

Оригинал статьи “*Intuitive Robot Programming for Flexible Aerospace Manufacturing*” на английском языке находится по адресу: [www10.mcadcafe.com/nbc/articles/view\\_article.php?section=CorpNews&articleid=1324664](http://www10.mcadcafe.com/nbc/articles/view_article.php?section=CorpNews&articleid=1324664)

# Интуитивное программирование роботов для гибкого аэрокосмического производства

©2014 Jabez Technologies Inc.

Промышленные роботы являются гибким средством для производства авиационных деталей и сборки аэрокосмической техники. Однако, раскрыть потенциал роботов в полной мере не удается, если для их программирования задействовать только традиционные CAD/CAM-системы.

Эффективное программное обеспечение для офлайн-программирования роботов должно иметь еще и возможности симуляции всех операций с использованием виртуальных роботизированных ячеек, что позволяет полностью контролировать поведение робота на компьютере, а также инструменты оптимизации траекторий и генерации кода УП. Это делает процесс подготовки производства рациональным и бесшовным, избавляет от ошибок и брака. Таким уникальным и мощным решением для программирования роботов является комбинация двух программных продуктов – лидеров рынка: CAD/CAM-системы *Mastercam* и специализированного приложения *Robotmaster*.

Сегодня роботы готовы преобразовать аэрокосмическую отрасль в такой же степени, в какой они революционизировали сборку автомобилей в конце 1970-х и в 80-е годы. Существенно выросшая производительность труда и возможность снижения производственных затрат способствуют движению предприятий в направлении гибкой роботизации.

Производство самолетов, в отличие от изготовления обычной наземной техники, имеет свои ключевые особенности, которые и определяют парадигму автоматизации. Для аэрокосмического производства требуется гораздо более высокая точность, а сборочные узлы характеризуются значительно большими габаритами и весом. По сравнению с автомобилестроением, объемы выпуска здесь гораздо ниже, а ожидаемая продолжительность службы коммерческих самолетов измеряется не годами, а десятилетиями.

Мировой спрос на самолеты растет, напрягая имеющиеся производственные ресурсы. На переднем плане решения этой проблемы находится исследовательский центр *Advanced Manufacturing Research Centre with Boeing (AMRC)*.

“Продажи коммерческих самолетов растут. Большинство производителей увеличило свои производственные возможности до абсолютного предела, и чтобы достичь целевого уровня, нужны дальнейшие капитальные вложения. Для некоторых платформ, с

которыми мы работаем, объем производства мог бы достигать невероятного количества – 60 самолетов в месяц. Поэтому нужны кардинальные изменения производства”, – рассказывает **Ben Morgan**, руководитель группы интегрального автоматизированного производства в *AMRC*.

Это кардинальное изменение приходит в виде гибкой автоматизации на базе роботов. Нашествию роботов способствует всё расширяющееся применение композиционных материалов для изготовления деталей самолетов.

## Растет применение композитов в аэрокосмической промышленности

Согласно исследованию аналитической компании *Lucintel*, объем мирового рынка композитов для аэрокосмического применения к 2017 году достигнет 112 млрд. долларов, с годовым ростом 5.3% в следующие пять лет (источник: *CompositesWorld*).

Как правило, композиционные материалы весят на 20% меньше алюминия, и они более долговечны, по сравнению с традиционными металлическими материалами. Как известно, соотношение прочности/вес у композитов лучше. Снижение веса самолета повышает эффективность использования топлива, а увеличение прочности конструкции способствует удлинению интервала между техническими обслуживаниями; таким образом, композиционные материалы жизненно необходимы для аэрокосмической промышленности.

Композитная революция помогла расширить трассу для роботов. Растет применение роботов для задач механической обработки и удаления материалов – как металлических, так и неметаллических. В числе таких задач – фрезерование, сверление, обработка поверхностей, клепка, гидроабразивная резка, обрезка элементов обшивки из композитных материалов, обработка других компонентов конструкции больших коммерческих самолетов.

## Начало расцвета роботизированной обработки

Долгие годы роботы находились в тени своих коллег по цеху – станков с числовым программным управлением (ЧПУ). Теперь фокус сместился.



“С учетом развития робототехники за последние 10 лет, серийные роботы-манипуляторы становятся всё более реальным выбором”, – говорит г-н *Morgan*. – “Очень возрос интерес к роботизированной обработке, обработке сложных форм и механической обработке. Развивая концепцию роботизированных систем обрезки, а также других технических решений, которые имеются у нас в *AMRC*, нам удастся доказывать лидерам производства в автомобильной и аэрокосмической отраслях, что гибкие роботизированные ячейки являются альтернативой некоторым традиционным и дорогим станкам с ЧПУ”.

Исследовательский центр *AMRC* был создан в 2001 году как форма сотрудничества английского Университета Шеффилда (*University of Sheffield*) и корпорации *Boeing*. Центр расположен в индустриальном парке высоких технологий в гор. Шеффилд; в нём работают свыше 400 научных работников и инженеров, которые занимаются модернизацией производства, тестируя различные технологии для более чем 100 компаний, среди которых и мировые гиганты аэрокосмической промышленности, и малый местный бизнес.

“Когда речь идет о больших станках с ЧПУ, которые используются для производства деталей аэрокосмического назначения, то говорят о сумме порядка 15 миллионов долларов. В случае же применения роботизированных ячеек мы могли бы рассматривать сумму в размере нескольких сотен тысяч долларов”, – считает г-н *Morgan*.

Затраты на внедрение роботов продолжают снижаться, тогда как их жесткость и обеспечиваемая точность обработки увеличиваются.

Сегодня роботизированная технология уже может конкурировать в широком диапазоне задач аэрокосмической промышленности, для выполнения которых раньше изготавливалось специальное оборудование. Например: сборочные работы, требующие еще и одновременной обработки после сборки (*one-up assembly*); сверление; наполнение (*filling*); автоматизированная выкладка ленты (*ATL*) и автоматизированное размещение волокон (*AFP*).

### Сложность программирования роботов

Большинство ведущих поставщиков аэрокосмической отрасли понимает преимущества развертывания роботизированных ячеек для своих операций по сборке узлов – они даже выделили в своих бюджетах средства на роботизацию. Однако некоторые производители “завязли в трясине” программирования роботов.

Проблемы сингулярности (неоднозначность движения), калибровки, контроля столкновений,

ограничения досягаемости, неравномерности движений – уникальный комплекс вопросов в случае применения роботизированных систем, который может сделать их программирование для операций обработки особенно сложным. Обнаружение и исправление ошибок, как правило, будет очень трудоемким делом и потребует чрезвычайно много времени.

Компании, которые привыкли полагаться на станки с ЧПУ, спотыкаются, когда впервые пытаются внедрить роботизированную обработку. Зачастую для программирования роботов они пробуют применить программное обеспечение от их производителей. Однако такое ПО, как правило, предназначено не для программирования движений, а для симуляции. В среде для симуляции вы можете увидеть ошибки, но сложно идентифицировать их причины и найти, как их исправить.

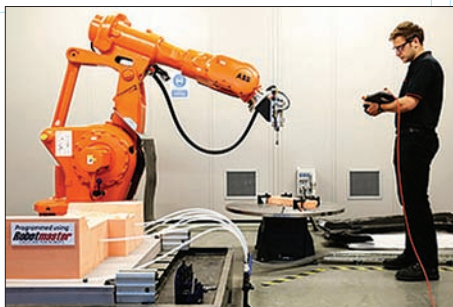
Другой подход к программированию роботов заключается в попытке использовать поточечные конвертеры траекторий, сформированных в *CAD/CAM*-среде, для создания траекторий рабочих органов манипуляторов. Такая конвертация является быстрым и недорогим способом, но при этом отсутствуют средства валидации кинематики и проверки на наличие ошибок.

Основной проблемой, в случае применения этих методов, является отсутствие инструмента для оптимизации траектории. Скорее всего, такую управляющую программу придется долго отлаживать в цехе.

“Когда мы наконец-то определились с выбором нового решения для обработки композитных деталей, основанного на применении роботов, и купили его, то даже не представляли, насколько этот мир отличается от мира наших традиционных станков с ЧПУ. Новая терминология, новый метод работы, новые проблемы – это был реальный вызов”, – говорит *Eddy Coubard*, технический менеджер компании *SOGERMA COMPOSITES AQUITAINE*.

Отмечающая свою 30-ю годовщину *SOGERMA COMPOSITES AQUITAINE* базируется во Франции и является дочерней компанией *SOGERMA Group*. В ней работает 475 сотрудников – производителей, исследователей и разработчиков, которые обеспечивают высококачественной продукцией из композиционных материалов свыше сотни главных поставщиков в Европе и во всём мире.

“Мы изготавливаем композитные детали для сфер воздухоплавания маленькими партиями, а это значит, что необходимо правильно программировать роботов с первого раза. В противном случае наши расходы сильно возрастают”, – поясняет г-н *Coubard*.



*Иллюстрация любезно предоставлена Advanced Manufacturing Research Centre with Boeing*



*Иллюстрация любезно предоставлена компанией SOGERMA COMPOSITES AQUITAINE*

“Программное обеспечение, которое мы пытались использовать вначале, было совершенно неэффективным. Первым делом требовалось сгенерировать траекторию инструмента средствами CAD/CAM, затем вывести G-код управляющей программы при помощи постпроцессора, затем прочитать G-код в симуляторе – и всё это только для того, чтобы понять, что большая часть траектории была с ошибками. После этого нам приходилось возвращаться в среду CAD/CAM, вносить интуитивно какие-то изменения и повторять заново весь процесс несколько раз до получения мало-мальски удобоваримого результата”, – продолжает он.

Такой сценарий является типичным. Компания покупает подходящую модель робота, пытается применить её для операций механической обработки и понимает, что для этого у нее нет подходящего программного обеспечения.

## Первый шаг – выбор программного обеспечения!

Лучшая стратегия такова: первым делом рассмотрите вопрос программного обеспечения для программирования робота. Это надо делать или одновременно с покупкой робота или даже раньше.

Специально разработанная для программирования роботов CAD/CAM-система решает вопросы сингулярности, коллизий, ограничений при вращении суставов, пределов досягаемости и переворота кисти. Правильное ПО должно автоматически рассчитывать и оптимизировать траектории для роботов (даже если в роботизированной ячейке применяется управление внешними осями), и обеспечивать мгновенную визуальную обратную связь. При этом оно должно быть настолько простым для понимания, чтобы им мог пользоваться оператор-новичок в деле роботизации.

Кроме того, это ПО должно обеспечивать офлайн-программирование, то есть подготовку управляющей программы без прерывания выпуска продукции в цехе – даже для окончательного тестирования УП и тонкой доводки. Переналадка ячейки должна вестись параллельно с разработкой УП, а не последовательно.

Недавно были названы 10 самых перспективных поставщиков решений для инженерного проектирования по версии журнала “CIO Review” ([www.cioreview.com](http://www.cioreview.com)). Одним из них стала компания **Jabez Technologies Inc.** из Монреаля (Канада), которая выпустила

первое программное обеспечение для офлайн-программирования роботов в виде надстройки к популярной CAD/CAM-системе *Mastercam* еще в 2002 году. Последняя версия её системы *Robotmaster* тесно интегрирует в одно решение функционал программирования обработки в среде *Mastercam* и средства симуляции, генерации управляющего кода для роботов и оптимизации траектории; при этом поддерживаются все основные модели промышленных роботов.

“Робот может оказаться трудным для управления устройством. Он состоит из шести поворотных соединений, которые установлены одно над другим, поэтому предвидеть ошибки при их одновременном вращении очень трудно. Обычно вы замечаете ошибочное действие только тогда, когда оно происходит. Никаких предупреждений нет”, – говорит **Chahe Bakmazjian**, президент *Jabez Technologies*.

“Производители самолетов часто ставят у себя большие роботизированные системы, но эксплуатируют их в той ограниченной области обработки, где знают, что смогут избежать ошибок. Каждый раз, когда они хотят выйти за границы этих областей, появляется масса ограничений”, – поясняет он далее.

Г-н *Coubard* из *COMPOSITES AQUITAINE* говорит, что они, заменив свое старое программное обеспечение на *Robotmaster c Mastercam*, смогли уменьшить время программирования в два-три раза.

“*Robotmaster* позволяет нам работать [с роботами] таким же способом, как мы делали это, изготавливая детали на наших станках с ЧПУ. Поскольку *Robotmaster* тесно связан с CAD/CAM-системой *Mastercam*, мы можем быстро и просто подготовить полное 7-осевое фрезерование и сверление”, – отмечает он.

По его словам, они используют *Robotmaster* для программирования робота с 6-ю осями, установленного на рельсе. Такая роботизированная ячейка применяется для изготовления стекловолоконных деталей тепловой защиты для аэролайнера *Airbus A330* и сотовых силовых (несущих) структур для вертолета *Airbus Super-Puma MK II*.

“С помощью системы *Robotmaster* мы можем охватить мир роботов. Теперь у нас есть инструмент для получения наших композитных деталей таким же простым способом, как в случае использования станков с ЧПУ. Фактически новая функция симуляции является настолько мощной, что мы даже не задействуем все её возможности”, – говорит г-н *Coubard*.

Следует отметить, что, по его словам, без системы *Robotmaster* они, скорее всего, отказались бы от роботов и вернулись к старым методам обработки на станках с ЧПУ.

## Управляющие программы без ошибок

В исследовательском центре *AMRC* группа, которой руководит г-н *Morgan*, использует роботизацию и метрологию для разработки новых методов сборки сложных изделий для аэрокосмической и других отраслей с высокой добавленной стоимостью.

“Последние три года мы работаем с системой *Robotmaster*. Она позволяет нашим операторам и

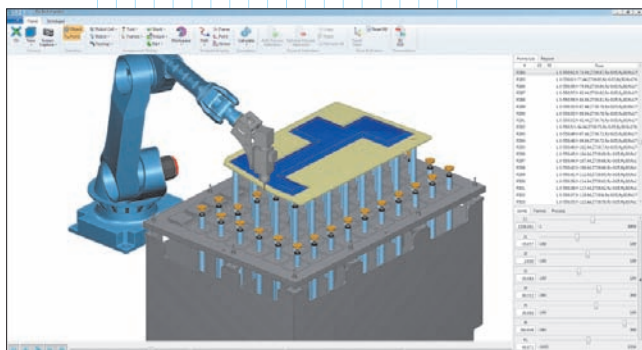


Иллюстрация любезно предоставлена компанией *Jabez Technologies Inc.*

инженерам перепрограммировать роботизированные ячейки быстро и эффективно, равно как и оптимизировать траектории. Обеспечивается великолепная гибкость и управляемость”, – говорит г-н *Morgan*.

“Это программное обеспечение особенно подходит для исследовательских задач, поскольку спектр наших работ и деталей отличается разнообразием. Мы здесь не занимаемся производством. Обычно дело ограничивается изготовлением одной, двух или трех деталей, а потом мы переходим к другим. Но аэрокосмический сектор сам по себе требует, помимо прочего, способности к реконфигурации, и мы этому соответствуем благодаря системе *Robotmaster*”, – развивает он свою мысль.

Операторы сообщают, что *Robotmaster* на 100 процентов позволяет отработать всё с первого раза без необходимости какого-либо ручного обучения робота или внесения поправок с пульта. Это простой и безошибочный способ программирования роботов – настолько простой, что его может использовать даже новичок.

Связка гибкой роботизированной ячейки с передовым программным решением *Mastercam/ Robotmaster* обеспечивает свободу использования всего рабочего пространства. То, что ранее считалось недостатком роботизированных систем – избыточная определенность системы с разными способами попадания в одну точку, теперь стало благоприятной возможностью иметь продвинутое средство оптимизации траекторий.

Роботы уже доказали свою пригодность для авиационной промышленности. Но для полной реализации их потенциала требуется применять правильное программное обеспечение. 🍷

### Послесловие от компании *COLLA*

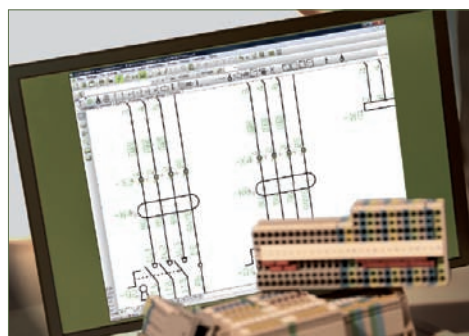
В этой статье мы видим очередное подтверждение преимуществ правильного программного обеспечения для поддержки роботизации производства. Представленные мнения специалистов высочайшего класса иллюстрируют эффективность применения связки *Mastercam + Robotmaster*, и это справедливо не только для авиапрома.

Тем читателям, для которых эта статья станет поводом задуматься о роботизации своего производства, очевидно, захочется получить более подробную информацию о возможных трудностях и программных средствах, необходимых для их преодоления. Для этого советуем покопаться в архиве журнала “*CAD/CAM/CAE Observer*” ([www.cad-cam-cae.ru](http://www.cad-cam-cae.ru)) на страницах которого мы уже много лет рассказываем об этом. Начинать, пожалуй, следует с *CAD/CAM*-системы *Mastercam*; более подробную информацию о ней можно найти на сайте [www.mastercam.ru](http://www.mastercam.ru). Система *Robotmaster*, уникальное специализированное приложение для среды *Mastercam*, обеспечивает выпуск и отладку УП для множества моделей промышленных роботов; подробно о ней рассказывается на сайте [www.robotmaster.ru](http://www.robotmaster.ru).

Следует подчеркнуть, что при наличии связки *Mastercam + Robotmaster* в вашем распоряжении будет эффективное одноплатформенное средство “двойного действия”, позволяющее подготовить УП как для станков с ЧПУ, так и для роботизированных ячеек. 🍷

## PC|SCHEMATIC AUTOMATION

### Электротехническая CAD-система по разумной цене



### PC|SCHEMATIC AUTOMATION включает:

типовой функционал электротехнической CAD;

готовые библиотеки символов, выполненных по стандартам IEC/EN для создания схем по электротехнике, электромонтажу, электронике, PLC, охранной сигнализации, EIB, компьютерным и телекоммуникационным сетям, блок-схемам, гидравлике, пневматике, строительству;

базы данных компонентов от 35 ведущих производителей – ABB, AEG, Hager, Mitsubishi, Moeller, Omron, Phoenix Contact, Allen-Bradley, Brodersen, Continental, Danfoss, Siemens, Weber and Weidmuller, Legrand, Duelco, Falcom, Rockwell Automation, Schneider Electric, Wago и других.

Более подробная информация о системе, а также список дилеров в России, СНГ и странах Балтии: [www.pcschematic.com](http://www.pcschematic.com) и [www.pcschematic.ru](http://www.pcschematic.ru)

Дистрибьютор в России и СНГ – ООО ЦОЛЛА, Москва, тел.: +495 602 4749

AUTOMATION TELE POWERDISTRIBUTION

PC|SCHEMATIC A/S Bygaden 7 4040 Jyllinge Denmark  
t: +45 4678 8244 [www.pcschematic.com](http://www.pcschematic.com)