Жидченко Татьяна Викторовна
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Математика и биоинформатика»
Азово-Черноморского инженерного института –
филиала ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет», г. Зерноград, Россия
tvzh@inbox.ru

Серёгина Виктория Викторовна
Кандидат социологических наук, доцент кафедры «Математика и биоинформатика»
Азово-Черноморского инженерного института –
филиала ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет», г. Зерноград, Россия
vic.victora@yandex.ru

Удинцова Надежда Михайловна
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Математика и биоинформатика»,
Азово-Черноморского инженерного института –
филиала ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет», г. Зерноград, Россия
udinczowa@yandex.ru

Середина Марина Николаевна
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Математика и биоинформатика»,
Азово-Черноморского инженерного института –
филиала ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет», г. Зерноград, Россия
smn1472@yandex.ru

Компьютерная визуализация траекторий движения промышленного робота в САПР FreeCad

Аннотация. Статья посвящена процессу моделирования поведения робототехнических систем в виртуальной среде САПР FreeCAD. Цель – составление методики создания произвольных траекторий и траекторий по твердотельным объектам, проверка работы робота в заданной ситуации и конкретных условиях. За счёт цифровизации данных и виртуального моделирования появляется возможность протестировать поведение устройства до его физической сборки, определить слабые места в конструкции и оптимизировать алгоритмы движения.
Ключевые слова: траектория движения роботов**,** шести-осевой промышленный робот, САПР FreeCAD.

Zhidchenko Tatiana V.
Seregina Victoriya V.
Udintsova Nadezhda M.
Seredina Marina N.

Computer Visualization of Industrial Robot Motion Paths in FreeCAD

Abstract. This article focuses on the process of modeling the behavior of robotic systems in the virtual environment of FreeCAD. The goal is to develop a methodology for creating arbitrary trajectories and trajectories on solid objects, and to test the robot's performance in a given situation and under specific conditions. Data digitalization and virtual modeling make it possible to test the device's behavior before physical assembly, identify design weaknesses, and optimize motion algorithms.
Key words: robot motion path, six-axis industrial robot, FreeCAD.

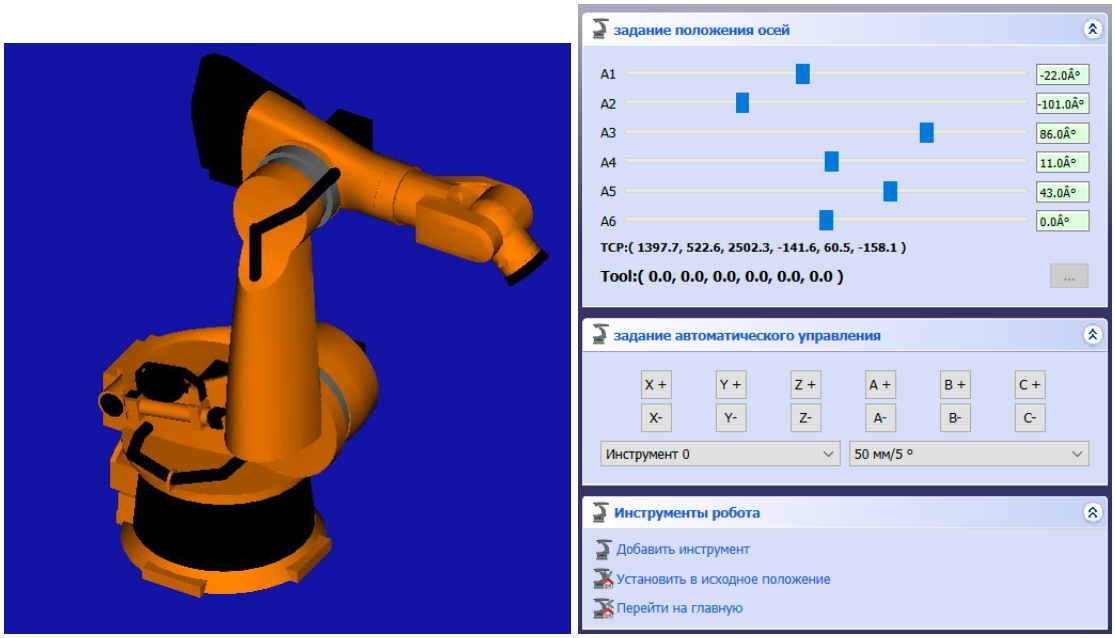
FreeCAD – параметрическая САПР общего назначения. Назначение данной программы заключается в увеличении производительности проектировщиков, инженеров, бригадиров и т. д., а также улучшения качества их работ. Это достигается раз-

ными свойствами программы, которые заменили ручную кропотливую работу карандашами и линейками, снизили количество ошибок и недочётов, устранили или сократили до минимума необходимость в создании макетов и проведении натурных испытаний. Таким образом, системы вывели проектирование на совершенно новый уровень, снизив трудозатраты и увеличив производительность труда [1].

Целью данной работы является составление методики для определения траектории движения робота с помощью верстака Robot, как набора функций FreeCAD. Верстак Robot –это инструмент для симуляции стандартного 6-осевого промышленного робота, такого как Kuka. Это серия роботов для работы в условиях технического и сельскохозяйственного производства, малярных, сварочных и погрузочно-разгрузочных работ [1–6].

Объектом исследования является модель промышленного робота-манипулятора Kuka IR500, примечательного тем, что все его движения осуществляются только за счёт относительного вращения соединений (условно называемых осями робота). Данный робот обладает максимальным для манипуляторов количеством степеней свободы – шестью. Задачей исследователя является заставить крайний элемент исполнительного механизма робота двигаться по заданной траектории [1-6] технического задания.

После запуска программного приложения FreeCAD и создания нового документа, необходимо переключиться в верстак Robot. На Комбо панели на вкладке Задачи в секции Вставить робота выбрать Kuka IR500 (рисунок 1а). После выбора робота, необходимо задать рисуемый в пространстве примитив – замкнутую [2] траекторию, состоящую из отрезков. В трёхмерном пространстве отрезки определяется тремя координатами начала и тремя координатами конца.



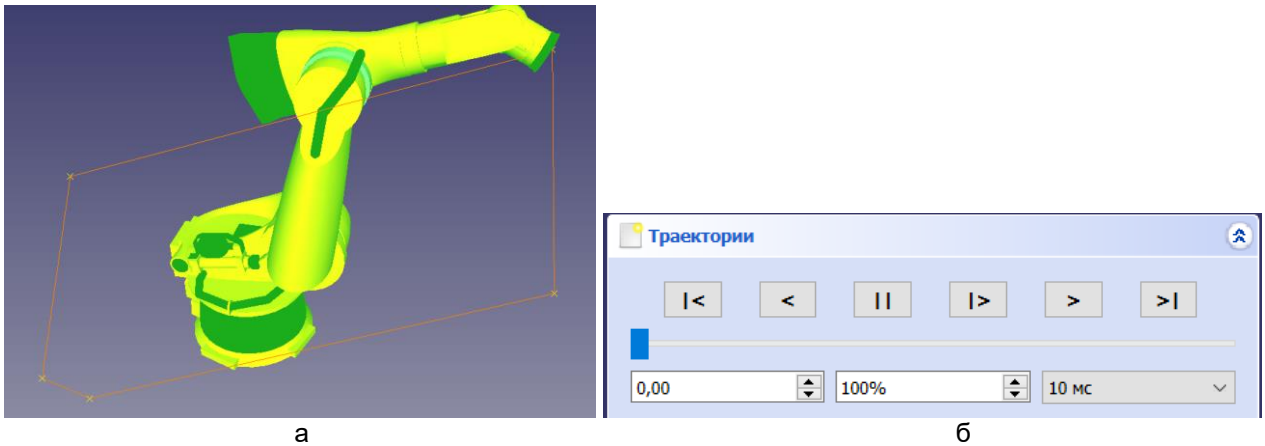
а б

Рисунок 1 – Робот Kuka IR500 (а) и начальное положение осей робота (б)

На Комбо панели также отобразится объект Robot. Выделяем объект Robot на Комбо панели. Переключаемся на вкладку Задачи, на ней расположены элементы для настройки функционирования робота: задание положения осей, задание автоматического управления, инструменты робота (рисунок 1б).

Движение каждого регулятора позволяет изменить одно из положений робота. Передвинув регулятор A1 вправо можно увидеть, что робот начнёт поворачиваться вокруг вертикальной оси. Передвигая поочерёдно остальные регуляторы A2-A6 будет соответственно меняться положение частей робота.

Для создания произвольной траектории надо переключиться на вкладку Модель и воспользоваться командой – Создать новую траекторию. Выделяем на Комбо панели обе категории Robot и Trajectory и переключаемся на вкладку Задачи, выставим положение робота регулятором A1 -18,0° и зафиксируем исходное положение активируя кнопку – Установить в исходное положение и кнопку – Вставить местоположение робота на траектории. Затем передвинем регулятор A1 вправо 73,0° и подадим команду – Вставить местоположение робота на траектории. В рабочей области CAD-окна будут появляться линии траектории движения. Регулятор A2 передвинем вправо –49,0° и установим местоположение на траектории . Повторим действия для регуляторов **A4** -69,0° , **A1** 20,0° . И затем – Перейти на главную и снова зафиксируем точку .

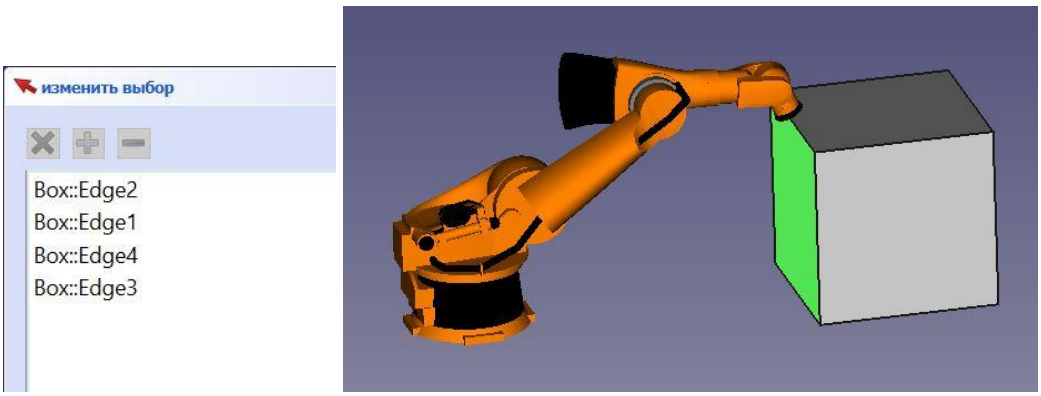


а б

Рисунок 2 – Замкнутая траектория движения робота (а) и диалоговое окно запуска движения по траектории (б)

Чтобы запустить движение робота по созданной траектории (рисунок 2а), выделим робота и траекторию, подадим команду панели инструментов – Смоделировать на траектории. В разделе Траектории включаем запуск (рисунок 2б), робот начнёт двигаться по созданной произвольной траектории.

Другой задачей моделирования движения робота является создание траектории движения по рёбрам твердотельного объекта, например, куба. Для этого нужно рядом с роботом создать твердотельный объект Куб с помощью верстака Part. Задать для куба размеры соответствующие габаритам робота. Воспользоваться на вкладке Модель командой – Создать траекторию из рёбер. Выделяем последовательно на твердотельном объекте четыре ребра фронтальной к роботу грани (рисунок 3а). После запуска робот совершает все запрограммированные движения по рёбрам выделенной грани, перемещая исполнительный механизм (рисунок 3б). При этом регуляторы задания положения осей, показанные на рисунке 1б изменяют своё положение, как при произвольной траектории, так и при движении по рёбрам грани твердотельного объекта.



а б

Рисунок 3 – Перечень рёбер (а) и движение робота по рёбрам (б)

Разработанная методика для траекторий движения роботов в симуляторе программы FreeCAD позволяет использовать её как для учебных, так и для [2–6] промышленных целей. Созданные по данной методике симуляции движения являются эффектными и наглядными, так как полностью имитируют поведение реального робота. Симуляции во FreeCAD можно с успехом использовать и для имитации движения прочих технических систем [2]. Кроме этого, в симуляторе программы FreeCAD возможно выполнять следующие работы [1–6]:

- создать среду моделирования с роботом и заготовкой;
- создать и загрузить траекторию;
- разложить часть детали САПР в траекторию;
- имитировать движение робота и его пространственные ограничения;
- экспортировать траекторию в программный файл робота.

Литература и источники

1. Губанов В.С., Харитонова А.А. Использование свободного программного обеспечения freecad в целях создания электронной образовательной среды подготовки специалистов среднего звена // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2018. – № 6. – С. 76-78.

2. Ильичев В.Ю., Суркова П.В. Создание параметрических чертежей в САПР freecad с использованием их скриптового описания на языке Python // E-Scio. – 2021. – № 10 (61). – С. 45-54.

3. Жидченко Т.В. Компьютерное проектирование: лабораторный практикум. – Зерноград: АЧИИ, 2020. – 40 с.

4. Ткаченко О.П. Вычислительное моделирование трубопровода с изломом профиля в пакете прикладных программ FreeCAD // Современные наукоемкие технологии. – 2020. – № 11-1. – С. 73-78.

5. Ukraintsev M., Zhidchenko T., Udintsova N. et al. Modeling of calculation of electric motor with phase-modulated pole-shift winding on 6/4 poles // AgroEcoInfo. – 2024. – Vol. 6. – № 66. – P. 19.

6. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2025622948 Российская Федерация. Научно-внедренческое предприятие: заявл. 17.06.2025: опубл. 10.07.2025 / Т.В. Жидченко, М.Н. Середина, Н.М. Удинцова, В.В. Серегина; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный аграрный университет».