

## ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ ДЛЯ СИМУЛЯЦИИ РАБОТЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ

**Л.А. Лоборева**

Могилевский государственный университет продовольствия, г. Могилев, Республика Беларусь

При подготовке студентов, магистрантов и аспирантов можно использовать различные универсальные или специализированные робототехнические САПР/САТПП. Наиболее известными системами являются Tecnomatix ROBCAD (другое название eM-Workplace), RobotExpert, RobotStudio, Robotmaster, CimStation, IGRIP, Robotworks, ROBOMAX, PowerMILL Robot, FAMOS robotic. В их программное обеспечение входит набор модулей для проектирования, имитации и автономного программирования отдельных роботов и производственных роботизированных систем. Пакеты дают возможность выбрать модель робота из библиотеки, сформировать его динамическую модель, смоделировать движения и обнаружить возможные столкновения. Далее результат симуляции – проверенные траектории движения – можно экспортировать в виде программного кода на языке контроллера робота.

Исходную информацию импортируют из файла САПР в нейтральном формате или с помощью трансляторов данных для файлов IGES, Parasolid, SAT (ACIS solids), AutoCAD (DXF, DWG, и Inventor TM файлы), SolidWorks, Solid Edge, STEP, EPS, CADL, STL, VRML, VDAFS, VDA, и ASCII, CATIA, Pro/E. Используя разработанные CAD-модели обрабатываемой детали, элементов ячейки и робота, можно сгенерировать перемещение робота по заданной траектории.

В программных пакетах доступна симуляция роботов основных типов, а встроенные библиотеки конфигураций роботов и оборудования позволяют выбрать:

- модель промышленных роботов популярных производителей (KUKA, ABB, Fanuc, Motoman, STÄUBLI, Hyundai, Comau, Kawasaki Robot, Nachi, Universal Robots и др.);
- навесное оборудование на манипуляторе, данные о рабочей плоскости и инструментах на навесном оборудовании, параметры выполнения рабочих и вспомогательных движений, принцип отслеживания положения основной оси инструмента;
- параметры устройств дополнительных линейных перемещений и поворотов, например в Robotmaster (приложение MasterCAM) до трех управляемых линейных направляющих и 2-осевой поворотный стол.

В PowerMILL Robot дополнительно имеется функция выбора параметров смены инструмента. ROBCAD и DELMIA в дополнение к имеющейся библиотеке промышленных роботов позволяют создавать новые модели манипуляторов и оборудования, задавая их кинематику.

При симуляции траектории движения робота, как правило, проверяется возможность его столкновения с оборудованием. Например, программа Robotmaster обнаруживает следующие критические ситуации:

- соударение рабочих частей робота и навесного оборудования (между собой, с обрабатываемой деталью, с другими элементами роботизированной ячейки);
- поворот сустава робота-манипулятора на предельную величину, исключающую дальнейшее движение;
- наличие участков вне зоны досягаемости манипулятора;
- наличие участков траектории, на которых для обеспечения постоянства скорости линейного движения инструмента скорость вращения суставов достигает предельно допустимых значений.

Средства Robotmaster позволяют подкорректировать и оптимизировать движение манипулятора, меняя поворот звена или инструмента вокруг своей оси. Пакет ROBCAD

позволяет моделировать и синхронизировать работу роботов и вспомогательного оборудования.

Иногда при отладке полезно отображать траекторию робота и инструмента пошагово, а не только непрерывно. Такая функция реализована в среде Robotmaster. При этом доступно ручное управление всеми осями робота, имеется возможность включать или выключать отображение составных элементов оборудования в роботизированной ячейке при просмотре.

Важной и удобной функцией является оптимизация подобранных траекторий. Например, в ROBCAD, RobotExpert (в составе Tecnomatix), Robotmaster (в MasterCAM), CimStation Robotics (в SILMA), MELFA-Works (в SolidWorks) имеются инструменты для разработки траектории движения и ее оптимизации. В RobotStudio инструмент отслеживания имитационного моделирования (Simulation Monitor) обеспечивает визуальный контроль оптимизации движений робота и указывает цели, которые можно оптимизировать для получения более эффективной траектории движения манипулятора.

Оценку длительности производственного цикла позволяют проводить FAMOS robotic, Deneb Robotics. Время и траекторию движения достаточно точно позволяет оценивать механизм RRS (realistic robot simulation), созданный на базе оригинального программного обеспечения контроллера робота. Этот принцип используется в RobotExpert и ROBCAD.

На заключительном этапе для подготовленных траекторий с помощью постпроцессоров могут создаваться готовые управляющие программы для реальных роботов.

ROBCAD содержит модуль OLP, способный загружать проверенную программу в контроллер робота, т.к. имеет доступ к интерфейсам большинства промышленных роботов ведущих производителей. Созданная программа учитывает реальные условия эксплуатации робота (скорости и ускорения движения робота, блокировки при входе в зоны возможного столкновения с другими роботами, окружающим оборудованием и т.д.). Модуль также позволяет импортировать программы из контроллера робота для их оптимизации и повторного использования.

В Robotmaster встроен постпроцессор, который обеспечивает выпуск управляющей программы для конкретного робота. Написанная в RobotStudio программа может без промежуточных трансляций загружаться в систему робота, благодаря технологии VirtualRobot. Ее основой является ABB VirtualController – точная копия программного обеспечения, управляющего роботизированными системами на производстве.

В пакете CimStation Robotics (CSR) технологическая программа робота создается на языке, совместимом с Karel, а в ROBOMAX на языке программирования SRCL (SiemensRobotControlLanguage).

PowerMILL Robot поддерживает G-код (команд перемещения) промышленных роботов KUKA, ABB, Fanuc, Yaskawa Motoman, Stäubli, Hyundai, Comau, Kawasaki Robot, Nachi и Universal Robots. Это позволяет не использовать программное обеспечение сторонних разработчиков для генерации управляющих программ контроллера. В PowerMILL Robot могут импортироваться управляющие программы, разработанные в других CAM-системах. Они используются для компьютерной 3D-визуализации и могут постпроцессироваться под другой тип робота.

Для расширения функциональных возможностей некоторые пакеты имеют открытый программный интерфейс, например RobotExpert и DELMIA позволяют разрабатывать собственные подключаемые модули, а для создания пользовательских приложений в CimStation Robotics предусмотрен специальный язык SIL. В RobotStudio пользователь может создавать макросы на языке VBA, а в системе ROBOMAX – программные модули на языках AutoLisp и C++.

При создании траекторий движения роботов необходимо учитывать возможность работы человека рядом или в рабочей зоне робота, т.к. операции закладки деталей, механического крепежа механизмов выполняет человек. Модуль Human в пакете ROBCAD служит для моделирования, анализа и оптимизации ручных операций. Приложение Tecnomatix Human Performance позволяет помещать в виртуальную среду биомеханически

точные цифровые манекены человека разных габаритов и анализировать их поведение. Ручные операции могут моделироваться одновременно с работой роботов и механизмов. Использование технологии цифрового манекена позволяет проверить обзорность, зоны доступности предметов, удобство их расположения, оценить вероятность травмирования людей. В Tecnomatix для симуляции ручных операций применяется модуль Process Simulate Human, который применяет технологию и цифровой манекен Jack. Для имитации и анализа эргономики и человеческого фактора в программном обеспечении Deneb Robotics используется модуль ERGO.

К достоинствам использования указанных программных пакетов при подготовке студентов, магистрантов и аспирантов можно отнести:

- ознакомление с кинематическими и динамическими особенностями роботов различных модификаций и назначения от разных производителей,
- удобство симуляции работы одного или нескольких роботов, а также человека в роботизированной зоне,
- возможность анализа и улучшения траекторий движения роботов,
- изучение языков программирования, используемых в робототехнике,
- возможность симуляции сложных роботизированных ячеек различного назначения.

К недостаткам относятся высокая стоимость лицензионных программных продуктов, сложность освоения пакетов при недостаточном количестве учебных часов, использование специализированных языков для программирования роботов, что в свою очередь требует специальных навыков и знаний.

#### Список литературы

1. Tecnomatix Программное обеспечение: [Электронный ресурс]. URL: <http://www.tecnomatix.com>.
2. Solidworks: [Электронный ресурс]. URL: <http://www.solidworks.ru>
3. Autodesk Robotics: [Электронный ресурс]. URL: <https://manufacturing.autodesk.com/solutions/robotics/index.asp>
4. RobotExpert: [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/RobotExpert>
5. Программное обеспечение Mastercam: [Электронный ресурс]. URL: [http://mastercam-russia.ru/robotmaster\\_doc\\_128.html](http://mastercam-russia.ru/robotmaster_doc_128.html)
6. Robotmaster 6.5: новый релиз ведущей системы программирования роботов на платформе Mastercam 2017: [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cadcamcae.lv/N106/80-84.pdf>
7. Robotmaster 6.3: новый релиз ведущей системы офлайн-программирования роботов на платформе Mastercam: [Электронный ресурс]. URL: [http://mastercam-russia.ru/articles/Robotmaster\\_V6.3.pdf](http://mastercam-russia.ru/articles/Robotmaster_V6.3.pdf)
8. Программное обеспечение Deneb Robotics, Inc.: [Электронный ресурс]. URL: <http://www.deneb.com>
9. Программное обеспечение DELCAM: [Электронный ресурс]. URL: [www.delcam.com](http://www.delcam.com)
10. Cimstation: [Электронный ресурс]. URL: <http://www.acel.co.uk/cimstation-robotics/>
11. Famos-robotic: [Электронный ресурс]. URL: <http://www.easy-rob.com/en/product/offline-programming/famos-robotic.html>
12. DELMIA: [Электронный ресурс]. URL: <http://www.delmia.ru>
13. Robotworks: [Электронный ресурс]. URL: <http://www.robotworks-eu.com/products/RBWabout.htm>
14. FANUC: [Электронный ресурс]. URL: [www.fanuc.eu/uk/en/robots/accessories/roboguide](http://www.fanuc.eu/uk/en/robots/accessories/roboguide)