

УДК 621.382

**ВИРТУАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ КОМПОНЕНТНАЯ БАЗА
РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ**

*докт. техн. наук, проф. ЛАЗАРЕВИЧ Э.Г., канд. техн. наук, доц. СЕМАК Ю.И.,
канд. техн. наук АМЗЕЕВ Ш.Б.*

В статье рассмотрена новая концепция создания, развития и совершенствования радиоэлектронной аппаратуры сложных систем на основе виртуальной электронной компонентной базы. Отличительной особенностью концепции виртуальной электронной компонентной базы является представление и восприятие ее создания и развития двумя составляющими: реальной – в виде стандартного реализованного блока интеллектуальной собственности и мнимой (идеальной) – в виде виртуального компонента. Высказывается и обосновывается предположение, что реальная составляющая в большинстве случаев является тормозом развития. Движущей силой развития является мнимая составляющая, в которой заложен интеллектуальный задел разработчика для создания РЭА на длительную перспективу вплоть до морального старения образца сложной системы. Задел разработчика на современном уровне проектных норм микроэлектроники проявляется в виде виртуального компонента.

UDK 621.382

VIRTUAL ELECTRONIC COMPONENTS OF THE ELECTRONIC EQUIPMENT

Lazarevich E., Semak U., Amzeev Sh.

The article is present new idea of the creation, developments and improvements of the electronic equipment of complex systems by means of the virtual electronic components. The idea of the virtual electronic components is a presentation and perception of the creation and developments of the equipment on two forming: real – in the manner of standard marketed block of the intellectual property and image – in the manner of virtual component. The real component in most cases slows the development of the electronic equipment. The imaginary component is the «locomotive» of development of the electronic equipment. The Imaginary component contains the scientific has brushed against developer. The scientific has brushed against developer reveals of itself in the manner of virtual component on the modern level of the design rates of microelectronics.

Радиоэлектронная аппаратура (РЭА) является основой создания всех современных автоматизированных систем управления, включая системы управления государством, регионами, энергоснабжением, вооружением и т. д. [1] Современная отечественная РЭА, разработанных и эксплуатируемых в Республике Беларусь сложных систем, спроектирована на устаревшей элементной базе и ориентирована

на импортные интегральные микросхемы [2, 3]. Существующий в Республике Беларусь устаревший парк РЭА с ориентацией ее обновления на импортной элементной базе вызывает целый ряд непреодолимых трудностей в эксплуатации сложных систем и проблем при создании и развитии отечественных систем РЭА.

Уникальные возможности для нормализации создавшейся ситуации предоставляют

информационные системы и информационные технологии. Благодаря их появлению и революционному развитию стало возможным осознать существование не только реальных, но и виртуальных объектов. Так начали появляться виртуальные электронные компоненты, виртуальная электронная компонентная база (ЭКБ) и соответствующие проектные технологии создания на их основе РЭА [1, 3]. С учетом данных тенденций была разработана методология виртуальной элементной базы и представлена в виде концепции виртуальной ЭКБ [2].

Методология виртуальной ЭКБ позволяет решить не только проблемы эксплуатируемых в настоящее время в Республике Беларусь сложных радиоэлектронных систем, но и проблемы их эволюционного развития, а также создания новых образцов РЭА **на базе существующих отечественных экономических и научно-технологических возможностей страны.** Организационная идея концепции виртуальной ЭКБ основывается на реализации спиралевидной модели жизненного цикла сложных систем и маршрутов проектирования РЭА (рис. 1). Отличительной особенностью виртуальной ЭКБ является наличие в ее процессе функционирования двух составляющих: реальной составляющей, которая осоздается наглядным путем, в виде интеллектуального про-

дукта, так называемого *IP*-блока (*Intellectual Property* - интеллектуальная собственность) и виртуальной (мнимой) составляющей, скрытой для заказчика РЭА и ее пользователя (*Virtual Component (VC)* – виртуальный компонент).

IP-блоки – это полностью верифицированный продукт, оформленный в соответствии с действующими международными стандартами, готовый для многократного использования при проектировании РЭА, в том числе и в виде представления интегральных микросхем типа «Система на кристалле» (СНК). Поскольку *IP*-блоки являются аналогами виртуальных электронных компонентов на конкретной элементной базе, то их часто в некоторых литературных источниках называют виртуальными компонентами. Следует особо отметить, что отождествление представлений *VC* и *IP*-блоков, как синонимов является ошибочным. На самом деле *VC* имеет намного большее смысловое содержание, чем *IP*-блок.

Физический смысл мнимой составляющей $Im \dot{T}(t)$ в логарифмической спиралевидной модели маршрута проектирования РЭА заключается в характере самого процесса проектирования РЭА не на реальных, а на виртуальных компонентах.

Виртуальный компонент представляет собой математическую модель реального буду-

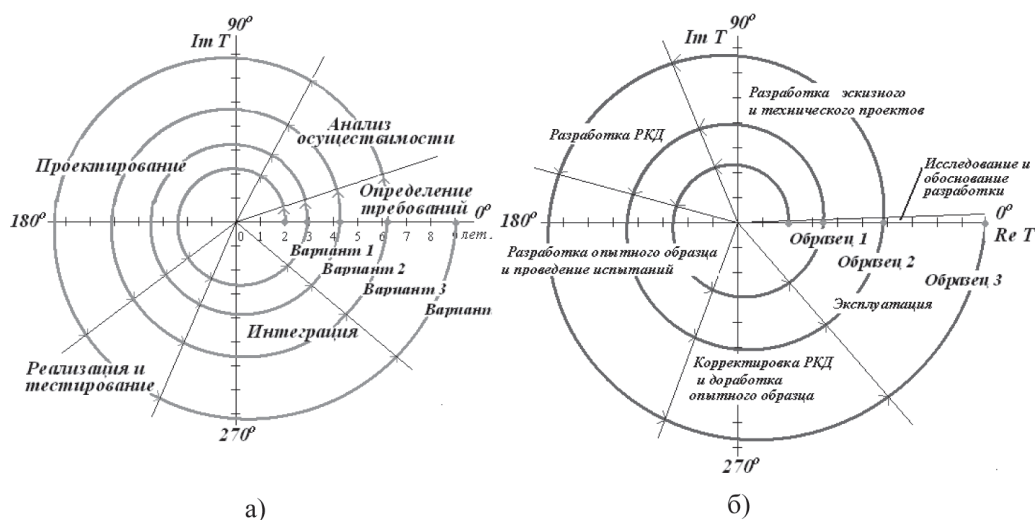


Рис. 1. Логарифмическая спиралевидная модель маршрута проектирования РЭА (а) и жизненного цикла образца сложного изделия (б)

шего компонента ЭКБ создаваемой РЭА. Эта модель представляется на языке конкретной САПР в форме кортежа <поведенческая модель (в виде обобщающего образа проектируемой РЭА (системный уровень)), математическая модель (в виде образа проектируемой РЭА на уровне регистровых передач), программируемая интегральная микросхема (функциональный уровень проектирования)> (рис. 2).

Представленный маршрут проектирования базируется на спиралевидной модели проектирования, необходимыми звеньями которой являются *базы знаний* [5]. Выделенные образы таких знаний представлены, как *VC*. Они же и являются той ценностью, которую необходимо оберегать, защищать и информационно поддер-

живать. Не обеспечив этих условий, само существование *VC* как некоего идеального образа будет всегда уязвимо в смысле информационной безопасности.

Виртуальная ЭКБ строится на основе парадигмы приоритета «мнимой (*Im*)» составляющей ее элементов, которая интерпретирует реализацию условий создания (разработки) составных частей систем РЭА на перспективной элементной базе. В настоящее время практическая реализация *VC* (баз знаний) нашла себя в виде IP-блоков интеллектуальной собственности. Однако данная составляющая выражает всего лишь реальную часть векторной интерпретации жизненного цикла ЭКБ на практически существующем (освоенном) уровне развития

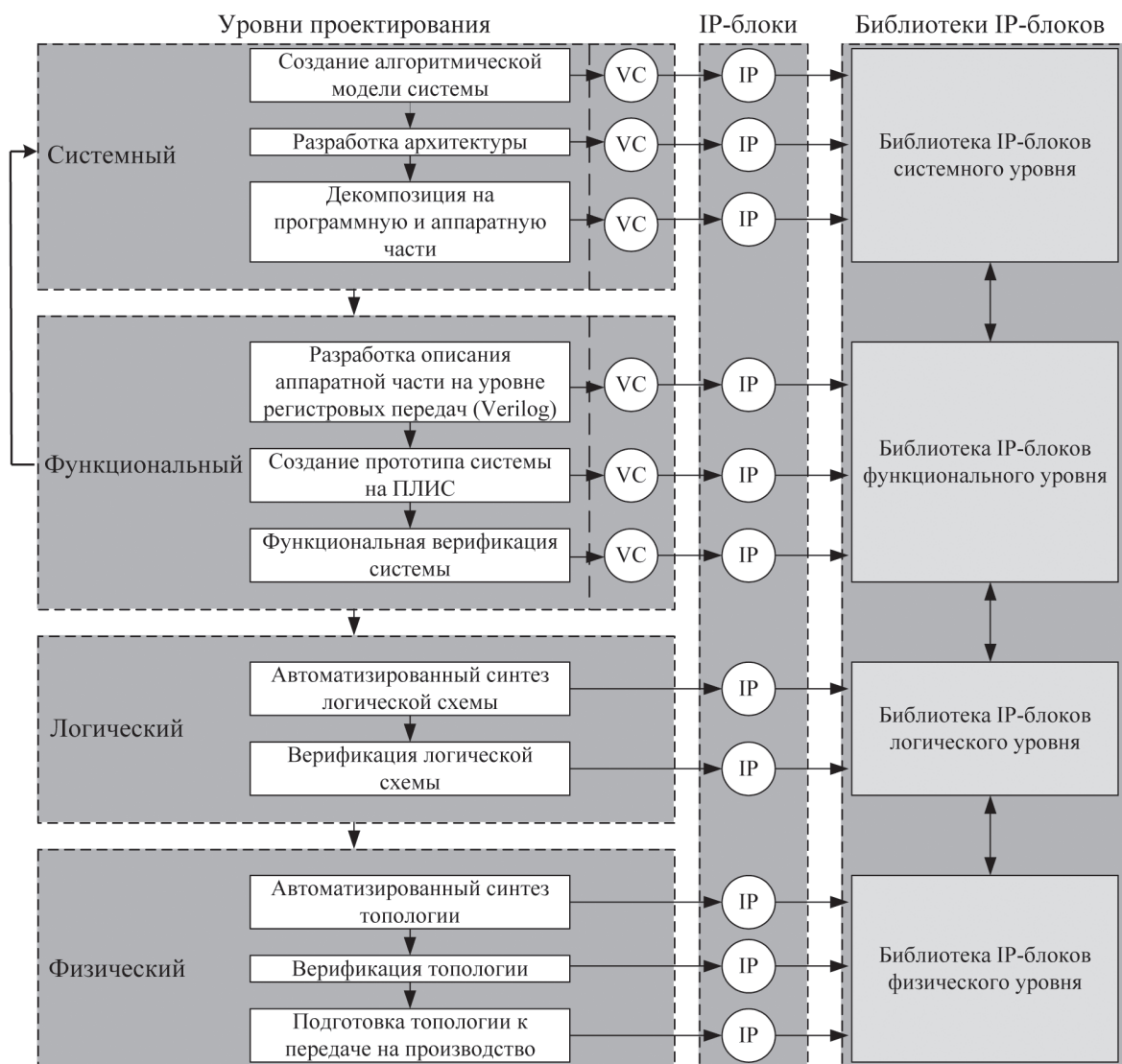


Рис. 2. Схема уровней проектирования изделий РЭА

промышленных технологий и реально не дает никакой информации о мнимой части вектора, в которой проявляются все «идеи» развития будущей системы, сконцентрированы в лаконичной форме научно-технические «заделы», выражен облик изделия (сложной системы), а также пути его создания и последующего развития.

Вполне очевидно, что если располагаемая элементная база морально устарела, то на ее основе нецелесообразно не только создавать перспективные образцы сложных систем, но даже модернизировать существующие изделия. В настоящее время широко используется, как в Республике Беларусь, так и в Российской Федерации, путь создания (модернизации) сложных отечественных систем на элементной базе, разработанной и произведенной в дальнем зарубежье. Конечно, можно создавать перспективное или модернизировать наличное радиоэлектронное оборудование на зарубежной элементной базе, однако такой путь для серийных и массовых образцов РЭА экономически неэффективен, а в плане обеспечения национальной безопасности – опасен [3, 4]. Достаточно вспомнить о последствиях кибератаки на основе получившей широкую известность вредоносной программы «Stuxnet». В ряде предыдущих публикаций авторов обосновано, что РЭА сложных систем, обеспечивающих жизнедеятельность и безопасность государства, включая и военную, должна быть отечественной разработки и в максимальной степени обладать свойствами управляемости, динамичности и новизны [2-5]. Эти свойства обеспечиваются проектной технологией виртуальной ЭКБ [2, 5].

По своей природе свойства динамичности и новизны жизненного цикла сложных изделий входят в группу свойств «процессного» характера, обеспечивающих относительную устойчивость их существования, как систем. Такие свойства изделий РЭА в полной мере реализуются проектной технологией виртуальной компонентной базы. Свойство динамичности виртуальной ЭКБ обуславливается тем,

что по своей природе *VC* – таксоны баз знаний, физически не зависящие от конструктивных и технологических характеристик конкретного производства электронных компонентов. Все это характеризует *VC*, как интеллектуальный объект. Практическая ценность реализуемости свойства новизны элементной базы на основе проектной технологии *VC* обуславливается ее возможностью оперативно и относительно просто «реагировать» на ключевые события тенденций развития полупроводниковой технологии, передовых достижений в науке и технике. Эти свойства динамичности и новизны в совокупности характеризуют *VC*, как интеллектуальный процесс. Интеллектуальные процессы оперируют научными знаниями, базирующимися на информации, оцениваемой показателями ее ценности, достоверности, полноты и т. д.

Таким образом, технологическая система проектирования систем РЭА на *VC* впервые предоставляет возможность реализовать на практике принцип дуализма в проектной деятельности: *VC* – объект (интеллектуальный продукт), с одной стороны, и интеллектуальный процесс, с другой стороны одновременно.

Виртуальная ЭКБ – совокупность (перечень, номенклатура) виртуальных компонентов, предназначенных для обеспечения разработки, изготовления, эксплуатации, ремонта, развития и совершенствования систем РЭА.

Виртуальный компонент – интеллектуальный продукт разработчика РЭА (некоторый идеальный образ будущего образца РЭА в воображении разработчика), который может быть реализован на различной элементной базе. В качестве примера на рис. 3 представлен в условно наглядной форме вариант реализации *VC* (процессора цифровой обработки сигналов) на элементной базе различных поколений.

Процессор цифровой обработки сигналов был разработан во второй половине прошлого века. Реализация его на существующей в то время элементной базе (электровакуумных приборах и транзисторах) требовала «громад-

ных» площадей, большого объема потребления электроэнергии при весьма ограниченных возможностях по показателям производительности и памяти процессора. По мере совершенствования полупроводниковой технологии, появления интегральных микросхем малой, средней, большой и сверхбольшой степени интеграции технико-экономические характеристики создаваемых процессоров улучшались на порядки (требуемые площади, потребляемая электроэнергия и стоимость уменьшились на пять и более порядков, технические характеристики по производительности, памяти и др. увеличились на шесть и более порядков). На рис. 3 наглядно прослеживается реальная составляющая VC , характеризующая его новизну (Re), но за «кадром» остается содержание мнимой составляющей (Im) (основные идеи построения, созданный научно-технический задел, полезные модели, технические решения и т. п.). Необходимо отметить, что мнимая составляющая и ранее присутствовала во всех процессах разработки образцов сложных систем в виде обоснований аванпроектов, технических предложений, эскизных и технических проектов, но разработчик всегда оставлял за собой право «скрыть»

свои наработки, чтобы получить своеобразный «аванс» при дальнейших проработках данного направления. Тем не менее, в большинстве разработок РЭА сложных систем управления прошлого столетия заказчику предоставлялись обоснования принятых решений.

В настоящее время, при переходе к субмикронным и нанотехнологиям, VC , выступающий в виде таксонов баз знаний, для заказчика сложных систем скрыт. Кстати, он может быть безвозмездно заимствован конкурирующими разработчиками или даже вовсе утерян для дальнейших разработок, так как существование VC в действующих нормативных актах абсолютно не защищено. Защищается только конкретная реализация этого компонента на некоторой элементной базе в виде IP -блоков интеллектуальной собственности. Другими словами, в содержании действующих нормативных актов VC , как объект правовых отношений, отсутствует. Но именно он является источником и стимулом развития, так как обеспечивает практическую реализацию в едином жизненном цикле принципов платформенного проектирования, координации систем проектной деятельности, сквозной разработки РЭА,

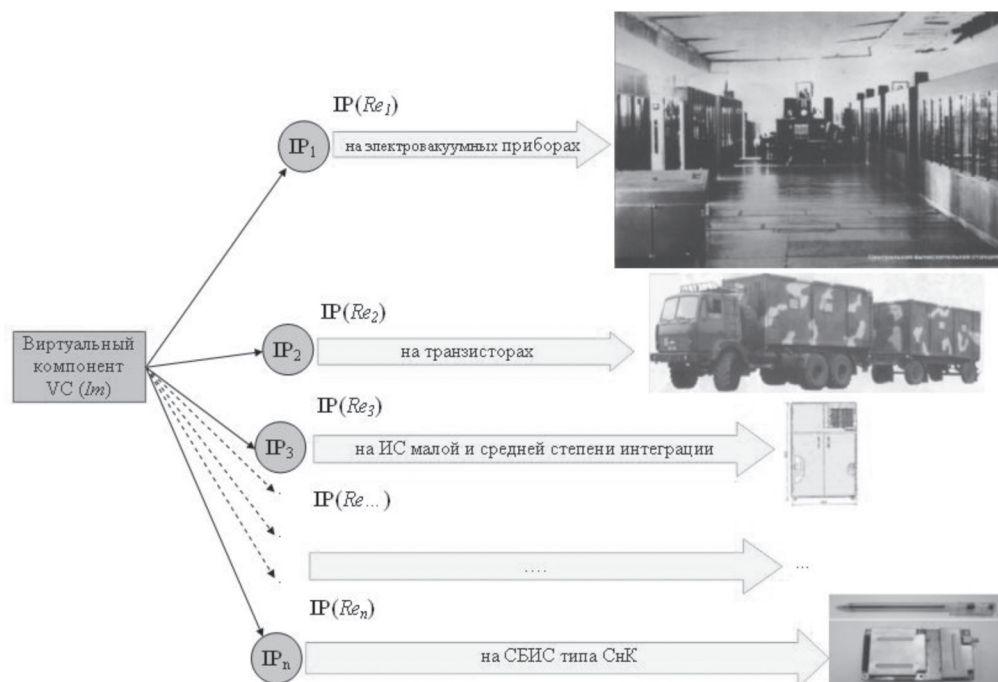


Рис. 3. Виртуальный компонент и возможности его реализации

формирования и эффективного применения интеллектуального задела, стандартизации (унификации), предотвращения дублирования и повтора проектных работ. Отсюда следует, что все ценностные свойства *ИС* необходимо не только развивать, но и защищать, оберегать и информационно поддерживать. Для этого необходимо создавать механизмы такой деятельности не только на основе реальной элементной базы, но и концепции виртуальной ЭКБ.

Концепция виртуальной ЭКБ представляет собой систему взглядов относительно организации эволюционного пути создания, развития и совершенствования систем РЭА на основе проектной технологии виртуальной ЭКБ. Концепция определяет принципы, проектную технологию проектирования РЭА на виртуальных компонентах и методологию создания, развития и продления жизненного цикла РЭА морально не устаревших наличных образцов сложных систем.

Концепция виртуальной ЭКБ позволяет решать вопросы замены устаревшей, импортной и проблемной ЭКБ, проводить работы по стандартизации и унификации элементной базы РЭА, продлевать жизненный цикл эксплуатируемых систем РЭА, а также обеспечивать эволюционный путь их развития и эволюционное создание РЭА для перспективных образцов сложных систем.

Концепция виртуальной ЭКБ базируется на следующих основных принципах: спиралевидной модели маршрута проектирования и жизненного цикла РЭА, парадигмы приоритета «мнимой» (*Im*) виртуальной составляющей вектора развития ЭКБ, координации системы проектных деятельностей, платформенного проектирования, сквозной разработки РЭА, многократного использования *ИС* и *IP*-блоков. Данные принципы играют роль не просто системообразующих, но, что особо важно, интегрирующих факторов. Интеграция существенных факторов разработки и сопровождения сложных систем позволяет рациональ-

но переходить к интеграции составных частей функционального назначения РЭА на уровне интегральных микросхем типа «СнК».

Принцип координации системы проектных деятельностей имеет дескриптивную и прескриптивную стороны, которые отражают динамику проекта. Дескриптивная сторона состоит в синхронизации хода изменения фазовых состояний выполнения проекта с временными показателями модели жизненного цикла РЭА (рис. 1). Прескриптивная сторона состоит в предписании кривой допустимой «траектории маршрутов» проекта, которая реализуется деятельностью разработчика РЭА, следовать модели логарифмического спиралевидного маршрута проектирования.

Принцип координации включает в себя процесс проектирования РЭА на виртуальной ЭКБ и результат проектной деятельности. Процесс и результат определяют место и функции субъектов проекта в проектировании РЭА.

Принцип платформенного проектирования предполагает единство организационно-методического и программно-аппаратного обеспечения процесса проектирования РЭА на виртуальной ЭКБ. При платформенном подходе используется единая среда проектирования «ЭКБ – РЭА – образец сложной системы», которая позволяет реализовать разработку РЭА на основе перспективных микроэлектронных технологий с учетом специализации ЭКБ под техническое решение конкретных целевых задач определенного сложного изделия.

Принцип сквозной разработки РЭА состоит в том, что проектирование на основе виртуальной ЭКБ ведется с охватом всего жизненного цикла, как системы, так и ее электронных компонентов и насквозь, т. е. от системного до физического уровня маршрута проектирования.

Принцип повторного использования блоков означает, что *ИС* и *IP*-блоки, разрабатываемые в рамках одного проекта по созданию РЭА, в последующем применяются в других

проектах и служат основой для становления, поэтапной модернизации и создания перспективной РЭА.

Технология (проектная технология) виртуальной ЭКБ – совокупность методов и операций сквозного проектирования микроэлектронной аппаратуры на виртуальных компонентах, выполняемых автоматизированным способом техническими и программными средствами проектной деятельности.

Основным методом технологии виртуальной ЭКБ является метод организации сквозного проектирования систем РЭА на основе логарифмического спиралевидного маршрута проектирования. Модель допустимой траектории операционных маршрутов проектной деятельности соответствует кривой логарифмической спирали (рис. 1). Полнос спирали соответствует началу жизненного цикла РЭА, реализуемой на основе концепции виртуальной ЭКБ. Характер изменения траектории определяется способностью разработчика РЭА выполнять операции «свертки» в регламентированных условиях проектирования.

Базовой операцией технологии виртуальной ЭКБ является операция многократных «сверток», обеспечивающая интеграцию элементов системы РЭА, реализованной на проблемной, импортной и устаревшей элементной базе, в один или несколько полупроводниковых кристаллов на новых технологиях проектирования и производства интегральных микросхем [6].

Осуществление «свертки» первого уровня воспроизводит РЭА эксплуатируемых и морально не устаревших образцов сложных систем на новом, достигаемом в настоящее время, полупроводниковом уровне развития, а также продлевает срок службы и восстанавливает их технический ресурс. При проведении «свертки» первого уровня не требуется принципиальная переработка конструкций, кабельных разводок, интерфейса и рабочей конструкторской документации сложной си-

стемы и даже РЭА. «Свертка» первого уровня предполагает, что конструкция РЭА остается прежней, но на ячейке, плате, блоке будет размещена одна или несколько интегральных микросхем типа БИС (СБИС). Сборочные единицы, «свернутые» в БИС (СБИС), оформляются в виде *IP*-блоков и включаются в библиотеку разработчика РЭА.

Процесс выполнения «сверток» первого уровня может осуществляться последовательно. В первую очередь «свертке» подлежит РЭА с проблемной, импортной и устаревшей ЭКБ. Результаты многократных «сверток» первого уровня позволяют существенно улучшить тактико-технические характеристики свертываемой аппаратуры (на порядки повышаются производительность, память, надежность; уменьшаются габариты, вес, энергопотребление и др. характеристики). Для разработчиков открывается широкое поле для реализации того полного множества потенциальных возможностей, которое было заложено в исходном проекте, но не было реализовано в связи с ограниченными возможностями наличной ЭКБ. Появляется перспектива не только «свернуть» (интегрировать) уже принятые технические решения в рамках процессов модернизации, но и реализовать новые идеи функционирования и даже принципы построения системы.

Проведение «свертки» второго уровня основывается на результатах многократных «сверток» первого уровня, «сверток» составных частей РЭА, «сверток» библиотечных элементов *VC*, интерфейсов, конструкционных и проектных решений.

В результате эволюционным путем при минимальных текущих затратах может быть создан новейший образец сложной РЭА отечественной разработки, гарантирующей обеспечение выполнения полного комплекса вопросов, связанных с национальной безопасностью государства.

Методология проектирования систем РЭА на основе технологии виртуальной ЭКБ

основывается на первоочередной разработке системной модели верхнего уровня маршрута проектирования, последующей декомпозиции проекта до уровня специализированных *ИС*, которые представляются в форме технических заданий. Затем выполняется оформление прав, обмен или заказ на разработку комплекта недостающих *ИС*. Полный проект сложного микросхемного изделия РЭА собирается из подготовленных *ИС* и проверяется (верифицируется) на системном уровне. Имея компактный коллектив разработчиков, такой подход позволяет реализовать разработку (проект) в сжатые сроки. Для реализации концепции виртуальной ЭКБ необходимо создать соответствующую инфраструктуру проектирования и производства РЭА на базе интегральных микросхем типа БИС, СБИС и «СнК». Инфраструктура включает системную, еще не реализованную, в основном виртуальную составляющую и традиционную реальную полупроводниковую составляющую с существующими и перспективными проектными нормами полупроводникового производства. Технология виртуальной ЭКБ и ее проектные знания в большей степени относятся к системной составляющей. Ее базовыми субъектами являются ведомственные специализированные полупроводниковые производства (дизайн-центры).

Отличительными особенностями технологии проектирования на основе виртуальной ЭКБ от традиционных технологий проектирования и создания РЭА являются:

- сквозной маршрут автоматизированного проектирования системы РЭА в едином целом процессе с учетом особенностей конкретной сложной системы;

- единые программно-технические средства на всех этапах маршрута проектирования, что не требует дополнительных трансляций, повышает надежность и снижает вероятность внесения ошибок;

- целостность организационно-методического обеспечения за счет применения

- принципа платформенного проектирования;

- использование последних достижений интегральной полупроводниковой технологии создания интегральных полупроводниковых приборов (СБИС, «СнК»);

- логарифмическая спиральная модель маршрута проектирования, обеспечивающая эволюционное развитие систем РЭА (рис. 1);

- расширение инфраструктуры проектирования отечественных СБИС и «СнК» (включение в инфраструктуру комплексов библиотек *ИС* различных уровней проектирования, обеспечивающих создание информационной базы библиотечных виртуальных компонентов);

- преемственность библиотек *ИС* по вертикали и горизонтали маршрута проектирования;

- существенное перераспределение функций, составляющих инфраструктуру проектирования и производства специализированных СБИС и «СнК», в пользу специализированных полупроводниковых производств (дизайн-центров);

- автоматическое решение вопросов стандартизации и унификации РЭА, составных частей и ЭКБ различных образцов сложных систем.

БИС – большая интегральная микросхема

ИС – интегральная микросхема

РЭА – радиоэлектронная аппаратура

СБИС – сверхбольшая интегральная микросхема

«СнК» – сверхбольшая интегральная микросхема типа «система на кристалле»

ЭКБ – электронная компонентная база

IP-блоков – блок интеллектуальной собственности (*Intellectual Property*)

Im – мнимая составляющая

Re – реальная составляющая

$\dot{T}(t)$ – продолжительность проекта (комплексная величина)

VC – виртуальный компонент (*Virtual Component*)

ЛИТЕРАТУРА

1. **Немудров, В.** Системы-на-кристалле. Проектирование и развитие / В. Немудров, Г. Мартин. – М.: Техносфера, 2004. – 216 с.
2. **Лазаревич, Э.Г.** Концепция виртуальной электронной компонентной базы – основа реализации спиралевидной модели развития систем вооружения / Э.Г. Лазаревич, С.К. Колганов, Ю.И. Семак // Наука и военная безопасность. – 2010. – № 1. – С. 30-35.
3. **Семак, Ю.И.** Разработка предложений по унификации электронной компонентной базы, применяемой в радиоэлектронной аппаратуре создаваемых (модернизируемых) отечественных изделий военной техники (шифр «ЭКБ ОП»): отчет о НИР (заключ.) / Науч.-исслед. ин-т ВС РБ; рук. темы Э.Г. Лазаревич. – Минск, 2008. – 263 с. – № ГР 20083308; инв. №252.
4. **Колганов, С.К.** Путь к кристаллу / С.К. Колганов, Э.Г. Лазаревич // Воздушно-космическая оборона. – 2008. – № 6(43). – С. 67-73.
5. **Лазаревич, Э.Г.** Концепция виртуальной электронной компонентной базы радиоэлектронной аппаратуры вооружения и военной техники / Э.Г. Лазаревич, С.К. Колганов, Ю.И. Семак // Вопросы оборонной техники. – 2009. – № 5(354). – С. 35-45.
6. **Колганов, С.К.** Продление жизненного цикла сложных радиоэлектронных систем за счет внедрения технологии «свертки» / Э.Г. Лазаревич, С.К. Колганов, В.М. Алдошин // Вопросы оборонной техники. – 2006. – № 1. – С. 8-11.

УДК 004.65(075)

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПОТОКИ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

*канд. техн. наук, доц. Е.Н. ЖИВИЦКАЯ**Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники*

Рассматривается задача формализации и практической реализации информационных потоков логистических систем, как основной составляющей отдельного вида систем – логистических информационных систем, имеющих свои особенности и свойства, что позволяет исследовать их с помощью методов, применимым к информационным системам.

Ключевые слова: логистика, информационный поток, программный продукт.

INFORMATION STREAMS OF LOGISTICAL SYSTEMS / E.N. Zhivitskaya // THE SYSTEM ANALYSIS AND APPLIED COMPUTER SCIENCE. - 2012. - № 1. P.

The problem of formalisation and practical realisation of information streams of logistical systems, as the basic component of a separate kind of systems - the logistical information systems having the features and properties that allows to investigate them by means of methods, applicable to information systems is considered.

Keywords: logistics, an information stream, software product.