



Рис.1 – Загальний вигляд полірованих пластин склоподібного тетраборату літію

#### Список посилань

1. Байса Н.Д, Теплопровідність тетраборату літія в інтервалі температур 5-300 К / Н.Д. Байса, З. Трибула, В.М. Різак, І.М. Різак, В.М. Головей // Укр. фіз. журн. – 2002. – Т.47, № 6. - С. 568 – 572.
- 2 Optical parts. Classes of cleanness of surfaces. Methods of control ГОСТ 11141-84.
- 3 Unified system of design documentation. Representation of limits of forms and surface lay-out on drawings ГОСТ 2.308-2011.
4. М.А.Окатов, Э.А.Антонов и др. Справочник технолога-оптика. // под. ред. М.А.Окатова, 2-е издание перераб. и доп. «Политехника». СПб.: - 2004. – 679 с.
5. Lavrinenko V.I., Molchanov V.F., Solod V.Yu., Prots L.A. The influence of debris solids on the ground surface roughness and the assessment of the surface scratching probability / Journal of Superhard Materials, 2019, № 6 – 91-106.
6. Патент на винахід № 94105 МПК(2011.01) В 24В 1/00, В 24В 37/04, В 24В 21/00. Спосіб виготовлення пластин/ Шпирко Г,Н, Рубіш В.Н., Проц Л.А., Ткаченко В.І. Ужгородський науково технологічний центр матеріалів оптичних носіїв інформації Інститут проблем реєстрації інформації НАН України. 11.04.2011, заявл. 30.12.2008, опубл. 11.04.2011. Промислова власність, Бюл. №7.
7. Prots L. A. To the question of manufacturing high-quality functional electronics plates from glassy  $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$  / Prots L. A., Holovei V. M., Lavrinenko V. I. // Perspectives of world science and education. Abstracts of the 4th International scientific and practical conference. CPN Publishing Group. Osaka, Japan. 2019 December 26-28. - Pp. 21-27. - URL: <http://sci-conf.com.ua>.

УДК 621.01

**Кошель С.О., канд. техн. наук, доцент**

**Кошель Г.В., канд. техн. наук, доцент**

Київський національний університет технологій та дизайну, [a\\_koshel@ukr.net](mailto:a_koshel@ukr.net)

### КІНЕМАТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПЛОСКИХ МЕХАНІЗМІВ 3-ГО КЛАСУ

Плоскі механізми третього класу використовують у двигунах-компресорах, механізмах спеціальних насосів, що перекачують рідкий кисень при низьких температурах та високому тиску, у механізмах металообробних верстатів, тощо [1, 2, 3].

Для аналітичного кінематичного дослідження використовують метод замкнутих векторних контурів [4, 5, 6]. При цьому зазначається, що дослідити структурну групу 3-го класу можна за допомогою системи чотирьох тригонометричних рівнянь, які диференціюють за узагальненою координатою. Розв'язати систему таких рівнянь можна тільки наближеними методами. Розглянемо механізм 3-го класу (рис. 1).

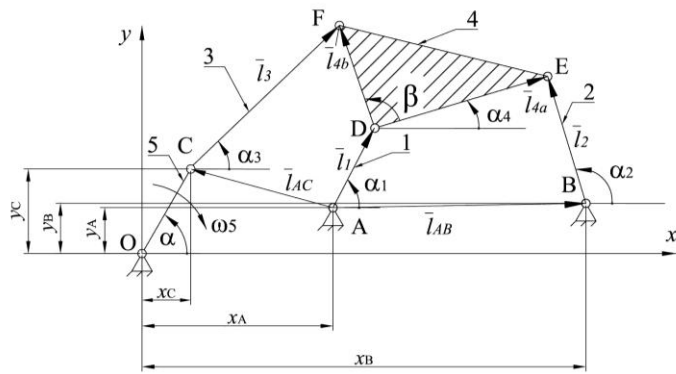


Рис. 1 – Кінематична схема механізму 3-го класу

Ступінь вільності механізму  $W=1$ . Він складається з початкового механізму, до складу якого надходять ведуча ланка 5 та корпус механізму і однієї структурної групи ланок (ланки 1; 2; 3; 4). Формула будови механізму становить: 1кл. → 3кл.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 A, C, B;

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \beta$  – 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 C.

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

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

Розв'язуємо систему рівнянь (3) за методом Крамера, визначаємо аналоги кутових швидкостей  $i$ -их ланок структурної групи третього класу 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  $D_i$  отримуємо, якщо замінимо  $i$ -й стовбець у визначнику (5) на стовбець правих частин рівнянь (3).

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

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

де  $\omega_5$  – кутова швидкість ведучої ланки механізму.

Розглянемо інший варіант кінематичного дослідження механізму 3-го класу. Використовуємо структурну властивість механізму змінювати клас в залежності від іншої умовно можливо обраної ведучої ланки механізму. У нашому випадку це ланки 1 або 2. Формули будов таких механізмів набувають вигляду:

$$\begin{array}{l} 1\text{кл} \rightarrow 2\text{кл.2порядоквид} \rightarrow 2\text{кл.2порядоквид} \\ (0;1) \quad (2;4) \quad (3;5) \quad , \\ 1\text{кл} \rightarrow 2\text{кл.2порядоквид} \rightarrow 2\text{кл.2порядоквид} \\ (0;2) \quad (1;4) \quad (3;5) \quad . \end{array} \quad (7)$$

З аналізу 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 структурних груп 2-го класу. Встановити взаємозв'язок між кінематичними параметрами ланок механізму 2-го класу можна за допомогою аналітичного методу досліджень [1], при цьому слід зауважити, що диференціювати отримані рівняння проєкцій замкнених контурів на координатні вісі слід за узагальненою координатою  $\alpha$  умовно веденої ланки механізму 2-го класу, яка в дійсності є ведучою ланкою механізму 3-го класу, що досліджується. Задача такого дослідження є задачею статично визначеною.

Урахування структурних параметрів механізму дозволяє спростити математичну модель кінематичних досліджень та зробити їх більш точнішими.

#### Список посилань

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин / И.И. Артоболевский – М: Высш. школа, 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.

УДК 621.01

Кошель С.О., канд. техн. наук, доцент

Кошель Г.В., канд. техн. наук, доцент

Київський національний університет технологій та дизайну, a\_koshel@ukr.net

### СТРУКТУРНИЙ АНАЛІЗ СКЛАДНИХ ПЛОСКИХ ВОСЬМИЛАНКОВИХ МЕХАНІЗМІВ ТРЕТЬОГО КЛАСУ

Механізми, до складу яких надходять структурні групи вищих класів все частіше використовуються в сучасних технологічних машинах легкої промисловості.

Метою роботи є класифікація структурних груп третього класу четвертого порядку з шістьма ланками та дев'ятьма кінематичними парами, на основі яких утворюються восьмиланкові механізми відповідного класу.

На відмінність від механізмів другого класу, до складу яких надходять структурні групи такого ж класу п'яти різних видів, механізми третього класу на основі структурних груп третього класу четвертого порядку не мають певної класифікації їх модифікацій.