

Государством созданы условия для формирования отечественной инфраструктуры проектирования изделий радиоэлектроники

Рассказывает директор ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН С. Е. Власов



Федеральному государственному учреждению «Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук» (ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН) в нынешнем году исполняется 35 лет. Институт долгие годы занимается разработкой сложных интегральных схем, системного программного обеспечения, обладает собственной линией кристалльного производства.

В ноябре прошлого года на базе института был создан центр коллективного проектирования (ЦКП), позволяющий отечественным дизайн-центрам воспользоваться полнофункциональными САПР от ведущих мировых производителей, а также вести совместные разработки в области ЭКБ, вычислительной техники и радиоэлектронной аппаратуры. О том, как предприятия могут воспользоваться ресурсами ЦКП, а также о планах создания отечественных средств проектирования электроники нам рассказал директор ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, д. т. н. Сергей Евгеньевич Власов.

Сергей Евгеньевич, в прошлом году на базе НИИСИ РАН был создан центр коллективного проектирования. Его создание связано с обеспечением доступности для отрасли современных средств проектирования – задачей, поставленной в Стратегии развития электронной промышленности РФ на период до 2030 года?

Если мы говорим о государственной политике по развитию электронной промышленности, то необходимость повышения эффективности проектирования прослеживается в целом ряде программных документов. Безусловно, в их число входит Стратегия развития электронной промышленности РФ на период до 2030 года, где в ключевых разделах ставится задача увеличения мощностей проектирования и развития дизайн-центров за счет создания ЦКП. Эта же задача – уже более конкретно, на среднесрочный период – прописана в Общенациональном плане действий, обеспечивающих восстановление занятости и доходов населения, рост экономики и долгосрочные структурные изменения в экономике,

одобренном на заседании Правительства РФ в сентябре 2020 года, а также в ряде поручений Правительства РФ.

В рамках реализации данной политики в ноябре 2020 года выпущено Распоряжение Правительства РФ, в соответствии с которым на базе ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН создан центр коллективного проектирования в интересах радиоэлектронного комплекса страны, обладающий всеми необходимыми ресурсами для обеспечения деятельности дизайн-центров радиоэлектронной промышленности. Для нашего института большая честь и высокая ответственность быть флагманом реализации государственной политики в области развития технологий проектирования изделий радиоэлектроники.

Почему, по вашему мнению, в качестве базы для первого ЦКП был выбран именно НИИСИ РАН?

Институт является одной из ведущих радиоэлектронных организаций России – научно-производственным комплексом, обладающим полным спектром научных заделов,

компетенций и технологий и необходимым инструментарием для разработки отечественных средств вычислительной техники, промышленной автоматизации и программных систем имитационного моделирования.

Более 20 лет в институте проектируется и серийно производится широкая номенклатура доверенных микропроцессоров, микроконтроллеров и процессоров обработки сигналов, построенных на оригинальной микропроцессорной архитектуре «Комдив», совместимой с архитектурой MIPS. Данные изделия обладают высокой энергоэффективностью, предназначены для создания вычислительных комплексов, работающих в режиме реального времени, и телекоммуникационной аппаратуры. В настоящее время институт обладает необходимыми лицензиями для использования и модификации микропроцессорного ядра MIPS, в том числе в направлении смежных микропроцессорных RISC-архитектур, что позволит расширить набор приложений для применения микропроцессоров «Комдив». В наших планах – развитие линейки «Комдив» как основы отечественных доверенных аппаратно-программных комплексов для применения в системах с критической миссией (СКМ) и на объектах критической информационной инфраструктуры (КИИ). Наряду с созданием СБИС в институте разрабатывается полный отечественный стек ПО – загрузчики, драйверы, пакеты поддержки модулей, позволяющий пользователям микропроцессоров «Комдив» разрабатывать на их базе вычислительные модули.

В НИИСИ РАН создана и совершенствуется операционная система реального времени «Багет», обладающая широким набором функций. Данная ОС не зависит от импортных решений и дистрибутивов – в ней используются собственные алгоритмы, программный код полностью написан специалистами института. На данный момент выпущено четыре версии ОС РВ «Багет», программный продукт поставляется более чем в 100 организаций различных отраслей экономики РФ.

На базе данных решений институт разрабатывает вычислительные модули и ЭВМ, проектирует вычислительные системы, которые применяются в бортовых системах управления, АСУ ТП и др. В сотрудничестве с нашим партнером – серийным конструкторским бюро АО КБ «Корунд-М» – осуществляется серийный выпуск средств вычислительной техники.

Таким образом, НИИСИ РАН является высокопрофессиональной организацией с точки зрения методологии, технологии, инструментария проектирования сложнофункциональных СБИС и аппаратно-программных комплексов. А поскольку институт входит в контур методического и научного управления РАН, то решение сложных научно-технических государственных задач – прямая его обязанность.

Поэтому, на наш взгляд, выбор НИИСИ РАН в качестве базы для первого ЦКП в интересах радиоэлектронного комплекса правильный и обоснованный.

Какими возможностями обладает ЦКП на текущий момент?

За прошедшие несколько месяцев проведена большая работа по формированию аппаратно-программной платформы центра. Заключены соглашения с ведущими мировыми вендорами по поставке САПР, приобретены необходимые лицензии и средства администрирования систем проектирования. Протестированы и опробованы на реальных проектах все маршруты проектирования. В настоящее время институт обладает САПР цифровых СБИС и систем на кристалле (СНК), цифро-аналоговых схем, СВЧ монолитных интегральных схем, печатных плат и электронных модулей – всем необходимым инструментарием для проектирования РЭА.

Важно отметить, что ЦКП владеет не учебными или академическими, а полнофункциональными корпоративными лицензиями, позволяющими использовать средства САПР в режиме коллективного доступа для создания промышленных изделий. Это уникальные для России условия, предоставленные правообладателями САПР.

Сейчас мы разворачиваем активную работу с пользователями для подключения российских дизайн-центров к услугам ЦКП, а также создания необходимой методической инфраструктуры – маршрутов проектирования, депозитария СФ-блоков.

Процедура подключения дизайн-центров уже существует?

Да, на текущий момент отработаны юридические и технические аспекты этого вопроса. НИИСИ РАН как юридическое лицо заключает соглашения с организациями – дизайн-центрами, и с использованием системы управления лицензиями пользователям предоставляется доступ к функционалу САПР. С правообладателями, соответственно, согласуется лицензионная поддержка организаций – пользователей ЦКП.

К настоящему времени уже заключены соглашения с рядом ведущих университетов России, начата разработка проектов в режиме коллективного доступа.

Отмечу, что возможность воспользоваться инструментами ЦКП предоставляется вне зависимости от территориального расположения дизайн-центра благодаря применению современных телекоммуникационных и облачных технологий. НИИСИ РАН уже несколько лет выполняет функции оператора по поддержанию и развитию национальной исследовательской компьютерной сети нового поколения; обеспечивается ее эксплуатация на всей территории РФ. В структуру сети интегрированы крупные вычислительные и суперкомпьютерные центры организаций науки и образования. Поэтому пользователям ЦКП может быть предоставлен широкий набор технологических возможностей удаленного подключения – от выделенного канала связи

до использования сети Интернет в режиме коммерческого доступа.

Также добавлю, что мы сейчас прорабатываем систему индикаторов, которые бы достоверно отражали эффективность деятельности НИИСИ РАН как базовой организации ЦКП, а также результаты работы организаций – пользователей ЦКП в отношении их портфеля проектов, созданных рабочих мест проектировщиков и проч.

Вы упомянули, что средства проектирования, имеющиеся в распоряжении ЦКП, предоставлены ведущими мировыми вендорами. Однако использование зарубежных решений для проектирования аппаратуры, например, для КИИ может быть связано с определенными рисками. Как планируется решать эту проблему?

Проектирование СБИС – это высокоавтоматизированный итерационный процесс. Соответствующий маршрут проектирования включает десятки модулей САПР, сотни параметров, описывающих входные требования и конструкторско-технологические ограничения, большое количество различных автоматизированных скриптов. Влияние проектировщика на этот процесс весьма ограничено. Проблема усугубляется внедрением в инструменты проектирования методов искусственного интеллекта. В результате САПР становится непрозрачной, и, как следствие, ее уже нельзя назвать доверенной.

Проблема доверенности относится к любой сложной системе, которая обязана выполнять функции в ответственных приложениях. Доверенный элемент по определению должен быть полностью описан в документации и выполнять только те функции, которые в этой документации содержатся, то есть у него не должно быть недеklarированных возможностей, а также иных уязвимостей, с помощью которых такие возможности могут быть привнесены в систему.

Высоко оценивая научный уровень, развитые математические модели, огромную работу по созданию программного кода современных зарубежных САПР, которые поставляются в Россию, мы в то же время отмечаем, что в полном смысле эти системы доверенностью не обладают. Проектировщики вынуждены полагаться на сложнейшие алгоритмы, разработанные зарубежными компаниями, большой объем функций системы, которые в полном объеме не документированы.

Поэтому необходимо создание отечественных систем проектирования сложно-функциональной электроники, гарантирующих отсутствие недеklarированных возможностей в созданной СБИС, а также формирование маршрутов проектирования, использование которых снижает вероятность внесения проектировщиком ошибок в проект. Задача разработки отечественных САПР поставлена в Стратегии развития электронной промышленности РФ и конкретизируется рядом нормативно-правовых актов.

Насколько реально создание таких решений, как САПР сквозного проектирования СБИС и СнК, учитывая сложность этих систем?

Поскольку такая задача уже поставлена на государственном уровне, для ее решения необходима консолидация ресурсов всех видов – кадровых, финансовых, принятие организационных решений по созданию кооперации. При выполнении этих условий разработка отечественной САПР СБИС реальна. Но нужно понимать, что создание полного автоматизированного маршрута проектирования современных СБИС и СнК потребует достаточно продолжительного времени и существенных затрат.

Эта проблема активно обсуждается уже несколько лет, ведутся проработки. На сегодняшний день базовые этапы маршрута проектирования СБИС формализованы; созданы математические модели и алгоритмические подходы решения задач; существуют научные школы, которые обладают необходимыми компетенциями; маршрут разложен на модули, которые поэтапно можно реализовывать в программном коде.

Принимая во внимание актуальность проблемы доверенности, по нашему мнению, эту работу необходимо начинать с создания тех модулей, которые будут закрывать наиболее критичные с точки зрения информационной безопасности блоки проектирования. Это прежде всего этап физического проектирования СБИС – синтеза топологии: планирование кристалла, размещение блоков и физическая трассировка межсоединений. Актуально и создание модулей функциональной и физической верификации проекта, обеспечивающих проверку соответствия функционала исходной схемы устройства, описанной на языке высокого уровня, и ее физической реализации в кремнии.

Для каких областей, помимо цифровых сложно-функциональных СБИС, планируется разработка отечественных решений для автоматизированного проектирования?

Если системно ставить задачу создания отечественных платформ проектирования РЭА, то следует рассматривать такие направления, как средства разработки аналоговых и аналого-цифровых СБИС, печатных плат, СВЧ-ИС и устройств, МЭМС, в перспективе – ПЛИС. Приоритеты, по всей видимости, должны быть заданы Минпромторгом России как государственным заказчиком. С точки зрения степени проработанности решений на сегодняшний день лидируют маршруты проектирования цифровых СБИС, печатных плат. В этих областях уже созданы решения в виде отдельных программ, существует потенциал их масштабирования и создания конкурентоспособных российских коммерческих продуктов, закрывающих крупные проектные блоки.

Одна из технологий, которая может рассматриваться как перспективная для развития отечественной

компонентной базы, – системы в корпусе (СвК). Требуется ли разработка СвК специализированных САПР?

Направление СвК, безусловно, перспективно. Оно позволяет минимизировать и временные, и финансовые затраты на проектирование сложно-функциональной электроники и заслуживает внимания как инновационная технология.

САПР СвК должны обладать рядом особенностей прежде всего в отношении методологии проектирования и сборки проекта из готовых сложно-функциональных блоков, которые потенциально могут быть разработаны по различным технологиям проектирования, а также моделирования системы в целом.

В НИИСИ РАН выполняются работы по проектированию СвК, реализуются проекты совместно с технологическими партнерами.

Возвращаясь к разработке СБИС и СнК, потребует ли создание отечественных средств проектирования адаптации к ним IP-блоков от мировых вендоров, конвертации моделей?

Техническая политика НИИСИ РАН в отношении проектирования изделий электроники всегда заключалась в том, что, создавая доверенные системы, необходимо свести к минимуму применение импортных решений, в том числе IP-блоков. При необходимости приобретая импортные IP-блоки, дизайн-центр НИИСИ РАН проводит работы по их изучению и последующей переработке с локализацией, естественно, при этом полностью соблюдая интересы правообладателей. Самый яркий результат этой деятельности – создание микропроцессорной архитектуры «Комдив».

К настоящему моменту в нашем портфеле СФ-блоков содержится порядка 20 IP-блоков на логическом уровне, преимущественно интерфейсных контроллеров, и более двух десятков IP-блоков в физической реализации, включающих компиляторы памяти, интерфейсы, различные ячейки ввода-вывода – всё то окружение, которое позволяет дизайн-центрам эффективно компоновать микропроцессорные устройства на основе отработанных решений.

Совместимость импортных IP-блоков со средствами САПР, которые должны быть разработаны, необходимо закрепить в первую очередь на уровне лицензионных соглашений, допускающих применение и возможную модификацию импортных решений. Технические проблемы интеграции не должны иметь критической сложности.

Также отмечу, что в качестве одной из функций центра коллективного проектирования мы рассматриваем создание депозитария отечественных IP-блоков с полным набором средств поддержки, стандартизованным описанием и юридическими механизмами, касающимися прав их использования. Данная задача поставлена Департаментом радиоэлектронной промышленности Минпромторга России; прорабатываем механизмы ее решения.

Топологические модели IP-блоков зависят от технологических конкретных фабрик. Сейчас российскими дизайн-центрами разрабатываются проекты с топологическими нормами, которые существенно ниже, чем имеющиеся у отечественных кристалльных производств. Означает ли это, что вновь создаваемые IP-блоки должны ориентироваться на зарубежные фабрики?

На наш взгляд, общий стратегический подход в российской микроэлектронике не должен представлять собой «погоню за нанометрами и мегагерцами». Такая гонка не имеет смысла, потому что, исходя из сегодняшних экономических возможностей государства, российские фабрики не могут конкурировать с ведущими зарубежными производителями, такими как Intel, Samsung или TSMC. Поэтому, если мы в нашей беседе отходим от принципов рынка массовых коммерческих короткоживущих изделий (например, мобильных устройств), то представляется, что российским дизайн-центрам нужно искать асимметричные пути для создания эффективно-функциональной ЭКБ и аппаратуры на ее основе.

В этом плане научная концепция НИИСИ РАН, которую мы называем концепцией «встречной оптимизации», заключается в комплексном проектировании вычислительной системы, ЭКБ и ПО с учетом специфики прикладной задачи для ее оптимального решения именно системой, а не набором ЭКБ с самыми низкими технологическими нормами. Особенно данный подход актуален для объектов СКМ и КИИ.

Безусловно, это требует новой парадигмы проектирования, ориентированной на комплексное создание систем, разработку специализированных сопроцессоров, необходимости моделирования информационных потоков, программирования функций на языках низкого уровня или их реализации в СБИС, а не прямого снижения проектных норм. Но если мы соглашаемся с тем, что, создавая конкурентоспособную РЭА, нужно ориентироваться на имеющийся российский научно-технологический базис, то планы по развитию отечественной микроэлектроники, созданию ЭКБ и аппаратуры должны быть системными, а не сводиться к прямой закупке импортных IP-блоков и лицензионных решений.

Поэтому в собственных разработках мы ориентируемся, безусловно, оценивая лучшие мировые практики и решения, на отработанные технологии, не опускаясь – по крайней мере на данном этапе – ниже топологических норм 28 нм при проектировании СБИС.

Аналогичный научно-методический подход мы планируем пропагандировать и в работе с дизайн-центрами – пользователями ЦКП.

Названный вами порог – 28 нм – определяется планами строительства в России новой фабрики?

В настоящее время 28 нм – это массовая, хорошо освоенная в мире технология, применяя которую, российские дизайн-центры активно и успешно разрабатывают проекты.

В Стратегии поставлена задача создания микроэлектронного производства с данными технологическими нормами. При ее успешном решении проекты российских дизайн-центров, в том числе НИИСИ РАН, должны быть перенесены на отечественное производство. Коллектив института готов выполнить эту задачу.

Если говорить о разработке средств промышленной автоматизации, то наиболее распространенными топологическими нормами на сегодня для проектирования СБИС микроконтроллеров – а это массовый рынок, с потенциальными объемами потребления в РФ в сотни тысяч интегральных схем в год – являются 65, 40, 28 нм.

Для реализации отраслевой стратегии развития формируются сквозные проекты, которые должны охватывать весь жизненный цикл создаваемых решений. Коррелируют ли обозначенные вами планы по разработке САПР с данными сквозными проектами?

Исходя из нашего понимания ситуации, создание отечественных средств проектирования является системообразующим направлением, которое должно закладывать основы разработки микроэлектронной продукции и РЭА в сквозных проектах. Минпромторгом и Минцифры России запрашивается информация и формируются предложения в этой сфере. Существуют планы создания центра компетенций по методологии средств проектирования ЭКБ и соответствующему инструментарию. Думаю, что при правильном подходе эта тема обязательно должна войти в сквозные проекты в качестве фундамента для их реализации.

Есть ли понимание, каким будет центр компетенций, который планируется создать? В чем будут заключаться его функции?

По замыслу это должен быть экспертный орган, который на национальном уровне будет определять методологию разработки проектов по созданию элементов САПР, отбирать соответствующие проекты, разрабатывать концептуальные документы для ФОИВ по принятию решений в отношении постановки данных работ.

Также центр должен стать коммуникационной площадкой в области создания отечественных средств проектирования, объединяющей для решения этой крайне сложной и многогранной задачи разработчиков различной специализации, представителей научных, образовательных учреждений, предприятий реального сектора экономики, инжиниринговых компаний, обладающих необходимыми компетенциями по всему жизненному циклу САПР, включая разработку математических моделей, алгоритмов, библиотек, отчуждаемого ПО, поддержку продуктов в эксплуатации и работу с пользователями.

Как планируется готовить специалистов по разработке средств проектирования, а также будущих пользователей

отечественных САПР? Взаимодействуете ли вы с вузами по этому вопросу?

Проблему подготовки кадров – как разработчиков, так и пользователей отечественных автоматизированных систем – следует решать системно, увязывая несколько направлений.

В отношении разработки ПО, к сожалению, в нынешней парадигме обучения специалистов превалирует использование зарубежных решений, включая средства графического программирования. Базовым технологиям программирования при этом уделяется всё меньше внимания. Даже программирование на C++ уже преподается не во всех вузах соответствующей специализации, не говоря уже о навыках программирования на языках низкого уровня.

Если же мы ставим целью создание оптимальных решений для автоматизации конкретных задач промышленности, основываясь на отечественных технологиях, то придется вернуться к изучению архитектуры современных микропроцессоров, стандартов промышленной автоматизации, принципам построения интегрированных доверенных программных платформ. Целесообразно расширить учебные программы по направлению автоматизации проектирования микро- и радиоэлектронной аппаратуры, включая тематические основы САПР.

Аналогичные подходы целесообразно применить и по направлению подготовки применения САПР. При массовом использовании в вузах лабораторной и стендовой базы, построенной на зарубежных аппаратно-программных решениях и системах проектирования, фактически готовятся специалисты-операторы, имеющие навыки применения зарубежных разработок в области автоматизации, и пользователи импортных продуктов.

Задача подготовки специалистов на основе отечественных решений – микропроцессоров, ОС, САПР – также сформулирована в Стратегии развития электронной промышленности РФ. НИИСИ РАН в кооперации с ведущими московскими и региональными университетами предложен ряд новых образовательных программ с последующим формированием государственных образовательных стандартов, которые отражают последние достижения в области микропроцессорной техники, архитектур доверенных аппаратно-программных комплексов, ОС, автоматизации проектирования, для системной подготовки специалистов – разработчиков отечественных САПР и доверенных платформ.

В настоящее время обсуждение данных инициатив проводится в Минобрнауки России, сформулированы конкретные поручения по подготовке технико-экономического обоснования предложенного подхода, спецификаций отечественных аппаратно-программных комплексов, которые могут использоваться в качестве лабораторной и стендовой базы для обеспечения учебных программ. Рассматривается возможность в 2021 году в качестве пилотной зоны отработать механизмы постановки новых учебных программ и создания

лабораторной и стендовой базы на отечественных решениях в пяти университетах с перспективой дальнейшего масштабирования данной практики.

В соответствии с подходами Правительства РФ по продвижению отечественной микроэлектронной и радиоэлектронной продукции, в том числе через механизмы квотирования при госзакупках, нами предложено Минобрнауки России рассмотреть возможность установления квот на приобретение отечественных радиоэлектронных и программных решений при реализации программы обновления приборной базы научных и образовательных организаций. Это позволит в рамках зафиксированных объемов бюджетных ассигнований внедрять в процесс обучения отечественные продукты, уже выпускаемые российской промышленностью, а получение практических знаний по их разработке и применению повысит квалификацию выпускников вузов и их востребованность на рынке.

Какие меры государственной поддержки, с вашей точки зрения, необходимы для реализации планов по созданию отечественных САПР?

На наш взгляд, в настоящее время государством создан комплекс необходимых условий для решения задачи построения инфраструктуры проектирования радиоэлектронных изделий и подготовки кадров. Прежде всего, это меры поддержки отечественных разработчиков ПО и САПР. 16 декабря 2020 года вышло Постановление Правительства РФ № 2136 «Об утверждении Правил предоставления из федерального бюджета субсидий российским организациям на финансовое обеспечение мероприятий по проведению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области средств производства электроники». В качестве одного из направлений государственной поддержки в нем напрямую указано создание отечественных САПР.

Вопрос разработки отечественных средств автоматизированного проектирования находится на контроле Комитета Государственной Думы по экономической политике, промышленности, инновационному развитию и предпринимательству. В структуре данного комитета на постоянной основе активно работает Экспертный совет по развитию электронной и радиоэлектронной промышленности, объединяющий представителей ФОИВ и профессионалов отрасли, на площадке которого формулируются предложения по мерам государственной поддержки российских разработчиков, в том числе разработчиков ПО и САПР.

Мы уже отмечали, что в области отечественных САПР СБИС и РЭА существуют отдельные научные школы, разработки, коммерческие продукты. Но чтобы довести их до уровня конкурентоспособной коммерческой системы, выстроить эффективные механизмы продаж, развития версий продукта, поддержки пользователей, требуется пройти очень большой путь. Для успешной реализации данной амбициозной программы представляется целесообразным

«тонко настроить» некоторые меры поддержки отечественных разработчиков.

Используя только механизм субсидий, очень сложно создать устойчивую среду разработки и коммерциализации такой сложно-функциональной системы, как САПР СБИС, реализующей полный маршрут проектирования. Понимая высокую трудоемкость и затраты этапов разработки, сложности продвижения модулей отечественной САПР и платформы САПР в целом, актуальной является задача формирования целевого более высокого спроса на отечественные решения, в том числе программные системы. В частности, на наш взгляд, необходимы дополнительные механизмы поддержки потребителей продукции, которые мотивировали бы их использовать российские разработки, ПО и САПР.

Для такой сложной разработки, о которой мы говорим, крайне целесообразно создание институтов главного конструктора и головной научной организации. Главный конструктор САПР должен сформировать ТЗ на систему в целом, определить кооперацию. Он должен обладать правом утверждения ТЗ для исполнителей и приемки работ. Функция головной научной организации – экспертиза научно-технического уровня разработок, их методическое сопровождение для формирования маршрута проектирования в целом. То есть речь идет о создании управленческой структуры, которая бы системно координировала разработки по всем видам обеспечения САПР. Однако в идеологии выделения субсидий такие решения реализовать крайне сложно.

Мы планируем подготовить предложения в Минпромторг России о создании института главного конструктора отечественной САПР и головной научной организации, а также постановке НИОКР, в рамках которой были бы сформулированы базовые требования к создаваемой системе проектирования. В результате выполнения данной НИОКР должен быть разработан технический проект САПР с фиксацией решений по облику будущей системы, маршруту проектирования, составу интерфейсов, интеграционной платформе, функционалу модулей и т. п. При наличии комплексного технического проекта задачи дальнейшей разработки САПР уже можно будет декомпозировать на отдельные функциональные модули и использовать для постановки и финансирования работ механизм субсидирования.

Безусловно, для обеспечения технологической независимости РФ в сфере САПР еще требует проработки большой комплекс научных, технических и организационных вопросов, но можно констатировать, что на уровне государственных заказчиков сложилось понимание необходимости создания отечественной инфраструктуры проектирования в интересах радиоэлектронного комплекса и уже создана нормативная и финансовая база для старта этих работ.

Спасибо за интересный рассказ.

С. С. Е. Власовым беседовал Ю. С. Ковалевский