



# КОМПЛЕКС МЕР ПО КАЧЕСТВЕННОМУ СОКРАЩЕНИЮ СРОКОВ РАЗРАБОТКИ И ЗАПУСКА В ПРОИЗВОДСТВО ПЕРЕДОВОЙ ЭКБ

## COMPLEX OF MEASURES DIRECTED AT CONSIDERABLE REDUCTION OF LEAD TIME AND LAUNCHING INTO PRODUCTION TIME FOR ADVANCED ELECTRONIC COMPONENT BASE (ECB)

УДК 621.3.049.76:658.5

**ВЕРНИК ПЕТР АРКАДЬЕВИЧ**

*Директор*

*АНО «Институт стратегий развития»  
107031, Россия, Москва, пер. Столешников, 11  
center@isd.center*

**VERNIK PETR A.**

*Director*

*Institute for Development Strategies NPO  
11 Stoleshnikov Lane, Moscow 107031, Russian Federation  
center@isd.center*

Анализируются ограничивающие этапы и факторы в существующих процессах разработки и производства ЭКБ, сдерживающие сокращение сроков от утверждения технического задания до запуска в серийное производство и применения новых типов компонентов в конечных изделиях, а также увеличение количества импортозамещающих разработок. Предлагается концепция построения данных процессов, основанная, в частности, на модульном принципе проектирования, широком применении САПР и библиотек стандартных блоков, разработке типовых техпроцессов с применением трехмерных структур микроблоков на основе технологии LTCC, направленная на качественное сокращение временных затрат при создании передовой отечественной ЭКБ как в целях импортозамещения, так и дальнейшего развития.

*Ключевые слова: электронная компонентная база; электронные модули; микроэлектронные изделия; трехмерная конструкция; низкотемпературная совместно обжигаемая керамика; импортозамещение; организация процесса разработки и производства ЭКБ.*

The report analyses the limiting stages and factors in the existing processes of ECB development and production, restricting the reduction of the terms from the approval of the terms of technical task to launching into batch production and the use of new types of components in final products, as well as an increase in the number of import-substituting developments. The concept of constructing these processes has been proposed, based, in particular, on a modular principle of design, wide application of CAD and libraries of standard blocks, development of standard technical processes with the use of three-dimensional microblock structures based on LTCC technology, aimed at qualitative reduction of time costs when creating an advanced domestic ECB both for import substitution purposes and for further development.

*Keywords: electronic component base; electronic modules; microelectronic products; 3D-structure; low temperature co-fired ceramic; import substitution; organization of electronic component base development and production processes.*

В соответствии с Планом содействия импортозамещению в промышленности, утвержденным Распоряжением Правительства РФ от 30 сентября 2014 года № 1936-р, а также в связи с развитием сфер применения электроники, необходимы разработка и запуск в производство большой номенклатуры отечественных типонаминов электронной компонентной базы (ЭКБ). По различным оценкам, количество подлежащих замене импортных типов электронных компонентов составляет от 7 до 35 тысяч, а потребность в новых типах — порядка 20 тыс. Импортозамещение ЭКБ реализуется через ФЦП № 1 в период с 2015 по 2020 год. В настоящее время в год в серийное производство запускается менее 50 образцов ЭКБ, что существенно ниже роста потребления, а типичный срок выполнения работ по запуску в производство нового типонаминала составляет два — три года.

Таким образом, для обеспечения выполнения стоящих перед электронной отраслью задач по импортозамещению ЭКБ необходимо кардинальное сокращение сроков от утверждения технического задания до запуска в серийное производство и применения новых типов компонентов в конечных изделиях, а также значительное увеличение количества импортозамещающих разработок.

С учетом общемировой тенденции к ускорению постановки на производство и применения электронных компонентов, целесообразным представляется сокращение срока разработки и запуска в серийное производство образцов ЭКБ до 3–5 месяцев.

Для достижения этой цели необходимо выявление наиболее время- и ресурсозатратных этапов и других ограничивающих факторов в существующих процессах разработки и производства ЭКБ и создание концепции построения данного процесса, основанной на новых конструкторско-технологических и организационно-экономических подходах, которые позволяют свести к минимуму временные затраты и привлечь к разработке ЭКБ компании, обладающие соответствующими компетенциями, в том числе из числа малых и средних предприятий, а также реализовать потенциал инициативных проектов и стартапов.

При разработке концепции следует учитывать в том числе следующие факторы.

1. При качественном сокращении сроков до запуска в серийное производство должно быть обеспечено выполнение комплекса мер в необходимом и достаточном объеме для подтверждения



- надежности и минимизации рисков, связанных с применением нового образца ЭКБ.
2. Необходимо обеспечение максимально высокого уровня унификации как образцов ЭКБ, так и методов конструирования и технологических процессов.
  3. Необходима минимизация себестоимости разрабатываемых образцов ЭКБ при выполнении заданных технических требований.
  4. Конструкторско-технологические аспекты концепции должны учитывать современное состояние мировой электронной промышленности и быть направлены на обеспечение сравнимого или превосходящего зарубежные аналоги технического уровня отечественной ЭКБ с учетом будущего развития компонентной базы в общемировом масштабе.

Учитывая, что наиболее динамично развивающимися и критичными с точки зрения импортозамещения типами ЭКБ являются полупроводниковые изделия и электронные модули, в том числе цифровой и СВЧ-электроники, для выявления ограничивающих этапов и факторов с позиций сокращения сроков рассмотрим типовую цепочку разработки и постановки на серийное производство образцов ЭКБ этих типов. Данная цепочка состоит из следующих основных этапов:

1. Проектирование кристалла.
2. Подготовка производства и изготовление опытных образцов кристалла.
3. Испытания, тестирование и аттестация кристалла.
4. Проектирование функционального модуля.

5. Подготовка производства и изготовление опытных образцов функционального модуля.
6. Испытания, тестирование и аттестация функционального модуля.
7. Постановка функционального модуля на серийное производство.

В сложившейся практике длительность этапов 1–3 занимает порядка 1–1,5 лет. Проектирование и процесс перехода к серийному производству по пунктам 4–7 занимают от одного до двух лет, причем наиболее времязатратными работами являются испытания и аттестация функционального модуля.

В целях качественного сокращения сроков проектирования предлагается переход к модульному принципу разработки, что требует создания библиотеки стандартных блоков, доступных для всех компаний, участвующих в разработке импортозамещающей ЭКБ, в том числе из числа субъектов малого и среднего бизнеса (МСП). Применение данной библиотеки и ее постоянное обновление с учетом передовых достижений фундаментальной и прикладной науки позволят обеспечить высокий уровень унификации и широко использовать результаты НИОКР в различных проектах, сократив их объем в рамках разработки отдельных образцов ЭКБ, а модульный принцип существенно уменьшит временные затраты на создание передовых компонентов и их совершенствование.

Также в сокращении сроков проектирования большую роль играет применение САПР. При этом на данный момент использование САПР в организациях не унифицировано, что приводит

In accordance with the plan to assist import substitution in industry, approved by the order of the Russian Federation Government dated September 30 2014 № 1936-p, as well as with respect to electronics application scope development, it is necessary to develop and launch into production large domestic part type nomenclature in electronic component base. According to different estimates, the amount of subjected to import substitution types of electronic components constitutes from 7 to 35 thousand elements, and the demand for new types is of the order of 20 thousand elements. Federal Targeted Program № 1 stipulates electronic component base import substitution since 2015 to 2020. Currently, serial annual production of electronic components amounts to less than 50 specimens, which is considerably lower than an increase in electronics consumption, and typical period necessary for launching into production novel part types takes from 24 to 36 months.

Thereby, to successfully fulfil the tasks set before electronic industry as regards import substitution in electronic component base, it is necessary to considerably reduce the time from design specification approval to launching into serial production and novel components types application in end items, as well

as to substantially increase import substitution developments. Taking into consideration worldwide tendency for ramping up production and electronic components utilization, it seems reasonable to reduce lead time and launching into serial production time for specimens in electronic components base down to 3 – 5 months.

To achieve this goal it is necessary to reveal the most time- and resources consuming stages and other restricting factors in processes of development and production used for electronic components base and to create a concept of that process construction basing on novel design-technological and organizational-economical approaches, which will make it possible to minimize time consumption and attract the companies possessing respective competences, including small and medium-size enterprises, to electronic components base development and to realize potential of initiative projects and start-ups.

During the concept development it is necessary to consider among other things the following factors.

1. To considerably reduce the period for launching into serial production it is necessary to put into life a whole complex of measures in required and sufficient volume

to provide reliability and to minimize risks related to new specimens in electronic components base.

2. It is necessary to provide the highest possible level of unification for electronic component base specimens and for design and process methods as well.
3. It is necessary to minimize the cost of specimens being developed in electronic components base in the course of fulfilling specified operational requirements.
4. Design and technological aspects of the concept should correspond to the current state of worldwide electronic industry and be directed at ensuring the technical level of domestic ECB comparable with foreign analogues or even surpassing them, with respect to further ECB development on worldwide scale.

To reveal restricting stages and factors in time reduction, considering that most dynamically developing and critical components for import substitution in electronic base are semiconductor products and electronic modules, including digital and UHF electronics, it is necessary to examine standard chain in developing and launching into serial production specimens in electronic components base. This chain consists of the following main stages:



к проблемам взаимодействия организаций как между собой, так и с производством. Кроме того, стоимость современных САПР весьма велика. Затраты на их приобретение становятся барьером для участия малых и средних предприятий в импортозамещении ЭКБ.

Таким образом, должно обеспечиваться применение согласованных и рекомендованных пакетов САПР. В рамках создания Центра поддержки МСП — разработчиков ЭКБ предусмотрена работа по инвентаризации уже приобретенных в интересах госкомпаний и подведомственных организаций лицензий зарубежного ПО для организации доступа к ним через Центры коллективного пользования, информационным сопровождением которых занимается ФГБУ РИЭПП, а также взаимодействие с российскими разработчиками САПР для применения их продуктов в мероприятиях по импортозамещению ЭКБ.

Одним из самых трудоемких и времязатратных этапов является этап тестирования и испытаний, поскольку ряд методик предполагает длительные выдержки изделий при воздействии определенных условий. Проведение таких испытаний может требовать от четырех до восьми месяцев. Для сокращения общего срока до запуска серийного производства и применения в конечных изделиях новых типов ЭКБ представляется необходимым использование типовых сертифицированных техпроцессов, гарантированно обеспечивающих изготовление изделий с требуемым уровнем качества и надежности при условии применения в них испытанных стандартных блоков и материалов, а также применение унифицированных и согласованных программных средств моделирования.

1. Chip design.
2. Preparation of production and manufacturing of experimental chip specimens.
3. Chip testing and certification.
4. Functional module design.
5. Preparation of production and manufacturing of experimental functional module.
6. Testing and certification of functional module.
7. Arrangement of functional module for serial production.

In practice, the duration of stages from 1 to 3 is about 12 – 18 months. The process of design and further transition to launching serial production (stages from 4 to 7) takes from 12 to 24 months, wherein most time consuming operations are functional module tests and certification.

Aiming to considerably reduce the design period it was proposed to switch to modular approach in the stage of development that requires the creation of standard blocks library, available for all companies, participating in electronic components base import substitution, including small and medium size enterprises (SMSE). Utilization of such a library with continuous updating on the basis of latest results obtained in fundamental and applied sciences, will make it possible to provide high level unification and to widely use

the results of performed researches and development in various projects, reducing their volumes within the frames of separate ECB specimens development, whereas modular approach will substantially reduce the time required to create up-to-date components and their further improvement.

A significant role in reducing time necessary for designing plays CAD tools application. The application of CAD in organizations is not unified, which leads to problems in interactions between different companies and with manufacturing process as well. Besides, the cost of modern CADs is rather high, which becomes a barrier to participating in import substitution of small and medium size enterprises.

Thus, it is necessary to ensure consistent and recommended CAD packages application. Inventory work with already purchased foreign software licences for the benefit of state and dependent companies aiming to provide access by means of Common Use Centre has been foreseen by creating SMSE Support Centre for electronic components base developers. Its informational support is provided by Federal State Budgetary Institution “Russian R&D in Economics, Politics and Law”, as well as by interaction with Russian CAD developers for utilizing their

Также следует учитывать, что проведение испытаний опытных образцов и их составляющих является большой финансовой нагрузкой для субъектов МСП и стартапов. Для снижения данного барьера предлагается разработать программы софинансирования на этапе испытаний, осуществление которых может выполняться через Центр поддержки МСП — разработчиков ЭКБ.

Применение типовых техпроцессов также позволит существенно сократить сроки и затраты на производственных этапах: подготовки производства и изготовления опытных образцов и постановки изделия на серийное производство.

При выборе типовых техпроцессов необходимо учитывать требования высокой функциональности и снижения массогабаритных характеристик современных и перспективных образцов ЭКБ, что диктует применение трехмерных структур электронных модулей.

В настоящее время существуют следующие концепции построения 3D-структур:

1. модули на кристаллах;
2. классические бескорпусные сборки и гибридные интегральные схемы (ГИС);
3. 3D-модули на многослойной керамике.

В сравнении с другими технологиями применение низкотемпературной совместно обжигаемой керамики (ЛТСС) предоставляет следующие преимущества:

- более экономичное производство по сравнению с традиционной толсто пленочной технологией;

products within measures directed at ECB import substitution.

One of the most labour and time consuming stages is testing and licensing, as a number of methodologies imply prolonged retention under specified conditions. Performance of such tests may take from four to eight months. It seems necessary to use standard certified technological processes which ensure manufacturing products with required quality and reliability level, provided that proved standard blocks and unified, consistent software and models are being used. These measures will make it possible to reduce time necessary for launching into production and to use in end products novel types from electronic components base.

It is also necessary to take into account that testing experimental specimens and their components is a highly expensive process for small and medium enterprises as well as for startups. To lower such a barrier it has been proposed to develop at testing stage appropriate co-financing programs, whose implementation can be realized through the Centre supporting small and medium enterprises developing electronic components base.

The application of standard technological processes will also considerably reduce time and costs at manufacturing stages: preparation



- возможность проектирования и производства трехмерных многослойных керамических модулей;
- возможность размещения пассивных компонентов внутри подложки, что уменьшает размер контуров более чем на 50 % по сравнению с печатными платами;
- хорошая теплопроводность по сравнению с печатными платами;
- рабочие частоты до 40 ГГц;
- рабочие температуры до 350°C;
- температура обжига порядка 850°C позволяет применять материалы с малым удельным сопротивлением, такие как золото и серебро, вместо молибдена и вольфрама, используемых в технологии высокотемпературной керамики (HTCC);
- каждый слой инспектируется до сборки модуля, что повышает процент выхода годных изделий;
- отличная герметизация слоев;
- технологический цикл производства многослойных керамических модулей экологически чист и компактен;
- отсутствие «мокрых» химических процессов;
- многие процессы при серийном производстве автоматизированы;
- обеспечивается сокращение производственных циклов по сравнению с обычными толсто пленочными технологиями.

Указанные преимущества обеспечивают построение экономичного производства для создания передовых функциональных модулей с высокой функциональностью и малыми массогабаритными характеристиками, а с учетом создания библиотек базовых блоков и широкого применения САПР позволяют производить

разработку и постановку на производство новых образцов, а также закладывать их в проекты конечных изделий в кратчайшие сроки. Таким образом, в качестве основы для типовых сертифицированных техпроцессов изготовления функциональных модулей наиболее перспективным представляется применение трехмерных LTCC-структур.

Для реализации данных техпроцессов Научно-производственным центром «СпецЭлектронСистемы» (НПЦ СЭС) в первой половине 2018 года планируется ввод в строй производственных мощностей, расположенных в Технополисе «Москва». Данное производство имеет модульный принцип построения и обеспечивает полный цикл разработки и производства трехмерных многослойных керамических модулей на основе технологии LTCC, а также сборки и герметизации микроэлектронных изделий на основе таких модулей. Производственная структура и наличие спектра базовых технологий обеспечивают возможность одновременного выполнения как работ по созданию новых продуктов, включая изготовление экспериментальных, пилотных образцов, так и серийного производства разработанных изделий.

Предлагаемый комплекс мер позволит качественно изменить процесс создания передовой отечественной ЭКБ как в целях импортозамещения, так и дальнейшего развития, что даст возможность значительно сократить затраты времени и ресурсов для реализации проектов от этапа разработки до постановки на серийное производство и начала применения новых образцов ЭКБ в конечных изделиях.

of production and manufacturing experimental specimens as well as launching products into serial production.

While selecting standard technological processes it is necessary to consider requirements of high functionality and reduction of mass-dimensional characteristics in modern and perspective specimens of electronic components base, which spells utilization of 3D-structures in electronic modules.

Today there exist the following concepts of 3D-structures construction:

1. Modules on chip;
2. Classical packageless assemblies and hybrid integrated circuits (HIC);
3. 3D-modules on multilayer ceramic.

As compared with other technologies, application of low temperature co-fired ceramic (LTCC) has the following advantages:

- more lean production as compared with traditional thick-film technology;
- ability to design and manufacture 3D multilayer ceramic modules;
- ability to arrange passive components inside substrate, thus reducing circuits size by more than 50 % as compared with printed boards;
- high thermal conduction as compared with printed boards;
- operating frequencies up to 40GHz;

- operating temperatures up to 350°C;
- firing temperature constitutes 850°C that enables using materials with low resistivity, such as gold and silver, instead of molybdenum and tungsten, used in high temperature co-fired ceramic (HTCC) technology;
- each layer is inspected before module assembly, which permits increasing percentage of yield;
- excellent layers sealing;
- technological cycle of multilayer ceramic modules production is pollution-free and compact;
- absence of “wet” chemical processes;
- many processes used in serial production are automated;
- production cycle reduction as compared with ordinary thick-film technologies.

The indicated advantages provide for lean manufacturing of advanced functional modules construction possessing high functionality and low mass-dimensional characteristics, and, due to standard blocks libraries creation and wide CAD application, enable developing and launching into production novel specimens, as well as including them as soon as possible into the projects of end products. Thus, LTCC-structures application appears to be most promising as a basis for standard certified

technological processes of functional modules manufacturing.

For implementing the given technological processes, Research and Development Centre “Special Electron System” (NPC SES) is planning to commission production capacities in the first half of 2018, located in “Moscow” Technology Town. The production centre utilizes modular construction approach and provides the whole cycle including development and production of 3D multilayer ceramic modules on the basis of LTCC technology, as well as assembling and sealing microelectronic products on the basis of these modules. The production structure and availability of different basic technologies make it possible to simultaneously perform operations conducted at novel products development, including manufacturing experimental, pilot prototypes, as well as serial production of developed products.

The proposed complex of measures will enable us to qualitatively change the process of advanced domestic electronic components base creation for import substitution and for further development that will provide opportunity to considerably reduce time and resources consumption for projects realization from development to launching into production and to start utilizing novel specimens into end products.