

## Выбор САПР ПП: правильно ли мы понимаем, как не отстать от времени?

В восьмом номере журнала «ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес» за текущий год была опубликована статья «Выбор САПР ПП: как не отстать от времени?»\* совместного авторства нашей редакции и директора по производству АО «НИИМА «Прогресс» и одного из модераторов Секции № 6 «Системы проектирования и моделирования электронных компонентов и систем» конференции «ЭКБ и микроэлектронные модули» в рамках Международного форума «Микроэлектроника 2020» Ю. Завалина. В статье был поднят вопрос о том, какие характеристики САПР печатных плат являются основополагающими при выборе такой системы в качестве фундамента для создания передовых конкурентоспособных электронных изделий отечественными предприятиями.

Очевидно, этот вопрос очень широкий и дискуссионный, поэтому мы попросили представителей компаний – разработчиков и поставщиков САПР ПП, а также их пользователей поделиться своим мнением на данную тему и оценить, насколько предложенные в статье выводы отвечают реальности.



### Александр Акулин, технический директор ООО «ПСБ технологии»

Поднятые в статье «Выбор САПР ПП: как не отстать от времени?» вопросы действительно важны, и я согласен с правильностью предложенного теоретического подхода. Однако, опираясь на свой опыт, включающий и создание дизайн-центра по трассировке в компании PCB technology, и дистрибуцию САПР Cadence в компании PCB SOFT, и даже участие в разработке САПР

(в 1990-е годы я работал в составе коллектива, который занимался созданием системы проектирования ПП на компьютерах PDP-11 и VAX-11), я бы отметил, что эти теоретические рассуждения несколько оторваны от реальности.

Мне видится, что в России многие при выборе средств проектирования идут по пути наименьшего сопротивления: в первую очередь отталкиваются от того, какие САПР знакомы сотрудникам компании. Это обычно является решающим фактором выбора ПО.

Но какие критерии являются решающими при выборе новых САПР в случае отсутствия опыта у сотрудников?

Если компания использует устаревший P-CAD, но у сотрудников нет опыта работы с другими САПР, обычно выбирают то, что проще всего освоить, что больше нравится субъективно. Еще одним критическим фактором многие фирмы считают возможность импорта имеющихся проектов и библиотек в новую САПР. Немаловажным для многих является поддержка требований ГОСТ. Это волнует многих разработчиков гораздо больше, чем функциональные возможности САПР и эффективность разработки схем или ПП. И конечно, довольно серьезное давление оказывают «рейды» поставщиков САПР по борьбе с пиратским использованием.

Именно поэтому в России, где большинство предприятий так или иначе работало в САПР P-CAD, для многих, казалось бы, естественным решением был переход на Altium. В самом деле, в этой системе заявлена возможность импорта из P-CAD, поддержка ГОСТ, преемственность интерфейса по отношению к P-CAD и простота освоения.

По факту всё это, конечно, не имеет такого уж большого значения: большинство предприятий, переходя на новые САПР, практически не пользуется импортом старых библиотек или

\* См.: ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. 2020. № 8. С. 102–108.

проектов, интерфейс Altium не имеет отношения к P-CAD, а поддержка ГОСТ там вряд ли сильно лучше, чем в других современных системах.

Но когда переход на новую среду разработки уже выполнен, компании ничего не остается, кроме как пользоваться тем ограниченным функционалом, который есть в выбранной системе, ведь возможностей расширения функционала по мере роста потребностей просто нет, эффективность разработки ограничена теми возможностями, которые представлены в базовой версии. Однако это удел многих компаний, и тут я поддерживаю авторов статьи: более эффективным был бы всесторонний анализ функционала нескольких решений и выбор на основе полезности и перспектив использования конкретных функциональных возможностей.

Когда мы в свое время выбирали систему проектирования для оснащения нашего дизайн-центра, у нас не было четкого понимания, какую систему нужно выбрать. Казалось бы, все говорило в пользу Altium – популярность среди наших заказчиков, простой интерфейс программы, довольно мощные возможности. Но мы понимали, что компании, которая планирует разрабатывать сложные проекты с передовыми технологическими параметрами, надо ориентироваться на максимально широкий спектр потенциальных возможностей САПР, и это сразу отmeldo такие системы, как Altium, KiCad, EAGLE, и вообще такие САПР, которые построены по принципу «всё в одном». Было важно, чтобы САПР позволяла нам при необходимости наращивать функционал, но стоимость базовой лицензии при этом была невысокой. Выбор пал на Cadence Allegro, хотя мы рассматривали и Xpediton от компании Mentor Graphics. Решение было принято в пользу Cadence еще и потому, что для нас было важно, чтобы проект печатной платы хранился в едином файле, который можно быстро переслать заказчику трассировки на просмотр, оперативно скорректировать, легко подключить новый список соединений. В этом отношении Cadence Allegro и OrCAD гораздо удобнее.

Что можно сказать сейчас, по прошествии многих лет? Правильное ли мы приняли решение? Могу с определенностью констатировать, что выбор был абсолютно верным. Даже те наши заказчики, которые сами работают в Altium и изначально просят нас делать трассировку в этой САПР, в дальнейшем, как выясняется, прекрасно принимают и наши работы, выполненные в САПР

Cadence Allegro, и часто благодарят нас за высокое качество полученных проектов и за скорость их трассировки. Это было бы, пожалуй, недостижимо, если бы мы в свое время остановили свой выбор на другой системе. Сложнейшие проекты с DDR-памятью последних поколений, высокими SerDes-интерфейсами, сложными комбинациями полигонов земли и питания мы не смогли бы завершить в срок и с должным качеством, если бы не возможности САПР Cadence. Дизайн-центр приносит прибыль, всё больше заказчиков наших услуг контрактного производства начинают обращаться к нам и с просьбой выполнить трассировку их проектов. А с другой стороны, при необходимости мы можем докупить лицензии для новых рабочих мест по минимальной цене. Ведь и OrCAD Professional, и OrCAD Standard полностью совместимы с Cadence Allegro в отношении графического интерфейса, файлов проекта и библиотек: Allegro и OrCAD – это на самом деле один и тот же продукт, просто с разным количеством открытых функций в меню и в менеджере правил. Так что это оказалось еще и финансово оправданно, стоимость лицензий вполне окупается именно за счет масштабируемости этой системы.

Мы видим эффективность применения масштабируемых решений и по работе таких крупных российских компаний, как «КНС Групп» (бренд Yadro), «ПК Аквариус», ведущих предприятий радиоэлектронного комплекса, таких как НПП «Прима», НПП «Аврора», а также сотен небольших фирм и индивидуальных предпринимателей, купивших OrCAD Standard. Крупные компании используют комбинацию решений Allegro, Sigrity и OrCAD, оптимизируя расходы и в то же время получая в свое распоряжение максимальный функционал САПР при необходимости. Например, компания «КНС Групп» радикально ускорила разработку материнских плат с помощью функции Allegro Team Design, позволяющей нескольким инженерам параллельно работать над трассировкой одного проекта. Небольшие предприятия могут приобрести за совсем «смешные» деньги OrCAD Standard и при необходимости сделать апгрейд до OrCAD Professional или даже Allegro, если появились более серьезные задачи.

Итак, в целом, ценность подхода к выбору САПР, описанного в статье, невозможно оспорить. Теперь осталось понять, готовы ли отечественные предприятия следовать этому подходу, а не идти, как обычно, по пути минимального сопротивления.



### Денис Лобзов, менеджер по дистрибуции решений Mentor, A Siemens Business в России

Применение современных САПР и интеграция ECAD в сквозной процесс проектирования в современных условиях являются острым вопросом, а для России подобное обновление – это фактор состоятельности отрасли приборостроения. В мире конечные пользователи активно потребляют средства САПР для электроники. Mentor, A Siemens Business закончил свой рекордный год. Акции публичной компании Cadence Design Systems выросли за год почти вдвое. International Business Strategies в июньском отчете дает прогноз роста САПР для рынка печатных плат и систем в корпусе к 2030 году до 2,3 млрд долл. с нынешнего 1 млрд. Весь этот рост оплачивается исключительно деньгами конечных потребителей средств проектирования.

При этом российские заказчики предпочитают в большинстве своем использовать то, что куплено годы тому назад. Анализ торговых площадок показывает, что крупные модернизации САПР единичны.

Соглашусь с моделями, в которых этапы создания конечного электронного устройства представлены в виде перевернутой пирамиды. Средства САПР – это основа, для которой на самом деле характерны минимальные бюджеты относительно затрат всего жизненного цикла изделия.

Я поддерживаю авторов в том, что обозначенные в статье требования к САПР являются наиболее значимыми. Подчеркну для читателей два момента.

Первый момент: на рынке радиоэлектроники уже годы присутствует самая настоящая гонка в отношении производительности, массогабаритных характеристик, энергопотребления, ремонтпригодности, себестоимости изделия... Требования растут. И как вы думаете, зачем у таких производителей САПР, как Mentor, A Siemens Business, бюджет на НИОКР составляет сотни миллионов долларов в год? Ответ один: требования как к конечному электронному изделию, так и к средству его разработки, имеют сумасшедшую динамику. В статье выражена только часть этих требований, но это – самая важная их часть.

Второй момент касается интеграции, сквозного маршрута и т.п. Выражу свое личное мнение. Я верю только в интеграцию, выполненную в рамках единой платформы одного производителя по типу Mentor, A Siemens Business и Siemens Digital Industries Software или же в кооперации производителей САПР, которая закреплена многолетними отношениями, международными стандартами и отшлифована мировым опытом, практикой внедрения, работой над ошибками.

Вероятно, каждый читатель в статье увидит что-то свое. Я ее вижу так: отрасль радиоэлектроники и приборостроения нуждается в модернизации. Прижившиеся старые САПР – это обуза, накопленные ошибки, отсутствие развития. В частности, мизерное применение средств моделирования при работе над проектами, например, с высокоскоростными цепями, делает труд инженеров неэффективным, большие затраченные усилия не позволяют быстро получить требуемые параметры изделия и во многом «летят в корзину» по результатам дорогостоящих и длительных натурных испытаний, которые приходится выполнять раз за разом.

Необходима интеграция расчетных моделей и проектных решений между смежными дисциплинами, согласованная работа над проектом смежников и его сопровождение. Если же цепочка «дизайн-бюро – производство» опирается на локальные и заказные решения, это порождает большие риски с точки зрения масштабирования на крупные производственные холдинги.

Этот риск связан, помимо прочего, с тем, что на практике отдельные технологические ноу-хау небольших разработчиков САПР электроники рано или поздно поглощаются «большой тройкой» либо исчезают с рынка, оказываясь лишь временным успехом, в основе которого – удачно сработавшие маркетинговые приемы.

Если мы будем терять время на маневры, то проиграем сражение за свое место под солнцем в условиях глобальной технологической гонки и конкуренции. Будущее за большими сквозными решениями, за платформами, за коллективными и облачными моделями использования САПР для всех типов проектов – от сложных до простых. Отрасли приборостроения нужен новый фундамент в части средств автоматизации проектирования. Этот фундамент существует, и вы им можете воспользоваться.

**Александр Евграфов, генеральный директор ООО «ЭЛМ»**

Ведущие разработчики САПР электроники ежегодно выпускают новые версии программного обеспечения, которые содержат не только новые инструменты проектирования, но и исправления ошибок предыдущих версий. Поэтому для того, чтобы быть уверенным в надежности ПО и своевременно получать в свое распоряжение новые инструменты проектирования, настоятельно рекомендуется пользоваться такими программами, как подписка или техническая поддержка, которые оплачиваются, как правило, ежегодно.

Когда перед руководителем компании стоит задача о приобретении нового ПО или переходе на другую систему, необходимо комплексно подходить к данному вопросу и оценивать ПО по следующим критериям: скорость перехода на новую систему (время, затрачиваемое на адаптацию и переобучение сотрудников), преимущества системы (повышение скорости разработки, сокращение ошибок, увеличение надежности), сложность внедрения (встраивание в текущую инфраструктуру и бизнес-процессы компании), стоимость (возврат инвестиций) и последующее ежегодное обслуживание.

Последний пункт очень многие компании, к сожалению, не учитывают. Для обслуживания ПО необходимо ежегодное наличие портфеля заказов, который позволит покрывать затраты на обновление программного обеспечения. Отсутствие заказов приводит к тому, что приобретенное ПО (пусть и со скидкой в 75–85%) годами не обновляется, так как стоимость обслуживания может превышать стоимость приобретенной лицензии. В этой ситуации ничего не остается, как отказаться от обслуживания. Программное обеспечение впоследствии морально устареет и больше не используется. Мы знаем ряд примеров, когда компании выбирали ПО исключительно по функциональным возможностям и в конечном итоге были вынуждены отказаться от САПР верхнего уровня из-за высокой стоимости обслуживания и отсутствия средств, поступающих от заказов на разработку сложных печатных плат.

По нашему опыту общения с заказчиками, подавляющее большинство разработчиков в России проектирует относительно несложные печатные платы и поэтому в настоящее время использует САПР Altium Designer.

Данная система проектирования имеет лучшие соотношения цены и функционала, порог входа и освоения, поддержку ГОСТ и доступное ежегодное обслуживание.

Если рассматривать вопрос создания конкурентоспособной продукции и развития отечественной радиоэлектронной промышленности с точки зрения программных решений, то для российских предприятий доступны те же инструменты проектирования печатных плат, которые применяются ведущими компаниями США и Европы, такими как Tesla, Apple, Intel, AMD. При этом мы занимаем опережающие позиции в сегменте оборонного комплекса, демонстрируя лучшее в мире вооружение, но уступаем в сегменте массового рынка. Только в последнее время стали появляться такие популярные продукты, как умная колонка с голосовым помощником «Алиса», технологии умного дома, системы управления доступом; ведутся разработки беспилотного транспорта. Вспоминается недавний пример: наша компания рассматривала закупку зарубежного оборудования, но в итоге приняла решение приобрести отечественное, разработанное, кстати, на зарубежном ПО Altium Designer. Когда мы начинаем поиск решения задачи, нам в первую очередь попадают западные товары. К сожалению, отечественная продукция слабо представлена или не представлена вовсе в популярных онлайн- и офлайн-гипермаркетах. Причиной этому – полное отсутствие маркетинга, продвижения и, возможно, недостаточная поддержка государства. Соответственно, отечественные компании-разработчики недополучают прибыль, которую могли бы использовать для дальнейшего роста и расширения компании.

Также хочется отметить следующее: все крупные разработчики САПР электроники развиваются, создают современные инструменты для проектирования, приобретают компании для того, чтобы помочь инженерам воплощать инновации и улучшать жизнь. Сегодня, пожалуй, нет такого вендора, который разрабатывает весь необходимый перечень инструментов, перекрывающий всю цепочку от схемы



до антенны, включая программируемые логические интегральные схемы, антенно-фидерные устройства, высокочастотные элементы, комплексное моделирование и верификацию, производство. И в этом нет необходимости. Нужно быть готовым к использованию разных решений. Этот непростой для всех год укажет

на пробелы в бизнес-процессах, и если компания не приложит максимум усилий для оптимизации и сокращения ненужных расходов, она не выдержит конкуренцию. Будут интересные проекты, финансирование, хороший маркетинг и довольные пользователи – будет и конкурентная отечественная радиоэлектроника.



### Антон Плаксин, руководитель группы продаж ПО компании «Эремекс»

Развитие средств разработки, а особенно САПР, идет бок-о-бок с развитием отраслей промышленности. Электроника – наиболее динамичная отрасль с точки зрения происходящих изменений. Поэтому для приборостроительных предприятий, ставящих целью оставаться в авангарде, ежегодные обновления САПР электроники – это ключевой момент.

Вопрос интеграции ECAD-системы в существующую ИТ-инфраструктуру предприятия – уже стандартный запрос всех потребителей электронных САПР. ECAD должна «общаться» как минимум с MCAD- и PLM-системами. В этом смысле современная САПР электроники должна иметь соответствующие интеграционные возможности, а лучше – открытый формат данных и API, чтобы такая интеграция могла осуществляться не только разработчиками инженерного ПО, но и компетентными специалистами ИТ-службы или департамента по цифровой трансформации предприятия-пользователя.

Переход на новые, более мощные, платформы в статье рассмотрен с нескольких точек зрения и опосредованно делается вывод о необходимости использования самых передовых и мощных систем проектирования. Для простоты САПР электроники можно разделить на «легкие», «среднетяжелые» и «тяжелые». В случае, если на предприятии выполняются передовые в отрасли разработки, применение «тяжелой» САПР может быть оправдано. Но если копнуть глубже, передовые проекты отдельно взятого предприятия могут составлять в общей массе его проектов пятую часть или менее. Тогда применение на всех участках «тяжелой» САПР, которая обычно на порядки дороже «среднетяжелой», не выглядит столь логичным. В таком случае может рассматриваться наличие двух САПР электроники с хорошими взаимными интеграционными возможностями. Это второй

рабочий вариант, описываемый в статье – приобретение САПР с возможностью масштабировать функционал или апгрейдиться при необходимости до более продвинутой конфигурации. И тут авторы на 100% правы.

Говоря о расширении функционала САПР электроники в узкие области, которые необходимы далеко не всем разработчикам печатных плат, например о тепловом моделировании и прочностном анализе, надо отметить, что совершенно необязательно, чтобы этот функционал был сделан именно разработчиком САПР электроники. В этом ключе, на современном рынке распространены технологические партнерства в формате консорциумов. Ярким примером такого симбиоза на российском рынке является консорциум «Развитие», в решении для проектирования РЭА которого есть и ECAD-система, и MCAD, и PLM, и системы для тепловых и прочностных расчетов.

Один из важнейших вопросов, затронутых в статье – библиотеки компонентов и средства создания моделей. Особенно проецируя этот аспект на российских разработчиков РЭА, хочется подчеркнуть важность наличия полноценной модели электронных компонентов в формате применяемой САПР. Такая модель должна включать в себя как минимально достаточную информацию – УГО, посадочное место, атрибутивную информацию (включая такие параметры, как рассеиваемая мощность, если мы говорим о тепловом моделировании и проч.), так и математические модели – 3D, SPICE, HDL и др. Российские производители компонентов не быстро, но всё же перенимают практику зарубежных коллег и начинают создавать библиотеки предлагаемых ими компонентов в форматах популярных САПР электроники, включая отечественную разработку – САПР Delta Design.

Хотелось бы также дополнить тезис о необходимости квалифицированного и комплексного подхода к внедрению САПР электроники на предприятии. Когда – пусть это происходит

и нечасто – требуется вмешаться в код программы (рассматриваем крайний случай), лучше всего иметь прямой выход на вендора. В таком случае

даже сложные проекты внедрения проходят без необязательных потерь, в том числе временных и финансовых.

### Юрий Мякочин, исполнительный директор АО «ПКК Миландр»

В статье «Выбор САПР ПП: как не отстать от времени?» представлена общеизвестная информация. Обозначенные в статье проблемы описаны общими словами, утверждение о необходимости применения сквозных систем проектирования очевидно. Рассмотренные проблемы при этом актуальны для любой компании. Основной целью при разработке узлов аппаратуры (это может быть и печатная плата, и законченный модуль, и даже многокристальный модуль на керамическом основании) должна быть близкая к 100% вероятность работоспособности конечного устройства с первого раза. Дело в том, что в современном мире на повторный запуск порой не хватает времени или сам запуск настолько дорогой, что вторая итерация может не укладываться в бюджет (стоимость изготовления металлокерамического основания для многокристального модуля может легко превышать 10 млн руб.). В связи с этим обстоятельством маршрут проектирования, моделирования и изготовления в компании должен быть понятен всем участникам этого маршрута, и сам он должен минимизировать появление ошибок. Для достижения этой цели необходимо строго распределить разработку узлов аппаратуры между отдельными инженерами. Ведь даже сегодня в некоторых крупных (по российским масштабам, конечно) компаниях остается практика, когда один инженер и разрабатывает электрическую принципиальную схему, и разрабатывает топологию печатной платы, и моделирует, и создает библиотечные элементы, и даже пишет программное обеспечение. Этот подход ведет к появлению ошибок в конечном изделии.

В качестве связки ECAD – MCAD – ERP в «ПКК Миландр» используется PDM-система от Dassault Systèmes SE (разработчика SolidWorks). Она позволяет хранить всю информацию об изделии, историю всех изменений и организовать необходимые потоки работы. В качестве MCAD-системы у нас применяется SolidWorks, поэтому интеграция с PDM выполнена наилучшим образом. Для передачи информации между ECAD и MCAD используется формат IDF/IDX.

В компании «ПКК Миландр» при разработке отдельных узлов аппаратуры есть четкое

распределение между инженерами по их зонам ответственности (библиотекарь, разработчик электрической принципиальной схемы, тополог, конструктор, программист) и сама разработка ведется в системе PDM.

Маршрут проектирования построен на программной платформе Cadence PCB, включающей в себя редакторы электрических принципиальных схем Cadence Capture или Cadence Allegro и среду разработки печатных плат Cadence PCB Editor. В рамках этих продуктов происходит практически бесшовный переход от создания библиотечных компонентов к разработке схемы и переходу к проектированию печатной платы. Схемные редакторы обладают возможностью предварительного моделирования аналоговых и цифровых частей схемы на основе PSpice-симуляции. Широкие возможности настройки правил для цепей и компонентов позволяют упростить разработку печатных плат. На завершающих этапах разработки печатных плат наступает этап моделирования, в рамках которого используется Cadence Sigrity – среда моделирования, которая позволяет достоверно оценить по постоянному току целостность цепей питания и тепловые режимы печатной платы, а при моделировании в частотной области – провести расчет S-параметров цепей. После получения значений S-параметров линий инструмент Sigrity с помощью различных опций предоставляет возможность оценить соответствие разработанной топологии стандартам большинства современных высокоскоростных интерфейсов, таких как DDR3, DDR4, Ethernet, PCIe и др. В случае необходимости моделирования нестандартных интерфейсов со сложной конфигурацией используются другие программные продукты для моделирования (например, Keysight ADS), которые позволяют получить достоверную информацию о выбранном схемотехническом решении и в конечном итоге получить после изготовления полностью работоспособное изделие с минимальным количеством ревизий.





**Ринат Тахаутдинов**, заместитель директора Центра перспективных разработок АО «Концерн радиостроения «Вега»

Трудно не согласиться с тезисами, упомянутыми в начале статьи, – о росте сложности электронных изделий и систем автоматизированного проектирования. Я бы даже сказал: повышение сложности всего и вся в нашем мире – часть диалектического закона. Однако воспользовавшись подобными аналогиями, можно прийти к выводу,

например, реактивный бизнес-джет куда как лучше легкомоторного самолета. И хотя в статье есть упоминание об инвестициях и затратах, на мой взгляд, этому уделено недостаточно внимания. Любой бизнес-проект начинается с баланса доходов и расходов, и если с расходами на программное обеспечение и «железо» всё более или менее понятно, расходы на оплату труда и количество специалистов тоже можно оценить, то с доходной частью и, в частности, оценкой доли доходов, приходящейся на ПО, явно сложнее.

Существует множество оценок трудоемкости разработки электронных устройств, хотя уверен, что на абсолютном большинстве российских предприятий объем выпуска электронных устройств в сочетании с их сложностью не позволил бы окупить приобретение полнофункциональных интегрированных в единый продукт систем ECAD / MCAD / FabDesign. Исключение составляют проекты, работа над которыми ведется по конъюнктурным соображениям, когда фактическая цена изделия не имеет ничего общего с ценой подобной продукции на рынке. Прежде всего, это работа над проектами по гособоронзаказу и в интересах таких структур, как Роскосмос и т. п. Проектирование устройств в рамках НИОКР по заказу Минпромторга или Минобороны России тоже может выполняться с использованием САПР с обусловленными возможностями.

Современные широко применяемые устройства, такие как мобильные телефоны, ноутбуки, планшеты – одним словом, носимая электроника – основные изделия, в которых применение современных САПР экономически оправдано.

Существует также небольшой класс отечественных приборов, проектирование которых возможно только с использованием междисциплинарных САПР, сочетающих в себе, например, термодинамическое моделирование, моделирование ЭМС, элементы проектирования оптических схем и, собственно, проектирование печатных плат. Это такие изделия, как бортовые радары с обработкой данных, блоки питания с высокой удельной мощностью и т. п.

Если предприятие столкнулось с необходимостью увеличения основных средств производства, результатов интеллектуальной деятельности, капитализации и т. п. – покупка рассматриваемых САПР намного удобнее, чем станков, материалов, ремонт цехов и проч. – но это уже совсем другая история...

По сути статьи есть одно дополнение. Существуют САПР с возможностью самостоятельной разработки нужных пользователю функций, иначе называемые САПР с поддержкой макросов. Так, в статье речь шла о прошлой традиции передачи на производство только файлов Gerber и Drill. Однако уже 15 лет назад одна из широко известных САПР позволяла лишь однажды составить небольшую последовательность команд, которая при формировании данных для производства сохраняла стек слоев и дополнительно визуализировала экспортируемые данные по требованиям производителя. Более того, при недостатке базового функционала встроенные средства программирования позволяют создавать многие инструменты, непосредственно требующиеся пользователю. Наверняка многие помнят, как P-CAD дополняли «самописным» ПО, позволяющим расширить основной функционал, а впоследствии в системе появилась возможность самостоятельной разработки DBX-утилит... Встроенные средства программирования – один из инструментов расширения возможностей ПО, пусть и не полнофункциональный.

В целом, для прекрасной поры будущего российских предприятий радиоэлектронной промышленности в статье всё изложено верно.

*Материал подготовлен Ю. С. Ковалевским*



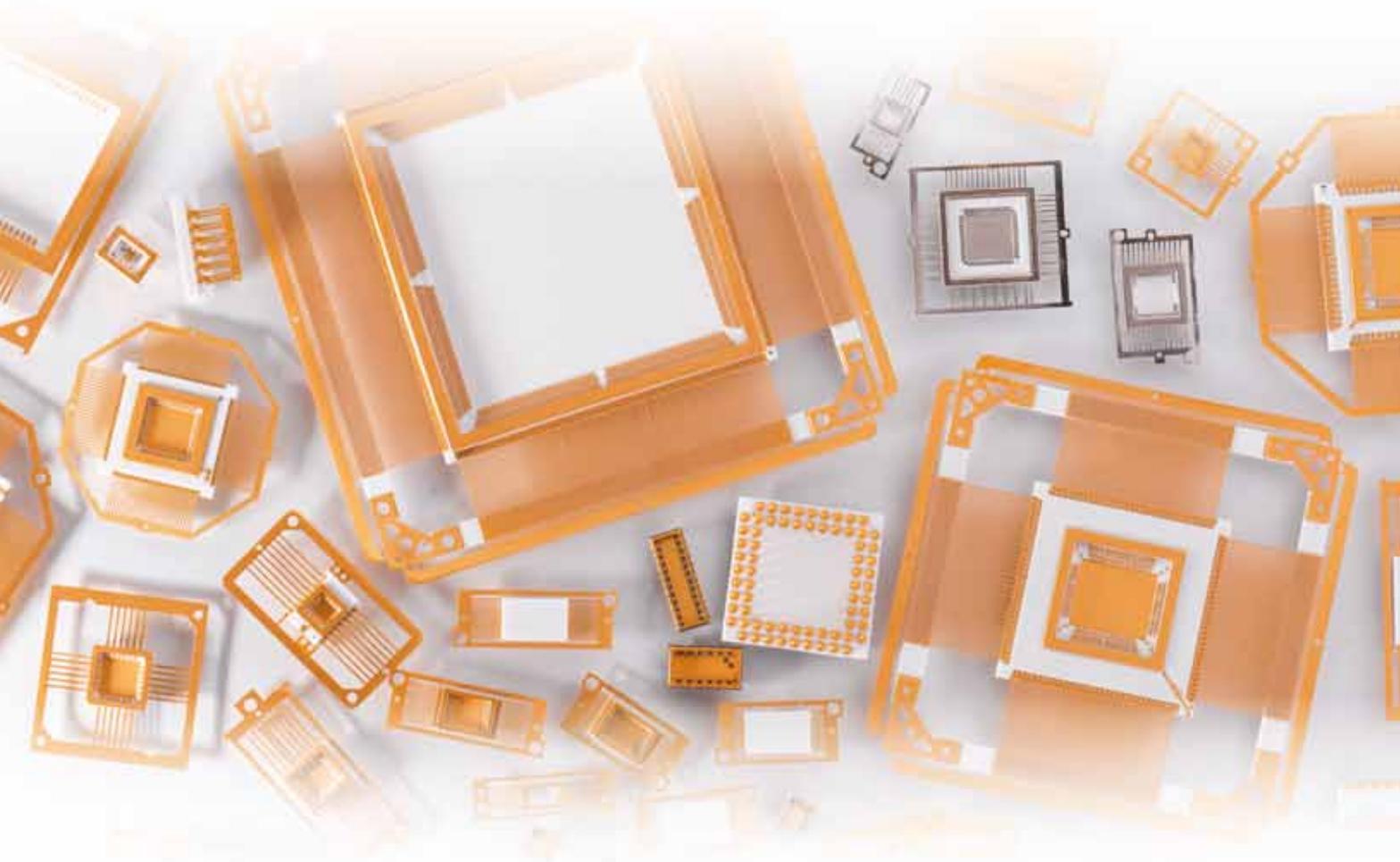
ЗАВОД  
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ  
ПРИБОРОВ



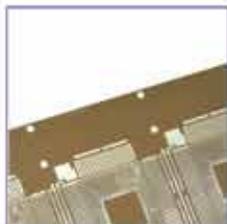
2021  
*С Новым годом!*

ЙОШКАР-ОЛА, РЕСПУБЛИКА МАРИЙ ЭЛ

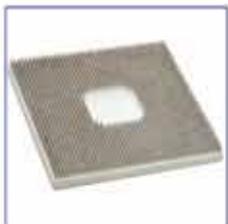
**АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ЗАВОД ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ»**



**Предприятие располагает научно-технической и испытательной базой для проведения исследований, разработки и выпуска новой продукции**



Выводные рамки



Металлокерамические корпуса



Нагревательные элементы



Контактные устройства



Графитовая оснастка



Оптоэлектронные корпуса



424003, Россия, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, ул. Суворова, 26  
Тел.: +7-8362-45-70-09, 45-67-68.  
info@zpp12.ru marketing@zpp12.ru

zpp12.ru