

## Десять лет спустя, или есть ли срок давности у любви

Е.В. Егоров (ООО «ЭФО»)

*На примере различных технологий прототипирования и малосерийного производства корпусов радиоэлектронной аппаратуры в несерьезной форме говорится о серьезных проблемах эпохи цифровизации экономики - об ограниченности эвристических алгоритмов, об атомизации материального производства и переходе значительной его части в сферу услуг, о необоснованности надежд на появление решающих все проблемы волшебных технологий, а также о скоротечности времени, о повреждении нравов "и о многом другом, что так близко и дорого нашим сердцам".*

*Ключевые слова: прототипирование, корпуса, радиоэлектронная аппаратура, цифровизация, конструктивы.*

*Что же будет с миром через двадцать лет?  
"Машина времени"*

Как все-таки меняется окружающий мир с бегом времени. Когда после долгих раздумий появилась, наконец, идея названия для статьи, автор — в целях подбора приличествующего эпиграфа — набрал “десять лет спустя” в поиске “Яндекса”. Думаете, “Яндекс” предложил автору приобрести раритетное “макулатурное” издание бессмертной саги о приключениях виконта де Бражелона? Дудки. Под этим названием продвинутая молодежь теперь по рекомендации “Яндекса” и “Кинопоиска” может посмотреть увлекательную повесть о том, как “10 лет спустя бывшие одноклассники собираются, чтобы оторваться по полной... Красавчик Джейк прибыл на вечеринку вместе с ослепительной девушкой... Но этой ночью на глаза Джейку попадается его первая любовь, прошлое притягивает его и стучится в память с новой силой. Сможет ли он сделать правильный выбор? И правда ли, что у любви нет срока давности? (<http://Кинопоиск.ру>)” Лихо закручено. Что там какие-то старопарижские бояре, которые только на третьей странице выкладки в одной ссылке появляются.

Жаль нынешнее молодое поколение. Неужто жизнь его так бедна красками, что вечеринка с продолжением по случаю десятилетия школьного выпуска и вправду тянет на сюжет художественного фильма, хоть и на троечку (по оценке все того же “Кинопоиска”)?

Зато тут же и эпиграф родился. А и вправду — что, при такой, однако, тенденции?

А с чего все началось. При получении задания редакции подготовить материал по теме “Мир конструктивных решений” первой реакцией автора было “Так я же только вчера об этом статью писал!” В ответ редакция молча прислала автору ссылку [1]. Ничего себе. Оказывается, 10 лет прошло, “а мужики-то не знают...” Самое интересное, что и вправду “не знают”. Ни список участников рынка стандартных (каталожных) корпусов для электронного оборудования, ни ассортимент предлагаемой ими продукции за отчетный период практически не претерпели сколько-

нибудь значительных изменений. Хотя, с другой стороны, а чего еще было и ждать. Модель велосипедного седла Brooks B17 (хорошо известная тем, кому посчастливилось в свое время кататься на харьковских шоссейных машинах, комплектовавшихся точной репликой этой модели, уж не знаю, лицензионной или как) выпускается без изменений с 1917 г. И прекрасно находит своего покупателя, несмотря на то, что стоит раза в три дороже хитро выгнутых азиатских новинок. Потому что ничего, более удобного для пятой точки седока любой комплектации, с тех пор не придумано (это не product placement, это безвозмездная передача автором личного опыта собратям по маниакальному синдрому). Точно так же, как трудно себе представить, как можно улучшить функциональность конструктора “Евромеханика” или решений для DIN-рейки типа RAILTEC фирмы OKW или модульной серии ME от Phoenix Contact (а вот это уже product placement, но надеюсь, редакция меня простит). Все это было, есть и пребудет до скончания времен, разве что будут периодически менять базовую окраску для дистанцирования от подделок.

Но вот насчет “скончания времен” не все так просто. Ибо времена все-таки меняются. И то, что было фантазией вчера, становится текущей реальностью.

Десять лет назад для производства приборных корпусов серийного качества необходимо было иметь полноценный цех механообработки, оборудованный дорогостоящими высокоточными станками с ЧПУ, и квалифицированный персонал для работы на этих станках. Высококачественные же пластмассовые корпуса, производимые на термопластавтоматах по технологии литья под давлением, вообще требовали привлечения для производства сторонней подрядной организации, обладающей парком такого оборудования, и огромных вложений в изготовление прототипа и серийной пресс-формы на начальном этапе. Все это задирало стоимость “входного билета” до заоблачных

высот, поскольку даже простейшая пресс-форма, заказываемая в Китае, стоила как недорогой китайский автомобиль (а высококачественная пресс-форма, заказываемая в Германии — как автомобиль немецкий). Таким образом, при отсутствии у небогатого начинающего разработчика уверенности в возможности реализовать свои изделия с ходу в объеме нескольких тысяч единиц, цена входного билета оказывалась для него практически запретительной, не оставляя ему иного выбора, кроме обращения к услугам поставщиков стандартных каталожных решений.

Надо сказать, что альтернатива была уже и тогда. Еще году в 2000-м автору довелось посетить одно из питерских предприятий, занимавшихся в то время изготовлением медицинского (стоматологического) оборудования на экспорт. И там ему демонстрировали процесс выращивания корпуса необычайно прихотливой формы в баке с эпоксидной смолой, отверждаемой послойно лучом лазера. Зрелище по тем временам казалось истинным чудом. Тогда автор впервые услышал слово “стереолитография”, хотя запатентован этот процесс был американцем Чарльзом Халлом еще в 1986 г., а первая заявка была подана группой французских инженеров и того раньше — в 1984 г., но была... отклонена ввиду отсутствия перспектив практического применения [2]! Ох уж эти французы, поневоле вспоминается история о парижских академиках, постановивших, что камни с неба падать не могут.

Тогда все это действительно казалось умопомрачительно дорогостоящей экзотикой. Но время у нас течет нынче, как уже было сказано, в ускоренном режиме, и путь продукта от грядки до прилавка становится все более и более быстрым. Сегодня оборудование для “выращивания” трехмерных предметов по компьютерной модели доступно по стоимости любому студенту. Правда, на том оборудовании, которое доступно студенту, выращивать можно разве что оригинальные подарки девушкам на день рождения. Но и серьезное оборудование, позволяющее выпускать малотиражные изделия сложной формы вполне промышленного качества, тоже по цене уже вполне доступно небольшим предприятиям.

Помимо стереолитографии, существуют и другие методы трехмерного прототипирования (правда, теперь это уже называется не “прототипирование”, а “аддитивные технологии”). Все они основаны на по-

слойной печати сечений трехмерной модели управляемым дозированием расплавленного пластика или специального порошка через диффузор с последующим отверждением просто на воздухе либо с помощью каких-то катализаторов, нагрева или облучения. Материалы могут быть самыми разными от резиноподобных пластмасс до тугоплавких металлов. Обзоров этих технологий сейчас видимо-невидимо, и автор не считает целесообразным их цитировать, поскольку речь не о гаджетах как таковых, а об их влиянии на нашу жизнь. Кому все же интересно, можно посмотреть хотя бы [3] или просто “погуглить”, как это нынче называется.

Еще одно новое из серии “хорошо забытое старое”, имеющее прямое отношение к нашей теме — технология литья в силиконовые формы. По принципу исполнения она очень напоминает технологию размножения оловянных солдатиков, которую описывали для своих читателей журналы типа “Юный техник”. Берем взятого у приятеля напрокат солдатика, аккуратно замуровываем его в кусок гипса, гипс застывает, мы его аккуратно раскалываем, солдатика вынимаем, складываем половинки гипса и в получившуюся полость через просверленное отверстие заливаем олово. К вечеру имеем десять солдатиков против одного — приятельская армия посрамлена. Теперь вместо гипса используем специальную силиконовую каталитически отверждающую смесь, вместо олова — жидкий полиуретан (свойства которого могут быть опять же самыми разнообразными за счет присадок), а вместо солдатика — прототип, изготовленный хоть бы и по “аддитивной технологии”. Сложность модели может быть практически любой, можно выполнять многокомпонентное литье из разных материалов, литье со встраиванием металлических деталей и т.п. Силиконовая форма выдерживает 20...30 заливок. После этого ее надо делать заново, но для пилотной партии малосерийного оборудования, не говоря уже о демонстрационных образцах, часто достаточно и этого. Технология настолько незамысловата, что некоторые воспроизводят ее чуть ли не у себя на кухне, отчеты о подобных экспериментах можно в изобилии найти на youtube. Хотя промышленное значение таких опытов, конечно, не стоит преувеличивать.

Изменения происходят и в такой на первый взгляд консервативной области, как станочный парк. Опять же еще 10 лет назад основу станочного парка российских

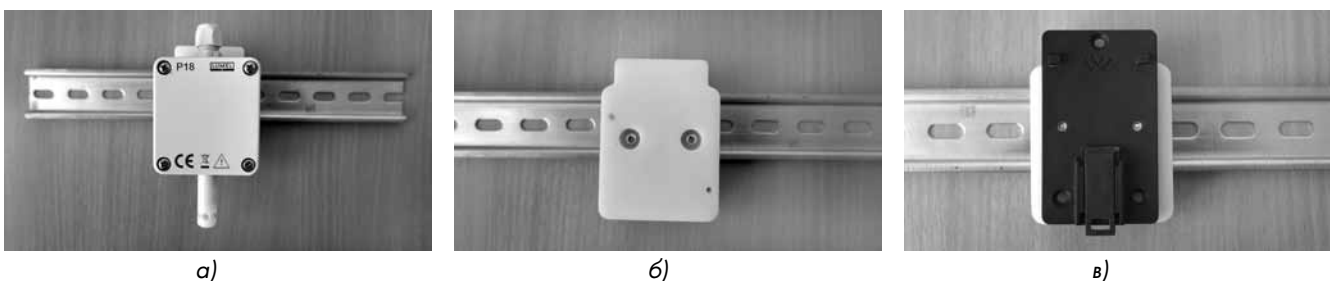


Рис. 1. Термогигрометр LUMEL P18 закреплен а) на рейке DIN, б) с помощью фрезерованного переходника, в) на базе стандартного крепления (каталог APRA)

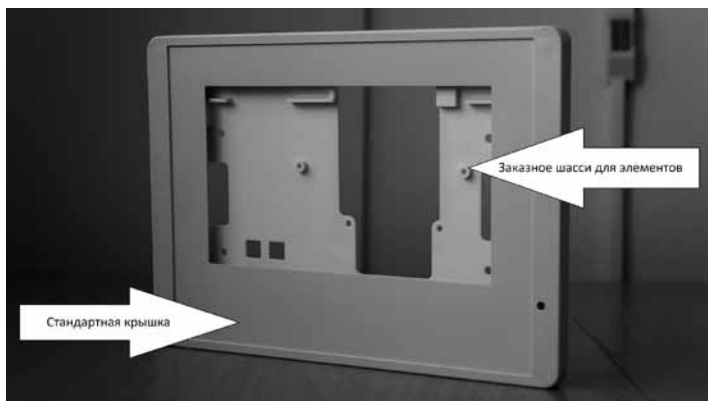


Рис. 2. Крышка стандартного пультавого корпуса ОКВ оборудована заказным шасси для размещения навесных элементов. Шасси изготовлено склейкой фрезерованных из листовой пластмассы деталей

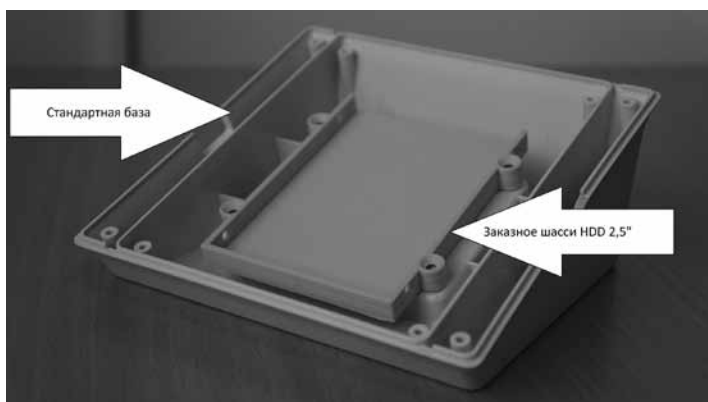


Рис. 3. Базовый элемент стандартного пультавого корпуса (производитель ОКВ) оборудован заказным шасси для размещения дискового накопителя 2,5 дюйма. Элемент отпечатан на 3D-принтере. Механические характеристики отпечатанной детали оказались вполне достаточны для оценки потребительских качеств изделия

предприятий составляли еще чуть ли не 50-х годов XX века станки, работа на которых требовала от оператора исключительных навыков и искусства. Отдельные передовые цеха, укомплектованные “по манию царя” новейшими закупленными за большие доллары обрабатывающими центрами использовались более как залы выставки достижений не нашего народного хозяйства, не имея нормальной производственной загрузки, достаточной для отбивки инвестиций. Но “проклятый телеграф и здесь натыкал свои столбы с проволоками”. Общая тенденция перехода к изготовлению промышленного оборудования из кубиков по принципу “LEGO для взрослых” не обошла собой и эту область. Высокооборотный шпиндель и координатные привода покупаем на aliexpress, соответствующее программное обеспечение для управляющего модуля на базе RaspberryPi скачиваем в Internet, станину заказываем у того, кто проделал все то же самое полугодом раньше, и компактный координатный фрезер с ЧПУ, вполне пригодный для самостоятельной доработки листовых панелей, изготовления пластмассовых моделей и даже несложных алюминиевых пресс-форм, готов. Осталось найти

заказчиков на изделия, которые с помощью такого станка можно делать. И они находятся (рис. 1а,б,в).

Повышение доступности фрезерного оборудования с ЧПУ вдохнуло новую жизнь в также давно известную фрезерно-гибочную технологию изготовления пластмассовых конструктивов из листа. Строго говоря, принципиально нового в ней тоже ничего нет, сводится она к склейке корпуса из выкроенных, согласно чертежа, пластмассовых панелей, в которых предусмотрены и заранее изготовлены необходимые отверстия и крепежные узлы (рис. 2). Однако появление на рынке доступного по цене и габаритам программно-управляемого оборудования для раскроя пластмасс резко упрощает использование этой технологии и снимает многие ограничения с фантазии конструктора. Свой вклад вносит и развитие робототехники. Для гибки пластмассового листа необходимо обеспечить строго контролируемый нагрев заготовки вдоль линии сгиба и прочное удержание обеих частей заготовки — подвижной при сгибе и неподвижной. Для обеспечения повторяемости качества при этом процессе желательно использование пневмоманипуляторов под управлением программируемого контроллера. Доступность подобного оборудования также значительно улучшилась в последние годы, вплоть до возможности самостоятельного изготовления гибочного стола, обеспечивающего серийное качество изделий для небольших серий.

Ну и напоследок, уж поскольку мы заговорили о станках-самоделках, даже термопластавтоматы сейчас выпускаются в варианте “сделай сам у себя в гараже”. Для точного литья эти изделия, правда, непригодны — недостаточные давление впрыска и усилие смыкания пресс-формы, настоящую гидравлику на кухне все-таки не смонтируешь. Да и рабочий объем маловат. Тем не менее, подобные устройства уже во всю предлагаются на рынке. А раз так, видимо, находят своего покупателя, как и в дальнейшем изготавливаемые с их помощью несложные изделия типа строительных дюбелей или бытовых кабельных люверсов.

Таким образом, для разработчиков нишевого (не массового) электронного оборудования ситуация за последние годы существенно изменилась. Появилась — по крайней мере, на первый взгляд — возможность добиться высококачественного дизайна собственных изделий, не вкладывая огромных средств на этапе первоначальной неизвестности, но и не отказываясь от индивидуальности своего продукта.

Какой видится последовательность действий конструктора при проектировании корпуса будущего нового изделия?

Первым делом определяем функциональность будущего изделия и на основании эскиза готовим с помощью САПР чертежи и трехмерную модель. Далее, по компьютерной модели изготавливаем прототип.

Если требования к механической прочности прототипа минимальны, печатаем его на 3D принтере (рис. 3). Если прототип должен быть “рабочим”, возможно, правильнее отфрезеровать его из цельного куска материала (пластмасса или алюминий). Получив изделие, которое можно брать руками и рассматривать со всех сторон, проверяем его функциональность, согласно поставленной задаче, и совместимость с выбранными компонентами (дисплеи, клавиатуры, платы и т.д.). Вносим необходимые коррективы. Повторяем операцию изготовления прототипа. Повторяем цикл столько раз, сколько надо. Далее, имея изделие в материале, используем его как мастер-образец для изготовления силиконовой формы, которая позволит размножить корпус в нескольких десятках экземпляров. Этого вполне достаточно для демонстрационно-маркетинговых целей, для регистрации промышленного образца и даже для установочной коммерческой серии, которая уже покажет реальную потребность рынка в нашем изделии. И если окажется, то таковая измеряется сотнями и тысячами единиц, можно вкладываться в подготовку настоящего серийного производства своего детища по классическим технологиям.

На первый взгляд все кажется просто. Но в любом деле имеются свои подводные камни. Творцы аддитивных технологий сами об этом говорят [4]. Рассмотрим практические аспекты применительно к нашей узкой задаче.

Прежде всего, обращаем внимание на то, что выполнение всех перечисленных работ силами самого разработчика необходимо иметь в своем распоряжении набор достаточно дорогостоящего оборудования. 3D-принтер, выращивающий детали из пластмассовой нити, сегодня стоит относительно недорого (стоимость изделия, минимально пригодного для более или менее серьезных применений, находится в диапазоне 100...200 тыс. руб. За эти деньги можно приобрести принтер для печати двумя материалами, что необходимо для выполнения моделей со сложной внутренней структурой). Но изделия, получаемые печатью из пластмассовой нити, пригодны в лучшем случае для грубой оценки функциональности. Они недостаточно прочны, обладают неровной поверхностью, имеют тенденцию к самопроизвольным искажениям формы и размеров в зависимости от внешних климатических воздействий при хранении даже в комнатных условиях. Использовать такие изделия непосредственно даже в качестве мастер-модели без требующей серьезных навыков ручной доработки нельзя. Есть, конечно, и другие варианты реализации аддитивных технологий, например, порошковые принтеры с лазерным спеканием частиц. Такие установки дают механические характеристики изделий, близкие к тем, которые получаются при литье. Но и стоимость таких установок, составляющая миллионы рублей, делает их приобретение для собственных нужд небольшими фирмами бессмысленным.

Далее, в любом случае трехмерная печать не является универсальной технологией, исчерпывающей для создания прототипа. В подавляющем большинстве случаев необходима механическая доработка, хотя бы для изготовления соответствующих заданию лицевых панелей с вырезами под органы управления, — такие детали гораздо правильнее вырезать из листовых материалов, чем печатать на принтере. Значит, в список необходимого для изготовления прототипов оборудования надо включить хотя бы небольшой фрезерный станок с ЧПУ. Удовольствие это также не из дешевых (около 1 млн. руб. в простейшем варианте). Причем станок требует постоянных расходов на обслуживание и обновление программного обеспечения.

Стоимость же оборудования для изготовления малых партий пластмассовых изделий литьем в силикон и вовсе малодоступна для организаций, не занимающихся профессионально оказанием именно таких услуг. Это уже достаточно серьезное химическое производство, требующее, помимо всего прочего, помещений, удовлетворяющих специальным условиям.

Можно, конечно, пойти в Internet и после недолгого поиска найти там координаты компаний, профессионально занимающихся оказанием услуг с применением описанного выше оборудования. Но при этом надо понимать, что большинство из них специализируется на какой-то одной технологии, то есть для того, чтобы получить окончательный результат, придется основательно побегать по городу. Кроме того, при проектировании и изготовлении прототипов приборных корпусов необходимо принимать во внимание массу мелких деталей, связанных, например, с тепловыми режимами работы электронной начинки, с выбором крепежного материала, соответствующего планируемым условиям эксплуатации, с оптимальным выбором дисплеев, разъемов и органов управления с учетом эргономики и коммерческой доступности соответствующих узлов. Компании, специальность которых — изготовление заказных пластмассовых изделий, как правило, ориентированы более на изготовление бытовых и строительных товаров, сувенирной продукции и т.п., и перечисленными выше компетенциями не владеют.

Читатель может сказать, что автор слишком много внимания уделяет технологиям изготовления корпусов из пластмасс, в то время как для промышленной автоматизации более актуален металл. Но дело в том, что эта область весьма консервативна, и там как раз нет особенных новостей. Если говорить о базовой несущей конструкции “Евромеханика” (стандарты МЭК 60297 и IEEE 1101), то с момента принятия IEEE 1101 (стандарт, описывающий требования к электронным платам и к шасси для их размещения) в 1992 г. никаких существенных нововведений там не произошло. Стандарт “Евромеханика” разрабатывался в годы, когда электронные устройства выглядели совсем по-другому, нежели сейчас, и тот коммутатор АТС, который в годы создания стандарта занимал целый шкаф, сейчас уместится в небольшой коробке на столе, да и то в основ-

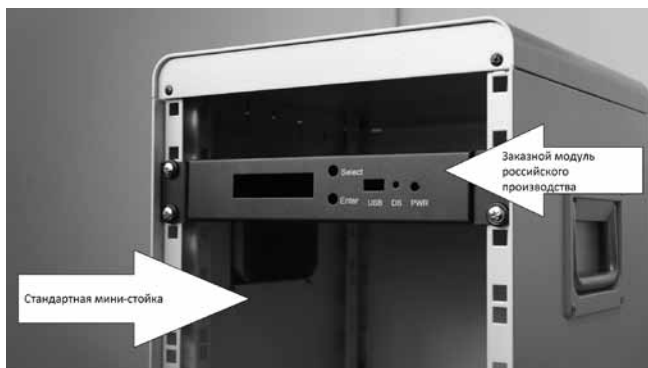


Рис. 4. Стандартная каталожная переносная мини-стойка ("Евромеханика" половинной ширины, производитель APRA NORM) дополнена функциональным модулем отечественного производства

ном объем там будет за счет механических деталей. Тем не менее, сама по себе идея универсального конструктора для создания корпусов электронного оборудования оказалась настолько плодотворной, что стандарт жив и здравствует поныне, несмотря на то, что большинство технических проблем, под решение которых он был конкретно "заточен", давно стали достоянием истории. В каком-то смысле данный стандарт явился первым вариантом реализации принципа "сделай сам", снабдив конструкторов и производителей электроники универсальным инструментом для "корпусирования" своих изделий без обращения к специализированным профильным предприятиям.

Но даже и этот универсальный стандарт не дает возможности совсем обойтись без доработки по спецификации заказчика (Kundenspezifische, customer specific), она же кастомизация (customization). Надписи и отверстия на лицевых панелях, нестандартные детали внутреннего крепления навесных модулей — все это также требует конструкторского подхода и надлежащего оборудования для исполнения (рис. 4).

Из всего этого следует, что, несмотря на стремительное удешевление технологий, позволяющих индивидуализировать разработку корпусов для малотиражного электронного оборудования, тем не менее, потребность в услугах специализированных компаний сохраняется. Но если раньше такой специализи-

рованной компанией был огромный завод со всеми вытекающими в плане деловой коммуникации бюрократическими последствиями, то теперь можно рассчитывать на услуги небольшого коллектива, имеющего набор надлежащего оборудования и компетенций, но при этом обладающего организационной гибкостью и гуманным интерфейсом для общения с заказчиками. Это мировая тенденция, в режим работы "чего изволите" сейчас переходят практически все стоящие у истоков отрасли европейские и американские поставщики стандартных каталожных решений, поскольку конкурировать с промышленностью Юго-Восточной Азии в деле изготовления изделий крупными партиями по пресловутому критерию "цена-качество" невозможно. Как правило, оказание услуг по индивидуализации происходит в рамках обособленных подразделений и бизнес-процессов, но зачастую на основе минимальной модернизации стандартных изделий или изготовления нестандартных элементов для стандартных изделий. В самом деле, зачем вкладываться в сложный процесс проектирования корпуса "от нуля", если искомой индивидуализации или специальной функциональности можно достичь добавлением несложной в изготовлении детали.

Поэтому большая часть малотиражного оборудования продолжает выпускаться на основе стандартных каталожных корпусов, но с более глубокой их модернизацией и индивидуализацией. Современные технологии лишь помогают значительно снизить расходы на это, но не отменяют лежащих в основе проверенных временем решений.

Так что нет у любви срока давности. Что и требовалось доказать.

#### Список литературы

1. Егоров Е.В. Красота стандартных решений // Автоматизация в промышленности. 2007. № 5. стр.46.
2. Рентюк В. Сказ о том, как игрушечная лягушка помогла совершить прыжок в сферу высоких технологий // Control Engineering Россия. 2017. № 4 (70). стр. 49.
3. Егоров Е., Лоськов К. 3D печать: технологии, оборудование и материалы // Компоненты и технологии. 2015. № 10. стр.102.
4. Попова А. 3D: идеология и мифология // Control Engineering Россия. 2014. № 3 (51). стр.82.

**Егоров Евгений Валентинович** — канд. физ.-мат. наук, начальник отдела автоматизации ООО «ЭФО». Контактный телефон (812) 327-86-54. E-mail: eve@efo.ru

#### "Рикор" разработал первый отечественный серверный корпус

Компания "Рикор", резидент московского технопарка "Сколково", разработала первый отечественный серверный корпус, собранный полностью из комплектующих российского производства.

Серверные платформы, собранные на базе комплектующих "Рикор", предназначены для применения во всех сегментах ИТ-рынка от стандартных серверов для решения Web-задач до высокопроизводительных систем обработки больших данных.

По результатам аудита, проведенного экспертами Торгово-промышленной палаты РФ, продукция "Рикор" является российской

по происхождению: адвалорная доля отечественных компонентов составляет 61...72% конечной цены в зависимости от модели серверного корпуса. ТПП сертифицировала продукцию "Рикор" по форме СТ-1, предусмотренной для товаров, рассчитанных на реализацию в странах СНГ.

Производственная линия "Рикор" позволяет выпускать более 60 тыс. серверных корпусов различных модификаций в год, что составляет более 50% отечественного ИТ-рынка. При небольшой модернизации линии завод сможет закрыть до 100% рынка.

<http://rikor.com>