

О создании единой централизованной системы планирования, проектирования, закупок, испытаний, сертификации и применения электронной компонентной базы в космической технике

Предлагается комплексный подход к решению проблем развития и применения ЭКБ в космической технике на основе целевого планирования, совместного проектирования и контроля правильности применения ЭКБ в аппаратуре космических аппаратов.

Ключевые слова: сложно-функциональная ЭКБ, микроэлектронные системы, проектирование ЭКБ.



А. С. Комаров,
*руководитель департамента координации
и НИОКР ОАО «Росэлектроника»
askomarov@ruselectronics.ru*

Проектирование, изготовление и применение сложнофункциональной ЭКБ и высокоинтегрированных микроэлектронных систем

Решение проблем, связанных с развитием ЭКБ для космической техники, невозможно в прежних организационных формах. Для обеспечения выполнения требований к ЭКБ и аппаратуре КА по радиационной стойкости должен применяться комплексный подход — от этапа проектирования ЭКБ до ее применения и эксплуатации в космических аппаратах.

Необходим **единый** центр концептуального развития в области элементной базы, создания новых конструкторско-технологических решений на уровне блоков и узлов аппаратуры.

Обеспечение космической техники требуемой ЭКБ возможно только при комплексно-целевом подходе, при рациональном и контролируемом использовании отечественных и импортных комплектующих и создании специализированных производств, что впоследствии позволит отказаться от массовой закупки ЭКБ за рубежом.

Представляется, что для осуществления рациональной политики в области развития и импортозамещения ЭКБ необходимо реализовать **принципиально новую модель: создание единого органа (Центра, координационного совета, СП) с функциями, как планирования разработки отечественной ЭКБ, так и закупки (координации) и сертификации ЭКБ ИП.**

Предлагается: создать единый совместный «орган» (Центр, Координационный совет или СП) по развитию ЭКБ для космической отрасли с задачами:

- планирования и управления созданием ЭКБ, разработки и апробации новых системных решений, координации работ между предприятиями Роскосмоса, ГК «Росатом», Минпромторга России, ГК «Ростехнологии» и научными коллективами страны;
- формирования ежегодной централизованной заявки Роскосмоса на создание радиационно-стойкой ЭКБ, а также ее закупку у зарубежных производителей партиями, рассчитанными на обеспечение программ по всему жизненному циклу аппаратуры;
- координации работ по разработке и внедрению в аппаратуру унифицированных конструкторско-технологических решений;
- организации экспертизы проектов в части унификации применяемой ЭКБ, контроля за выбором ЭКБ иностранного производства и применения ее в аппаратуре.
В него должны входить:
- **Центр заказов (планирования и проектирования) и поставки ЭКБ, сочетающий функции:**
 - проектирования ЭКБ в самых критичных областях, в первую очередь требующих импортозамещения;
 - размещения заказов на изготовление и испытания ЭКБ;
 - осуществления рациональной политики и практических функций в области регулирования закупок и контроля использования ЭКБ иностранного производства;
 - контроля правильности применения ЭКБ в рабочих режимах.



Рис. 1. Общая структурная схема «Органа» по развитию ЭКБ

- Совместное специализированное производство сложнофункциональной ЭКБ и высокоинтегрированных микроэлектронных систем.
- Базовый центр испытаний и сертификации, системы контроля и обеспечения качества и надежности на всех этапах жизненного цикла техники, включая экспертизу проектов в части унификации применяемой ЭКБ, контроля за выбором ЭКБ иностранного производства и применения ее в аппаратуре.

Общая структурная схема «Органа» по развитию ЭКБ представлена на рис. 1.

1. Центр заказов (планирования и проектирования) и поставки ЭКБ.

Сочетание функций в едином Центре заказов и поставки ЭКБ позволит формировать активную позицию в области импортозамещения и структурировать процесс (рис. 2).

Необходимо определиться с основной номенклатурой используемых микросхем, которые действительно определяют технологическую и информационную безопасность России и, в первую очередь, безопасность в области стратегически значимых космических систем.



Рис. 2. Центр заказов (планирования и проектирования) и поставки ЭКБ



Рис. 3. Сквозная технология системно-ориентированного проектирования

Таковыми микросхемами являются микропроцессоры, микроконтроллеры и процессоры обработки сигналов. То есть программируемые приборы, которые, собственно, и определяют интеллект аппаратных систем. Как правило, микропроцессоры и микроконтроллеры, кроме 8- и 16-разрядных приборов, редко имеют второго производителя, что еще больше увеличивает риск использования таких приборов. Серьезная проблема с процессорами обработки сигналов, которые определяют боевые функциональные возможности всех современных систем вооружения. Постоянная модификация и несовместимость зарубежных DSP приводит к быстрому наращиванию типов применяемой зарубежной ЭКБ. Невозможность прямого копирования западных микросхем заводит ситуацию в тупик.

Предлагаемый Центр должен осуществлять следующую программу действий:

1. Реализовать методологию создания сквозной технологии системно-ориентированного проектирования (рис. 3).

На базе такой технологии произвести **импортозамещение** для начала на уровне 32-разрядных **программируемых микроконтроллеров и процессоров обработки сигналов** на микросхемы отечественной разработки. При этом для ускорения процессов разработки и качества проектов необходимо закупить у западных компаний аттестованные IP-блоки и процессорные ядра таких схем. Изготовление может производиться как на отечественных предприятиях, так и на зарубежных в зависимости от уровня технологии. В любом случае, необходимо обеспечить полное «владение» проектом. То есть все уровни представления проекта должны находиться в России (сейчас, при изготовлении за рубежом микросхем, в России происходит разработка только на уровне логических моделей,

топология разрабатывается за рубежом). Практически отечественная компания не владеет проектом.

Для реализации этой задачи видимо целесообразно поставить комплексную НИР по формированию перспективной номенклатуры сложнофункциональных блоков для СБИС с привязкой к проектам создания важнейших комплексов и систем космической техники, предусмотренной к разработке в рамках госбронзаказа и государственной программы вооружения.

Успешным является опыт такой проработки номенклатуры СБИС для аппаратуры, разрабатываемой предприятиями Концерна ПВО «Алмаз-Антей» и в рамках НИР «Каверна» с участием ряда аппаратурных фирм: НИИАА, Концерн «Алмаз-Антей», НИИ «Супер-ЭВМ» и др.

Наряду с закупкой лицензионных IP-блоков целесообразно использовать результаты зарубежных фирм по проектам самих СБИС и закупать у них также лицензии на производство таких схем, по которым наши разработчики встречают определенные трудности.

2. Закупка готовых пластин с кристаллами микросхем.

Анализ перечня рекомендованной к применению ЭКБ ИП, который составила Ассоциация «Фонд УНИЭТ» показывает, что значительную часть номенклатуры составляют микросхемы памяти. Проводить импортозамещение микросхем памяти большого числа типов и различных фирм-производителей путем собственных разработок практически невозможно по экономическим соображениям и нет необходимости, так как микросхемы, как правило, имеют несколько поставщиков и вероятно не должны иметь программных и аппаратных «закладок». Однако поставка микросхем памяти с военной приемкой является проблематичной по соображениям ограничений на поставку, высокой

стоимости микросхем. Очень реальна возможность подделки поставляемой продукции (уровня качества), то есть купленная микросхема с военной приемкой на проверку оказывается обычным ширпотребом. Радикальным выходом из такого положения является закупка бескорпусных микросхем в виде пластин или пластин с протестированными кристаллами памяти, упаковка их в отечественные корпуса, проведение полного цикла испытаний в соответствии с требованиями стандартов «Климат-7». Такое производство создается в ОАО «РНИИ «Электронстандарт» и запускается сборочный участок на базе ОАО «ЗИТЦ».

Так, например, ФГУП «Субмикрон» и ОАО «Ангстрем» осуществили закупку пластин синхронной памяти 1М и 4М, а также флэш-памяти 1 и 4М, провели испытания и поставили на рынок память с отечественной военной приемкой.

3. В случае невозможности импортозамещения отечественными разработками, в том числе даже с использованием аттестованных IP-блоков, или поставкой микросхем в пластинах с дальнейшим корпусированием и испытаниями Центр должен осуществлять **закупки зарубежной ЭКБ на всю программу госзаказа и обеспечения страхового резерва.**

При этом Центр должен аккумулировать в себе необходимые денежные средства для осуществления предоплаты заказываемых изделий у фирм-производителей и поставщиков и обязан нести полную материальную ответственность за качество закупаемых и поставляемых заказчиком компонентов. Это возможно только в том случае, если Центр будет оснащен соответствующим тестовым оборудованием для осуществления входного контроля закупаемых микросхем. Центр должен обеспечить кооперацию с уже существующими структурами по сертификации зарубежной ЭКБ.

Очень важно, что при активной позиции Центра в области проектирования и поставки реальных компонентов, возникающие потоки информации будут отражать реальное, а не формальное состояние дел в области импортозамещения. Соответственно, резко поднимется эффективность любых решений и экспертизы в этой области.

2. **Создание совместного производства сложно-функциональной ЭКБ и высокоинтегрированных микроэлектронных систем** (рис. 4).

Получить высокую функциональность аппаратуры за приемлемую цену и с необходимыми массогабаритными характеристиками на сегодняшний день можно только с применением технологии интеграции сложнофункциональных блоков в СБИС типа «система на кристалле» (СнК), а также упаковки кристаллов, изготовленных по различным технологиям, в одном корпусе, т. е. с применением подхода «система-в-корпусе» (СвК).

При этом необходимо учитывать, что переход на технологию СвК является одним из приоритетных направлений исследований и разработок мировой электроники, но требует создания ряда новых методик моделирования и расчетных программ:

- средств проектирования СвК, составленных из разнородных компонентов;
- электрического моделирования межсоединений, встроенных компонентов и подсистем;
- разработки правил и методологии проектирования для СвК;
- термического и термомеханического моделирования;
- анализа надежности;
- средств и методологии верификации СвК.

Технологическая цепочка разработки и изготовления компонентов специального применения высокой степени интеграции включает в себя ряд



Рис. 4. Структурная схема центра изготовления сложнофункциональной ЭКБ и высокоинтегрированных микроэлектронных систем

достаточно обособленных технологических блоков, которые в принципе могут выполняться на различных производственных площадях и имеют достаточно формализованные процедуры контроля и приемки результатов каждого такого блока. В идеальном случае, вся эта технологическая цепочка должна быть расположена на территории Российской Федерации и работать под контролем ВП. Одним из важнейших этапов этой цепочки — изготовление партии пластин с кристаллами микросхем и/или микроэлектромеханических компонентов и оптоэлектронных элементов. В силу исключительно высокой стоимости современных кристалльных производств изготовление многих типов таких изделий может и неизбежно будет осуществляться на специализированных фабриках, в том числе зарубежных.

Развитие технологий трехмерной сборки позволяет реализовать многослойные структуры со встроенными активными и пассивными компонентами, объединяющими в единой микроминиатюрной конструкции функционально законченный узел.

Применение такого рода технологий, например, в космическом приборостроении позволяет не только уменьшить массу и габариты систем в 5–10 раз по сравнению с существующими сегодня, но и повысить надежность за счет сокращения числа паяно-сварных соединений, улучшения теплофизических характеристик конструкции и снижения стоимости в серийном изготовлении за счет унификации конструктивов, схемных и аппаратных решений.

Примером технологий трехмерной сборки для изделий типа «система-в-корпусе» является разработка компании EADS, включающая процессорное ядро, интерфейсные схемы и схемы памяти. Применение подобных модулей позволяет уменьшить массу и габариты перспективной аппаратуры в 10–12 раз по сравнению с существующими уровнями.

На базе создаваемого ОАО «Росэлектроника» совместно с ОАО «Зеленоградский инновационно-технологический центр» и МИЭТ в г. Зеленограде технологической линии кристалльного производства радиационно-стойких СБИС малыми партиями многономенклатурного типажа изделий, линии по изготовлению МЭМС, сборочного и измерительного участков и Центра фотошаблонов с дизайн-центром по проектированию и изготовлению многокристалльных микромодулей по технологии 3D TSV (Through silicon via) предлагается организовать совместное производство сложнофункциональной ЭКБ и высокоинтегрированных микроэлектронных систем.

Компетенции Центра должны обеспечивать и поддерживать весь цикл проектирования всего спектра ЭКБ космического применения, а именно:

- разработку унифицированных модулей, включая СВЧ и силовые модули;
- разработку систем на кристалле и систем в корпусе, в том числе как замену устаревающей морально и снимаемой с производства импортной ЭКБ класса space;
- разработку или локализацию ряда унифицированных микроконтроллеров для систем управления, локализация может проводиться по мере освое-

ния более современных технологических процессов;

- разработку и адаптацию существующих российских микропроцессоров для бортовых вычислительных комплексов и систем обработки и передачи информации, включая шифрование информации с гарантированной стойкостью;
- разработку микросхем и модулей памяти для различных приложений (СОЗУ, ДОЗУ, ПЗУ, ЭППЗУ и др.);
- разработку специализированных БИС и СБИС для КА с долгим временем жизни на орбите (прецизионные АЦП/ЦАП, высокоскоростные АЦП/ЦАП, инструментальные ОУ и т. п.);
- разработку однокристалльных приемно-передающих радиочастотных БИС по различным технологиям и для различных диапазонов;
- разработку отдельных СВЧ и силовых компонентов для мощных передатчиков;
- разработку специализированных датчиков, в том числе по МЭМС технологии;
- разработку оптоэлектронных приборов;
- разработку библиотек, компиляторов памяти, СФ-блоков со специальными схемотехническими и топологическими правилами проектирования для защиты от космических факторов воздействия;
- разработку или лицензирование специальных технологических процессов, обеспечивающих защиту от космических факторов воздействия;

При этом основные усилия в этой области должны быть сосредоточены на создании первоочередной отечественной номенклатуры следующих классов **радиационно-стойких типов ЭКБ** применительно к требованиям эксплуатации в космосе:

- микропроцессоров, микроконтроллеров, оперативных и постоянных запоминающих устройств (ОЗУ, ПЗУ), скоростные АЦП и ЦАП (фирмы HARRIS, OKI, MAXIM и др.);
- программируемых интегральных схем (ПЛИС) с системами проектирования, обеспечивающими разработку отказоустойчивых схем (фирмы ASTEL и XILINX);
- заказных СБИС типа «система на кристалле» по радиационно-стойкой технологии (в основном КМОП/КНИ);
- монолитных интегральных схем и полупроводниковых приборов СВЧ диапазона на основе гетероструктур арсенида и нитрида галлия (в перспективе карбида кремния);
- силовых полупроводниковых приборов и приборов с встроенными схемами управления;
- высокоинтегрированных микроэлектронных систем типа «система в корпусе» для замены блоков и узлов аппаратуры.

3. Базовый центр испытаний и сертификации.

Порядок организации централизованной закупки, сертификации и обеспечения качества и надежности ЭКБ для систем с длительными сроками активного существования показан на рис. 5.

Для космической отрасли большое количество посредников на рынке ЭКБ является излишним, приводит к неоправданным затратам, дублирова-

Структурная схема организации централизованной закупки, поставки и сертификации ЭКБ

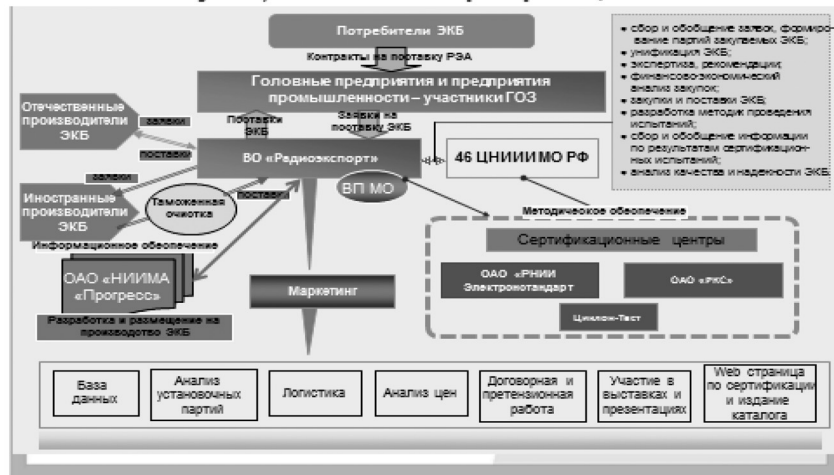


Рис. 5. Структурная схема организации централизованной закупки, поставки и сертификации ЭКБ

нию ряда работ и процессов. Для упорядочивания и централизации процессов маркетинга, закупок по импорту, сертификации и спецпроверок ЭКБ ИП в интересах заказчиков представляется необходимым проведение следующих дополнительных мероприятий:

1. Исходя из вышеуказанных предпосылок и объема контрактных поставок ЭКБ, необходимо максимально сконцентрировать работы по закупке и поставке ЭКБ на базе головной организации отрасли с участием уполномоченной организации ОАО «Росэлектроника» (ОАО «ВО «Радиоэкспорт»). Для дальнейшего развития работ в этом направлении разработана новая структура организации работ по централизованным закупкам ЭКБ, в том числе иностранного производства, их сертификации и комплексным поставкам.
2. На первом этапе (2014 г.) создать на базе ОАО «ВО «Радиоэкспорт» совместный информационно-закупочный центр, обеспечив его взаимодействие с сертификационным центром ЭКБ в ОАО «РНИИ «Электронстандарт» и ОАО «РКС», что позволит реализовать в едином цикле весь процесс планирования, закупки, сертификации

и организации комплексных поставок ЭКБ заказчикам.

3. Одновременно в целях реализации единой технической политики в области закупок и поставок ЭКБ иностранного производства, организации работ по импортозамещению ЭКБ целесообразно обеспечить информационное сопровождение работ совместным центром проектирования СБИС на базе ОАО «НИИ микроэлектронной аппаратуры «Прогресс» и ОАО «РКС», который бы оценивал реальное, а не формальное состояние дел с применением и импортозамещением ЭКБ зарубежных производителей. Такая структура и такое взаимодействие позволят значительно сократить расходы и сроки выполнения работ по поставкам ЭКБ и обеспечить решение проблемы ее импортозамещения при создании космической аппаратуры.
4. **Программно-целевой подход к планированию и управлению развитием сложнофункциональной ЭКБ.**

Основные мероприятия в этой области предусмотрены проектом разработанной программы по исследу-



Рис. 6. Структура проекта программы по исследованиям, разработке и внедрению в аппаратуру специализированной РС ЭКБ космического назначения

Интегратор программы - базовый центр системного проектирования (БЦСП) радиационно-стойких интегральных микросхем и многокристалльных модулей ОАО «Российская электроника»

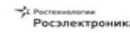


Рис. 7. Интегратор и основные исполнители мероприятий программы

дованиям, разработке и внедрению в аппаратуру специализированной РС ЭКБ космического назначения.

Основные мероприятия проекта программы включают следующие разделы:

1. РС полупроводниковые структуры и материалы.
В планируемый период по направлению «Полупроводниковые структуры и материалы» усилия следует направить на создание и освоение в промышленном производстве следующих структур: широкозонных гетероструктур; гетероструктур кремний – германий.
2. Технологическая база для производства РС кристаллов микросхем, многокристалльных модулей, сборки в корпус, температурный и радиационный отжиг.

По направлению «Технологическая база для производства РС кристаллов микросхем, многокристалльных модулей, сборки в корпус, температурный и радиационный отжиг» усилия следует направить на создание и освоение в промышленном производстве следующих технологий: сборки 3D-многокристалльных модулей; производства теплоотводящих подложек и плат.

3. Создание базовых центров системного проектирования (БЦСП) радиационно-стойких интегральных микросхем и многокристалльных модулей

По направлению «Создание базовых центров системного проектирования (БЦСП) радиационно-стойких интегральных микросхем и многокристалльных модулей» усилия следует направить на создание специализированных базовых центров системного проектирования.

4. Испытательная база, включая средства моделирующие и имитирующие факторы космического пространства, позволяющая провести в полном объеме испытания на надежность и живучесть.

По направлению «Испытательная база» усилия следует направить на модернизацию испытательных центров для обеспечения испытаний на воздействие факторов космического пространства и создания новых методик проведения испытаний, с учетом требований к новым КА.

5. Нормативная база проектирования и применения РС ЭКБ.

По данному направлению усилия следует направить на разработку и модернизацию стандартов по

испытаниям, контролю надежности РС ЭКБ в условиях использования новых материалов и увеличения функциональной сложности ЭКБ.

Предлагается разработать межотраслевую систему нормативных документов, регламентирующих порядок разработки, испытаний и применения ЭКБ для космической техники, обеспечивающей выпуск ЭКБ, соответствующей требованиям по радиационной стойкости, надежности и длительности функционирования в условиях космического пространства.

Интегратором выполнения мероприятий программы предлагается ОАО «НИИМА «Прогресс», входящее в состав холдинга ОАО «Росэлектроника» (рис. 7).

Реализация мероприятий программы позволит:

- **создать производственно-технологический базис для разработки и выпуска расширенной и функционально-сложной номенклатуры РС ЭКБ;**
- **осуществить переход к созданию системно-ориентированной функционально-сложной РС ЭКБ.**

В целях обеспечения качества и надежности ЭКБ необходимо создать списки как высоконадежных, так и неустойчиво идущих в производстве и ненадежных типов ЭКБ в качестве одного из мероприятий для принятия мер по повышению качества продукции. Разработать положение о порядке и условиях включения изделий в эти перечни и обязательств производителей разрабатывать мероприятия по обеспечению качества поставляемой продукции.

Предлагаемый комплекс мероприятий по нашему мнению должен позволить обеспечить отечественную космическую технику современной электронной компонентной базой и технологическую независимость в данной области.

On the establishment of a centralized system of planning, design, procurement, testing, certification and use of electronic components in space technology

A. S. Komarov, head of the Department of Coordination and R&D, JSC «Ruselectronics».

A complex approach to the problems of development and application of space technology to the ECB on the basis of target planning, co-design and control the correct application of ECB in spacecraft equipment.

Keywords: hard-functional ECB, microelectronic systems, designing ECB.