

УДК 629.7.615.3

**Г. И. Сокол, А. А. Хорищенко, В. Ю. Лигуша,  
В. Д. Бондарь, Д. А. Никитюк**

*Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара*

## **АНИМАЦИЯ В МОДЕЛИРОВАНИИ ДВИЖЕНИЙ РОБОТА КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ ROBONAUT**

Рассмотрен кинематический анализ механизма ходовой части робота космического назначения Robonaut с использованием программного пакета «1С: Математический конструктор». Это позволило моделировать в анимации движения звеньев механизма.

**Ключевые слова:** робот космического назначения Robonaut, программный пакет «1С: Математический конструктор», анимация движений звеньев.

Розглянуто кінематичний аналіз механізму ходової частини робота космічного призначення Robonaut з використанням програмного пакета «1С: Математичний конструктор». Це дозволило моделювати в анімації рухи ланок механізму.

**Ключові слова:** робот космічного призначення Robonaut, програмний пакет «1С: Математичний конструктор», анімація рухів ланок.

The kinematic analysis of the Robonaut robot's chassis is presented by the using the "1С: Mathematical Constructor" package. This allowed modeling in the animation of the movement of the links of the mechanism.

**Keywords:** Robot space Robonaut, software package "1С: Mathematical Designer", animation of the movements of links.

### **Введение**

Проектирование и создание новых робототехнических систем невозможно без применения информационных технологий [7]. Математическое моделирование, составление кинематических схем, наглядное изображение изменений величин и направлений векторов линейных скоростей и ускорений – важный момент в проектировании роботов космического назначения [2]. При решении подобных задач для наглядного представления полученных результатов требуется использование анимации.

Целью данной работы является разработка методики, позволяющей применить программный комплекс «1С Математический конструктор» в эскизном проектировании роботов космического назначения.

### **1. Основная часть**

#### **1.1. Аналитический обзор**

Применение информационных технологий существенно изменило стиль проектирования механизмов роботов космического назначения. В современном проектировании используют программные комплексы AUTOCad и Компас [3; 4]. В [4] изложена методика использования AUTOCad в решении задачи синтеза и анализа простейших рычажных механизмов, используемых в механизмах роботов различного назначения. Но в решении задач кинематического и силового анализа используется обычный графоаналитический метод. Здесь не достигнута цель наглядного представления движения звеньев механизма в цикле с использованием анимации.

В программном комплексе Компас возможно применение анимации для наглядного представления движений звеньев, но только в случае пространственного движения.

Анимация, позволяющая воспроизвести движение звеньев в плоскопараллельном движении, здесь невозможна [3].

Программирование движений звеньев с помощью языков высокого уровня, например, Fortran, требует затрат времени на отладку программы [2; 9]. Наглядного представления о траекториях движения точек звеньев на экране дисплея пошагово во времени данная программная среда не обеспечивает. Система встроенных функций Mathcad позволяет легко выполнить дифференцирование, т.е. вычислить скорости и ускорения особых точек рычажных механизмов. Эти результаты позволяют оценить пределы досягаемости схвата и выбрать его траекторию движения. Наглядного анимационного представления траекторий движения точек звеньев, изменения величин, направления векторов скоростей и ускорений на экране дисплея данная программная среда не обеспечивает [2]. Разработка метода кинематического анализа механизмов, являющихся ходовой частью промышленных и роботов космического назначения, с использованием пакета прикладных программ «1С: Математический конструктор» является актуальной научно-прикладной задачей. Это определяет актуальность выбранной темы.

### **1.2. Постановка проблемы**

Роботы космического назначения позволяют исключить присутствие человека в сложных условиях космического вакуума. В процессе создания роботов космического назначения пришлось столкнуться с рядом проблем, которые со временем человечество смогло решить. Получен большой опыт в разработке робототехнических комплексов и автоматизации движений, что позволило увеличить продуктивность в процессе исследования космоса.

При синтезе механизма ходовой части робота составляется кинематическая схема, удовлетворяющая требуемым законам движения звеньев. В процессе синтеза решаются основные задачи:

- выбор структуры конструкции рычажного механизма;
- выбор размеров и форм звеньев;
- определение числа и вида кинематических пар, обеспечивающих требуемые законы движения звеньев;
- моделирование движений точек звеньев;
- наглядное представление на экране дисплея изменения величины и направления векторов скоростей и ускорений каждой точки звеньев за цикл работы с использованием программной среды «1С. Математический конструктор».

Появление и развитие роботов космического назначения стало одним с наибольших достижений науки и техники нескольких последних десятилетий. С появлением первых роботов космического назначения исследование космоса стало куда более продуктивным, нежели ранее. В процессе проектирования космических роботов часто используются четырёхзвенные механизмы.

### **1.3. Робот космического назначения «Robonaut»**

В качестве объекта моделирования движений в программной среде «1С. Математический конструктор» [5] выбран робот космического назначения "Робонавт 2" (Robonaut 2), движение ходовой части которого определено движением механизма шарнирного четырёхзвенника.

"Робонавт 2" – человекоподобный робот, разработанный NASA и General Motors. Он входит в новое поколение высокомобильных манипуляторов для работы в открытом космосе. Предназначением робота является предоставление помощи астронавтам при работе в открытом космосе в экстремальных условиях.

Робот может перемещать груз значительной массы с ювелирной точностью.

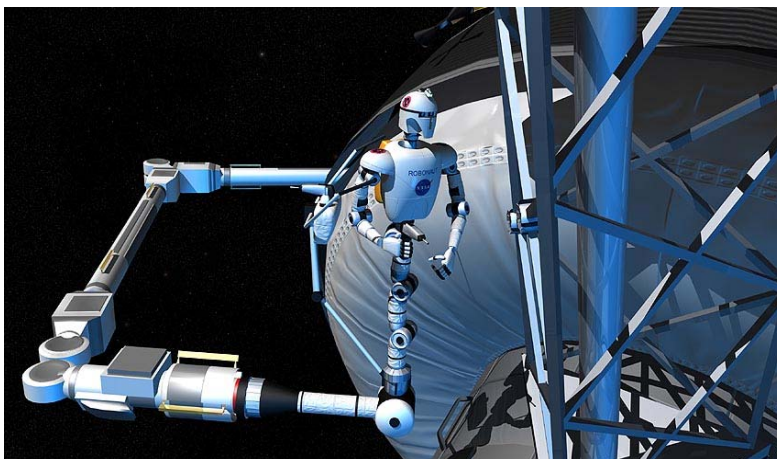


Рис. 1. Робот космического назначения Robonaut

#### **1.4. Методика применения программного пакета «1С: Математический конструктор» в проектировании робота**

Программная среда «1С: Математический конструктор» – творческая компьютерная среда, позволяющая создавать модели, объединяющие конструирование, кинематические и динамические исследования, анимационный эксперимент. Выбор для моделирования прикладных программ, заложенных в «1С. Математический конструктор», позволяет рассчитать координаты точек, принадлежащих соединительным и ведомым звеньям рычажных механизмов [8; 10]. При этом основным является изменение обобщенной координаты, то есть угла поворота ведущего звена механизма. Система встроенных функций «1С. Математический конструктор» позволяет не только вычислить скорости и ускорения особых точек рычажных механизмов по заданным траекториям их движения, но и выполнить анимацию движения звеньев. При моделировании процесса движения звеньев на экране дисплея видна анимационная картина изменения траекторий точек звеньев механизмов, а также изменение величин и направлений векторов скоростей и ускорений.

#### **1.5. Кинематическая схема и начальные условия**

При решении поставленной задачи считаются известными законы движения начальных звеньев и кинематическая схема механизма. Жесткие звенья соединены между собой кинематическими парами, преимущественно V класса. Сообразно этой структуре и определяются кинематические характеристики. В данном случае все звенья механизма шарнирный четырехзвенник соединены между собой вращательными парами.

#### **1.6. Методика проектирования звеньев механизма с использованием программ среды «1С: Математический конструктор»**

Для того чтобы задать длины звеньев, в программной среде «1С: Математический конструктор» используется меню «Основные панели и инструменты». С помощью выбора подменю инструмента «Горизонтальная прямая» строятся горизонтальные прямые, изображающие звенья. Для выбора длин звеньев используется инструмент «Построить отрезок». В этой операции может быть использован также инструмент «Скрыть / показать объект», если какие-то из отрезков не требуется показывать в процессе дальнейшего

моделирования. Толщина отрезков варьируется выбором нужного типа линий из выпадающего списка в меню на панели справа.

Для облегчения техники построения каждое звено механизма изображается радиусом некоторой окружности. Центр окружности задается опцией «Построить точку». Отрезки, изображающие звенья, на концах обозначаются точками. Для этого используется режим «Редактирование названия точки». Если в обозначении точки используется числовой индекс, то число, введенное после буквы, автоматически примет позицию нижнего индекса. Операция обозначения точек сопровождается нажатием клавиши Enter.

Рассмотрим меню «Основные панели и инструменты» (рис. 2).

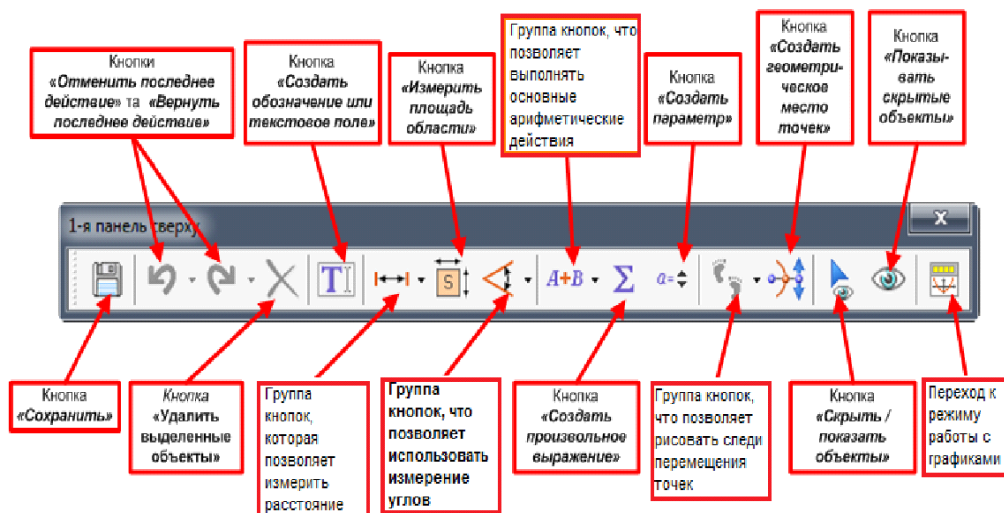


Рис. 2. Основные панели и инструменты

Описанные операции используются в следующем порядке. Выбирается место на поле чертежа для начальной точки, проставляется обозначение. Например, точка  $O$  определит положение кривошипа (рис. 2).

Из точки  $O$ , как из центра, строится окружность радиусом, равным длине кривошипа  $OA$ . Для этого используется инструмент «Построить окружность по центру и отрезку-радиусу». Построенная окружность будет траекторией движения точки  $A$ .

Далее строится второе звено механизма шатун. Для этого из точки  $A$ , как из центра, строится окружность радиусом, равным длине шатуна  $AB$ .

Повторяем действия для каждого звена механизма (для того чтобы это сделать быстрее, нужно создать сразу несколько горизонтальных линий, затем все их выделить и нажать кнопку «Построить точку», построить сразу несколько точек). Процедура аналогична описанной выше.

Если необходимо заменить буквы на отрезках на схеме механизма, то для этого нужно дважды кликнуть на эти точки. Появится режим редактирования названия точки. Далее необходимо ввести новое название точки и нажать Enter. Таких точек может оказаться несколько. Поэтому оставляем только те, что подходят к геометрии задачи. Другие удаляем.

На рис. 3 приведены отрезки, изображающие звенья механизма.

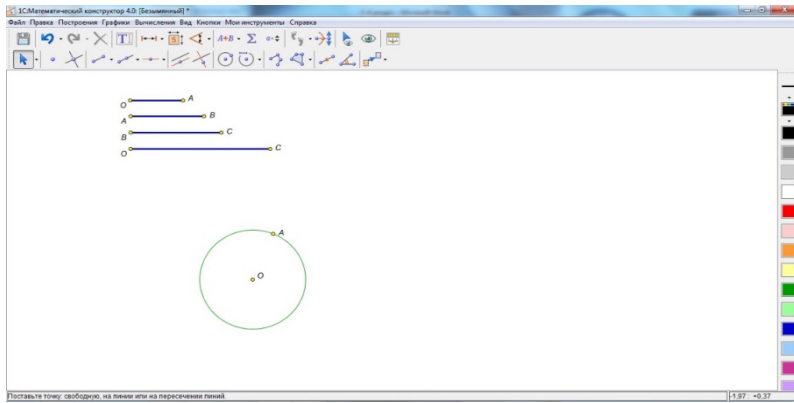


Рис. 3. Звенья механизма

### Анимация.

Для запуска построения анимации используется адрес «Кнопки → Анимация» [7]. Создадим кнопку для анимации движения механизма. Необходимо выбрать пункт меню, указать точку, движение которой будет задано. Это точка A. Выбор точки закрепляется нажатием левой кнопкой мыши в нужном месте.

Кликаем правой кнопкой мыши на только что созданной кнопке и выбираем в контекстном меню пункт «Свойства объекта». Откроется окно, где можно изменить настройки анимации. Рекомендуется тот код, который находится в окне, скопировать в специальную кнопку для анимации. На рис. 4 изображена панель справки, а на рис. 5 – основная панель инструментов. На рис. 6 изображена анимация в одном из застывших положений.

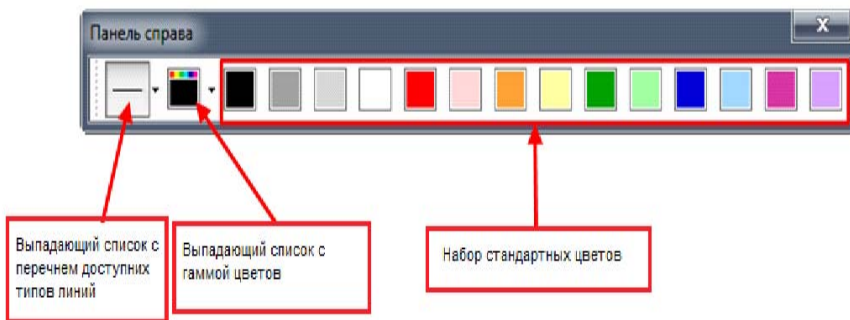


Рис. 4. Панель справки



Рис. 5. Панель инструментов

По такому же принципу строятся восемь положений механизма. Имеется возможность скрыть траектории движения механизма. Эта операция производится нажатием кнопки «Показать / скрыть доп. построения».

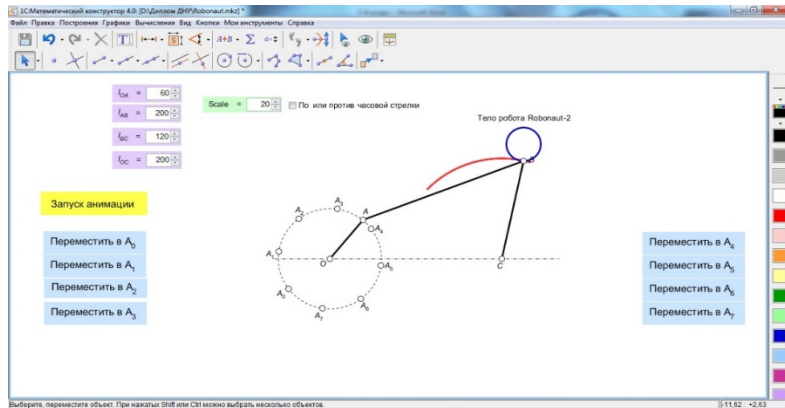


Рис. 6. Основная панель инструментов

### Заключение.

1. Показаны новые возможности пакета прикладных программ «1С: Математический конструктор». Разработанная методика построений позволяет применить его в робототехнике и эффективно решать класс задач по моделированию движений звеньев робота в анимации.
2. Приведена методика применения программы «1С: Математический конструктор» для построения анимации движения механизма ходовой части для робота космического назначения Robonaut.

### Библиографические ссылки

1. Ащепкова Н. С. Моделирование и кинематический анализ кривошипно-шатунного механизма / Н. С. Ащепкова // Вестник НТУ “ХПИ”. Серия: Информатика и моделирование. 2014. – № 23. – С. 53–60.
2. Горелик А. М. Эволюция языка программирования Фортран (1957–2007) и перспективы его развития / А. М. Горелик // Вычислительные методы и программирование. – 2008. – Т. 9. – С. 53–71.

3. **Слепова С. В.** Система автоматизированного проектирования Компас-3D : мультимедийный курс лекций / С. В. Слепова, М. А. Шахина. – 2010. – 312 с.
4. **Сокол Г. І.** Проектування плоских важільних механізмів з використанням AUTOCad : навч. посібник / Г. І. Сокол, В. С. Дудников. – Дніпропетровськ : Поліграфія, 2014. – 208 с.
5. Пакет прикладных программ «1С: Математический конструктор» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://obr.1c.ru/educational/uchenikam/mathkit/>.
6. **Півняк Г. Г.** Тлумачний словник з інформатики / Г. Г. Півняк, Б. С. Бусигін, М. М. Дівізінюк та ін. – Дніпропетровськ : Нац. гірнич. ун-т, 2008. – 599 с.
7. **Gomberg B. N.** Simulation Modelling of a High Speed Tracked Vehicle with Electric Speed Transmission / Gomberg B. N., Kondakov, S. V., Nosenko, L. S. and Pavlovskaya O. O. Bulletin of South Ural State. – Т. 37(296), 2012. – Р. 73–81.
8. Ltd. “1С: Publishing” (2010), “Application package “1С: Mathematical designer”, available at: <http://obr.1c.ru/educational/uchenikam/mathkit/>.
9. **Nemnyugin S. A.** Fortran in tasks and examples, BKHV – St. Petersburg, 2016. – 496 p.
10. Stéphane, Guérard, Christoph, Bode and Robin, Gustafsson. Turning Point Mechanisms in a Dualistic Process Model of Institutional Emergence: The Case of the Diesel Particulate Filter in Germany, SAGE Journal, Organization Studies, First published on April 25. – 2013. – May, 34. – P. 781–822.

*Надійшла до редакції 15.04.2017*

**УДК 621.983.5**

**Ю. А. Шашко, О. В. Кулик, М. М. Убизький**

*Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара*

## **ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ РОТАЦІЙНОГО РОЗКОЧУВАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ ДНИЩ ПАЛИВНИХ БАКІВ РАКЕТ-НОСІЇВ**

Наведено результати науково-дослідної роботи, головним завданням якої була розробка порівняльного аналізу перспективного методу ротаційного розкочування крупногабаритних оболонок днищ баків РН та його переваги в порівнянні з іншими методами. Порівняльний аналіз проводився методом виготовлення оболонок днищ за такими критеріями: технологічність, простота оснащення, кількість операцій, простота переналадки і КВМ % (коефіцієнт використання матеріалу). Наведено результати порівняльного аналізу з результатами відповідних розрахунків, які базуються на існуючому технологічному процесі витягування оболонок днищ та розробленому технологічному процесі ротаційного розкочування напівсферичних оболонок. Основою для останнього ТП став технологічний процес витяжки оболонок днищ на гідравлічних штампах, оскільки сутність даних процесів схожа між собою.

***Ключові слова:** технологічність, оснащення, оболонка днища, метод ротаційного розкочування.*

---

© Ю. А. Шашко, О. В. Кулик, М. М. Убизький, 2017