

Багатоланкові плоскі механізми все частіше застосовуються в технологічному обладнанні легкої промисловості. Відсутність універсального способу кінематичного дослідження таких механізмів дозволяє стверджувати про актуальність робіт з кінематичного аналізу складних механізмів. Розроблено послідовність дій для кінематичного дослідження швидкостей точок ланок плоского механізму третього класу графоаналітичним способом, що базується на положеннях курсу теоретичної механіки про миттєвий обертальний рух ланок механізму, що мають плоскопаралельний рух. Графоаналітичним методом визначено вектори швидкостей точок структурної групи ланок третього класу третього порядку складного плоского механізму, в якому умовно змінено ведучу ланку, що призвело до зменшення класу механізму та дозволило спростити його дослідження.

Ключові слова: механізм; кінематичне дослідження; вектор швидкості; план швидкостей.

S.O. KOSHEL, A.V. KOSHEL

Kyiv National University of Technologies and Design

ANALYSIS OF FLAT MECHANISMS UPPER CLASSES WITH A COLLAPSIBLE LINK

Complex planar mechanisms are increasingly being used in the process equipment of light industry. The lack of a universal method of kinematic research of these mechanisms allows us to assert the relevance of work on the kinematic analysis of multilink mechanisms. Purpose of the work is development sequence of actions for kinetic research velocities of the points of the planar links complex mechanism of graphic-analytical method that is based on the provisions of the course theoretical mechanics about instantaneous velocity center links of the mechanism, which have plane-parallel motion. Analyzed the velocity vectors of the points of the structural links of group third class of third-order complex planar mechanism graphic-analytical method, which provisionally amended of the leading link that has led to a reduction class of mechanism and allowed to simplify its research.

Keywords: mechanism, kinematic research, the velocity vector, plan of the velocity vectors.

Вдосконалення існуючого технологічного обладнання легкої промисловості та проектування нових машин пов'язано з досконалістю методів аналізу структурних груп ланок плоских механізмів, з яких останні складаються. Найбільш розробленими є методи дослідження діад або двоповодкових груп.

Структурні групи, до складу яких входять чотири ланки, що утворюють групи третього класу третього порядку або четвертого класу другого порядку, з одного боку, є достатньо відомими разом з розробленими методами їх структурно-кінематичного та динамічного дослідження, а з іншого – можуть бути використані для відпрацювання нових підходів щодо аналізу складних плоских структурних груп ланок, які застосовуються для синтезу механізмів четвертого та вище класів, що мають значні перспективи використання в механізмах технологічного обладнання легкої промисловості з одночасною перевіркою отриманих результатів за допомогою відомих способів дослідження.

Постановка завдання

Розробити оригінальну послідовність дій для кінематичного дослідження швидкостей точок, що співпадають з геометричними центрами кінематичних пар структурної групи третього класу третього порядку з шатуном, який має вигляд складної ланки, що базується на положеннях курсу теорії механізмів і машин про кінематичний аналіз механізмів та положень курсу теоретичної механіки про миттєвий центр швидкостей (МЦШ) твердого тіла, що має плоскопаралельний рух.

Питанням практичного використання та теоретичного дослідження структурних, кінематичних та динамічних параметрів плоских складних механізмів третього та вище класів присвячена значна кількість публікацій останніх десятиріч, що пояснюється тими перевагами, які мають такі механізми по відношенню до інших, а саме: складністю траєкторій та законів руху окремих точок ланок механізмів, які викликані необхідністю забезпечення виконання технологічних процесів, можливістю оптимального розподілення технологічних та динамічних зусиль між більшою кількістю ланок, що застосовується в багатоланкових структурних утвореннях з одночасним зменшенням мас їх ланок та покращенням динамічних умов на збільшених швидкостях роботи механізмів тощо.

Застосування багатоланкових структурних груп ланок в певних механізмах захищено патентами на корисну модель [1–3]. Питанням теоретичного аналізу механізмів вищого класу присвячується ряд робіт [5–7], зокрема механізмів обладнання легкої промисловості [8, 9].

Задачі кінематичного дослідження складних плоских механізмів залишаються актуальними тому, що в кожному конкретному випадку дослідження механізму вищого класу необхідно використовувати оригінальну послідовність дій, яка викликана одночасним застосуванням декількох способів кінематичного аналізу, а універсального способу дослідження різноманіття складних механізмів вищих класів не існує.

Визначити швидкість точок складного плоского механізму, що співпадають з геометричними центрами кінематичних пар структурної групи третього класу третього порядку з шатуном, який має вигляд складної ланки.

Розглянемо складний плоский шарнірно-важільний механізм третього класу (рис. 1), що складається з ведучої ланки 1, що з'єднана зі стояком 0 та інших ведених ланок 2÷5, серед яких ланки 2, 5 – шатуни, 3, 4 – коромисла. Початковий механізм (ланки 0, 1) разом з структурною групою третього класу третього порядку, до складу якої надходить сукупність чотирьох ланок 2÷5 ($n=5$) разом з шістьма кінематичними парами п'ятого класу A, B, C, D, K, N ($p_5=7$) утворюють механізм третього класу з ступенем вільності одиниця за формулою Чебишева: $W=3n-2p_5-p_4$, тобто утворюють механізм з одним ведучим кривошипом, формула будови якого має вигляд:

$$1 \quad (0,1) \rightarrow 3 \quad 3 \quad (2 \div 5). \quad (1)$$

Параметрами для кінематичного дослідження механізму є кутова швидкість кривошипу 1 ($\omega_1 = \text{const}$, с^{-1}) та масштаб довжин (Kl , м/мм) кінематичної схеми механізму.

Використовуємо графоаналітичний метод кінематичного дослідження. Задачу розв'язуємо за допомогою основних положень кінематичного аналізу механізмів курсу теорія механізмів і машин та положень курсу теоретична механіка, щодо дослідження плоскопаралельного руху твердого тіла.

Звертаємо увагу на особливість структурного аналізу механізму, що досліджується: базисна ланка 5 структурної групи утворює кінематичні пари A, D , відповідно, з двома коромислами 4 та 5, які дозволяють визначити напрямки векторів швидкостей точок, що співпадають з геометричними центрами цих шарнірів ($\vec{V} \perp \vec{AD}$, $\vec{V}_D \perp DN$), тому положення МЦШ шатуна 5 (S_5) визначаємо, як точку перетину перпендикулярів до векторів \vec{V} , \vec{V}_D , що побудовані в точках A та D .

На даному етапі кінематичного дослідження спостерігаємо навмисне порушення послідовності кінематичного аналізу, яка зазвичай повинна збігатися з послідовністю приєднання структурних груп згідно з формулою механізму (1). Так, згідно з формулою будови спочатку необхідно було би визначити положення особливої точки S_1 , для якої складається система векторних рівнянь, що дозволяє визначити вектор швидкості \vec{V}_{S_1} за величиною та напрямком, який разом з векторами можливих швидкостей точки C ($\vec{V}^{-1} - \vec{V}^{-5}$) та вектором \vec{V}_D дозволили б з'ясувати дійсне положення точки S_5 . Робимо висновок: для складних плоских механізмів вищого класу послідовність кінематичного аналізу обумовлена, в першу чергу, оптимальністю витраченого часу від початку розв'язання задачі до отримання результатів дослідження.

Подальша послідовність аналізу пов'язана з тим, що в механізмі кінематична пара A, D утворена двома ланками, що мають плоскопаралельний рух: з одного боку положення МЦШ шатуна 5 дозволяє визначити напрямком вектора швидкості точки A ($\vec{V} \perp PA$), з іншого – положення МЦШ іншого шатуна 2 обумовлено напрямком вектора швидкості іншої точки цього ж шатуна, який визначається за умовою належності точки A до ведучої ланки механізму ($\vec{V} \perp OA$). За напрямками векторів швидкостей двох точок ланки 2 визначаємо положення МЦШ шатуна 2: точка S_2 знаходиться на перетині ліній S_5A та S_2A .

Тепер послідовність кінематичного дослідження механізму може урахувати формулу, згідно з якою був синтезований механізм третього класу. Розраховуємо швидкість точки A за величиною (V) та напрямком, як точки що належить до кривошипу 1. В довільному масштабі l будемо на плані швидкостей вектор \vec{P} та розраховуємо величину миттєвої кутової швидкості обертання шатуна 2 навколо МЦШ S_2 за рівнянням:

$$\omega_2 = V / l_2, \quad (2)$$

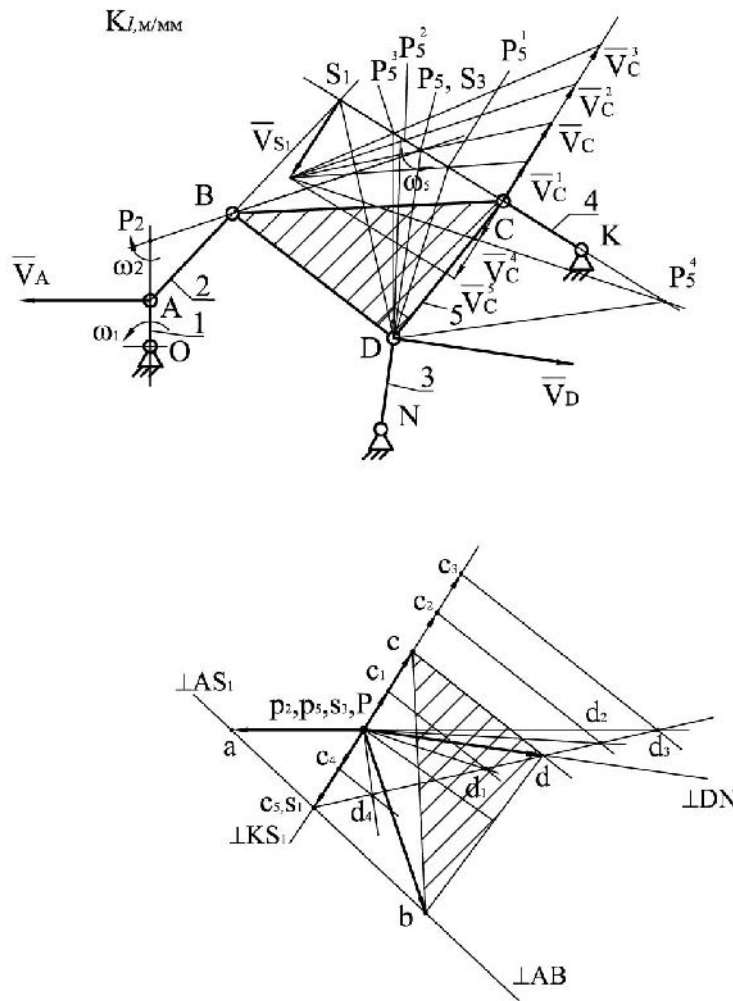
де l_2 – відстань на плані швидкостей.

Величину миттєвої кутової швидкості обертання шатуна 5 навколо МЦШ S_5 визначаємо за рівнянням:

$$\omega_5 = V / l_5 = \omega_2 \cdot l_2 / l_5, \quad (3)$$

де l_2, l_5 – відстані на плані швидкостей.

Напрямок кутової швидкості ω_2 визначаємо за напрямком вектора лінійної швидкості \vec{V}_A , який обумовлений наперед заданим напрямком кривошипу 1, а напрямком кутової швидкості ω_5 знаходимо за напрямком вектора лінійної швидкості \vec{V} , яка спрямована за перпендикуляром до відрізка l_2 в бік відповідний до напрямку кутової швидкості ω_2 .



. 1.

Розраховуємо величини лінійних швидкостей точок D та C , як точок які разом з шатуном 5 роблять миттєво обертальний рух навколо МЦШ P_5 :

$$V_D = \omega_5 \cdot {}_5D, V_C = \omega_5 \cdot {}_5C, \quad (4)$$

де ${}_5D, {}_5C$ відстані на плані швидкостей.

Розраховуємо величину миттєвих кутових швидкостей обертання ланок DN , як коромисел, що обертаються навколо точок N та D за рівняннями:

$$\omega_3 = V_D / DN, \omega_4 = V_C / DN.$$

Напрямки кутових швидкостей ω_3, ω_4 обумовлені, відповідно, напрямками лінійних швидкостей \vec{V}_D та \vec{V}_C .

Розроблено оригінальну послідовність дій для кінематичного дослідження швидкостей точок, що співпадають з геометричними центрами кінематичних пар структурної групи третього класу третього порядку з шатуном, який має вигляд складної ланки, що базується на положеннях курсу теорія механізмів і машин про кінематичний аналіз механізмів та положень курсу теоретична механіка про миттєвий центр швидкостей (МЦШ) твердого тіла, що має плоскопаралельний рух.

Запропоновану послідовність кінематичного аналізу можна рекомендувати для проведення аналогічних досліджень складних плоских механізмів четвертого та вище класів.

1. Патент РФ 2201348 Кривошипно-ползунный механизм пресса / Дворников Л.Т., Чужиков О.С., Стариков С.П. – 27.03.2003.
2. Патент РФ 2303699 Секция механизированной крепи / Дворников Л.Т., Князев А.С., Стариков С.П. – 27.07.2007.
3. Патент РФ 2332260 Двухщечковая дробильная машина / Дворников Л.Т., Стариков С.П. – 27.08.2008.

4. Кикин А.Б. Аналитико-оптимизационный синтез шестизвенного механизма с выстоем / А.Б. Кикин, Э.Е. Пейсах // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2008. – № 5. – С. 79–83.
5. Дворников Л.Т. Исследование кинематики и кинестатики плоской шарнирной шестизвенной группы Ассур с четырехугольным замкнутым изменяемым контуром / Л.Т. Дворников, С.П. Стариков // Известия ВУЗов, «Машиностроение». – 2008. – № 4. – С. 3–10.
6. Чашников Д.О. Кинематическое исследование плоского восьмизвенного механизма шестого класса с поступательной парой / Д.О. Чашников, В.В. Горяшин // Успехи современного естествознания. – 2011. – № 7. – С. 231–232.
7. Чашников Д.О. Кинематическое исследование плоского восьмизвенного механизма шестого класса с поступательной парой аналитическим методом / Д.О. Чашников, В.В. Горяшин // Успехи современного естествознания. – 2012. – № 6. – С. 158–159.
8. Гебель Е. С. Моделирование кинематики механизма игл основовязальной машины / Е. С. Гебель, Е.В. Солонин // Теоретические знания в практические дела : сборник материалов X междунар. научно-практ. конф. : в 2 ч. Ч. 2. – Омск : Филиал ГОУ ВПО «РосЗИТЛП» в г. Омск, 2009. – С. 211–215.
9. Кикин А.Б. Синтез рычажных механизмов для привода нитераскладчика мотальной машины / А.Б. Кикин // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2005. – № 1. – С. 115–119.
10. Кошель С.О. Структурний аналіз складних плоских механізмів четвертого класу / С.О. Кошель, Г.В. Кошель // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2015. – № 1. – С. 72–79.

References

1. Patent RF 2201348 Krivoshipno-polzunniy mehanizm pressa [Slider-crank mechanism for the press], avtoryi Dvornikov L.T., Chuzhikov O.S., Starikov S.P., 27.03.2003 g.
2. Patent RF 2303699 Sektsiya mehanizirovannoy krepі [Section mechanized system], avtoryi Dvornikov L.T., Knyazev A.S., Starikov S.P., 27.07.2007 g.
3. Patent RF 2332260 Dvuhschekovaya drobilnaya mashina [Two jaw crusher], avtoryi Dvornikov L.T., Starikov S.P., 27.08.2008 g.
4. Kikin A.B. Analitiko-optimizatsionnyj sintez shestizvennogo mehanizma s vystoem [Analytical and optimal synthesis of six-membered mechanism with dwell] / A.B. Kikin, Je.E. Pejsah // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti [Technology textile industry]. – 2008. – № 5. – S. 79-83.
5. Dvornikov L.T. Issledovanie kinematiki i kinetostatiki ploskoj sharnirnoj shestizvennoj grupy Assura s chetyrehugol'nym zamknutym izmenjaemym konturom [The study of kinematics and Kinetostatics flat hinged six-membered group Assur quadrangular closed loop variable] / L.T. Dvornikov, S.P. Starikov // Izvestija VUZov, «Mashinostroenie» ["Engineering"]. – 2008. – №4. – S. 3 – 10.
6. Chashnikov D.O. Kinematischeskoe issledovanie ploskogo vosmizvennogo mehanizma shestogo klassa s postupatelnoy paroy [Kinematic study of planar six sixth grade mechanism with sliding pair] / D.O. Chashnikov, V.V. Garyashin // Uspehi sovremennogo estestvoznaniya. – 2011. -№ 7. – S. 231 – 232.
7. Chashnikov D.O. Kinematischeskoe issledovanie ploskogo vosmizvennogo mehanizma shestogo klassa s postupatelnoy paroy analiticheskim metodom [Kinematic study of planar six sixth grade mechanism with sliding pair analytical method] / D.O. Chashnikov, V.V. Garyashin // Uspehi sovremennogo estestvoznaniya. - 2012. - №6. – S. 158 – 159.
8. Gebel' E. S. Modelirovanie kinematiki mehanizma igl osnovovjazal'noj mashiny / E. S. Gebel', E. V. Solonin [Modeling dynamics of the machine needles warp machine] // Sbornik materialov H mezhhdunar. nauchno-prakt. konf. «Teoreticheskie znaniya v prakticheskie dela»: v 2 ch. – Omsk.: Filial GOU VPO «RosZITLP» v g. Omske, 2009. Ch.2. – S. 211 – 215.
9. Kikin A.B. Sintez rychazhnyh mehanizmov dlja privoda niteraskladchika motal'noj mashiny [Synthesis of linkage to drive the traverse control winder] / A.B. Kikin // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti [Technology textile industry]. – 2005. – № 1. – S. 115 – 119.
10. Koshel S.O. Strukturniy analiz skladnih ploskih mehanizmiv chetvertogo klasu [Structurally analiz folding flat mehanizmiv fourth class] / S.O. Koshel, G.V. Koshel // Herald of Khmelnytsky National University. Technical sciences. - 2015. - №1. – S. 72-79

Рецензія/Peer review : 19.06.2017 р.

Надрукована/Printed :25.10.2017 р.

Рецензент: д.т.н., проф. Злотенко Б.М.