

**Принципы построения программного пакета  
моделирования и автономного программирования  
промышленных роботов и технологического оборудования**

Кустиков А.А.

Белорусский национальный технический университет

Большинство первых промышленных роботизированных систем были заняты в процессе массового производства, а их перепрограммирование либо не требовалось, либо занимало минимум времени. Но при работе промышленного робота (ПР) в условиях средне- и мелкосерийного производства время, затрачиваемое на его перепрограммирование обучением вручную, возрастает, что заставляет обратить внимание на методики автономного программирования. Постоянный рост сложности роботизированных операций делает этот способ программирования ещё более привлекательным. К его преимуществам следует отнести следующее:

- Сокращение простоев робота и затрат времени на переналадку робототехнических комплексов (РТК) на обработку нового типа деталей;

- Повышение безопасности производства;

- Использование единой САП для различных роботов - адаптация разработанной программы для конкретного робота выполняется специальным постпроцессором;

- Интеграция САП с производственными системами автоматизированного проектирования (САПР). Это позволяет использовать технологическую информацию об обрабатываемых деталях.

Использование САП позволяет на стадии подготовки производства производить компоновку РТК для конкретного технологического процесса, производить выбор наиболее подходящего робота и вспомогательного оборудования. Также с помощью подобных систем можно определять границы рабочей зоны ПР и оптимизировать положение робота в пределах РТК для снижения затрат энергии в процессе обработки детали, уменьшения времени работы ПР в предельных режимах и повышения качества технологического процесса.

В связи с увеличением общего уровня автоматизации современного производства и использованием промышленных роботов как одного из основных средств автоматизации погрузочно-разгрузочных операций, технологических процессов сварки, окраски и сборки возникает необходимость внедрения систем автономного программирования и в нашей стране.

За рубежом в промышленном масштабе используются несколько ведущих САП, сведения о некоторых из них представлены в таблице 1.

Таблица 1

САП	Производитель	ОС	Цена
eM-Workspace (RobCad)	Tecnomatrix	Unix	80.000 €
IGRIP	Delmia	Windows Unix	100.000 €
KR-SIM	Kuka Roboter GmbH	KUKA Terminal	15.000 €
Robot-Studio	ABB	Windows	12.000 €
Workspace	Eurobtec	Windows	20.000 €
Easy-Rob	Easy-Rob	Windows	2.375 €

Как видно из таблицы 1 данные программные продукты отличаются достаточно высокой ценой. Кроме того, данные системы поставляются с минимальным набором дополнительных функций.

На кафедре робототехнических систем БНТУ была предпринята попытка создания собственной системы автономного программирования ПР, с целью создания приемлемого по качеству аналога зарубежных систем автономного программирования для нужд отечественной промышленности.

Разрабатываемая система **@Robot** предназначена для графического моделирования и автономного программирования сложных РТК с одним или несколькими промышленными роботами. Система предлагается для моделирования и разработки управляющих программ для РТК точечной и дуговой сварки, окраски, транспортных и загрузочно-разгрузочных операций.

В библиотеку системы входит набор моделей реальных промышленных роботов, также рассматривается возможность импорта файлов систем моделирования IGRIP и EASY-ROB. Пре-

дусматривается возможность создания моделей новых ПР с количеством степеней подвижности до 12. Также в системе имеется библиотека моделей рабочих инструментов и возможности создания новых инструментов. В разрабатываемой системе предусматривается моделирование различных типов основного и вспомогательного оборудования РТК, обладающих собственными степенями подвижности (конвейеры, загрузочные и накопительные устройства, станки и др.).

Программирование в системе представляет собой методику разработки управляющих программ с использованием реализуемых в реальных системах управления ПР элементарных команд – неконтролируемого движения в заданную точку рабочей зоны (планирование траектории в обобщенных координатах), прямолинейного движения и движения по дуге окружности (планирование траектории в декартовых координатах).

Графическое моделирование в системе предусматривает создание трехмерной модели РТК с использованием большого количества элементарных примитивов (параллелепипед, цилиндр, конус и т.д.) или импортируемых комплексных трехмерных моделей форматов IGRIP или STL. Подсистема визуализации построена на базе универсальной графической библиотеки OpenGL.

В системе имеется блок анализа столкновений манипулятора ПР с оборудованием РТК и другими роботами, работающий в режиме реального времени. Предусматриваются возможности импорта траекторий движения рабочего органа (РО) ПР или модели обрабатываемой детали из файлов используемых в промышленности САПР – AutoCAD, IGRIP. Исследуются возможности реализации моделирования динамики промышленного робота и оптимизации траектории движения РО с учетом динамики движения звеньев робота для уменьшения ошибок позиционирования.