

Г.И. СОКОЛ, д-р техн. наук, проф., Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара, Днепропетровск,

О.П. ЮШКЕВИЧ, канд. техн. наук, доц., Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара, Днепропетровск,

А.А. ХОРИЩЕНКО, асс., Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара, Днепропетровск,

В.С. ТКАЧУК, студ., Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара, Днепропетровск,

А.И. ЛАПИК, студ., Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара, Днепропетровск

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ И КОСМИЧЕСКИХ РОБОТОВ В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ "1С. МАТЕМАТИЧЕСКИЙ КОНСТРУКТОР"

Рассмотрен кинематический анализ механизма ходовой части робота в виде кривошипно-ползунного механизма с использованием пакета "1С: Математический конструктор". Это позволило моделировать в анимации движения звеньев механизма и наглядно изобразить векторы скоростей и ускорений точек звеньев. Ил.: 4. Библиогр.: 9 назв.

Ключевые слова: моделирование, кинематический анализ, векторы скоростей и ускорений, "1С: Математический конструктор", анимация, робот.

Постановка проблемы. Создание новых робототехнических систем в современном мире немислимо без применения информационных технологий. Последние пол столетия информационные технологии активно развиваются как сами по себе, так и в применении к технике [1 – 9]. Применение математического моделирования при составлении кинематических схем, а также для наглядного изображения изменений величин и направлений векторов линейных скоростей и ускорений – очень важный момент в проектировании промышленных роботов (ПР) и роботов космического назначения [2, 3]. Здесь требуется не только большая вычислительная работа, но использование анимации для наглядного представления полученных результатов.

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

- выбор структуры, т.е. построение 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 величин и направлений векторов скоростей и ускорений каждой точки звеньев за цикл работы с использованием программной среды. В настоящее время отсутствуют программные комплексы, обеспечивающие решение вышеуказанных задач, что требует их доработки с целью решения актуальных задач, возникающих при проектировании роботов.

Анализ литературы. Применение информационных технологий существенно изменило стиль проектирования механизмов ПР. В современном проектировании используют программные комплексы AUTOCad и Компас [4, 5]. 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 [5].

Программирование движений звеньев с помощью языков высокого уровня, например, Fortran, требует дополнительных знаний, опыта и затрат времени на отладку программы [6]. 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 и изменения величин и направления векторов скоростей и ускорений на экране дисплея во времени данная программная среда не обеспечивает [2, 3].

Программная среда "1С: Математический конструктор" [7] – творческая компьютерная среда, позволяющая создавать модели, объединяющие конструирование, динамическое исследование, анимационный эксперимент.

Прикладные программы, заложенные в "1С: Математический конструктор", позволяют рассчитать координаты точек, принадлежащих соединительным и ведомым звеньям рычажных механизмов. При этом основным является изменение обобщенной координаты, то есть угла поворота ведущего звена механизма [7]. 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 видна анимационная картина изменения траекторий,

величин и направлений векторов скоростей и ускорений точек звеньев механизмов. Эти результаты позволяют оценить пределы досягаемости схвата робота и выбрать допустимую траекторию его движения.

В связи с этим разработку метода кинематического анализа механизмов, являющихся ходовой частью промышленных и роботов космического назначения, целесообразно выполнять с использованием пакета прикладных программ "1С: Математический конструктор".

Цель статьи – расширение возможностей программного пакета "1С: Математический конструктор" для кинематического анализа механизмов промышленных и космических роботов и для создания анимации движений звеньев механизмов.

Общая часть. Для программного пакета "1С: Математический конструктор" разработана методика кинематического анализа роботов и создания анимации движения звеньев. Продемонстрируем ее на примере анализа кривошипно-шатунного механизма. При этом будем полагать, что известны 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. При этом моделирование движения точек звеньев, изменение их скоростей и ускорений во времени отображаются наглядно на дисплее компьютера.

На рис. 1 – 4 показано выполненное моделирование движения кривошипно-ползунного механизма в нескольких положениях. Крайнее начальное положение 1 механизма (рис. 1).

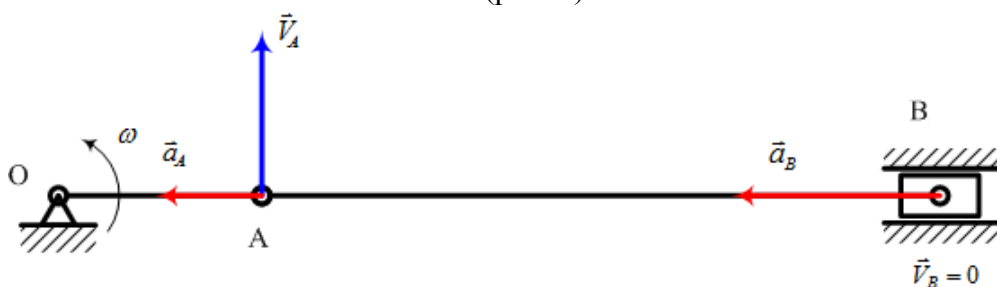


Рис. 1. Положение 1

При движении точки A по окружности скорость V_A постоянна, направлена в сторону вращения начального звена кривошипа. Скорость точки B обозначена V_B . В начальном положении (которое называется еще и "мертвым") эта скорость равняется 0.

Промежуточное положение 2 рабочего хода (см. рис. 2).

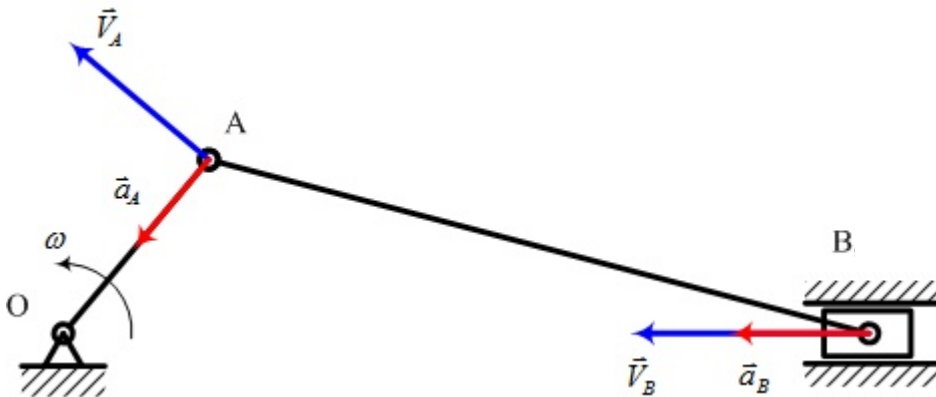


Рис. 2. Промежуточное положение 2

Скорость V_A постоянна, направлена в сторону вращения начального звена кривошипа. Скорость V_B уже не равна 0, направлена вдоль движения ползуна. Ускорение a_B направлено влево и совпадает с направлением скорости V_B . Движение ползуна равноускоренное. Положение 3 конца рабочего хода (см. рис. 3).

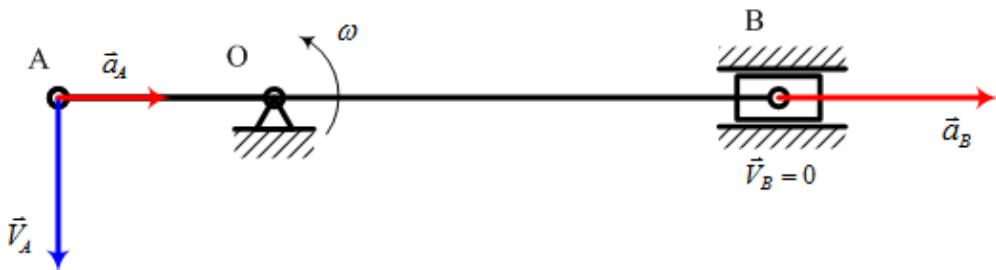


Рис. 3. Положение 3 конца рабочего хода

Скорость V_A постоянна. Скорость V_B в конечном положении (которое называется также "мертвым") равняется 0. Ускорение a_B направлено вправо и имеет максимальное по величине значение. Промежуточное положение 4 холостого хода (см. рис. 4).

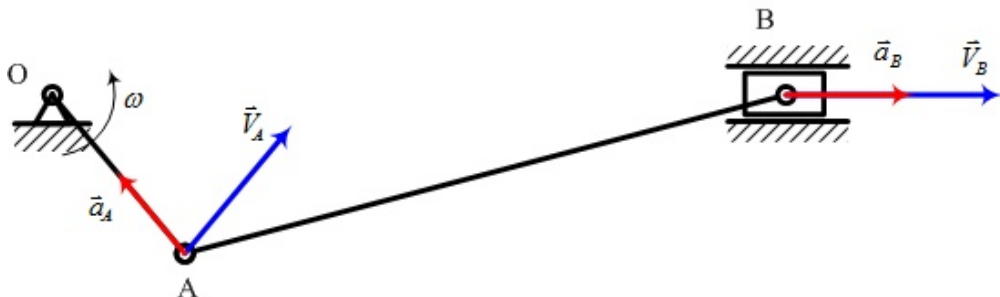


Рис. 4. Промежуточное положение 4 холостого хода

Скорость V_A постоянна. Скорость V_B , уже не равна 0, направлена вдоль движения ползуна. Ускорение a_B направлено влево и совпадает с направлением скорости V_B . Движение ползуна равноускоренное

Видно, что анимация позволяет наглядно продемонстрировать равноускоренные и равнозамедленные движения ползуна.

Выводы. Предложенная методика использования пакета прикладных программ "1С: Математический конструктор" позволяет применить ее при синтезе механизмов промышленных и космических роботов и эффективно решать задачи моделирования движений звеньев различных механизмов проектируемых изделий.

Список литературы: 1. Півняк Г.Г. Тлумачний словник з інформатики / Г.Г. Півняк, Б.С. Бусигін, М.М. Дівізінюк, О.В. Азаренко, Г.М. Коротенко, Л.М. Коротенко. – Дніпропетровськ: Нац. Гірнич. Ун-т, 2008. – 599с. 2. Ащепкова Н.С. Математическая модель движения космического аппарата с манипулятором / Н.С. Ащепкова, Ю.Д. Шептун. Космічна наука та технологія. – 1997. – Т. 3. – № 5/6. – С. 34-42. 3. Ащепкова Н.С. Моделирование и кинематический анализ кривошипно-шатунного механизма / Н.С. Ащепкова // Вестник НТУ "ХПИ". Серия: Информатика и моделирование. – Харьков: НТУ "ХПИ". – 2014. – № 23. – С. 53-60. 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. Слепова С.В. Система автоматизированного проектирования Компас-3D (мультимедийный курс лекций) / С.В. Слепова, М.А. Шахина, Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 3-2. – С. 207-208. 6. Немнюгин С.А. Фортран в задачах и примерах / С.А. Немнюгин. – Петербург: БХВ, 2016. – 496 с. 7. Пакет прикладных программ "1С: Математический конструктор" [Электронная версия] <http://obr.1c.ru/educational/uchenikam/mathkit/>. 8. Голберг Б.Н. Имитационное моделирование движения быстроходной гусеничной машины с электрической трансмиссией / Б.Н. Голберг, С.В. Кондаков, Л.С. Носенко, О.О. Павловская // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. Южно-Уральск: Южно-Уральский государственный университет. – 2012. – Т. 37 (296). – С. 73-81. 9. Stéphane Guéard. Turning Point Mechanisms in a Dualistic Process Model of Institutional Emergence: The Case of the Diesel Particulate Filter in Germany / Stéphane Guéard, Christoph Bode, Robin Gustafsson. SAGE Journal, Organization Studies – 2013. – P. 781-822.

References:

1. Pivnyak, G.G., BusigIn, B.S., Divizinyuk, M.M., Azarenko, O.V., Korotenko, G.M. and Korotenko L.M. (2008), *Dictionary of Informatics*, National Mining University, Dnipropetrovsk, 599 p.
2. Aschepkova, N.S. and Sheptun, Yu.D. (1997), "The mathematical model of motion of the spacecraft with manipulator", *Space Science and Technology*, Vol. 3, No. 5/6, pp. 34-42.
3. Aschepkova, N.S. (2014), "Modelling and kinematic analysis of the crank mechanism", *Herald of NTU "KhPI", Informatics and Modeling*, No. 23, pp. 53-60.
4. Sokol, G.I. and Dudnikov, V.S. (2014), *Designing of flat lever mechanisms using AUTOCad, textbook*, Poligrafiya, Dnipropetrovsk, 208 p.
5. Slepova, S.V. and Shahina, M.A. (2014), "Computer-aided design Kompas-3D (multimedia lectures)", *International Journal of Applied and Basic Research*, No. 3-2, pp. 207-208.
6. Nemnyugin, S.A. (2016), *Fortran in tasks and examples*, BKHV, St. Petersburg, 496 p.

7. Ltd. "1C: Publishing" (2010), "Application package "1C: Mathematical designer", available at: <http://obr.1c.ru/educational/uchenikam/mathkit/>.
8. Gomberg, B.N., Kondakov, S.V., Nosenko, L.S. And Pavlovskaya O.O., (2012), "Simulation Modelling of a High Speed Tracked Vehicle with Electric Speed Transmission", *Bulletin of South Ural State*, Vol. 37 (296), pp. 73-81.
9. Stéphane, Guérard, Christoph, Bode and Robin, Gustafsson. (2013), "Turning Point Mechanisms in a Dualistic Process Model of Institutional Emergence: The Case of the Diesel Particulate Filter in Germany", *SAGE Journal, Organization Studies*, Vol. 34, pp. 781-822.

Поступила (received) 15.03.2016

Статью представила д-р техн. наук, проф. ДНУ имени Олеся Гончара Калинина Н.Е.

Galyna Ivanovna Sokol, Dr. Sci. Tech.
Oles Honchar Dnipropetrovsk National University
Shosse Zaporozhskoye, H. 4, Dep. 287, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49107
Tel. (056) 743 34 26 E-mail : gsokol@ukr.net
ORCID orcid.org/0000-0002-6183-9155

Oleg Pavlovich Yushkewych, Cand. Sci. Tech.
Oles Honchar Dnipropetrovsk National University
Str. Chernishevsky, H. 21, Dep. 13, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49000
Tel. 066 775 37 58 E-mail : E.Yushkevich@i.ua

Oleksandr Lapik, Student
Oles Honchar Dnipropetrovsk National University
Str. Mandrikovsrya, H. 173, Dep. 179, Dnepropetrovsk, Ukraine, 49107
Tel. (056) 36 87 49 E-mail : sasha_lapik@mail.ru

Tkachuk Vladislav Sergeyevich, Student
Oles Honchar Dnipropetrovsk National University
Str. Kotlyarevsky, H. 11a, Dep. 44, Dnepropetrovsk, Ukraine, 49000
Tel. (056) 753 95 09 E-mail : vladtkachuk5173@gmail.com
ID orcid.org/0000-0002-2071-7995

Khorischenko Oleksandr, Assistant
Oles Honchar Dnipropetrovsk National University
Ave Gagarin, 72, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010
Tel. (056) 373 12 60 E-mail : vladtkachuk5173@gmail.com
ORCID ID: 0000-0002-5191-617X

УДК 629.7.615.3

Моделювання механізмів промислових і космічних роботів в програмному середовищі "1С. Математичний конструктор" / Сокол Г.І., Юшкевич О.П., Хоріщенко О.А., Ткачук В.С., Лапик А.І. // Вісник НТУ "ХПІ". Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПІ". – 2016. – № 21 (1193). – С. 128 – 134.

Розглянутий кінематичний аналіз механізму ходової частини робота у вигляді кривошипно-повзунного механізму з використанням пакету «1С: Математичний конструктор». Це дозволило моделювати в анімації рухи ланок механізму і наявно показати вектори швидкостей та прискорень точок ланок. Ил.: 4. Библиогр.: 9 назв.

Ключові слова: моделювання, кінематичний аналіз, вектори швидкості та прискорення, "1С. Математичний конструктор", анімація, робот.

УДК 629.7.615.3

Моделирование механизмов промышленных и космических роботов в программной среде "1С. Математический конструктор" / Сокол Г.И., Юшкевич О.П., Хорищенко А.А., Ткачук В.С., Лапик А.И. // Вестник НТУ "ХПИ". Серія: Інформатика и моделирование. – Харьков: НТУ "ХПИ". – 2016. – № 21 (1193). – С. 128 – 134.

Рассмотрен кинематический анализ механизма ходовой части робота в виде кривошипно-ползунного механизма с использованием пакета "1С: Математический конструктор". Это позволило моделировать в анимации движения звеньев механизма и наглядно изобразить вектора скоростей и ускорений точек звеньев. Ил.: 4. Библиогр.: 9 назв.

Ключевые слова: моделирование, кинематический анализ, векторы скоростей и ускорения, "1С. Математический конструктор", анимация, робот.

УДК 629.7.615.3

Modelling of mechanisms of industrial robots and space in the software environment of "1С. Mathematical designer" / Sokol G.I., Yushkevich O.P., Khorischenko O.A., Tkachuk V.S., Lapik A.I. // Herald of the National Technical University "KhPI". Subject issue: Information Science and Modelling. – Kharkov: NTU "KhPI". – 2016. – № 21 (1193). – P. 128 – 134.

Kinematic analysis of the mechanism chassis robot as a slider-crank mechanism with the package "1С: Mathematical designer" is showed. This has allowed simulate movement in the animation links of the mechanism and visually depict the vectors of velocities and the accelerations of links points. Figs.: 4. Refs.: 9 titles.

Keywords: modelling, kinematic analysis, vectors of velocities and the accelerations, "1С. Mathematics Designer", animation, robot.