

**Вывод.** Таким образом, на основании вышеприведенных схем можно сделать вывод о том, что различие способов восприятия и обработки информации человеком аналогично работе соответствующих электронных устройств. Это, с одной стороны, подтверждает правильность соционических утверждений, а с другой стороны, свидетельствует о том, что человек создает технику по своему образу и подобию. Кроме того, вышеприведенные схемы способствуют восприятию теории соционики студентами радиотехнических специальностей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. А. Аугустинавичюте. Модель информационного метаболизма. // Соционика, ментология и психология личности, № 1, 1995.

УДК 621.01

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕОРИИ КОМПЛЕКСНЫХ ЧИСЕЛ В КУРСОВОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПО ТЕОРИИ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

А.Г. Пуголовкина<sup>1</sup>, Н.В. Кутало<sup>2</sup>

<sup>1</sup>студентка 2-го курса, обучающаяся по направлению подготовки «Инженерная механика», Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина

<sup>2</sup>студент 2-го курса, обучающийся по направлению подготовки «Инженерная механика», Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина, e-mail: [shlyahove@nmu.org.ua](mailto:shlyahove@nmu.org.ua)

**Аннотация.** Описано использование кафедрой основ конструирования механизмов и машин Государственного высшего учебного заведения «Национальный горный университет» в курсовом проектировании по теории механизмов и машин современных технологий. Исследование механизмов производится аналитическим методом в программном продукте Mathcad, при этом векторные величины представляются комплексными числами, что позволяет минимизировать объем вычислений и уменьшить необходимую для этого программу.

**Ключевые слова:** теория механизмов и машин, курсовое проектирование, Mathcad, вектор, комплексное число

## USE OF THE THEORY OF COMPLEX NUMBERS IN THE COURSE PROJECTION IN THEORY OF MECHANISMS AND MACHINES

Anastasia Pugolovkina<sup>1</sup>, Nazar Kutalo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>student, State Higher Educational Institution "National Mining University", Dnepropetrovsk, Ukraine

<sup>2</sup>student, State Higher Educational Institution "National Mining University", Dnepropetrovsk, Ukraine, e-mail: [shlyahove@nmu.org.ua](mailto:shlyahove@nmu.org.ua)

**Abstract.** Described to use of Department of machines and mechanisms of constructing the foundations of the State Higher Educational Institution "National Mining University" in the course project in the theory of mechanisms and machines of modern technologies. Investigation of the mechanisms is made in the analytical method Mathcad program product, while vector values are represented by complex numbers, which minimizes amount of calculations and to reduce this program.

**Keywords:** *theory of mechanisms and machines, course designing, Mathcad, vector, complex number*

**Введение.** Аналитические методы исследования механизмов прочно завоевали лидирующие позиции в теории механизмов потеснив долго господствующие графоаналитические методы. Этому способствовало повсеместное применение для этой цели компьютерной техники.

На кафедре основ конструирования механизмов и машин Государственного высшего учебного заведения «Национальный горный университет» уже долгое время в практику выполнения студентами курсовых проектов по ТММ внедряются современные компьютерные технологии [1-5].

**Цель работы.** Для решения задач анализа и синтеза механизмов в курсовом проектировании используется многофункциональный программный продукт Mathcad. С помощью этой программы осуществляется решение задач кинематики плоских механизмов: определение положения звеньев, скоростей и ускорений. Задачи кинетостатического анализа механизмов также успешно решаются в этой программе.

Mathcad обладает мощным аппаратом векторной алгебры, который и используется для решения вышеперечисленных задач.

Не менее успешно решаются также задачи синтеза механизмов. Например, профилирование кулачка в кулачковом механизме выполняется студентами также в программе Mathcad. Все расчеты, необходимые для построения картины зубчатого эвольвентного зацепления, выполняются также с помощью этой программы.

**Материал и результаты исследований.** В работе [3] рекомендовано для кинематического и кинетостатического исследования механизмов использовать в программе Mathcad представление векторов комплексными числами. Такой подход широко распространен в англоязычной научной литературе по теории механизмов.

Покажем, как этот прием использован авторами на примере курсового проекта, тема которого – «Анализ и синтез механизмов привода глубинного насоса»<sup>1</sup>.

Схема рычажного механизма привода глубинного насоса приведена на рис. 1.

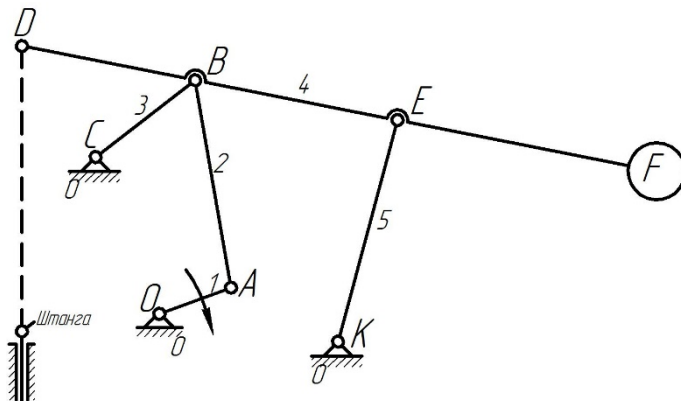


Рис. 1 – Схема рычажного механизма привода глубинного насоса: 1 – кривошип; 2 – шатун; 3 – коромысло; 4 – шатун; 5 – коромысло; F – противовес.

В число исходных данных входят геометрические размеры звеньев и координаты шарнирно-неподвижных опор O, C и K. Обозначив

$$l_{OA} = l_1; \quad l_{AB} = l_2; \quad l_{BC} = l_3; \quad l_{BE} = l_4;$$

$$l_{BD} = l_{41}; \quad l_{EF} = l_{42}; \quad l_{FK} = l_5; \quad l_{OC} = l_{01}; \quad l_{OK} = l_{02},$$

можно осуществить векторное представление звеньев механизма (рис. 2).

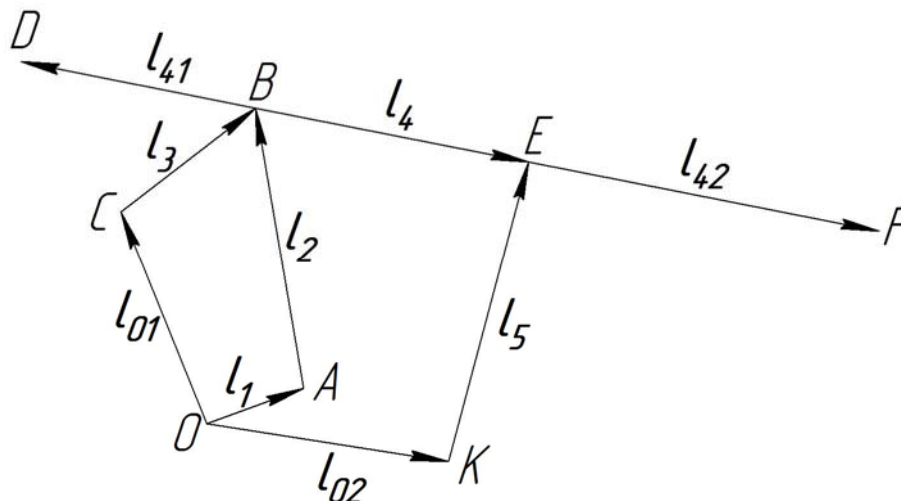


Рис. 2 – Векторная интерпретация звеньев рычажного механизма

В механизме имеется два замкнутых векторных контура OABCO и OABEKO. Уравнения замкнутости для них запишутся следующим образом

<sup>1</sup> Руководители – доценты И.Н. Мацюк и Э.М. Шляхов

(здесь и далее математические выкладки даны, как фрагменты соответствующих документов Mathcad)

$$l_1 \cdot \exp(\varphi_1 \cdot i) + l_2 \cdot \exp(\varphi_2 \cdot i) = l_{01} \cdot \exp(\varphi_{01} \cdot i) + l_3 \cdot \exp(\varphi_3 \cdot i)$$

$$l_1 \cdot \exp(\varphi_1 \cdot i) + l_2 \cdot \exp(\varphi_2 \cdot i) + l_4 \cdot \exp(\varphi_4 \cdot i) = l_{02} \cdot \exp(\varphi_{02} \cdot i) + l_5 \cdot \exp(\varphi_5 \cdot i) \quad .$$

В этих уравнениях векторы выражены комплексными числами вида  $l \cdot e^{\varphi i}$ , где  $l$  – модуль вектора, а  $\varphi$  – аргумент вектора т.е. угол, определяющий направленность вектора.

Задавшись начальными приближениями значений углов  $\varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$  и  $\varphi_5$  при заданном значении угла  $\varphi_1$ , с помощью решающего блока Given-Find определяем вышеуказанные углы т.е. решаем первую задачу кинематики – определение положения звеньев. Ниже приведен соответствующий фрагмент.

$$\varphi_1 := \frac{\pi}{3} \quad \varphi_2 := 1 \quad \varphi_3 := 1 \quad \varphi_4 := -1 \quad \varphi_5 := 1.5$$

Given

$$l_1 \cdot \exp(\varphi_1 \cdot i) + l_2 \cdot \exp(\varphi_2 \cdot i) = l_{01} \cdot \exp(\varphi_{01} \cdot i) + l_3 \cdot \exp(\varphi_3 \cdot i)$$

$$l_1 \cdot \exp(\varphi_1 \cdot i) + l_2 \cdot \exp(\varphi_2 \cdot i) + l_4 \cdot \exp(\varphi_4 \cdot i) = l_{02} \cdot \exp(\varphi_{02} \cdot i) + l_5 \cdot \exp(\varphi_5 \cdot i)$$

$$\begin{pmatrix} \varphi_2 & \varphi_3 \\ \varphi_4 & \varphi_5 \end{pmatrix} := \text{Find} \begin{pmatrix} \varphi_2 & \varphi_3 \\ \varphi_4 & \varphi_5 \end{pmatrix}$$

$$\varphi_2 = 111.725 \text{ deg} \quad \varphi_3 = 37.621 \text{ deg} \quad \varphi_4 = -35.124 \text{ deg} \quad \varphi_5 = 85.611 \text{ deg} \quad .$$

Продифференцировав дважды по времени уравнения замкнутости, получим уравнения для определения угловых скоростей и ускорений звеньев. Ниже приведены фрагменты с решениями этих уравнений.

$$\omega_1 = -0.838 \quad \omega_2 := 10 \quad \omega_3 := 10 \quad \omega_4 := 10 \quad \omega_5 := 10$$

Given

$$l_1 \cdot i \cdot \omega_1 \cdot \exp(\varphi_1 \cdot i) + l_2 \cdot i \cdot \omega_2 \cdot \exp(\varphi_2 \cdot i) = l_3 \cdot i \cdot \omega_3 \cdot \exp(\varphi_3 \cdot i)$$

$$l_1 \cdot i \cdot \omega_1 \cdot \exp(\varphi_1 \cdot i) + l_2 \cdot i \cdot \omega_2 \cdot \exp(\varphi_2 \cdot i) + l_4 \cdot i \cdot \omega_4 \cdot \exp(\varphi_4 \cdot i) = l_5 \cdot i \cdot \omega_5 \cdot \exp(\varphi_5 \cdot i)$$

$$\begin{pmatrix} \omega_2 & \omega_3 \\ \omega_4 & \omega_5 \end{pmatrix} := \text{Find} \begin{pmatrix} \omega_2 & \omega_3 \\ \omega_4 & \omega_5 \end{pmatrix}$$

$$\omega_2 = 0.083 \quad \omega_3 = -0.382 \quad \omega_4 = 0.173 \quad \omega_5 = -0.184 \quad .$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_2 &:= 10 & \varepsilon_3 &:= 10 & \varepsilon_4 &:= 10 & \varepsilon_5 &:= 10 & \text{Given} \\ -l_1 \cdot \omega_1^2 \cdot \exp(\varphi_1 \cdot i) + l_2 \cdot i \cdot \varepsilon_2 \cdot \exp(\varphi_2 \cdot i) - l_2 \cdot i \cdot \omega_2^2 \cdot \exp(\varphi_2 \cdot i) \dots &= 0 \\ + l_3 \cdot i \cdot \varepsilon_3 \cdot \exp(\varphi_3 \cdot i) - l_3 \cdot i \cdot \omega_3^2 \cdot \exp(\varphi_3 \cdot i) \\ \left( -l_1 \cdot \omega_1^2 \cdot \exp(\varphi_1 \cdot i) + l_2 \cdot i \cdot \varepsilon_2 \cdot \exp(\varphi_2 \cdot i) - l_2 \cdot i \cdot \omega_2^2 \cdot \exp(\varphi_2 \cdot i) - l_4 \cdot \omega_4^2 \cdot \exp(\varphi_4 \cdot i) \right) \dots &= 0 \\ + l_4 \cdot i \cdot \varepsilon_4 \cdot \exp(\varphi_4 \cdot i) + l_5 \cdot \omega_5^2 \cdot \exp(\varphi_5 \cdot i) - l_5 \cdot i \cdot \varepsilon_5 \cdot \exp(\varphi_5 \cdot i) \\ \begin{pmatrix} \varepsilon_2 & \varepsilon_3 \\ \varepsilon_4 & \varepsilon_5 \end{pmatrix} &:= \text{Find} \begin{pmatrix} \varepsilon_2 & \varepsilon_3 \\ \varepsilon_4 & \varepsilon_5 \end{pmatrix} \end{aligned}$$

$$\varepsilon_2 = -0.162 \quad \varepsilon_3 = 0.398 \quad \varepsilon_4 = 0.049 \quad \varepsilon_5 = -0.073$$

Теперь можно определить линейные скорости и ускорения точек звеньев механизма. Например, скорость и ускорение точки В:

$$v_B := l_1 \cdot i \cdot \omega_1 \cdot \exp(\varphi_1 \cdot i) + l_2 \cdot i \cdot \omega_2 \cdot \exp(\varphi_2 \cdot i)$$

$$v_B = 0.261 - 0.339i \quad |v_B| = 0.427$$

$$a_B := -l_1 \cdot \omega_1^2 \cdot \exp(\varphi_1 \cdot i) + l_2 \cdot i \cdot \varepsilon_2 \cdot \exp(\varphi_2 \cdot i) - l_2 \cdot i \cdot \omega_2^2 \cdot \exp(\varphi_2 \cdot i)$$

$$a_B = 0.172 - 0.224i \quad |a_B| = 0.283$$

Изменяя значение угла  $\varphi_1$  можно получить картину изменения любого кинематического параметра за один цикл т.е. за один оборот входного кривошипа.

Силовой анализ выполняется способом, описанным в [4], но силы представляются векторами в комплексной форме. Скалярное и векторное произведения векторов в такой форме находят, используя определенные свойства комплексных чисел. Так, например, если умножить сопряженное одному из двух комплексных чисел на второе, то действительная часть полученного произведения с точностью до знака есть скалярное произведение векторов, заданных этими числами. Мнимая часть также с точностью до знака есть векторное произведение этих же векторов. Подпрограмма для определения момента силы при заданных векторах плеча силы  $h$  и силы  $F$  в программе Mathcad выглядит следующим образом.

$$M(h, F) := \text{Im}(\bar{h} \cdot F) |$$

**Вывод.** Применение теории комплексных чисел при выполнении курсовых проектов по теории механизмов и машин в программе Mathcad позволяет минимизировать объем вычислений и уменьшить необходимую для этого программу.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мацюк І.М., Шляхов Е.М., Зіборов К.А. Кінематичне та динамічне дослідження плоских важільних механізмів. Дніпропетровськ, РВК НГУ України, 2010. 132 с.
2. Мацюк І.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.
3. И.Н. Мацюк, Э.М. Шляхов, Н.В. Зима Кинематика плоских механизмов в программе Mathcad с использованием теории комплексных чисел // Сборник научных трудов международной конференции «Развитие информационно-ресурсного обеспечения образования и науки в горно-металлургической отрасли и на транспорте». –с. 407-412., Д.: НГУ, 2014. – 448 с.
4. Мацюк И.Н., Шляхов Э.М. Кинестатика плоских стержневых механизмов произвольной структуры. Теория механизмов и машин – Санкт-Петербург, 2013. – № 1. Том 11. – С. 71-76.
5. Зиборов К.А., Мацюк И.Н., Шляхов Э.М. Преподавание теории механизмов и машин с использованием компьютерных технологий. // Современное машиностроение. Наука и образование: материалы 2-й Международной научно-практической конференции. 14-15 июня 2012 года, Санкт-Петербург. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – С. 53 – 65.

УДК 622.6-52

## НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

**В.И. Сулаев<sup>1</sup>, Л.И. Мещеряков<sup>2</sup>, Н.П. Уланова<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> кандидат технических наук, доцент кафедры подземной разработки месторождений, Государственное высшее учебное заведение “Национальный горный университет”, г. Днепропетровск, Украина

<sup>2</sup> доктор технических наук, профессор кафедры программного обеспечения компьютерных систем, Государственное высшее учебное заведение “Национальный горный университет”, г. Днепропетровск, Украина, e-mail: [izonmu@gmail.com](mailto:izonmu@gmail.com)

<sup>3</sup> кандидат технических наук, доцент кафедры высшей математики, Государственное высшее учебное заведение “Национальный горный университет”, г. Днепропетровск, Украина

**Аннотация.** В статье рассмотрены некоторые методические аспекты организации учебного процесса в дистанционной форме на базе Moodle, затронуты вопросы апробации и сертификации электронных курсов.

**Ключевые слова:** среда Moodle, электронный курс, учебно-познавательный процесс.