

Bibliography (transliterated): 1. Cichocki, A., and R. Unbehauen. *Neural Networks for Optimization and Signal Processing*. Stuttgart: Teubner, 1993. Print. 2. Haykin, S. *Neural Networks. A Comprehensive Foundation*. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, 1999. Print. 3. Kasabov, N. *Evolving Connectionist Systems*. London: Springer-Verlag, 2003. Print. 4. Lughofer, E. *Evolving Fuzzy Systems – Methodologies, Advanced Concepts and Applications*. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, 2011. Print. 5. Fahlman, S. E., and C. Lebiere. "The cascade-correlation learning architecture." *Advances in Neural Information Processing Systems*. Ed. by D. S. Touretzky. San Mateo, CA: Morgan Kaufman, 1990. 524–532. Print. 6. Prechelt, L. "Investigation of the CasCor family of learning algorithms." *Neural Networks*. No. 10. 1997. 885–896. Print. 7. Schalkoff, R. J. "Artificial Neural Networks." N.Y.: The McGraw-Hill Comp., 1997. Print. 8. Avedjan, E. D., G. V. Barkan and I. K. Levin. "Cascade neural networks." *Automatika i telemekhanika*. No. 3. 1999. 38–55. Print. 9. Bodyanskiy, Ye., et al. "The cascaded orthogonal neural network." *Information Science and Computing*. Eds. by K. Markov, K. Ivanova, I. Mitov. Vol. 2. Sofia, Bulgaria: FOI ITHEA, 2008. 13–20. Print. 10. Bodyanskiy, Ye., and Ye. Viktorov. "The cascaded neo-fuzzy architecture and its on-line learning algorithm." *Intelligent Processing*. Eds. by K. Markov, P. Stanchev, K. Ivanova, I. Mitov. No. 9. Sofia: FOI ITHEA, 2009. 110–116. Print. 11. Bodyanskiy, Ye., and Ye. Viktorov. "The cascaded neo-fuzzy architecture using cubic-spline activation functions." *Int. J. Information Theories and Applications*. Vol. 16. No. 3. 2009. 245–259. Print. 12. Bodyanskiy, Ye., Ye. Viktorov and I. Pliss. "The cascade growing neural network using quadratic neurons and its learning algorithms for on-line information processing." *Intelligent Information and Engineering Systems*. Eds. by G. Setlak, K. Markov. No. 13. Rzeszov-Sofia: FOI ITHEA, 2009. 27–34. Print. 13. Kolodyazhnyi, V., and Ye. Bodyanskiy. "Cascaded multi-resolution spline-based fuzzy neural network." *Proc. Int. Symp. on Evolving Intelligent Systems*. Eds. by P. Angelov, D. Filev, N. Kasabov. Leicester, UK: De Montfort University, 2010. 26–29. Print. 14. Bodyanskiy, Ye., O. Vynokurova and N. Teslenko. "Cascaded GMDH-wavelet-neuro-fuzzy network." *Proc 4th Int. Workshop on Inductive Modelling "IWIM 2011"*. Kyiv, 2011. 22–30. Print. 15. Bodyanskiy, Ye., O. Kharchenko and O. Vynokurova. "Hybrid cascaded neural network based on wavelet-neuron." *Int. J. Information Theories and Applications*. Vol. 18. No. 4. 2011. 335–343. Print. 16. Bodyanskiy, Ye., P. Grimm and N. Teslenko. "Evolving cascaded neural network based on multidimensional Epanechnikov's kernels and its learning algorithm." *Int. J. Information Technologies and Knowledge*. Vol. 5. No. 1. 2011. 25–30. Print. 17. Yamakawa, T., et al. "A neo fuzzy neuron and its applications to system identification and prediction of the system behavior." *Proc. 2nd Int. Conf. on Fuzzy Logic and Neural Networks "IIZUKA-92"*. Iizuka, Japan, 1992. 477–483. Print. 18. Uchino, E., and T. Yamakawa. "Soft computing based signal prediction, restoration and filtering." *Intelligent Hybrid Systems: Fuzzy Logic, Neural Networks and Genetic Algorithms*. Ed. by Da Ruan. Boston: Kluwer Academic Publisher, 1997. 331–349. Print. 19. Miki, T., and T. Yamakawa. "Analog implementation of neo-fuzzy neuron and its on-board learning." *Computational Intelligence and Applications*. Ed. by N. E. Mastorakis. Piraus: WSES Press, 1999. 144–149. Print.

Надійшла (received) 28.03.2014

УДК 74.580.25: 531.8(045/046)

Е.О. ВЛАДИМІРОВ, канд. техн. наук, доц., ННППІ УПА, Артемівськ;
Д.В. ГАВВА, зав. лаб., ННППІ УПА, Артемівськ;
П.О. ЧИКУНОВ, ст. викл., ННППІ УПА, Артемівськ

РОЗКРИТТЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ КІНЕМАТИКИ ГРАФІЧНИМ СПОСОБОМ ПРИ ВИВЧЕННІ КУРСУ ТЕОРІЇ МЕХАНІЗМІВ ТА МАШИН

© Е.О. Владіміров, Д.В. Гавва, П.О. Чукунов, 2014

Розглянуто аналіз методів рішень завдань аналітичної та нарисної геометрії, що пов'язані з формою і взаємним положенням геометричних об'єктів. Показано єдність аналітичних і графічних методів на прикладі кінематичного аналізу плоского механізму. Для завдання по визначенню швидкостей елементів плоских механізмів показано єдність подолання проблеми розкриття невизначеності. Для механізмів паралелограма і антипаралелограма виконано аналіз для окремого положення ланок, коли неможлива побудова плану швидкостей. Для рішення поставленого завдання графічним методом залучено побудову плану прискорень, оскільки прискорення є похідною від швидкості. Лінійну та кутову швидкості точок плоских механізмів визначено побудовою трикутника швидкостей. В якості підказки для вирішення розглянутої задачі використане правило Лопітала, згідно з яким межа відносини двох функцій, що прагнуть до нуля, замінюється відношенням їх похідних.

Ключові слова: нарисна геометрія, аналітична геометрія, кінематика механізму, розкриття невизначеності, правило Лопітала.

Вступ та постановка проблеми. При проведенні різних навчальних та інженерних розрахунків застосовують аналітичний або графічний методи. Кожен з них має певні переваги та недоліки. Аналітичний метод характеризується високою точністю при використанні мікрокалькуляторів, однак великою трудомісткістю і відсутністю наочності. У свою чергу, графічні методи мають гарну наочність. Всі ці характеристики справедливі при проведенні розрахунків вручну без використання комп'ютерної техніки. Впровадження в останні роки обчислювальної техніки практично зрівняло якості двох методів розрахунків. Трудомісткість аналітичних методів знижується за рахунок використання комп'ютерних програм, а наочність підвищується за рахунок використання графічних засобів цих програм.

В свою чергу, використання, наприклад, середовища AutoCad дозволяє при великій наочності графічних побудов отримати високу точність результатів.

У зв'язку з цим можна констатувати, що при вирішенні тієї чи іншої задачі оптимальний метод її розв'язання слід вибирати залежно від характеру цього завдання.

В інженерних вузах (машинобудівних, будівельних, транспортних та інших) завдання, що пов'язані з формою і взаємним положенням геометричних об'єктів, вирішуються як аналітичними, так і графічними методами. Традиційно ці методи вивчаються в різних курсах: аналітичні – в курсі «Аналітична геометрія» і графічні – в курсі «Нарисна геометрія». Тому що ці курси найчастіше викладаються на різних кафедрах, студенти (а іноді й викладачі) не розуміють внутрішньої єдності між цими, на перший погляд різними, методами розрахунків. У зв'язку з цим нам здається доцільним читання цих дисциплін в рамках об'єднаного курсу, в якому аналітичні рішення ілюструються графічними побудовами.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Перші публікації та навчальні посібники, що об'єднують викладання аналітичної та нарисної геометрії, від-

носяться до шістдесятих років минулого століття [1]. З тих пір в колишньому СРСР і країнах СНД були захищені дисертації на цю тему і видано ряд підручників, наприклад [2 – 4]. Але до цих пір немає єдиної думки про оптимальне вирішенні цієї проблеми.

Формулювання цілей статті. У цій статті розглянуто частинне питання, що ілюструє єдність аналітичних і графічних методів розрахунків на прикладі рішення одного із завдань кінематики.

Виклад основного матеріалу дослідження. Розглянемо рішення задачі по визначенню швидкостей елементів плоских механізмів, що може бути виконане як графічним, так і аналітичним методами [5]. На рис. 1 а наведена схема шарнірного чотириланковика, що дозволяє перетворити обертальний рух кривошипа OA в зворотно-обертальний рух ланки CB . Якщо відома кутова швидкість кривошипа OA дорівнює ω , то лінійна швидкість точки A складає $V_A = \omega \cdot OA$ і вона спрямована перпендикулярно поздовжній осі кривошипа у бік обертання. Якщо кутова швидкість $\omega = 1c^{-1}$, то модуль швидкості точки A складає $V_A = OA$.

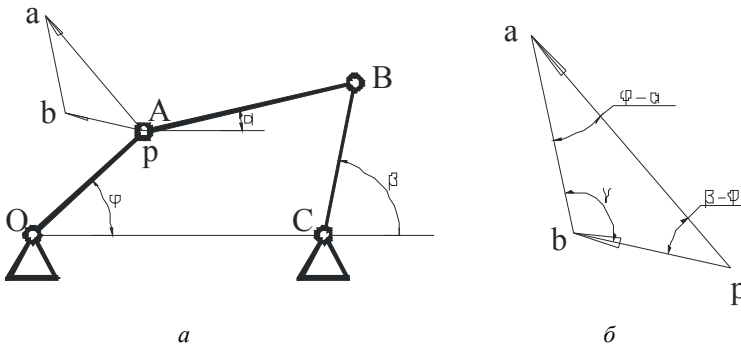


Рис. 1 – Блок-схема алгоритма настройки параметров моделі.

Швидкість точки B можна визначити графічним методом побудовою трикутника (плану) швидкостей, скориставшись тим, що точка B одночасно належить двом ланкам: AB , що здійснює плоский рух, та CB , що обертається з ланкою C .

Для першої умови можна записати векторне рівняння, що зв'язує швидкості точок B і A у формі:

$$\vec{V}_B = \vec{V}_A + \vec{V}_{BA}. \quad (1)$$

При цьому вектор \vec{V}_A спрямований перпендикулярно OA , а вектор \vec{V}_{BA} перпендикулярний AB . Оскільки точка B належить також ланці CB , то вектор

її швидкості спрямований перпендикулярно поздовжньої осі ланки CB .

Побудову *плану швидкостей* показано на рис. 1 б, при цьому полюс плану P збігається з точкою A , та напрямок векторів визначається кутами φ , α і β . На рис. 1 б також показаний план швидкостей з позначенням кутів при вершинах цього трикутника. При цьому кут $\gamma = 180 - (\beta - \alpha)$. На підставі *теорему синусів* можна отримати співвідношення між швидкостями точок B і A для аналітичного визначення лінійної швидкості точки B :

$$V_B = V_A \frac{\sin(\phi - \alpha)}{\sin(\beta - \alpha)}. \quad (2)$$

Розглянемо окремий випадок такого механізму, коли $CB = OA$. Він представлений на рис. 2 і носить назву *механізму паралелограма*. У цьому випадку $\alpha = 0$ і $\beta = \varphi$, тоді $V_B = V_A$.

Тепер розглянемо ще більш частинний випадок, представлений на рис. 3, коли поздовжні осі ланок опиняються на одній прямій. У цьому випадку всі перераховані вище кути дорівнюють нулю і вираз (2) приводиться до вигляду $V_B = V_A \cdot \sin(0)/\sin(0)$, тобто в правій частині виходить невизначеність $0/0$.

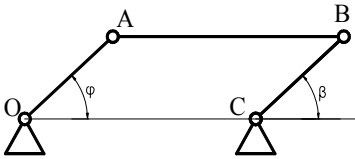


Рис. 2 – Схема механізму паралелограма.

Якщо це проілюструвати графічними побудовами, то отримуємо, що три вектора V_A , V_B і V_{BA} розташовуються на одній вертикальній прямій, і є проблематичним визначення положення точки b на плані швидкостей. Правда, якщо обидва кривошипа механізму паралелограма обертаються в одному напрямку, то з простих фізичних уявлень неважко показати, що точки b і a співпадуть, та швидкості V_B і V_A будуть однаковими. Проте можливий випадок, коли обидва кривошипа будуть обертатися в протилежних напрямках, і чотириланковик в цьому випадку перетворюється на *механізм антипаралелограма*. Як же в цьому випадку визначити положення точки b на плані швидкостей?

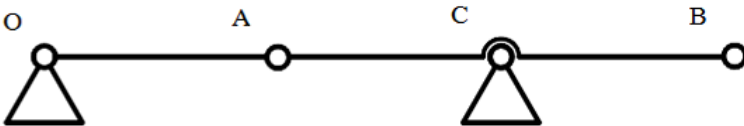


Рис. 3 – Окремий випадок положення ланок механізму паралелограма.

Рішення поставленої задачі побудуємо на підставі єдності графічних і

аналітичних методів розрахунку. Як відомо з курсу математичного аналізу, розкриття невизначеності виду $0/0$ виконується за допомогою *правила Лопітала* [6], згідно з яким межа відносини двох функцій, що прагнуть до нуля, замінюється відношенням їх похідних. У зв'язку з цим для вирішення поставленого завдання залучимо побудовою плану прискорень, оскільки прискорення є похідною від швидкості.

Розглянемо побудову плану прискорень, що представлений на рис. 4.

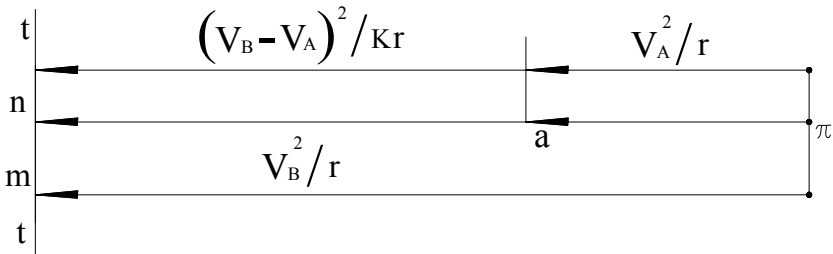


Рис. 4 – План прискорень для положення механізму паралелограму.

Прискорення точки A визначається як $a_A = \omega^2 \cdot OA$. Позначимо $OA = r$. Тоді прискорення можна визначити, як $a_A = V_A^2 / r$.

Прискорення точки B можна визначити за допомогою двох векторних рівнянь:

$$\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}^n + \vec{a}_{BA}^\tau, \quad (3)$$

$$\vec{a}_B = \vec{a}_{BC}^n + \vec{a}_{BC}^\tau. \quad (4)$$

При кутовій швидкості кривошипа $\omega = 1c^{-1}$, прискорення $a_A = OA$. Тоді на плані прискорень $\pi a = r$.

Нормальне прискорення:

$$a_{BA}^n = \frac{V_{BA}^2}{OC} = \frac{(V_B - V_A)^2}{kr}. \quad (5)$$

Тут ми прийняли $OC = kr$, де $k > 1$ – коефіцієнт, що визначає відстань між опорами O і C . Оскільки швидкість V_B ще не відома, на плані прискорень відкладемо відрізок an довільної довжини, що відображає прискорення a_{BA}^n . Тоді вектор a_{BA}^τ спрямований перпендикулярно πn , і на цій лінії повинна знаходитися точка b . На підставі другого рівняння $a_{BC}^n = V_B^2 / r$. Початок цього вектора – в полюсі π , а кінець в деякій точці m , що лежить на промені πn . Вектор a_{BC}^τ спрямований перпендикулярно πm і на цьому промені повинна знаходитися точка b .

Таким чином, завдання має рішення, якщо точки m і n співпадають. При цьому повинна дотримуватися рівність:

$$\frac{V_A^2}{r} + \frac{(V_B - V_A)^2}{kr} = \frac{V_B^2}{r}. \quad (6)$$

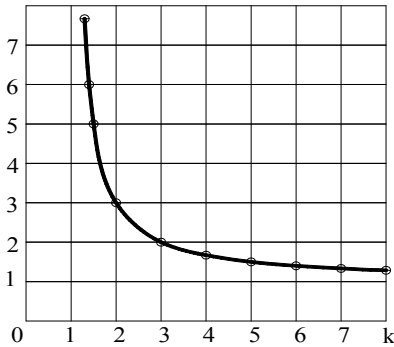


Рис. 5 – Графік залежності V_A та V_B .

На рис. 5 представлений графік залежності $V_B/V_A = f(k)$.

Висновки. У результаті аналізу рішення одного із завдань кінематики графічним і аналітичним методами показано єдність подолання виниклої проблеми розкриття невизначеності.

Список літератури: 1. Маневич В.А., Котов І.І., Зенгин А.Р. Аналитическая геометрия с теорией изображений – М.: «Высшая школа», 1969. – 304с. 2. Куперштох Л.М. Анализ развития технической графики и линейной начертательной геометрии от их зарождения до современной НТР: автореф. дис. на соискание степени док. техн. наук. – М., 1986. – 36с. 3. Киселева Н.Н. Квалиметрическая составляющая организационно-методического обеспечения графической подготовки студентов ВУЗа: дис. канд. пед. наук. – Екатеринбург, 2001. – 190с. 4. Котов И.И., Полозов В.С., Широкова Л.В. Алгоритмы машинной графики – М.: Машиностроение, 1977. – 231с. 5. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. – М.: Наука, 1975. – 638 с. 6. Смирнов В.И. Курс высшей математики, том первый. – М.: Наука, 1974. – 380с.

Bibliography (transliterated): 1. Manevich, V. A., I. I. Kotov and A. R. Zengin. *Analiticheskaja geometrija s teoriej izobrazhenij*. Moscow: Vysshaja shkola, 1969. Print. 2. Kupershtoh, L. M., *Analiz razvittija tehničkoj grafiki i linejnoj nachertatel'noj geometrii ot ih zarozhdenija do sovremennoj NTR*. Avtoref. dis. na soiskanie stepeni d-ra. tehn. nauk. Moscow, 1986. Print. 3. Kiseleva, N. N. *Kvalimetriceskaja sostavljajushhaja organizacionno-metodicheskogo obespechenija graficheskogo podgotovki studentov VUZa*. Dis. kand. ped. nauk. Ekaterinburg, 2001. Print. 4. Kotov, I. I., V. S. Polozov and L. V. Shirokova. *Algoritmy mashinnoj grafiki*. Moscow: Mashinostroenie, 1977. Print. 5. Artobolevskij, I. I. *Teorija mehanizmov i mashin*. Moscow: Nauka, 1975. Print. 6. Smirnov, V. I. *Kurs vysshjej matematiki*. Vol. 1. Moscow: Nauka, 1974. Print.

Надійшла (received) 10.04.2014