

Валерий СУББОТИН,  
Д. Т. Н.  
Владимир СТЕШЕНКО,  
К. Т. Н.

## Проблемы обеспечения бортовой аппаратуры космических аппаратов электронной компонентной базой

Развитие ракетно-космической техники (РКТ) ставит перед разработчиками аппаратуры жесткие требования — улучшение габаритно-массовых характеристик, увеличение функциональных возможностей аппаратуры и повышение сроков ее активного существования. Электронная компонентная база (ЭКБ), применяемая в бортовой аппаратуре космических аппаратов (КА), должна обладать следующим набором специфических условий:

- Разнообразие функциональных задач, выполняемых КА, приводит к необходимости использования широкой номенклатуры типонаименований ЭКБ при крайне малой количественной потребности.
- Широкая функциональная номенклатура ЭКБ требует при производстве применения разнообразных технологий, многие из которых уникальны и отсутствуют в Российской Федерации.
- Жесткие требования к сроку активного существования (САС) при полном отсутствии возможностей ремонта приводят к сверхжестким требованиям по надежности и стойкости к дестабилизирующим факторам космического пространства.

Специфика ЭКБ космического применения в том, что ее развитие идет путем, отличным от развития электроники общепромышленной, ориентированной на массовый выпуск продукции с коротким жизненным циклом и быстрой сменой типов (рис. 1).

Решить проблему обеспечения ЭКБ производителей космической аппаратуры можно только путем комплексного подхода, состоящего в пропорциональном использовании отечественных и импортных комплектующих и создании специализированных отраслевых производств.

Отечественная ЭКБ, выпускаемая в настоящее время для ракетно-космической техники (РКТ), не соответствует в полной мере заданным требованиям по функциональности, надежности и радиационной стойкости. Вследствие чего более 60% ЭКБ, используемой в бортовой аппаратуре КА, приобретается у иностранных поставщиков, при этом для Российской Федерации действуют экспортные ограничения на приобретение ЭКБ космического уровня качества. Трудности

в приобретении космических ЭКБ вынуждают разработчиков применять компоненты индустриального уровня качества, что ведет к неоправданному расширению номенклатуры.

Проблемы элементной базы для аппаратуры РКТ — это прежде всего разнообразие применяемых типов сложных изделий (широкая функциональная номенклатура) при крайне малой серийности, не свойственной для массовой электроники, а также исключительно высокие требования по надежности и стойкости к дестабилизирующим факторам космического пространства (ДФ КП) для обеспечения длительных сроков функционирования.

Тенденция уменьшения проектных норм в общепромышленной и потребительской электронике в первую очередь связана со стремлением получить как можно больше кристаллов с одной пластины, поскольку стоимость пластины составляет \$800–1800, при этом с уменьшением размера кристалла в два раза выход увеличивается в четыре. Количественные потребности в специализированной ЭКБ для космических применений

идут вразрез с тенденциями развития общемировой электронной промышленности.

Аппаратура космического приборостроения, как правило, имеет очень длительный жизненный цикл, для относительно серийных компонентов служебной аппаратуры (контрольно-измерительные системы, системы управления электропитанием, телеметрия и т. п.) срок эксплуатации прибора может составлять 20 лет и более. Налицо противоречие между требованиями к жизненному циклу аппаратуры и реальной сменяемостью поколений ЭКБ.

Ключевой задачей при создании ЭКБ для применения в аппаратуре РКТ является обеспечение приемлемой стоимости малосерийного производства при безусловном обеспечении требований широкой номенклатуры, длительного жизненного цикла, надежности, стойкости к дестабилизирующим факторам и отказоустойчивости.

Основные критерии выбора:

- Надежность компонента (подтвержденная как данными компании-производителя, так и независимыми сертификационными центрами).



Рис. 1. Специфика ЭКБ для аппаратуры космического назначения

- Репутация производителя (производит ли он компоненты в Military- и Space-исполнении или же специализируется на коммерческом рынке).
- Прозрачность механизма поставок (прозрачная логистика от производителя до потребителя, исключение «серых каналов» и возможного контрафакта).
- Наличие программы поддержки длительного жизненного цикла и страховка от снятия с производства (Obsolescence management).
- Наличие сертификатов качества.
- Информационная поддержка (включая наличие российских аналогов ТУ — информационно-технических материалов).

Важным при выборе компонента является наличие его в программах по импортозамещению и воспроизводству.

Основная проблема, с которой сталкиваются разработчики и производители ЭКБ для космических применений, — как обеспечить малую серийность при большой номенклатуре.

Чтобы выпускать обширную номенклатуру изделий, нужно применять множество технологических процессов, для которых требуется дорогостоящее технологическое оборудование, сырье, материалы, непрерывное обслуживание и т. п. Учитывая крайне малую серийность большинства изделий, следует предусмотреть подходы, позволяющие обеспечить унификацию типовых решений.

Прежде всего необходимо различать аппаратуру служебных и целевых систем космических аппаратов, а также четко понимать ориентировочную серийную потребность в изделиях. Как уже отмечалось выше, к аппаратуре служебных систем космических аппаратов относятся системы телеметрии, командно-измерительные системы и системы электропитания. Учитывая, что большинство аппаратов строится на базе типовых платформ, можно говорить о том, что аппаратура служебных систем в известной степени унифицирована и выполняет одни и те же функции, независимо от целевой задачи аппарата. Так, телеметрия не зависит от того, выполняет ли аппарат функции дистанционного зондирования, связи или навигации. Кроме того, спутниковые платформы работают долго, следовательно, жизненный цикл приборов служебных систем и компонентов для них также должен быть обеспечен в течение длительного срока. Имеется определенная серийность, составляющая суммарно сотни и даже тысячи приборов. С другой стороны, к аппаратуре служебных систем не предъявляются сверхтребования по скорости обработки информации, производительности и т. п. Таким образом, для реализации компонентов аппаратуры служебных систем не нужны глубокие субмикронные технологии.

Аппаратура целевых систем уникальна для каждого аппарата. Особенно ярко это проявляется в аппаратуре межпланетных космиче-

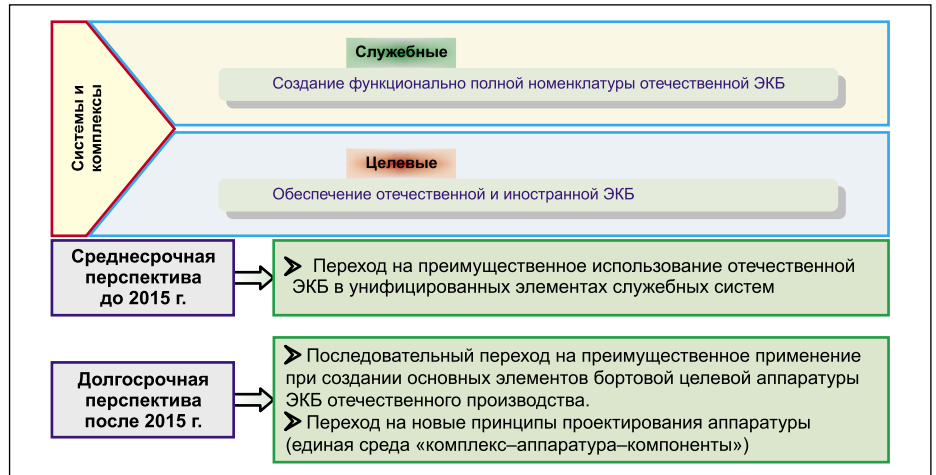


Рис. 2. Перспективы перехода на ЭКБ ОП в аппаратуре КА

ских аппаратов. Как правило, в этом случае говорить о серийности не приходится: потребность по каждому типоминералу вряд ли составит более нескольких десятков штук.

Определенную серийность имеет целевая аппаратура спутниковых систем связи и навигации, состоящих из достаточно большого числа аппаратов, — таких как КА ГЛОНАСС, спутники связи и т. п.

Для создания серийных КА необходимы соответствующие объемы импортных ЭКБ класса Military и Space.

На закупку высококачественной ЭКБ зарубежного производства для России существуют экспортные ограничения, для которых нужно оформлять соответствующие лицензии, выдаваемые Государственным департаментом или Министерством торговли США.

Для гарантированного обеспечения российских изготовителей космической техники высоконадежной элементной базой зарубежного производства необходимо заключить с США соответствующее межправительственное соглашение, позволяющее ввести облегченный режим получения лицензий.

Кроме того, следует определить порядок осуществления партийных закупок ЭКБ иностранного производства, необходимых

для всей программы создания однотипных КА и их сертификационных испытаний.

Решение этой проблемы должно осуществляться в ближнесрочной перспективе путем создания небольших специализированных сборочных и испытательных производств ЭКБ. С этой целью необходимо закупить технологическое оборудование и укомплектовать производство соответствующими кадрами.

Можно сформулировать следующий принцип относительно производства ЭКБ космического применения на отечественной технологической базе: в ближайшей перспективе (до 2015 г.) возможен переход на преимущественное использование отечественной ЭКБ в аппаратуре служебных систем КА (рис. 2). Что касается аппаратуры целевых систем, то там еще долго будет использоваться значительная доля ЭКБ зарубежного производства, причем зачастую промышленного уровня качества. И разработчики аппаратуры должны понимать эту ситуацию при формировании заявок на ОКР по разработке ЭКБ.

При планировании работ по разработке и производстве ЭКБ, предназначенной для использования в высоконадежных применениях, можно построить кооперационную

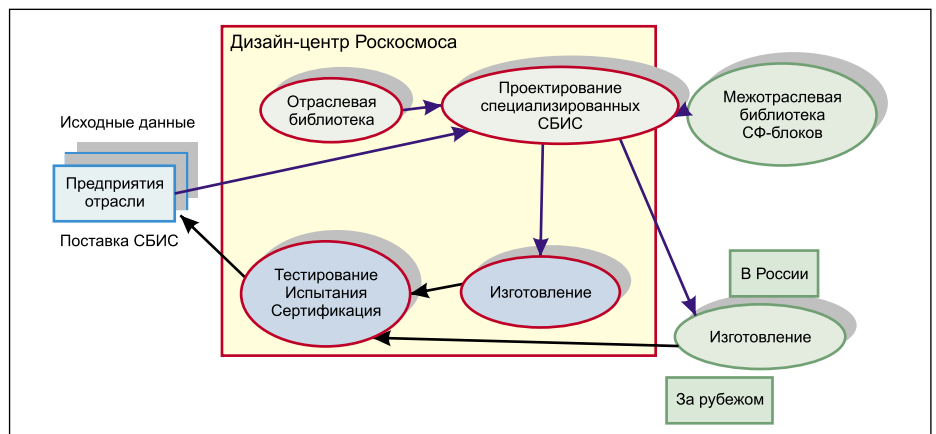


Рис. 3. Кооперация при разработке и производстве специализированной ЭКБ космического применения

Опыт организации работ по замене снятой с производства ЭКБ иностранного производства

Необходимости коррекции конструкторской документации  
(на примере двух микросхем-IAM81028 и IAM82028):

Применяемость — 11 приборов

По каждому прибору необходимо провести:

- коррекцию КД на платы и микросборки с вынужденным увеличением габаритов;
- коррекцию КД на приборы с переделкой корпусов и крышек;
- коррекцию текстовой документации; изготовление вновь разработанных узлов и приборов для КОИ и ПСИ;
- проведение КОИ-приборов

Всего затраты на 11 приборов составят свыше 60 млн. рублей  
Продолжительность работ от 8 до 12 месяцев

Разработка заказных микросхем СВЧ-диапазона  
(аналогов IAM81028 и IAM82028 )

Аналоги, разработанные на фирме OMMIC (Франция), полностью соответствует микросхемам IAM81028 и IAM82028 фирмы Agilent (США).

Таким образом, заказ партий двух типов микросхем  
составляет 35 млн. рублей.  
Срок исполнения заказа 7–8 месяцев

Рис. 4. Опыт организации работ по замене снятой с производства ЭКБ ИП

схему по принципу «фаундри», при этом разработка и финальные операции сборки и испытаний остаются за отечественным производителем, а производство кристаллов осуществляется либо на российских фабриках, либо за рубежом (рис. 3).

Примером такого подхода является опыт ОАО «Российские космические системы» по созданию специализированных компонентов взамен снимаемых с производства (рис. 4).

Как видно на рис. 4, разработка и изготовление специализированных компонентов позволили получить практически двукратный выигрыш как по срокам, так и по стоимости.

Предприятия космической промышленности были и остаются потребителями качественной и надежной электронной компонентной базы. Предложенные подходы по разработке и производству не позволят решить в ближайшие 2–3 года все проблемы с обеспечением ЭКБ. Поэтому необходи-

мость в упорядочивании применения зарубежной ЭКБ назрела, и меры в этом направлении принимаются.

Только грамотное взаимодействие разработчиков аппаратуры, предприятий микроэлектронного комплекса и поставщиков позволит обеспечить надлежащее качество и функциональность аппаратуры космической техники, таким образом будет обеспечено решение задач связи, вещания и навигации. ■