

## **Импортозамещение или импортонезависимость. Поиск альтернатив при создании радиоэлектронной аппаратуры**

**К. В. Егоров**, д. т. н., *konstantin.egorov1950@yandex.ru*

*АО «Научно-исследовательский институт точных приборов», Москва, Российская Федерация*

**С. П. Тяжкун**, к. т. н., *mosnic@rambler.ru*

*АНО «Научно-исследовательский центр ракетных и космических технологий  
Российской академии космонавтики им. К. Э. Циолковского», Москва, Российская Федерация*

**В. Д. Ходжаев**, к. т. н., *khodjaev.valery@niitp.ru*

*АО «Научно-исследовательский институт точных приборов», Москва, Российская Федерация*

**Аннотация.** В статье предлагается альтернативный путь решения некоторых проблем импортонезависимости в области радиоэлектронной аппаратуры в космической отрасли. Предлагаемое решение основано на системном подходе при рассмотрении номенклатуры электронной компонентной базы не как самостоятельных компонентов, а как элементов системы верхнего уровня. Показана экономическая и техническая бесперспективность копирования или функционального воспроизведения даже локального подмножества зарубежной электронной компонентной базы. Для радиоэлектронной аппаратуры авиационного и космического назначения не требуется рекордных технологических параметров электронной компонентной базы. Однако необходима унификация и стабильность технологических процессов для обеспечения высокой надежности изделий. Также требуется преемственность и унификация в части интерфейсов проводных линий связи, датчиков, датчиков-преобразующей аппаратуры и алгоритмической базы. При этом влияние массы, габаритов, потребляемой мощности и надежности названных устройств на параметры бортовых систем непрерывно возрастает. Учет этих особенностей позволяет обоснованно предположить успех не в буквальном импортозамещении, а в обеспечении импортонезависимости, которая достигается на изделиях, имеющих максимальное влияние на параметры систем верхнего уровня.

**Ключевые слова:** импортонезависимость, системный подход, электронная компонентная база

## **Import Substitution or Import Independence. Searching for the Alternatives when Creating Radio Electronic Equipment**

**K. V. Egorov**, *Dr. Sci. (Engineering)*, *konstantin.egorov1950@yandex.ru*

*Joint-Stock Company "Research Institute of Precision Instruments", Moscow, Russian Federation*

**S. P. Tyazhkun**, *Cand. Sci. (Engineering)*, *mosnic@rambler.ru*

*Research Center of Rocket and Space Technologies of Russian Academy of Cosmonautics  
named after K. E. Tsiolkovsky, Moscow, Russian Federation*

**V. D. Khodzhaev**, *Cand. Sci. (Engineering)*, *khodjaev.valery@niitp.ru*

*Joint-Stock Company "Research Institute of Precision Instruments", Moscow, Russian Federation*

**Abstract.** The paper offers an alternative way for solving some issues of import independence in the field of radio electronic equipment in the space industry. The offered solution is based on the system approach when considering the range of the electronic component base (ECB) not as independent components, but the elements of a higher level system. Moreover, the article shows that coping or functional reproducing even the local subset of foreign ECB is economically and technically unpromising. The radio electronic equipment for aerospace purposes does not need outstanding technological parameters of ECB. Although, unification and stability of technological processes are required to provide a high reliability of the products. In addition, succession and unification of the interfaces of wire lines, sensors, sensor-converting equipment, and algorithmic base is needed. Under such conditions, the influence of weight, dimensions, power consumption, and reliability of the above-mentioned devices on the parameters of the onboard system is constantly growing. Consideration of these design features makes it possible to have a well-grounded confidence in the success not in literal import substitution, but in providing import independence, which is achieved using the items with the maximum influence on the parameters of the upper level systems.

**Keywords:** import independence, system approach, electronic component base

События последних лет и особенно 2014 г. позволяют сделать вывод: для космической отрасли и иных стратегических отраслей страны проблема импортонезависимости является не экономической, не научно-технической, а политической. Интересы взаимовыгодного бизнеса игнорируются зарубежными поставщиками при колебаниях политического курса. Политически обусловленным нередко становится сотрудничество не только в военной сфере, но и в области высоких технологий, космоса, микроэлектроники, информационных технологий.

Такая политическая обусловленность противоречиво сочетается с тенденцией глобализации, причем даже США, как абсолютный технологический лидер в области электронной компонентной базы (ЭКБ), уже не могут создавать и производить все компоненты и лучше всех. Например, лидером изготовления светоизлучающих структур является Тайвань [1], лидером микроэлектромеханических систем (МЭМС) и приборов — европейская (государственно-частная итальянско-французская) фирма STMicroelectronic [2].

Объективное состояние технологической базы и конкурентоспособность отечественной ЭКБ и радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) не позволяет в настоящее время говорить о прямом импортозамещении в среднесрочной перспективе. Поэтому специалисты справедливо утверждают [1, с. 154], что импортозамещение ЭКБ в буквальном понимании (разработка и производство прямых или функциональных отечественных аналогов импортируемой ЭКБ) невозможно и неприемлемо. Более того, попытки угнаться за мировыми лидерами ЭКБ путем копирования уже существующих микросхем гарантируют только отсутствие конкурентоспособности и техническое отставание предприятий космической отрасли. Действительно, скопировать (или воспроизвести функционально) в течение 3–5 лет придется ЭКБ в лучшем случае 3–5-летней давности [3, с. 157]. Таким образом, при идеальной организации, правильном выборе замещаемого продукта, больших финансовых затратах и успешном решении технологических, конструктивных и схемотехнических задач минимальный срок отставания составит 10 лет, причем при заведомо неконкурентоспособной продукции. Следовательно, копирование возможно только в исключительных

случаях, когда отсутствие конкретной ЭКБ будет иметь катастрофические последствия, и только при сравнении альтернативных подходов к решению задачи.

Создание функционального аналога конкретного типа ЭКБ (но не копии) на собственных оригинальных решениях возможно, хотя и не всегда. В этом случае конкурентоспособность функциональных аналогов достижима, но маловероятна.

Организационными альтернативами прямому импортозамещению (копирование ЭКБ, или создание функционального аналога ЭКБ) предлагаются [3, с. 160]: создание «системы активного взаимодействия» разработчиков оборудования (РЭА) и дизайн-центров проектирования СБИС; принцип ориентации на аппаратуру; создание технологических платформ под конкретные системы и комплексы. Эти предложения являются правильными и полезными, но условиями импортозамещения, а не самими решениями.

Альтернативный путь решения некоторых проблем импортонезависимости предлагается на основе системного подхода, то есть рассмотрения номенклатуры ЭКБ не как самостоятельных единиц, а как частей системы верхнего уровня. Этот путь не только не противоречит названным организационным альтернативам, но и синергетически сочетается с ними.

Почему импортонезависимость возможна при отставании в технологических нормах, информационных системах, недостатке финансовых ресурсов?

Во-первых, значительная часть РЭА специального назначения вовсе не требует рекордных параметров [1, с. 156]. Гораздо важнее надежность и качество РЭА, которые зависят не только от степени интеграции микросхем, но и от «унификации и стабильности технологических процессов» [4]. Во-вторых, РЭА космического и особенно авиационного применения традиционно строится на основе унификации сигналов, которая является предпосылкой унификации и преемственности разных поколений информационных систем [5, с. 9]. Преемственность и унификация информационных систем, особенно в части интерфейсов проводных линий связи, датчиков и датчиково-преобразующей аппаратуры, дает эффект обратной связи и в свою очередь предполагает преемственность

ЭКБ интерфейсных средств и датчиков-преобразующей аппаратуры.

Более того, для особо ответственных (особенно космических) применений выигрыш в массе, габаритах, мощности потребления РЭА на основе предельно высоких технологических норм может давать и обратный эффект снижения надежности, например за счет более низкой стойкости к ионизирующим излучениям. Поскольку интерфейсные схемы и датчиков-преобразующая аппаратура обслуживают работу систем, определяющих существование и функционирование летательных и космических аппаратов, а также жизнеобеспечение экипажей и пассажиров, то от них требуется высокая надежность, стойкость к нештатным режимам работы, длительный гарантийный срок функционирования без обслуживания или длительный срок активного и автономного существования.

В-третьих, для особо ответственных применений унифицируется не только интерфейсная и датчиков-преобразующая аппаратуры, но и алгоритмический базис. Эта унификация обусловлена как принципами организации сложных систем — иерархичности, наращиваемости, преемственности [5, с. 11–12], так и объективными внешними условиями функционирования. Действительно, задачи ориентации космического аппарата или управления летательным аппаратом не претерпели никаких принципиальных изменений за десятки лет.

В-четвертых, влияние массы, габаритов, потребляемой мощности и надежности датчиков, датчиков-преобразующей аппаратуры и интерфейсов на параметры бортовых систем и комплексов непрерывно возрастает. Информационно-вычислительные ресурсы современной ЭКБ на единицу габаритов, массы, мощности увеличились за последние 25 лет на несколько порядков. Однако габариты, масса линий связи, разъемов, датчиков, потребляемая мощность и помехоустойчивость приемопередающих интерфейсных устройств, точность и чувствительность датчиков принципиально не изменились. Миниатюризация, например, приемопередатчиков происходила совсем не теми темпами: некоторые параметры за 25 лет улучшены максимум в 2–3 раза, а некоторые остались теми же [5, с. 77–96]. Относительный вклад интерфейсных устройств и датчиков-преобразующей аппаратуры в общую массу,

габариты и потребляемую мощность бортовых систем и комплексов вырос в десятки раз и во многих случаях стал превышать вклад вычислительного ресурса этих систем и комплексов.

Такое положение дел открывает возможность обеспечить конкурентоспособность и импортонезависимость РЭА авиационного и космического назначения на основе системного подхода без доступа к предельно высоким технологическим нормам. Тогда требования к ЭКБ задаются и оцениваются техническим обликом на уровнях «12-унифицированные электронные модули», «6-радиоэлектронный комплекс», «5-радиоэлектронная система» (уровень разукрупнения радиоэлектронных средств по ГОСТ Р 52003-2003), но не на уровне параметров ЭКБ!

Рассмотрим вопрос импортонезависимости применительно к интерфейсным средствам по стандарту ARINC-429 и ГОСТ 18977–79. Например, ОАО НПО «Физика» выпускает интерфейсные микросхемы (Ф003, Ф004А, Ф006, Ф006.1), аналогичные отечественным разработкам 30-летней давности [5, с. 87–91]. ОАО «Ангстрем» выпускает с 2009 г. полностью твердотельные интерфейсные микросхемы (1485ХК1У, 1485ХК2Т, 1485ХК3У, 1485ХК4Т) — аналоги микросхем HOLT Integrated circuits Inc. (США). Микросхемы серии 1485 радикально меньше по габаритам и существенно дешевле микросхем ОАО НПО «Физика». Но множество разработчиков аппаратуры по ARINC-429 предпочитают покупать более дорогие и старые изделия ОАО НПО «Физика» именно потому, что в конечной аппаратуре они не проигрывают ни в массе и в габаритах, ни в надежности. Получается, что РЭА систем, комплексов и даже модулей не получает видимых преимуществ от увеличения степени интеграции ЭКБ и новых технологических норм. Более того, результатом перехода к этим нормам становится снижение стойкости к перегрузкам и к некоторым воздействующим факторам космического пространства.

Рассмотрим вопрос импортонезависимости применительно к датчиков-преобразующей аппаратуре. В настоящее время отечественная датчиков-преобразующая аппаратура, как правило, выполнена на основе интегральных микросхем и дискретных элементов преимущественно зарубежного

производства и, вероятно, в то время и в тех условиях, когда она создавалась, это было единственно возможным решением. Это ЭКБ от Analog Devices, Dallas Semiconductor, SiliconLabs, Aimtec и от других, а также ЭКБ предприятий бывших союзных республик. Поскольку изделия космического применения, как правило, единичны или мелкосерийны, изделия авиационной техники тоже не массового применения, то экономически нецелесообразно повторять создание и выпуск аналогов уже устаревшей импортной ЭКБ. Вместо копирования и замещения широкой номенклатуры импортной ЭКБ рациональнее создать небольшой набор высококачественных унифицированных схемотехнических и конструктивно-технологических решений (СКТР). Такие СКТР должны создаваться с ориентировкой на уже существующую российскую технологическую базу и сертифицированное производство, например, с использованием полужаказных аналоговых микросхем, многокристальных модулей с групповыми соединениями на основе гибких полиамидных носителей и технологии внутреннего монтажа.

## Выводы

Предлагаемый альтернативный подход позволяет ожидать следующие результаты и преимущества:

1. Проблема страховых запасов ЭКБ будет решена или не будет обостряться даже при ухудшении возможностей импорта или возникновении проблем в дальнейшем развитии новых технологий в РФ.

2. Унифицированные СКТР, проверенные на прототипах и небольших сериях датчиков, позволят быстро, с предсказуемым качеством и параметрами модифицировать датчико-преобразующую аппаратуру.

3. Появится дешевый путь создания и модернизации датчиков, включая перспективные, интеллектуальные по ГОСТ Р 8.673-2009 [5], в том числе с ICP питанием, не имеющих отечественных аналогов, под перспективные измерительные системы [5] и новые типы первичных преобразователей.

4. Датчико-преобразующая аппаратура российского производства и разработки, построенная

с использованием устойчивых СКТР, может применяться не только в специальном, но и в обычном индустриальном исполнении. Это создаст условия для повышения конкурентоспособности датчиков и измерительных комплексов и систем, в том числе за счет отказа от единичных и мелкосерийных изделий. Сам факт наличия унифицированных конкурентных технических решений будет положительно влиять на ценовую политику как поставщиков импортной ЭКБ, так и производителей РЭА.

5. Разработка оригинальных отечественных СКТР для датчико-преобразующей аппаратуры объективно будет способствовать формированию высококвалифицированных коллективов и устойчивых долговременных связей между предприятиями, которые создают ЭКБ, выпускают РЭА, производят комплексы и системы. Интеграция всех участников жизненного цикла и фокусирование усилий на проектном подходе к обеспечению надежности и качества полностью соответствует стандартам качества в авиационной промышленности (AS9000) и системам качества производителей телекоммуникационного оборудования (TL9000).

6. Разработка унифицированных СКТР способствует внедрению передовых систем обеспечения качества и сочетается как с процессным пониманием и обеспечением качества, так и с методами системной инженерии жизненного цикла [7, 8]. Усилия разработчиков будут направлены не на достижение предельных, но частных параметров, а на системный комплекс параметров, обеспечивающих пригодность целого класса датчиков для широкого круга задач и применений.

7. Возможность создания унифицированных и устойчивых СКТР вполне реальна на основе отечественных базовых матричных кристаллов и базовых аналоговых кристаллов (БМК). Доступные отечественные цифровые и цифро-аналоговые БМК могут служить базой для создания комплекта микросхем для датчиков нескольких типов.

## Список литературы

1. Носов Ю., Сметанов А. Крепить импортнезависимость страны! // *Электроника*, 2014, № 8. С. 154–155.
2. Белов Л. МЭМС-компоненты и узлы радиочастотной аппаратуры // *Электроника*, 2008, № 2. С. 20–29.

3. Евсеев В., Наливкин И. Импортозамещение ЭКБ и развитие радиоэлектроники. Обсуждение проблемы // *Электроника*, 2014, № 8. С. 156–160.
4. Пресс-релиз ОРКК «Российские космические системы работают над качеством». [http://www.spacecorp.ru/press/releases/item8557.php?sphrase\\_id=17912](http://www.spacecorp.ru/press/releases/item8557.php?sphrase_id=17912), дата обращения: 27.02.2015.
5. Ацюковский В.А., Бобров В.Г., Невдяева А.Л., Соиников Г.Ф., Шмелев В.И. Основы организации систем цифровых связей в сложных информационно-измерительных комплексах. М.: Энергоатомиздат, 2001. 96 с.
6. ГОСТ Р 8.673-2009 ГСИ. Датчики интеллектуальные и системы измерительные интеллектуальные. Основные термины и определения. М., 2010. 12 с.
7. Деминг Э. Выход из кризиса: Новая парадигма управления людьми, процессами и системами. Пер. с англ. М.: Альпина Бизнес Букс, 2007. 370 с.
8. Джуран: два века качества (интервью с д-ром Дж. Джураном) / Пер. с англ. // *Европейское качество*, 1999, т. 6, № 2. С. 57.
9. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288-2005 Информационная технология. Системная инженерия. Процессы жизненного цикла систем. М., 2006. 57 с.
3. Evseev V., Nalivkin I. Importozameshchenie EKB i razvitie radioelektroniki Obsuzhdenie problemy [Electronic components base import substitution and electronics development. Problems consideration]. *Elektronika* [Electronics]. 2014, No. 8, pp. 156–160. (in Russian)
4. *Press-reliz ORKK "Rossiyskie kosmicheskie sistemy rabotayut nad kachestvom"*. 27.02.2015 [Press release of ORKK: Joint Stock Company "Russian Space Systems" is improving the quality. 27.02.2015]. (in Russian). Available at: [http://www.spacecorp.ru/press/releases/item8557.php?sphrase\\_id=17912](http://www.spacecorp.ru/press/releases/item8557.php?sphrase_id=17912)
5. Atsyukovskiy V. A., Bobrov V. G., Nevdyayeva A. L., Soynikov G. F., Shmelev V. I. *Osnovy organizatsii sistem tsifrovyykh svyazey v slozhnykh informatsionno-izmeritel'nykh kompleksakh* [Fundamentals of configuration of the system of digital communications in sophisticated information and measurement complexes]. Moscow, Energoatomizdat, 2001, 96 p. (in Russian)
6. *GOST R 8.673-2009 GSI. Datchiki intellektual'nye i sistemy izmeritel'nye intellektual'nye. Osnovnye terminy i opredeleniya* [GOST 8.673-2009 GSI. State system for ensuring the uniformity of measurements. Intelligent sensors and intelligent measuring systems. Basic terms and definitions]. (in Russian)
7. Deming E. *Vykhod iz krizisa: Novaya paradigma upravleniya lyud'mi, protsessami i sistemami* [Out of the crisis]. Moscow, Al'pina Biznes Buks, 2007, 370 p. (Translated from English)
8. Dzhuran: dva veka kachestva (interv'y u s d-rom Dzh. Dzhuranom) [Juran J. M.: two centuries of quality (an interview with Dr. Juran J. M.)]. *Evropeyskoe kachestvo* [European quality]. 1999, Vol. 6, No. 2, 57 p. (Translated from English)
9. *GOST R ISO/MEK 15288-2005. Informatsionnaya tekhnologiya. Sistemnaya inzheneriya. Protsessy zhiznennogo tsikla sistem* [GOST R ISO/MEK 15288-2005. Information technology. System engineering. System life cycle processes]. (in Russian)

## References

1. Nosov Yu., Smetanov A. Krepit' importonezavisimost' strany! [Strengthen country import independence!]. *Elektronika* [Electronics]. 2014, No. 8, pp. 154–155. (in Russian)
2. Belov L. MEMS-komponenty i uzly radiochastotnoy apparatury [MEMS RF components and blocks]. *Elektronika* [Electronics]. 2008, No. 2, pp. 20–29. (in Russian)