

# НЕЗАВИСИМОСТЬ РОССИЙСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ ОТ ИМПОРТА – НЕОБХОДИМА И ВОЗМОЖНА

В.Шиллер<sup>1</sup>, В.Шпак<sup>2</sup>

УДК 631.3  
ВАК 05.27.00

Ключевая проблема отечественного аппаратuroстроения – зависимость от электронной компонентной базы иностранного производства (ЭКБ ИП). Это стало результатом многолетнего отсутствия у наших разработчиков аппаратуры российского оборудования, технологий и средств проектирования перспективной ЭКБ в совокупности с отсутствием государственного контроля и регулирования в сфере применения ЭКБ ИП. Следствием такой зависимости является гарантированное отставание тактико-технических характеристик (ТТХ) российской радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), создаваемой из доступной покупной, а значит не самой новой импортной ЭКБ, от ТТХ аппаратуры зарубежных конкурентов. В результате более тяжелые и объемные, энергоемкие и дорогостоящие образцы отечественной аппаратуры уже в момент выпуска уступают по основным параметрам зарубежным аналогам, а то и снабжаются закладками для несанкционированного доступа. Сколько типов отечественной ЭКБ нужно выпускать и на каких производственных мощностях, чтобы обеспечивать разработку перспективной отечественной РЭА?

## "ДАМОКЛОВ МЕЧ" ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИМПОРТА

Программа импортозамещения унифицированной номенклатуры ЭКБ рассчитана на период до 2021 года. В процессе анализа этого документа возникает несколько насущных вопросов. В частности, сколько типов отечественной ЭКБ нужно ежегодно разрабатывать, осваивать в производстве и сколько типов и типоминималов ЭКБ выпускать, чтобы избавиться от импортозависимости?

Рассмотрим проблему на примере твердотельной ЭКБ как наиболее технологически сложном сегменте номенклатуры – речь пойдет о полупроводниковых приборах (ППП), интегральных схемах (ИС, БИС, СБИС, "системах на кристалле" – СнК), СВЧ монолитных ИС (СВЧ МИС) и микромодулях.

В отечественный Перечень ЭКБ за 2014 год включено около 6,6 тыс. типоминималов твердотельной ЭКБ отечественного производства. Структура номенклатуры приведена в таблице. Обратим внимание на самую проблемную часть в сегменте ЭКБ – процессоры, ЗУ, ПЛИС, АЦП, ЦАП и др. БИС и СБИС, – составляющую 14–15% номенклатуры ЭКБ, применяемой в РЭА. При всей важности этой части разработчикам отечественной РЭА необходим полный спектр номенклатуры ЭКБ. Следовательно, замещения требуют не только технологически более сложные 15% изделий, но и остальные 85% – хотя бы критически важные их типы, такие, например, как сверхмаломощные усилители, высокостабильные преобразователи и пр.

Обратимся к ЭКБ ИП, уже нашедшей применение в отечественной РЭА, сосредоточив внимание на РЭА вооружений, военной и специальной техники (ВВСТ) как наиболее критической области зависимости от импорта.

<sup>1</sup> АО "НИИМА "Прогресс", v.shilller@mri-progress.ru.

<sup>2</sup> АО "НИИМА "Прогресс", shpak@mri-progress.ru.

К сожалению, ЭКБ, применяемая в сфере РЭА промышленного, профессионального и медицинского назначения, не говоря уже об электронном ширпотребе, еще менее способна вызвать гордость за отечественную электронную промышленность.

Как известно, к 2015 году в отечественной РЭА ВВСТ использовалось более 30 тыс. типов твердотельной ЭКБ ИП. **Предполагается, что после жесткой унификации задачу импортозамещения можно свести к критически важным 500 типам ИС, БИС, СБИС и полупроводниковых приборов [1].**

Как быстро могут появиться отечественные импортозамещающие аналоги ЭКБ? Известно, что за последние полтора десятилетия электронной промышленностью России разработано и произведено (правда, преимущественно на зарубежных фабриках!) всего около 200 типов новой твердотельной ЭКБ, часть которой

Структура номенклатуры твердотельной ЭКБ из Перечня 2014 года ФГУП "МНИИРИП"

Раздел	Количество типонималов, шт (%)
СВЧ-модули и комплексированные изделия	1205 (18,1%)
Цифровые ИС, всего	3812 (57,3%)
В том числе:	
• логические;	2956
• прочие;	33
• запоминающие устройства;	271 (4,1%)
• микропроцессоры, ЦПОС, микроконтроллеры;	312 (4,7%)
• интерфейсы;	125 (1,8%)
• ПЛИС и БМК;	115 (1,7%)
АЦП и ЦАП	147 (2,2%)
Аналоговые ИС, всего	1483 (22,3%)
В том числе:	
• усилители;	590
• коммутаторы и ключи;	170
• компараторы;	98
• преобразователи сигналов;	69
• формирователи сигналов, модуляторы, детекторы, генераторы;	33
• стабилизаторы напряжения;	282
• прочие	241
Преобразователи физических величин и датчики	6 (0,1%)
Всего	6653 (100%)

теоретически имеет перспективы применения в РЭА в качестве импортозамещающих аналогов – функциональных либо полных ("ножка в ножку"). Еще примерно столько же, 200–300 типов, может быть разработано в ближайшие 10–15 лет [1]. Таким образом, **мощность отечественной электронной промышленности в части разработок и освоения производства новой твердотельной ЭКБ составляет 20–30 типов новых ИС, БИС и СБИС в год.**

Из этого следует, что **вся номенклатура унифицированной импортозамещающей ЭКБ может появиться в России не ранее 2028–2035 годов. (Если не выходить за рамки представления, что вся ЭКБ должна производиться только электронной промышленностью, независимо от объема потребления конкретного типа ЭКБ и независимо от экономики такого производства при малой или даже единичной потребности в этом типе ЭКБ.)** Однако программу импортозамещения унифицированной номенклатуры ЭКБ планируется завершить к 2021 году!

Несомненно, что даже через пять-шесть лет, к предполагаемому окончанию программы, по которой должна быть воспроизведена ЭКБ, появившаяся за рубежом за пять-десять лет до начала этой программы, практически вся разработанная ЭКБ морально устареет. Поколения ЭКБ по-прежнему сменяются каждые три-пять лет, поэтому и разрабатываться ежегодно должно не менее 20–30% новой ЭКБ взамен созданной ранее. Даже если ограничиваться только вышеупомянутыми 500 типами импортозамещающей ЭКБ, унифицированной и, следовательно, не учитывающей в полной мере требования конкретных видов аппаратуры, **в России ежегодно нужно разрабатывать не менее 100–150 типов новой ЭКБ. А это в пять-семь раз превосходит мощности российской электронной промышленности.**

Поэтому **есть основания сомневаться в реализуемости принятой программы разработок импортозамещающей ЭКБ унифицированной номенклатуры как эффективного средства достижения независимости РЭА ВВСТ от импортной ЭКБ.**

Предположим, что отечественные аналоги унифицированной номенклатуры твердотельной ЭКБ, те самые 500 типов, появились – немедленно, сегодня. Достаточно ли этой номенклатуры, удовлетворит ли она хотя бы на короткое время разработчиков аппаратуры? Есть серьезные основания полагать, что нет, а жесткое отсечение от импортной ЭКБ приведет к ухудшению ТТХ аппаратуры (веса, габаритов, потребляемой мощности), а также к увеличению себестоимости ее производства [2].

Какова достаточная номенклатура твердотельной ЭКБ, которая учитывает особенности и многообразие разрабатываемой аппаратуры? Как показывают анализ номенклатуры фактически примененной ЭКБ ИП

и оценки специалистов, в частности [1], примерно **5 тыс. типов и типонаименований ЭКБ необходимы сегодня изготовителям аппаратуры для сохранения достигнутых ТТХ РЭА и поддержания тенденции совершенствования.**

Оценки разнообразия твердотельной ЭКБ и необходимого темпа ее обновления каждые три-пять лет, обеспечивающие разработчикам отечественной РЭА свободу и возможность создания перспективных изделий, показывают, что ежегодно нужно разрабатывать и осваивать в производстве до 1,5–2 тыс. типов и типонаименований ИС, БИС, СБИС, полупроводниковых приборов и микроэлектронных модулей. Сегодня мощности отечественной электронной промышленности теоретически обеспечивают создание и обновление не более 2–3% требуемой номенклатуры твердотельной ЭКБ. **Кто и где будет создавать 97–98% нужной номенклатуры ЭКБ, разрабатывая ежегодно 1,5–2 тыс. типов и типонаименований твердотельной ЭКБ?**

Следует отметить, что, попав в опытные, а затем в серийные образцы РЭА ВВСТ, конкретный тип ЭКБ должен производиться и поставляться в течение всего жизненного цикла данного типа РЭА, который зачастую составляет нескольких десятилетий. Значит, ежегодная разработка и постановка на производство 1,5–2 тыс. типов новой номенклатуры ЭКБ не дает основания для вывода из производства всей ранее разработанной ЭКБ, номенклатура которой с каждым годом расширяется.

**Кто и где будет осваивать и производить ежегодно нарастающую на 1,5–2 тыс. типонаименований номенклатуру ЭКБ?** При этом потребности в 90–95% изделий из этой номенклатуры могут быть весьма незначительны, вплоть

до штучных единиц. Речь идет о таких изделиях, аналоги которых не попали в перечень 500 унифицированных типов, а также высокоинтегрированных и специализированных СБИС СнК.

Таким образом, **отечественная электронная промышленность не способна решить задачу импортозамещения ЭКБ ИП в РЭА ВВСТ, не привлекая к этому разработчиков аппаратуры.**

Еще более нерешаемой кажется **задача перехода от импортозамещения ЭКБ ИП к импортонезависимости в области ЭКБ** российского оборонно-промышленного комплекса. В данном случае предполагается не только изготовление, но и применение на отечественной фабрике российских оборудования и материалов, а при проектировании ЭКБ – отечественных САПР, включая технические средства, операционное программное обеспечение и библиотеки сложнофункциональных блоков.

### ЧЕМ ПОЛЕЗЕН ОПЫТ СССР

**Задача импортонезависимости России в области ЭКБ может и должна быть поставлена и решена.** Сформулировать жизнеспособные алгоритмы ее реализации с учетом долговременных перспектив российской промышленности можно, если проанализировать опыт Советского Союза.

Отметим, что, вопреки распространенному в непрофессиональной среде мнению, электронная промышленность СССР не сильно отставала от промышленности США и Японии, а в ряде направлений и опережала их, например, по многим видам электронно-вакуумных

СВЧ-приборов. Комплект 16-разрядного микропроцессора серии 588 (совместная разработка ПО "Интеграл" и НИИТТ) на два-три года опередил появление аналогичных микропроцессоров за рубежом. Электронные наручные часы ПО "Интеграл" хорошо продавались в Западной Европе через торговые представительства в Париже, Лондоне и в других крупных городах. Разумеется, в направлениях, где СССР был мировым лидером, не могло быть и речи о дублировании зарубежных образцов, "вторичности" советских разработок. Примерная картина развития отечественной и зарубежной твердотельной ЭКБ и ее внедрения в РЭА представлена на рис.1.

До начала 1970-х годов степень интеграции твердотельной ЭКБ

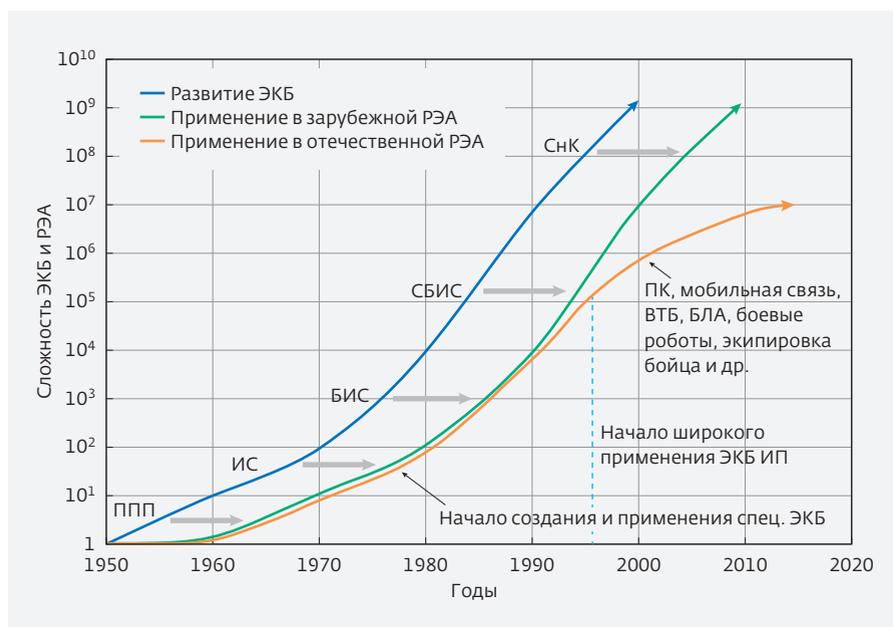


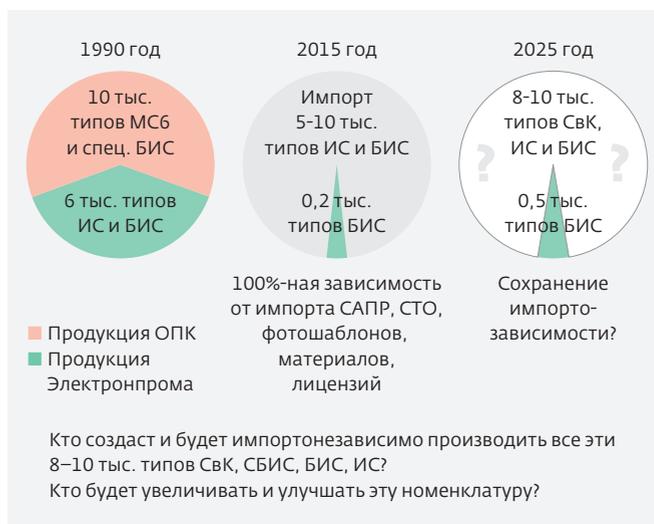
Рис.1. Динамика повышения сложности ЭКБ и РЭА

была невысокой, цифровые и аналоговые ИС выпускались массовыми сериями. По мере развития все более функционально сложных интегральных схем (БИС) разработчики РЭА предъявляли к ним все более специфичные требования, которые определялись особенностями конкретной РЭА, и порой они мешали применению данной БИС в другой аппаратуре. Следствием этого стало расширение номенклатуры БИС, выпускаемых электронной промышленностью, при уменьшении среднего объема производства большинства типоназваний БИС.

Но не только это послужило причиной конфликта между электронной промышленностью как производителем ЭКБ и ее потребителями – предприятиями по созданию аппаратуры. Разработки БИС, специализированных под конкретную аппаратуру, требуют глубокого понимания назначения и тонкостей функционирования аппаратуры. Таких знаний, имеющих у разработчиков аппаратуры, не могло быть у разработчиков ЭКБ. Переток кадров из предприятий по созданию аппаратуры на предприятия электронной промышленности (стихийный или целенаправленный в ряде случаев) картину в целом не менял, и разрыв между требованиями к аппаратуре и возможностями их удовлетворения с помощью продукции отечественной электронной промышленности усугублялся.

К началу 1980-х годов стало понятно, что электронная промышленность не способна разрабатывать и производить для комплектации РЭА ВВСТ специализированную твердотельную ЭКБ и микроэлектронные модули (микросборки) в количествах, удовлетворяющих потребности изготовителей аппаратуры. И тогда на государственном уровне – в Военно-промышленной комиссии, Совете Министров СССР и ЦК КПСС **было принято решение сохранить за электронной промышленностью ответственность только за разработку и производство серийной и крупносерийной ЭКБ. А оборонные отрасли – производители РЭА (не сразу и не все одновременно) будут разрабатывать и производить для себя многочисленную номенклатуру специализированной мелкосерийной и единичной ЭКБ.**

В результате такой государственной научно-технической политики к 1990 году **номенклатура твердотельной ЭКБ и микроэлектронных модулей – микросборок, примененных в РЭА ВВСТ, – включала около 6 тыс. изделий, которые выпускала электронная промышленность, и еще около 10 тыс. специализированных изделий, разработанных и изготавливаемых предприятиями оборонных отраслей промышленности Советского Союза.** Многие образцы созданного в те годы радиоэлектронного вооружения – импортонезависимого в значительной степени благодаря применению специализированных ЭКБ – до сих пор, спустя четверть века, по своим характеристикам успешно



**Рис.2.** Объем необходимой для РЭА ВВСТ номенклатуры твердотельной ЭКБ и микросборок (МСБ, или "система в корпусе" СвК)

конкурируют с вооружениями вероятного противника. Широко известные примеры – зенитные ракетные комплексы С-300 и С-400, разработанные еще в Советском Союзе.

Вернемся к рассмотрению ситуации с ЭКБ (см. рис.1). С начала 1990-х годов после разрушения Советского Союза отставание отечественной ЭКБ от зарубежной стало быстро увеличиваться, что подвигло разработчиков российской РЭА к применению ЭКБ ИП. С конца 1990-х годов процесс стал приобретать тотальный характер. Результатом этого в настоящее время стало использование в некоторых видах РЭА ВВСТ до 85–95% ЭКБ ИП. Изменения в структуре номенклатуры твердотельной ЭКБ для РЭА ВВСТ представлены на рис.2.

**Причинами отставания отечественной ЭКБ от зарубежной стали прекращение государственного финансирования российских разработок и производства специального технологического оборудования, материалов и САПР и нехватка собственных средств для приобретения импортных практически у всех предприятий микроэлектроники.**

## ВЕКТОР ДВИЖЕНИЯ К НЕЗАВИСИМОСТИ ОТ ИМПОРТА

Из примерно 5 тыс. типов ЭКБ ИП, применяемой в РЭА российских ВВСТ, к специализированной ЭКБ можно отнести около 4,5 тыс. изделий (помимо 500, включенных в унифицированную номенклатуру для импортозамещения). Дополнительно к 25–30 новым типам БИС и СБИС, которые может ежегодно разрабатывать отечественная электронная промышленность, для достижения и сохранения импортонезависимости в части

ЭКБ производителей РЭА ВВСТ необходимо, как уже отмечалось, ежегодно разрабатывать и осваивать в производстве до 1,5–2 тыс. типов и типонаименований ИС, БИС, СБИС, СнК, полупроводниковых приборов и микросистемных модулей. Причем 97–98% этой номенклатуры по причине штучности и низкой потребности будут отнесены к специализированной ЭКБ.

Опыт последних десятилетий показал, что **высокотехнологичные предприятия российской электронной промышленности, такие как АО "НИИМЭ и Микрон" и НИИСИ РАН, не решили задачу импортонезависимого обеспечения отечественной РЭА специализированной ЭКБ.** И нет оснований полагать, что задача будет решена после планируемого ввода в эксплуатацию строящихся в Зеленограде мегафабрик на 90 и 28 нм.

С учетом успешного опыта создания и функционирования импортонезависимой специальной микроэлектроники в ОПК Советского Союза полагаем, что и для российского ОПК **экономически оправданные разработка и производство специализированных изделий микроэлектроники возможны лишь в дизайн-центрах и на технологических участках специальной микроэлектроники при крупных производителях РЭА ВВСТ.** Создание таких предприятий в российском ОПК необходимо и фактически уже сегодня на ряде ведущих оборонных предприятий происходит: где-то как развитие проектно-производственных подразделений, созданных еще до 1991 года, а где-то и вновь, "с нуля".

Для достижения импортонезависимости дизайн-центры и технологические участки специальной микроэлектроники, ориентированные на разработку и выпуск многономенклатурной единичной и мелкосерийной продукции, должны располагать отечественными средствами САПР и компактными технологическими линиями – мини-фабриками, обеспеченными российскими технологиями, материалами и кадрами. По оценкам [3, 4], стоимость эксплуатации таких мини-фабрик может оказаться в 1000 и более раз меньше, чем технологических линий – мегафабрик для серийного и крупносерийного производства ИС.

На наш взгляд, для достижения импортонезависимости ОПК в части ЭКБ необходимо на самом высоком государственном уровне организовать разработку и исполнение многопрофильной программы с целью **создания, организации производства и передачи в эксплуатацию предприятиям-разработчикам аппаратуры и техническим вузам отечественных средств САПР технологических линий – мини-фабрик и технологий проектирования и изготовления единичных образцов и мелкосерийного производства широкой номенклатуры специализированных СБИС СнК и СВЧ МИС с проектными**

**нормами 22–20 нм (затем 10–7 нм), а также микросистемных модулей СВК.**

\* \* \*

Мы уверены, что такая программа может быть создана и в течение восьми-десяти лет успешно выполнена. Благодаря Федеральной целевой программе "Развитие ЭКБ и радиоэлектроники на 2008–2015 годы" в отечественной электронной и радиоэлектронной промышленности, пусть и со значительными потерями, но сохранились опытные и появились молодые сильные кадры разработчиков ЭКБ, создано более полусотни хорошо оснащенных дизайн-центров. Проведенное недавно с нашим участием исследование возможностей российских предприятий электронного машиностроения показало, что после разгрома 1990-х годов профессиональному сообществу удалось не только сохранить, развивать, но и вновь создать немалое количество предприятий с хорошим научно-производственным потенциалом. Без существенной господдержки они успешно разрабатывают, производят и реализуют, в том числе на экспорт, вполне конкурентоспособное оборудование: технологическое, аналитическое и контрольно-измерительное. Блестящие примеры этого демонстрируют ЗАО "НТО", ЗАО "НТ-МДТ" и ЗАО "НПФ "Микрон".

Да, серьезные кадровые и производственные потери понесли электронное материаловедение и предприятия, создававшие программные и аппаратные средства САПР для микроэлектроники. Однако и в этих направлениях, как показало вышеупомянутое изучение имеющихся возможностей, Россия не опустилась до уровня "Верхней Вольты с ракетами" и по-прежнему сохраняет точки роста и потенциал, достаточные для решения самых сложных задач в рамках предлагаемой многопрофильной государственной программы.

Таким образом, есть основания полагать, что достижение российской электроникой столь необходимой независимости от импорта в ближайшие годы возможно, но при наличии сильной государственной воли.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Павлюк М.И.** Нам дали шанс, который выпадает раз в жизни // ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ. 2015. № 7. С. 18.
2. **Немудров В.Г., Борисов К., Завалин Ю. и др.** Системы на кристалле и системы в корпусе // ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ. 2014. № 1. С. 144.
3. **Боднар Д.М.** Новый формат компактных кремниевых фабрик – решение для микроэлектроники России // Электронные компоненты. 2015. № 3.
4. **Хохлун А.Р.** Концепция создания в России минифабрик по производству современных интегральных микросхем // Вектор высоких технологий. 2015. № 5.