



## ЛІТЕРАТУРА

1. Lenski G.E. Power and Privilege. New York: McGraw-Hill, - 1966, - p.236.
2. Amy Stark. Social Media is a waste of time – Part Deux. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://starkrealitycheck.com/social-media-is-a-waste-of-time-part-deux/>.
3. Дані соц. досліджень виконаних студентами під керівництвом Чернової Л.Є. у ДВНЗ « Придніпровська ДАБА» у 2008-2014рр.
4. Influence of the cultural origin on the learning behaviour of students / International survey. /Автор та керівник проф. Шушан Ковальські. Університет прикладних наук. Кельн. Германія - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.susann-kowalski.de>.
5. Ковальські С., Кемпер Н. Создание межвузовских структур поддержки для внедрения, распространения и развития E-Learning в университете прикладных наук. Кельна. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.susann-kowalski.de>.
6. Брэдберри Р.451° по Фаренгейту - [Электронный ресурс] - Режим доступу: <http://lib.ru/INOFAANT/BRADBURY/farengajt.txt>.

УДК 621.01

## КИНЕМАТИКА ПЛОСКИХ МЕХАНИЗМОВ В ПРОГРАММЕ MATHCAD С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ КОМПЛЕКСНЫХ ЧИСЕЛ

И.Н. Мацюк<sup>1</sup>, Э.М. Шляхов<sup>2</sup>, Н.В. Зима<sup>3</sup>

<sup>1</sup>кандидат технических наук, доцент кафедры основ конструирования механизмов и машин, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина, e-mail: [shlyahove@nmu.org.ua](mailto:shlyahove@nmu.org.ua)

<sup>2</sup>доцент кафедры основ конструирования механизмов и машин, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина, e-mail: [shlyahove@nmu.org.ua](mailto:shlyahove@nmu.org.ua)

<sup>3</sup>инженер, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина, e-mail: [shlyahove@nmu.org.ua](mailto:shlyahove@nmu.org.ua)

**Аннотация.** Рассмотрено исследование кинематики плоского механизма второго класса в программе Mathcad на основе представления векторов комплексными числами в показательной форме. Прием рекомендуется к использованию в учебной работе при выполнении студентами домашних заданий и курсовых проектов по ТММ.

*Ключевые слова:* Mathcad, плоский механизм, кинематика, вектор, комплексное число.



## KINEMATICS OF PLANAR MECHANISMS IN MATHCAD PROGRAM USING THE THEORY OF COMPLEX NUMBERS

I.N. Matsyuk<sup>1</sup>, E.M. Shlyahov<sup>2</sup>, N.V. Zima<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ph.D., Associate Professor of Machinery Design Bases Department, State Higher Educational Institution "National Mining University", Dnepropetrovsk, Ukraine, e-mail: [shlyahove@nmu.org.ua](mailto:shlyahove@nmu.org.ua)

<sup>2</sup>Associate Professor of Machinery Design Bases Department, State Higher Educational Institution "National Mining University", Dnepropetrovsk, Ukraine, e-mail: [shlyahove@nmu.org.ua](mailto:shlyahove@nmu.org.ua)

<sup>3</sup>Engineer, State Higher Educational Institution "National Mining University", Dnepropetrovsk, Ukraine, e-mail: [shlyahove@nmu.org.ua](mailto:shlyahove@nmu.org.ua)

**Abstract.** The kinematics of the second class planar mechanism in the program Mathcad is researched. The method is based on vectors, which are represented as complex numbers in exponential form. The approach is recommended to apply during student's homework and course projects of Theory of Mechanisms and Machines.

*Keywords: Mathcad, flat rod mechanisms, kinematics, vector, complex number.*

**Введение.** Представление двумерных векторов комплексными числами известно давно и используется в механике при изучении движения плоских тел. В качестве примера можно сослаться на [1, 2].

Развитие компьютерной техники и появление мощных математических программ, в которых имеется возможность оперировать с комплексными числами, способствовало возрождению интереса к данному приему.

Широко применяемая в настоящее время для исследования механизмов программа Mathcad [3-7], имеет достаточно мощный аппарат для операций с комплексными числами и с успехом может быть использована в данном контексте.

**Цель работы.** Показать, что представление векторов комплексными числами и исследование кинематики плоских механизмов на этой основе обладает определенными преимуществами по сравнению с другими способами решения этой задачи.

**Материал и результаты исследований.** Итак, покажем этот подход на примере плоского стержневого четырехзвенника, кинематика которого была рассмотрена ранее в программе Mathcad на основе решения уравнений, включающих векторы в классическом их представлении [3]. Схема механизма изображена на рис. 1,а. Размеры звеньев:  $l_{AB} = 0,1 \text{ м}$ ;  $l_{BC} = 0,3 \text{ м}$ ;  $l_{CD} = 0,25 \text{ м}$ ;  $l_{AD} = 0,2 \text{ м}$ . Кривошип вращается с постоянной угловой скоростью  $\omega_1 = 10 \text{ с}^{-1}$ . Векторная интерпретация звеньев механизма представлена на рис. 1,б.



Уравнение замкнутости для контура ABCD имеет вид

$$l_1 + l_2 = l_0 + l_3.$$

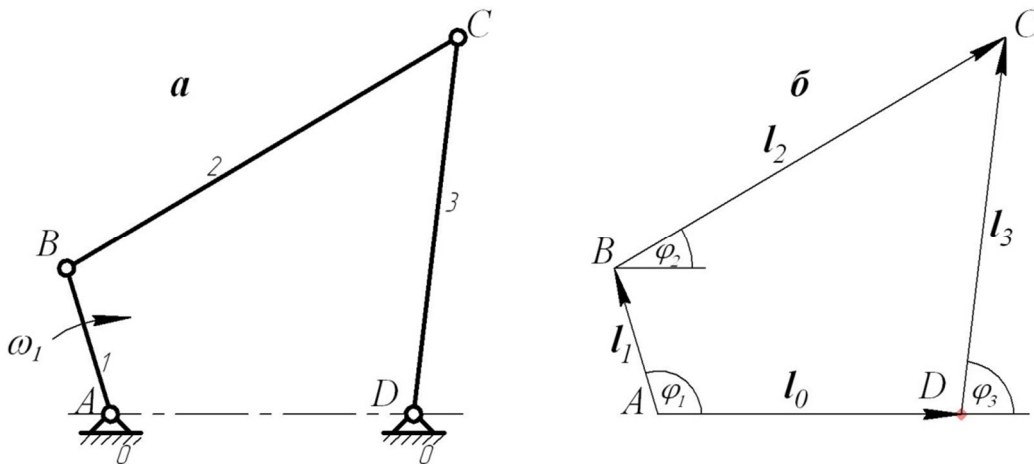


Рис. 1. – Шарнирный четырехзвенник: а – схема; б – векторная интерпретация звеньев механизма

Каждый из векторов  $l_n$  представим в виде комплексного числа в показательной форме

$$l_n = l_n \cdot e^{i\varphi}.$$

В программе Mathcad это будет записано так

$$l_n := l_n \cdot \exp(i \cdot \varphi).$$

Для упрощения записи векторов обозначим

$$l_1 = l_{AB}; l_2 = l_{BC}; l_3 = l_{CD}; l_0 = l_{AD}.$$

Приняв в качестве обобщенной координаты механизма угол  $\varphi_1 = \frac{\pi}{6}$ , найдем углы, определяющие положения звеньев 2 и 3, с помощью решающего блока Given-Find. Соответствующий фрагмент документа Mathcad приведен ниже.

$$\begin{aligned} l_{AB} &:= 0.1 \text{ i} & l_{B\tilde{N}} &:= 0.3 \text{ i} & l_{\tilde{N}D} &:= 0.25 \text{ i} & l_{AD} &:= 0.2 \text{ i} \\ l_1 &:= l_{AB} & l_2 &:= l_{B\tilde{N}} & l_3 &:= l_{\tilde{N}D} & l_0 &:= l_{AD} & \varphi_1 &:= \frac{\pi}{6} \\ \varphi_2 &:= 1 & \varphi_3 &:= 1 & \text{Given} & & \varphi_3 &< \pi \\ l_1 \cdot \exp(i \cdot \varphi_1) + l_2 \cdot \exp(i \cdot \varphi_2) &= l_0 + l_3 \cdot \exp(i \cdot \varphi_3) \\ \begin{pmatrix} \varphi_2 \\ \varphi_3 \end{pmatrix} &:= \text{Find}(\varphi_2, \varphi_3) & \begin{pmatrix} \varphi_2 \\ \varphi_3 \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} 31.01 \\ 54.91 \end{pmatrix} \text{ deg} \end{aligned}$$

Условие  $\varphi_3 < \pi$  в решающем блоке соответствует так называемой верхней сборке четырехзвенника. Изменив это условие на  $\varphi_3 > \pi$ , получим решение для нижней сборки.



$$\phi_2 := 1 \quad \phi_3 := 1 \quad \text{Given} \quad \phi_3 > \pi$$

$$l_1 \cdot \exp(i \cdot \phi_1) + l_2 \cdot \exp(i \cdot \phi_2) = l_0 + l_3 \cdot \exp(i \cdot \phi_3)$$

$$\begin{pmatrix} \phi_2 \\ \phi_3 \end{pmatrix} := \text{Find}(\phi_2, \phi_3) \quad \begin{pmatrix} \phi_2 \\ \phi_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 281.4 \\ 257.51 \end{pmatrix} \text{deg}$$

Схема механизма с нижней сборкой представлена на рис. 2.

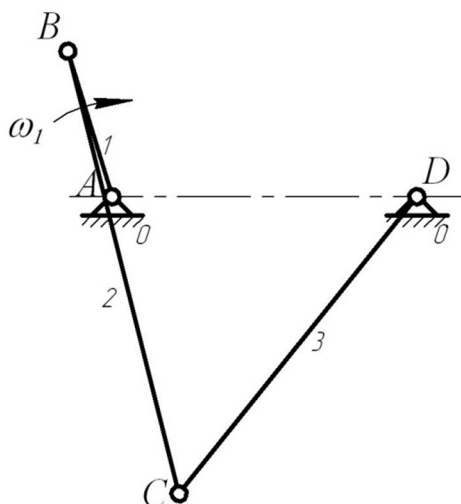


Рис. 2. – «Нижняя» сборка механизма

Дальнейшие действия произведены для варианта верхней сборки механизма.

Дважды продифференцируем уравнение замкнутости по времени и найдем угловые скорости и ускорения звеньев 2 и 3.

$$\omega_1 := -10 \text{c}^{-1} \quad \omega_2 := 10 \quad \omega_3 := 10 \quad \text{Given}$$

$$i \cdot \omega_1 \cdot l_1 \cdot \exp(i \cdot \phi_1) + i \cdot \omega_2 \cdot l_2 \cdot \exp(i \cdot \phi_2) = i \cdot \omega_3 \cdot l_3 \cdot \exp(i \cdot \phi_3)$$

$$\begin{pmatrix} \omega_2 \\ \omega_3 \end{pmatrix} := \text{Find}(\omega_2, \omega_3) \quad \begin{pmatrix} \omega_2 \\ \omega_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3.465 \\ 0.174 \end{pmatrix}$$

$$\varepsilon_2 := 10 \quad \varepsilon_3 := 10 \quad \text{Given}$$

$$-l_1 \cdot \omega_1^2 \cdot \exp(i \cdot \phi_1) + i \cdot l_2 \cdot \varepsilon_2 \cdot \exp(i \cdot \phi_2) - l_2 \cdot \omega_2^2 \cdot \exp(i \cdot \phi_2) \dots = 0$$

$$+ l_3 \cdot \omega_3^2 \cdot \exp(i \cdot \phi_3) - i \cdot l_3 \cdot \varepsilon_3 \cdot \exp(i \cdot \phi_3)$$

$$\begin{pmatrix} \varepsilon_2 \\ \varepsilon_3 \end{pmatrix} := \text{Find}(\varepsilon_2, \varepsilon_3) \quad \begin{pmatrix} \varepsilon_2 \\ \varepsilon_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 101.7 \\ 134.2 \end{pmatrix}$$



Теперь можно найти линейные скорости и ускорения точек механизма. Для точки В имеем

$$v_B := i \cdot \omega_1 \cdot l_1 \cdot \exp(i \cdot \phi_1) \quad v_B := (\operatorname{Re}(v_B) \quad \operatorname{Im}(v_B) \quad 0) \quad v_B = (0.5 \quad -0.866 \quad 0)$$

$$a_B := -l_1 \cdot \omega_1^2 \cdot \exp(i \cdot \phi_1) \quad a_B := (\operatorname{Re}(a_B) \quad \operatorname{Im}(a_B) \quad 0) \quad a_B = (-8.66 \quad -5 \quad 0)$$

Аналогично для точки С

$$v_C := i \cdot \omega_3 \cdot l_3 \cdot \exp(i \cdot \phi_3) \quad v_C := (\operatorname{Re}(v_C) \quad \operatorname{Im}(v_C) \quad 0) \quad v_C = (-0.036 \quad 0.025 \quad 0)$$

$$a_C := -l_3 \cdot \omega_3^2 \cdot \exp(i \cdot \phi_3) + i \cdot l_3 \cdot \varepsilon_3 \cdot \exp(i \cdot \phi_3) \quad a_C := (\operatorname{Re}(a_C) \quad \operatorname{Im}(a_C) \quad 0)$$

$$a_C = (-27.46 \quad 19.29 \quad 0)$$

Скорость и ускорение точки  $s_2$ , лежащей на середине шатуна ВС

$$v_{s2} := i \cdot \omega_1 \cdot l_1 \cdot \exp(i \cdot \phi_1) + 0.5 \cdot i \cdot \omega_2 \cdot l_2 \cdot \exp(i \cdot \phi_2)$$

$$v_{s2} := (\operatorname{Re}(v_{s2}) \quad \operatorname{Im}(v_{s2}) \quad 0) \quad v_{s2} = (0.232 \quad -0.421 \quad 0)$$

$$a_{s2} := -l_1 \cdot \omega_1^2 \cdot \exp(i \cdot \phi_1) + 0.5 \cdot (i \cdot l_2 \cdot \varepsilon_2 \cdot \exp(i \cdot \phi_2) - l_2 \cdot \omega_2^2 \cdot \exp(i \cdot \phi_2))$$

$$a_{s2} := (\operatorname{Re}(a_{s2}) \quad \operatorname{Im}(a_{s2}) \quad 0) \quad a_{s2} = (-18.061 \quad 7.143 \quad 0)$$

Аналитические методы исследования кинематики механизмов основаны либо на дифференциальных зависимостях между параметрами (перемещения, скорости, ускорения, выражаемые не векторами) [3], либо на векторном представлении звеньев и операций с ними методами векторной алгебры [4]. При этом численное решение уравнений кинематики производится с помощью компьютеров. Каждый из этих методов обладает определенными преимуществами, но с точки зрения компактности программы предпочтение следует отдать описанному методу.

**Вывод.** Использование теории комплексных чисел для представления плоских векторов при кинематическом анализе плоских механизмов и наличие в программе Mathcad соответствующих функций для работы с такими векторами позволяет минимизировать объем необходимых вычислений по сравнению с другими способами решения этой задачи. В связи с этим рекомендуется использовать данный метод при выполнении студентами домашних заданий и курсовых проектов по ТММ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Подольский М.Е. О применении комплексных чисел к изучению плоского движения твердого тела // Труды Ленинградского кораблестроительного института. – Л., 1954. – Вып. XIII. С. 213-218.



2. Kinematics and dynamics of machines by Martin, George Henry, New York, McGraw-Hill, 1969.
3. Третьяков В.М. Использование программы Mathcad при определении скоростей и ускорений рычажных механизмов. Теория механизмов и машин. – Санкт-Петербург. – 2009. – № 14. Том 7. С. 40-48.
4. ТММ. Розрахунок плоских механізмів з використанням ПЕОМ. Навчальний посібник / Ф.Й. Златопольський, Г.Б. Філімоніхін, В.В. Коваленко, О.Б. Чайковський. – Кіровоград: ПП «КОД», 2000. – 124 с.: іл.
5. Мацюк И.Н., Третьяков В.М., Шляхов Э.М. Аналитическая кинематика плоских рычажных механизмов высоких классов с помощью программы Mathcad. Теория механизмов и машин. – Санкт-Петербург. – 2012. – № 1. Том 10. – С. 65-70.
6. Мацюк И.Н., Шляхов Э.М. Определение кинематических и кинетостатических параметров плоских стержневых механизмов сложной структуры// Современное машиностроение. Наука и образование: Материалы 3-й Междунар. науч.-практ. конференции. / Под ред. М.М. Радкевича и А.Н. Евграфова. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013. – С. 788 – 796.
7. Мацюк І.М. Дослідження кінематики та динаміки механізмів засобами векторної алгебри. // ВІСНИК Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут”. Серія “Гірництво”: Збірник наукових праць. – Київ: НТУУ “КПІ”: ЗАТ “Техновибух”, 2009. – Вип. 18. – с. 79-84.

УДК 378

### СПЕЦИФИКА РАЗВИТИЯ ЦЕННОСТНЫХ ОРИЕНТИРОВ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

С.В. Балашов<sup>1</sup>, И.В. Вернер<sup>2</sup>, Р.А. Черных<sup>3</sup>

<sup>1</sup>кандидат технических наук, доцент кафедры основ конструирования механизмов и машин, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», Днепропетровск, Украина, e-mail: [balashov\\_s\\_v@mail.ru](mailto:balashov_s_v@mail.ru)

<sup>2</sup>заведующий лаборатории информационных технологий проектирования кафедры основ конструирования механизмов и машин, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», Днепропетровск, Украина, e-mail: [ill3@mail.ru](mailto:ill3@mail.ru)

<sup>3</sup>студент, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», Днепропетровск, Украина

**Аннотация.** В работе рассмотрено влияние культуры на образовательные учреждения. Представлены основные ценностные ориентиры, способствующие качественно повысить уровень развития специалистов и стабилизировать состояние общества.

*Ключевые слова:* подготовка кадров, высшее образование, культура, ценности.

