

УДК 65.011.66

**ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ  
МОДЕЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ В ЛАБОРАТОРНОМ  
ПРАКТИКУМЕ ПО КУРСУ «АВТОМАТИЗАЦИЯ СРЕДСТВ  
МЕХАНИЗАЦИИ И РОБОТОТЕХНИКА»**

**Кожевников М.М., Лоборева Л.А., Господ А.В.**

Учреждение образования

«Могилевский государственный университет продовольствия»

г. Могилев, Республика Беларусь

Дисциплина «Автоматизация средств механизации и робототехника» (далее – АСМиР) относится к числу специальных дисциплин, которые закладывают основу для профессиональной подготовки квалифицированного специалиста по автоматизации технологических процессов и производств. Роль дисциплины заключается в формировании у будущих инженеров по автоматизации технологических процессов знаний и умений самостоятельно и творчески решать задачи разработки и эксплуатации систем автоматизации средств механизации и промышленных роботов. Целью преподавания дисциплины является изучение принципов построения и функционирования систем автоматизации средств механизации и промышленных роботов, знакомство с их характеристиками, а также с основными подходами к их эксплуатации.

Целью лабораторных занятий по курсу АСМиР является закрепление лекционного материала, получение навыков программирования, настройки и экспериментального исследования робототехнических систем и систем автоматизации средств механизации. Лабораторные занятия по дисциплине АСМиР в УО «МГУП» проводятся с учетом двух направлений специальности 1-53 01 01: 1-53 01 01 06 Автоматизация технологических процессов и производств (пищевая промышленность), 1-53 01 01 04 Автоматизация технологических процессов и производств (химическая промышленность). Тематика лабораторных занятий предполагает освоение методик экспериментального исследования современных промышленных

робототехнических комплексов для автоматизации технологических процессов сборки упаковки, окраски, погрузки-разгрузки продукции на предприятиях пищевой и химической промышленности. Поэтому применение современных программных средств для моделирования робототехнических комплексов в ходе проведения лабораторных занятий позволяет обеспечить существенный методический эффект.

Для решения задачи обеспечения лабораторных занятий современными программными средствами моделирования робототехнических комплексов на кафедре автоматизации технологических процессов и производств предложено специализированное программное обеспечение, основанное на оригинальных трехмерных моделях промышленных роботов производителей KUKA и FANUK разработанных в ходе выполнения научно-исследовательской работы. Предложенное программное обеспечение основано на использовании программного пакета трехмерного моделирования AUTODESK MECHANICAL DESKTOP. Разработаны и внедрены в учебный процесс методические указания к лабораторным занятиям [1], основанные на использовании технологий «игрового проектирования» и «эвристического обучения».

Предложенное программное обеспечение предназначено для изучения новых методов и алгоритмов планирования траекторий роботоманипуляторов в среде с препятствиями. Предлагаемые методы и алгоритмы в отличие от известных учитывают специфику сборочно-сварочных роботизированных комплексов, предлагаемое программное обеспечение написано на языке программирования C++ и позволяет решать задачи планирования оптимальных траекторий сборочно-сварочных роботоманипуляторов в конфигурационном пространстве и в пространстве координат технологического инструмента. Программные средства позволяют студентам моделировать движения промышленных роботов PM 01, KP125, IR 706 и ряда других роботов, а также различные роботизированные ячейки. Предлагаемый программный пакет включают в себя следующие модули:

ROBOT/ JOINT– формирование движения робота по координатам суставов с тестом столкновений и учетом технологических ограничений;

ROBOT/ WORLD– формирование движения робота в мировой системе координат с тестом столкновений и учетом технологических ограничений;

ROBOT/ TOOL – формирование движения робота в системе координат инструмента с тестом столкновений и учетом технологических ограничений;

ROBOT/ WTOOL– формирование движения робота в системе координат шва с тестом столкновений и учетом технологических ограничений;

ROBOT/ WELD– перемещение рабочей точки инструмента в заданную точку шва с тестом столкновений и учетом технологических ограничений.

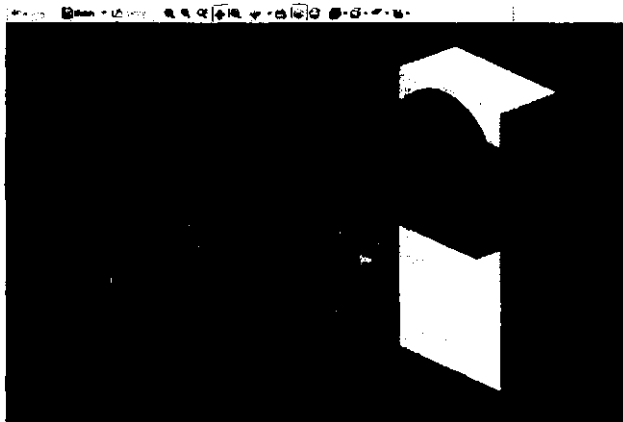
С использованием предлагаемых программных средств в настоящее время поставлены следующие лабораторные работы:

1 Создание трехмерной графической модели роботизированной ячейки с промышленными роботами PM 01, KP125 и IR 706.

2 Планирование и визуализация траектории движения роботов PM 01, KP125 и IR 706 с автоматическим тестом столкновений и учетом технологических ограничений.

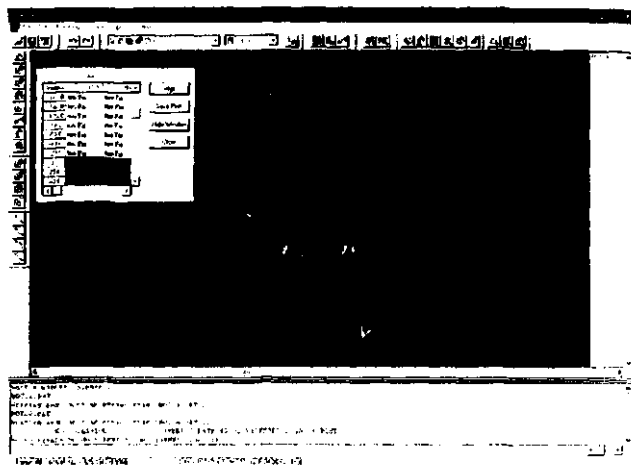
3 Составление управляющих программ для роботов PM 01, KP125 и IR 706 на технологическом языке программирования SRCL и визуализация движения роботов под управлением SRCL программы.

Пример трехмерной модели роботизированной ячейки построенной с использованием предлагаемого программного обеспечения приведен на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Трехмерная модель промышленной роботизированной ячейки**

В ходе выполнения лабораторного практикума студенты приобретают навыки программирования промышленных роботов с использованием трехмерных графических моделей, что соответствует новейшим техническим достижениям в области промышленной робототехники, изложенным в работах [2-4]. На рисунке 2 представлен пример реализации такого подхода при выполнении лабораторной работы. Меню задания технологических параметров содержит поля: seams length – текстовое поле, куда выводится информация о длине шва, обрабатываемого роботом; path from the beginning – поле задания смещения вдоль шва; offset from the seam (mm) – поле задания смещения перпендикулярно к шву со стороны подхода к нему; welding angle ALPHA (deg) – поле задания угла ориентации  $\alpha$ ; welding angle BETA (deg) – поле задания угла ориентации  $\beta$ ; welding angle GAMMA (deg) – поле задания угла ориентации  $\gamma$ , при изменении данного угла производится поиск допустимых с точки зрения достижимости и доступности конфигураций. В данном поле значение  $\gamma$  определяет некоторый средний угол, вокруг которого будет вестись поиск; GAMMA angles range (deg) – поле задания полудиапазона углов  $\gamma$ , в которых будет вестись поиск.



**Рисунок 2 – Обучение робота программным движениям в среде трехмерного моделирования**

Кнопка «Start» запускает программу поиска промежуточных точек в пространстве координат технологического инструмента и далее программу генерации движений. Результаты расчета углов ориентации по каждой из промежуточных точек  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$  выводятся в таблицы. Допустимые значения углов ориентации подсвечиваются зеленым цветом. Для позиционирования технологического инструмента в найденную промежуточную точку достаточно щелкнуть мышью по соответствующей графе таблицы. При этом технологический инструмент переместится в соответствующую промежуточную точку. Необходимо отметить, что достоинством такого подхода является возможность выполнять планирование и автономное программирование робота комбинируя режим ручного обучения по точкам с автоматическим расчетом части промежуточных точек и движений робота. Также интеграция разработанного программного обеспечения с САПР AUTODESK MECHANICAL DESKTOP позволяет эффективно использовать полученные траектории роботов для задач автономного программирования роботов.

Методическая эффективность и целесообразность применения предложенного подхода к проведению лабораторных занятий по дисциплине «Автоматизация средств механизации и робототехника» подтверждается результатами проверок качества знаний студентов в ходе экзаменов и зачетов.

#### Список литературы

1 Кожевников, М.М. Автоматизация средств механизации и робототехника. Методические указания к выполнению лабораторных работ по теме «Планирование траектории движения и программирование

промышленных роботов» для студентов специальности 1-53 01 01/ М.М. Кожевников. – Могилев: УО «МГУП», 2010. – 20 с.

2 Handbook of Industrial Robotics / ed. S.Y. Nof. – New York: John Wiley and Sons, 1999. – 1350 p.

3 Choset, H. Principles of Robot Motion: Theory, Algorithms, and Implementations / H. Choset, K. M. Lynch, S. Hutchinson, G. Kantor, W. Burgard, L. E. Kavraki, S. Thrun. – MIT Press. Boston, 2005. – 680 p.

4 LaValle, S. M. Planning Algorithms / S. M LaValle. – Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 2006. – 1023 p.