPDT)
РЧ соединитель тип N, розетка ГОСТ РВ 51914
Диапазон рабочих частот от 0,01 до 12,4 ГГц;
Номинальное волновое сопротивление 50 Ом;
Максимальный КСВН 1,35:1;



664075, г. Иркутск, ул. Байкальская, 239
E-mail: marketing@irzirk.ru
Тел.: (3952) 35-23-18, факс: (3952) 24-57-45

www.irzirk.ru

заказом до 50 млн чипов в год. Результат – проект долгие годы обсуждался, но начал реализовываться лишь через 13 лет.

2. Проект «Глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС». Ожидания – обеспечение загрузки 5–7% мощностей микросистемных производств за счет изготовления 50 млн навигационных приборов. Результат – проект реализовывается до сих пор и обеспечиваеткратно меньшее количество от планируемых заказов для отечественной микроэлектроники.
3. Проект «Цифровое телевидение». Ожидания – объем рынка аппаратуры цифрового телевидения до 2015 года ~25 млрд долл., при этом не менее 60% аппаратуры может производиться российскими организациями. Результат – проект был реализован, в стране появился мощный игрок в лице компании GS-групп. Производство цифровых приемников в основном использовало иностранную ЭКБ, совокупный объем рынка которой оценивался в размере 200–300 млн долл. в год.
4. Участие предприятий отрасли в реализации национальных проектов.
 - Медицина. Ожидания: производство отечественной ЭКБ в размере около 300 млн долл. в год за счет комплектования медоборудования. Результат: ожидания оправдались частично, так как появившиеся у приборостроительных предприятий образцы техники были разработаны с приоритетным применением иностранной ЭКБ.
 - Образование. Ожидания: сбыт ЭКБ в размере 90–175 млн долл. в год. Результат: практически все оборудование вплоть до начала 2020-х годов приобреталось у иностранных производителей, частично локализовавших свои производства в России.
 - Доступное жилье. Ожидания: ~1 млрд долл. платежеспособного спроса на ЭКБ. Результат: аналогичен другим нацпроектам.
 - Сельское хозяйство. Ожидания: 350–500 млн долл. в сегменте ЭКБ. Результат: аналогичен другим нацпроектам.
5. Государственная программа вооружений. Ожидания: заказ на отечественную ЭКБ в объеме 3,5–4,0 млрд долл. в год. Результат: рынок растущего государственного оборонного заказа позволил обеспечить ежегодный рост выручки предприятий электронной и радиоэлектронной промышленности в период с 2011 до 2017 год на 12–15%. Затем наметилась стабилизация рынка, продолжающаяся до сих пор.

Стратегия, принятая в 2007 году, предполагала переход предприятий отрасли на современные модели

ведения бизнеса – специализацию fabless-foundry. Результат: инертность мобилизационной модели и доминирование ГОЗ в выручке предприятий отрасли позволили частично сделать это к началу 2020-х годов. Верное целеполагание при реализации проекта создания сети дизайн-центров было реализовано также не полностью:

- появился центр фотошаблонов, однако отрасль в момент его появления не была готова к запросу на топологические нормы производимых им изделий. К тому же их цена была явно вне рынка;
- из-за отсутствия опыта на гражданских рынках, дизайн-центры не дали должного количества разработок и не окупили инвестиции, при этом закупленные в рамках программы САПР в целом подняли уровень российских разработчиков до конкурентоспособного.

При реализации стратегии в рамках федеральных целевых программ, предприятия отрасли получили долгожданные инвестиции, однако их переход в технологические линейки оборудования, производящие продукцию, затянулся из-за отсутствия соответствующего опыта со стороны предприятий отрасли и последующих после 2014 года очередных зарубежных санкций.

Реализация стратегии предполагала решение ряда отраслевых проблем за счет альянса с крупными зарубежными игроками. Результат: несмотря на ряд попыток эти проекты не были реализованы, проект же закупки «Ангстремом» микроэлектронной фабрики и вовсе провалился^{*}.

Приоритет стратегии в сегменте СВЧ-электроники позволил частично сохранить паритет с зарубежными странами, однако проекты модернизации технологических мощностей производителей СВЧ-электроники во многом из-за санкций также затормозились.

Развитие международной научно-технической кооперации за счет участия в международных программах Европейского союза, запланированного Стратегией развития электронной промышленности России на период до 2025 года, принятой в 2007 году, вовсе не состоялось из-за обострения международных отношений и последующих за этим санкций.

Следует отметить профессионализм разработчиков Стратегии (ЦНИИ «Электроника»), которые в рамках научно-технического прогнозирования зафиксировали в документе необходимость к 2016–2025 годам увеличения капитальных затрат в развитие отрасли в пять–шесть раз. К сожалению, эти инвестиции в отрасль не пришли.

* В 2020 году ВЭБ.РФ принял решение обанкротить завод. «Ангстрем-Т» задолжал госкорпорации 815 млн евро. Эту сумму она выдала ему в виде кредита в 2008 году под 8,5% годовых. – Прим. авт.

Приглашаем Вас 14-16 сентября на наш стенд №А35 на ChipExPO 2021, ИЦ «Сколково», г.Москва

КБТЭМ
ПЛАНАР



ПРОЕКТИРОВАНИЕ



ГЕНЕРАЦИЯ
ИЗОБРАЖЕНИЙ



КОНТРОЛЬ
ФОТОШАБЛОНОВ



РЕМОНТ
ФОТОШАБЛОНОВ



ФОТОЛИТОГРАФИЯ



КОНТРОЛЬ
ПЛАСТИН



СБОРКА ИЗДЕЛИЙ
МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

БЕЗМАСОЧНАЯ ЛИТОГРАФИЯ

- Многоканальные лазерные генераторы изображений
- Проектная норма 0,35, 0,6 μm
- Высокая точность совмещения
- $\varnothing 200, 150, 100 \text{ мм}$



ГЕНЕРАТОРЫ ИЗОБРАЖЕНИЙ

- Диапазон UV, DUV
- Проектная норма 90, 130 нм
- 16/32-лучевая архитектура
- Фазосдвигающие шаблоны
- Быстрая переналадка пластина — шаблон



КОНТРОЛЬ ФОТОШАБЛОНОВ

- Проектная норма 90, 130, 250 нм
- Твердотельный лазер
- Контроль методом D2DB, D2D
- Высокая производительность
- Контроль неплоскостности



РЕМОНТ ФОТОШАБЛОНОВ

- Фемтосекундный лазер
- 0,15/ 0,3/ 0,5 μm min элемент
- Размер шаблона до 9"x9"
- Ремонт копированием
- Ремонт через пелликл
- Прозрачные / непрозрачные дефекты



КОНТАКТНАЯ ЛИТОГРАФИЯ

- Ручная и автоматизированная загрузка
- Двусторонняя литография
- Высокая точность совмещения
- Низкий уровень генерации дефектов
- Высокая энергоэффективность



СТЕППЕРЫ

- Проектная норма 0,35, 0,8 μm
- Автоматический масштаб
- Двустороннее совмещение
- $\varnothing 200, 150, 100 \text{ мм}$
- Твердотельный источник света



КОНТРОЛЬ ТОПОЛОГИИ

- Контроль привносимых дефектов пластин без топологии
- Автоматический микро и макро контроль дефектов пластин с топологией
- Высокая производительность



АВТОМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ И ИЗМЕРЕНИЕ

- Контроль микроразмеров
- Контроль неплоскостности
- Контроль координат
- Контроль толщин
- Контроль рассовмещения



ЗОНДОВЫЙ КОНТРОЛЬ

- $\varnothing 200, 150, 100 \text{ мм}$
- $\pm 4 \text{ мкм}$ погрешность контактирования
- Ручное / полуавтоматическое / автоматическое оборудование



РАЗДЕЛЕНИЕ ПЛАСТИН И ПОДЛОЖЕК

- $\varnothing 300, 200, 150, 100 \text{ мм}$
- 2 независимые зоны разделения в одной установке
- 2,4 кВт мощность электрошпинделя
- Полуавтоматическое / автоматическое оборудование



Создаем традиции будущего!



- Единое таможенное пространство
- С 1962г. опыт в разработке и производстве прецизионного оптико-механического и сборочного оборудования
- Высокий уровень применяемых технологий и современного оборудования
- Полный цикл разработки и производства, высококвалифицированный персонал
- Высокое качество изделий подтверждено национальными и международными стандартами
- Возможность комплексной поставки оборудования, адаптированного для Российского рынка, программного обеспечения для поддержки процессов изготовления фотошаблонов и 3D-моделирования для фотолитографии компании GeniSys (Германия)

Республика Беларусь
220033, г. Минск
Партизанский пр-т, 2

тел: (+375 17) 226 09 82
(+375 17) 223 22 26
факс: (+375 17) 226 12 05

office@kbtem-omo.by
kbtem.omo@gmail.com
www.planar.by





Рис. 1. Некоторые итоги реализации Стратегии в рамках Федеральной целевой программы «Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники на 2008–2015 годы» по направлению «Микроэлектроника»

Некоторые итоги Стратегии в части реализации ее главного инструмента – Федеральной целевой программы «Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники на 2008–2015 годы» – в рамках направления «Микроэлектроника» представлены на рис. 1, 2, 3.

Главными недочетами Стратегии являлись ее узкая направленность на сегмент подведомственных Минпромэнерго России предприятий, факт недооценки нормативно-правовых механизмов защиты внутреннего рынка и недооценка недружественных намерений в отношении развития радиоэлектронной и электронной промышленности со стороны зарубежных стран.

Тем не менее, внимание со стороны государства к отрасли дало положительные результаты. По итогам ФЦП «Развития электронной компонентной базы и радиоэлектроники на 2008–2015 годы» Минпромторг России (возник



Рис. 2. Уровень соответствия разработанных технологий передовым зарубежным аналогам



Рис. 3. Сферы применения разработанных технологий



Добивайтесь лучших результатов с KeysightCare

ПРОГРАММА РАСШИРЕННОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ

- Ремонт и поверка с гарантированными сроками выполнения
- Консультации технических специалистов с фиксированным временем ответа
- Доступ к документации на портале KeysightCare
- Обновления ПО
- Уведомления о выходе новых версий прошивок и ПО
- Гибкий выбор программы техподдержки

Служба технической поддержки KeysightCare

E-mail: keysightcare.russia@keysight.com

Тел.: 8-800-301-3884



KEYSIGHTCARE

при разделении Минпромэнерго России на два ведомства) в 2016 году были достигнуты следующие результаты:

1. Имеющиеся технологии и конструктивно-технологические платформы обеспечивают разработку и производство необходимой номенклатуры сложных функциональных СБИС для бортовых авиационных систем.
2. Разработанная в 2013–2015 годах номенклатура СБИС для ВВСТ на основе созданных в рамках ФЦП в значительной степени удовлетворяет требования по созданию бортовой аппаратуры электронных систем ВВСТ на основе ЭКБ отечественного производства.
3. Разработанные технологии обеспечивают создание и серийное производство СБИС для национальных проектов по созданию идентификационных документов и средств радиочастотной идентификации.
4. Организована работа с ФОИВ по обеспечению заказов для продукции отечественной микроэлектроники*.

Влияние результатов НИОКР, профинансированных в рамках реализации Стратегии, на экономическую эффективность предприятий отрасли были признаны Правительством РФ как умеренно положительные. При реализации первой Стратегии развития электронной промышленности современной России были выявлены несогласованные и нескоординированные действия при финансировании исследований и разработок со стороны Минпромторга и Минобрнауки России, Российской академии наук, ГК «Росатом». По-прежнему в стране не существовало единого органа, отвечающего за развитие системообразующей отрасли. Модернизацию микроэлектронных производств было решено производить на имеющейся технологической базе. Создавать новые мощности не отважились.

Стратегия и ее реализация явно недооценили важность нормативно-правовых механизмов защиты внутреннего рынка и инструментов преференциальной поддержки отечественных производителей. Тем не менее, реализация Стратегии 2007 года обеспечила перезагрузку электронной и радиоэлектронной отраслей, позволила встать на ноги многим предприятиям, восстановить утраченную в 90-е годы кооперацию. Отрасль смогла обеспечить амбициозные задачи перевооружения армии и флота. У отрасли появились сбалансированные планы развития на следующий стратегический период.

Затем последовало присоединение Крыма и новый виток санкций, в корне изменивший подходы к развитию промышленности, сформировав

импортозамещение и импортонезависимость как основные факторы сохранения конкурентоспособности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Правда и мифы про советскую электронику // Назад в СССР: сайт. URL: <https://back-in-ussr.com/2017/08/pravda-i-mify-pro-sovetskuyu-elektroniku.html> (дата обращения: 27.03.2021).
2. **Симонов Н. С.** Несостоявшаяся информационная революция. Условия и тенденции развития в СССР электронной промышленности и средств массовой коммуникации. Часть 1. 1940–1960-е годы. М.: Ун-т Дмитрия Пожарского, 2013. 280 с. ISBN 978-5-91244-102-8.
3. **Шокин А. И.** Министр невероятной промышленности СССР: страницы биографии. М.: ТЕХНОСФЕРА, 2007. 455 с. ISBN 978-5-94836-151-2.
4. **Симонов Н. С.** Становление советской электронной промышленности (1940–1962 гг.). Взгляд историка // Самиздат: сайт. URL: http://samlib.ru/s/simonow_n_s/electron_ind.shtml (дата обращения: 27.03.2021).
5. Военная мощь СССР 80-х // MyWeb: сайт. URL: <https://mywebs.su/blog/cccp/14748/> (дата обращения: 27.03.2021).
6. Советская военная мощь образца 80-х // Военный паритет: сайт. URL: <http://www.militaryparitet.com/vp/77/> (дата обращения: 27.03.2021).
7. Выступление лидеров СССР и России на Генассамблее ООН. Досье // ТАСС: сайт. URL: <https://tass.ru/info/2296120> (дата обращения: 27.03.2021).
8. **Шулунов А. В.** Состояние оборонной промышленности в России и пути выхода из системного кризиса // Экономическая наука современной России. 1998. № 4.
9. **Симонов Н. С.** Несостоявшаяся информационная революция. Условия и тенденции развития в СССР электронной промышленности и средств массовой коммуникации. М., 2013.
10. **Куповецкий М.** К оценке численности евреев и «демографического потенциала еврейской общины» в СССР и постсоветских государствах в 1989–2003 гг. // Евразийский еврейский ежегодник – 5765 (2004/2005). Киев, 2005. С. 89.
11. **Кочетков А. А.** Информационная политика НАТО: концепция и реализация. Диссертация. 2003 год.
12. **Лашевский Р. А.** История микроэлектроники СССР моими глазами // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2013. № 3. С. 138–146.
13. Портал С-news, 21 мая 2004 года.
14. Приказ Минпромэнерго России от 7 августа 2007 года № 311 «Об утверждении Стратегии развития электронной промышленности России на период до 2025 года».

* Данные Департамента радиоэлектронной промышленности Минпромторга России (2016 г.).