

УДК 621.01

С.О. КОШЕЛЬ, Г.В. КОШЕЛЬ

Київський національний університет технологій та дизайну

**АНАЛІЗ ПЛАСКИХ МЕХАНІЗМІВ З СТРУКТУРНИМИ
ГРУПАМИ 3-ГО КЛАСУ**

Розглянуто кінематичний аналіз механізму 3-го класу з однією ведучою ланкою та запропоновано метод дослідження цього ж механізму з урахуванням структурних властивостей його кінематичної схеми, що дозволяє спростити задачі кінематичного дослідження та збільшити точність отриманих результатів

Ключові слова: кінематичний аналіз, плаский механізм, структурні властивості

Об'єкти та методи дослідження

Об'єктом є кінематичне дослідження механізмів 3-го класу аналітичним методом та послідовність цього дослідження, що урахує структурні особливості формули будови механізму в залежності від обраного початкового механізму. Задача розв'язана з використанням математичних методів дослідження.

Постановка завдання

Метою роботи є дослідження кінематичних параметрів ланок механізму 3-го класу та спрощення цих досліджень з урахуванням властивостей структурних схем таких механізмів.

Результати та їх обговорення

Механізми з структурними групами 3-го класу знайшли застосування в машинах різних галузей виробництва. В машинобудуванні такі механізми використовують у двигунах-компресорах, механізмах спеціальних насосів, що перекачують рідкий кисень при низьких температурах та високому тиску, у механізмах металообробних верстатів, тощо. У легкій промисловості механізми 3-го класу використовуються в машинах швейного виробництва, в яких переміщення матеріалу здійснюється за допомогою верхньої та нижньої зубчастих рейок та інших механізмах машин [1, 2, 3].

Задача аналізу таких механізмів є комплексною: для дослідження механізмів використовують методи структурного, кінематичного, динамічного досліджень.

Завданням структурного аналізу є з'ясування структурних характеристик механізму: кількості рухомих ланок, класу кінематичних пар, ступеня вільності механізму, класу та порядку структурних груп, з яких він складається. Під час структурного аналізу складного механізму слід мати на увазі послідовність утворення механізму за методом Ассура, яка записується у вигляді формули будови механізму. За результатом структурного аналізу обирають методи кінематичного та кінетостатичного досліджень, з'ясовують послідовність проведення таких досліджень. Метою кінематичного аналізу механізмів є визначення основних кінематичних характеристик: положення механізму за заданим положенням ведучої ланки, аналогових величин швидкостей та прискорень, передаточних функцій механізму, тощо.

Для аналітичного кінематичного дослідження використовують метод замкнутих векторних контурів [4, 5, 6]. При цьому зазначається, що дослідити групу Ассура 3-го класу можна отримавши систему чотирьох тригонометричних рівнянь, які диференціюють за узагальненою координатою.

Розв'язати систему таких рівнянь можна тільки наближеним методами.

Розглянемо механізм 3-го класу (рис. 1).

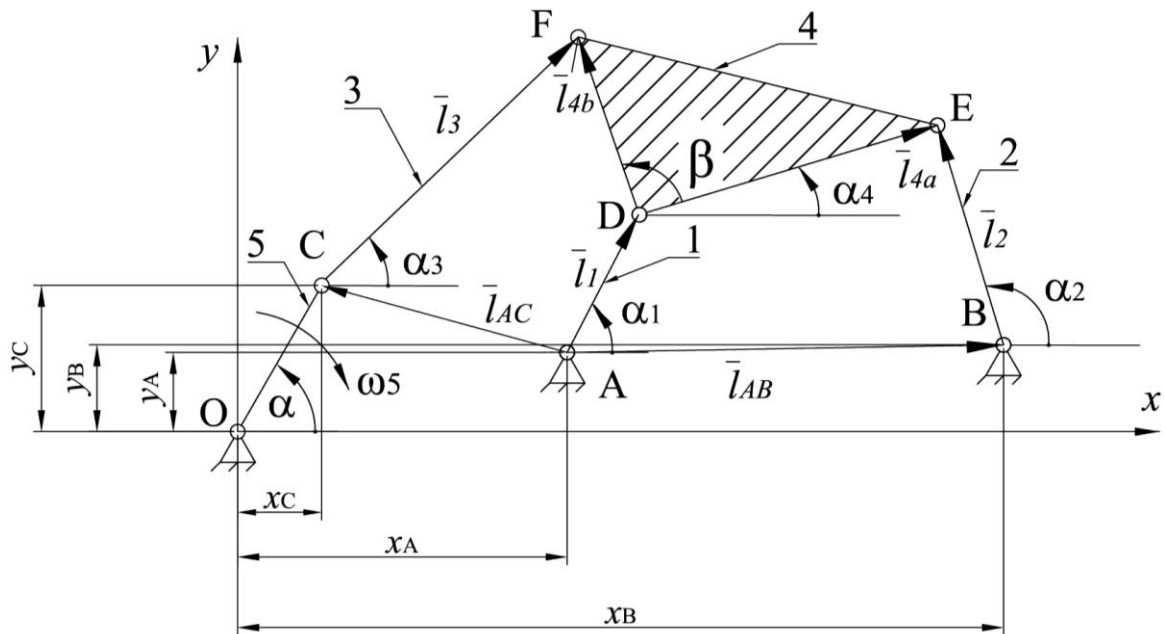


Рис. 1. Кінематична схема механізму 3-го класу

Ступінь вільності механізму $W=1$. Він складається з початкового механізму, до складу якого надходять ведуча ланка 5 та корпус механізму і однієї трьохповідкової групи Ассура (ланки 1; 2; 3; 4).

Формула будови механізму становить: $1\text{ кл.} \rightarrow 3\text{ кл. 3порядок}$.

Для замкнутих контурів $ADEB$ та $ADFC$ можна скласти векторні рівняння:

$$\vec{l}_1 + \vec{l}_{4a} = \vec{l}_{AB} + \vec{l}_2, \quad \vec{l}_1 + \vec{l}_{4b} = \vec{l}_{AC} + \vec{l}_3 \quad (1)$$

Проектуємо рівняння (1) на вісі координат Ox та Oy , маємо:

$$\left. \begin{aligned} l_1 \cdot \cos \alpha_1 + l_{4a} \cdot \cos \alpha_4 &= (x_B - x_A) + l_2 \cdot \cos \alpha_2; \\ l_1 \cdot \sin \alpha_1 + l_{4a} \cdot \sin \alpha_4 &= (y_B - y_A) + l_2 \cdot \sin \alpha_2; \\ l_1 \cdot \cos \alpha_1 + l_{4b} \cdot \cos (\alpha_4 + \beta) &= (x_C - x_A) + l_3 \cdot \cos \alpha_3; \\ l_1 \cdot \sin \alpha_1 + l_{4b} \cdot \sin (\alpha_4 + \beta) &= (y_C - y_A) + l_3 \cdot \sin \alpha_3; \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

де l_1, l_2, l_3, l_4 – розміри відповідних ланок;

l_{AC}, l_{AB} – відстані між кінематичними парами А, С, В;

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \beta$ – відповідні кути;

x_A, x_B, y_A, y_B – незмінні координати відповідних кінематичних пар;

$x_C = l_{OC} \cdot \cos \alpha$, $y_C = l_{OC} \cdot \sin \alpha$ – координати кінематичної пари С.

Диференціюємо рівняння (2) за узагальненою координатою α (α – кутова координата вхідної ланки механізму), при цьому ураховуємо, що $x_C, y_C, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ є залежними від α :

$$\left. \begin{aligned} -l_1 \cdot \alpha'_1 \cdot \sin \alpha_1 + l_2 \cdot \alpha'_2 \cdot \sin \alpha_2 - l_{4a} \cdot \alpha'_4 \cdot \sin \alpha_4 &= 0; \\ l_1 \cdot \alpha'_1 \cdot \cos \alpha_1 - l_2 \cdot \alpha'_2 \cdot \cos \alpha_2 + l_{4a} \cdot \alpha'_4 \cdot \cos \alpha_4 &= 0; \\ -l_1 \cdot \alpha'_1 \cdot \sin \alpha_1 + l_3 \cdot \alpha'_3 \cdot \sin \alpha_3 - l_{4b} \cdot \alpha'_4 \cdot \sin(\alpha_4 + \beta) &= x'_C; \\ l_1 \cdot \alpha'_1 \cdot \cos \alpha_1 - l_3 \cdot \alpha'_3 \cdot \cos \alpha_3 + l_{4b} \cdot \alpha'_4 \cdot \cos(\alpha_4 + \beta) &= y'_C, \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Розв'язуємо систему рівнянь (3) за методом Крамера, визначаємо аналоги кутових швидкостей i -их ланок групи Ассур з рівняння:

$$\alpha'_i = \frac{D_i}{D}, \quad (4)$$

де $i=1, 2, 3, 4$;

D та D_i – визначники 4-го порядку.

Визначник D системи рівнянь (3) має вигляд:

$$D = \begin{vmatrix} -l_1 \cdot \sin \alpha_1 & l_2 \cdot \sin \alpha_2 & 0 & -l_{4a} \cdot \sin \alpha_4 \\ l_1 \cdot \cos \alpha_1 & -l_2 \cdot \cos \alpha_2 & 0 & l_{4a} \cdot \cos \alpha_4 \\ -l_1 \cdot \sin \alpha_1 & 0 & l_3 \cdot \sin \alpha_3 & -l_{4b} \cdot \sin(\alpha_4 + \beta) \\ l_1 \cdot \cos \alpha_1 & 0 & -l_3 \cdot \cos \alpha_3 & l_{4b} \cdot \cos(\alpha_4 + \beta) \end{vmatrix} \quad (5)$$

Визначник D_i отримаємо, якщо замінимо i -й стовбець у визначнику (5) на стовбець правих частин рівнянь (3).

Дійсні кутові швидкості i -их ланок групи Ассур визначаємо за рівнянням:

$$\omega_i = \alpha'_i \cdot \omega_5, \quad (6)$$

де ω_5 – кутова швидкість ведучої ланки механізму.

Розглянемо інший варіант кінематичного дослідження механізму 3-го класу. Пропонуємо використати структурну властивість механізму зі ступенем вільності $W=1$ змінювати клас в залежності від обраної ведучої ланки механізму. У зв'язку з тим, що між кінематичними характеристиками ланок механізму встановлено взаємозв'язок згідно з кінематичною схемою, за ведучу ланку такого механізму можна умовно обрати будь-яку ведену ланку, що утворює з нерухомою ланкою кінематичну пару. У нашому випадку це ланки 1 або 2. Тоді формули будови механізму набувають вигляду:

$$\begin{aligned} 1_{кл} \rightarrow 2_{кл.2порядок} 1_{вид} \rightarrow 2_{кл.2порядок} 1_{вид} \\ \langle 1;1 \rangle \quad \langle 4;4 \rangle \quad \langle 5;5 \rangle, \quad (7) \\ 1_{кл} \rightarrow 2_{кл.2порядок} 1_{вид} \rightarrow 2_{кл.2порядок} 1_{вид} \\ \langle 2;2 \rangle \quad \langle 4;4 \rangle \quad \langle 5;5 \rangle. \end{aligned}$$

З формул (7) бачимо, що незалежно від того, яка з ланок 1 або 2 буде умовно ведучою, механізм 3-го класу умовно перетворений на механізм 2-го класу з послідовним приєднанням груп Ассур 2-го класу. Встановити взаємозв'язок між кінематичними параметрами ланок механізму 2-го класу можна за допомогою аналітичного методу досліджень груп Ассур 2-го класу [1], при цьому слід зауважити, що диференціювати отримані рівняння проєкцій замкнених контурів на координатні вісі слід за узагальненою координатою α умовно веденої ланки механізму 2-го класу, яка в дійсності є ведучою ланкою механізму 3-го класу, що досліджується. Задача такого дослідження згідно з теоремою Ассур є задачею статично визначеною, тому отримані рівняння розв'язуємо відносно аналогових величин

кутових швидкостей i -их ланок механізму, а з виразу (6) визначаємо дійсні величини цих швидкостей. Для визначення прискорень ланок механізму 3-го класу необхідно подвійно диференціювати отримані рівняння за узагальненою координатою α , а послідовність складання рівнянь та їх дослідження повинні враховувати рівняння будови (7) умовного механізму 2-го класу. Зауважимо, що використання структурних особливостей кінематичної схеми механізму 3-го класу дозволяє спростити кінематичні дослідження та зробити їх точнішими за рахунок того, що нема потреби використовувати наближені математичні методи розв'язання систем кінематичних рівнянь.

Висновки

Зроблено кінематичний аналіз механізму 3-го класу та розглянуто послідовність дослідження цього механізму з урахуванням структурних властивостей його кінематичної схеми. Урахування структурних параметрів механізму дозволяє спростити математичну модель таких досліджень та зробити їх більш точнішими.

Список використаної літератури:

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин / И.И. Артоболевский – М: Высш. шк., 1988 – 640 с.
2. Юдин В.А. Теория механизмов и машин / В.А. Юдин, Л.В. Петрокас – М: Высш. шк., 1977 – 527 с.
3. Рейбах Л.Б. Оборудование швейного производства / Л.Б. Рейбах, С.Я. Лейбман, Л.П. Рейбах – М.: Легпромбытиздат, 1988. – 287 с.
4. Зиновьев В.А. Курс теории механизмов и машин / В.А. Зиновьев – М: изд. «Наука», 1972 – 384 с.
5. Фролов К.В. Теория механизмов и машин / К.В. Фролов, С.А. Попов, А.К. Мусатов и др – М: Высш. шк., 1987 – 496 с.
6. Вульсон И.И. Механика машин / И.И. Вульсон, М.Л. Ерихов, М.З. Коловский и др.; Под редакцией Смирнова Г.А. – М: Высш. шк., 1996 – 511 с.

Стаття надійшла до редакції 17.04.2012

Анализ плоских механизмов с структурными группами 3-го класса

Кошель С. А., Кошель А. В.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Рассмотрен кинематический анализ механизма 3-го класса с одним ведущим звеном и предложен метод исследования этого же механизма с учётом структурных свойств его кинематической схемы, что позволяет упростить задачи кинематического исследования и увеличить точность полученных результатов.

Ключевые слова: кинематический анализ, плоский механизм, структурные свойства.

Analysis of flat mechanisms with structure group the 3rd grade

Koshel S. O., Koshel A. V.

Kyiv national university of technology and design

We consider kinematic analysis of the mechanism of the 3rd class with one leading part and the suggested study of the same mechanism, taking into account structural properties of its kinematic scheme that simplifies the problem of kinematic studies and increase the accuracy of the results.

Keywords: kinematic analysis, flat mechanism, structural properties.