

УДК 681.628

**ВИЗНАЧЕННЯ КІНЕМАТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК  
МЕХАНІЗМУ КЛАПАНІВ  
РОТАЦІЙНОГО ВИВІДНОГО ПРИСТРОЮ  
САМОНАКЛАДІВ ЗОШИТІВ**

© **З. М. Приставський, к. т. н., доцент, В. В. Шобунін,**  
**НТУУ «КПІ», Київ, Україна**

**Изложена методика аналитического определения  
кинематических характеристик механизма клапанов  
ротационного выводного устройства самонакладов с внеци-  
линдровым захватом корешка тетради.**

**The stated methods of the analytical determination kinematical  
features of the mechanism valve rotary excretory device feeders  
with outside cylinder by seizure of the binding edge.**

**Постановка проблеми**

Дана стаття продовжує тему дослідження [1] про закономірності руху клапанів, як робочих органів виконавчого механізму ротаційного пристрою для послідовного виведення зошитів із стосу, що знаходиться в магазині горизонтального типу самонакладів ниткозшивних машин-автоматів. Специфіка дії вивідних пристроїв такої конструкції полягає у тому, що корінець відокремлюваного зошита після операції відгинання присосами не торкається поверхні вивідного циліндра, як це є в інших подібних за призначенням вивідних пристроях. Схоплення відігнутого присосами корінця зошита досягається за рахунок узгодження рухів клапанів і підвідних опор у наперед вибраному місці робочого простору самонакладу, що знаходиться на певній відстані від поверхні циліндра. Така конструкція дозволяє конструктору легше вибрати раціональну компоновку самонакла-

ду; у той же час дещо ускладнюються конструкція вивідного пристрою і проектні розрахунки, а також підвищуються вимоги до точності виготовлення виконавчих механізмів. Хоч описані конструкції вивідних пристроїв використані в діючих самонакладах, проте в технічній літературі немає науково обґрунтованих рекомендацій і методик щодо їх синтезу і аналізу, що негативно відбивається на виборі оптимального варіанту під час проектування.

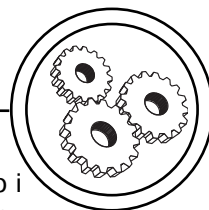
**Мета роботи**

Розроблення методики аналітичного визначення кінематичних характеристик механізму клапанів ротаційного вивідного пристрою із поза циліндровою фіксацією корінця зошита.

**Результати дослідження**

Нехай задана кінематична схема ротаційного вивідного пристрою (рис. 1) самонакладу зошитів ниткозшивної машини.

## МАШИНИ І АВТОМАТИЗОВАНІ КОМПЛЕКСИ



Працює механізм клапанів так. Корінцеве поле першого зошта стосу (на рисунку не показано), що вкладений в магазині горизонтального типу, відгинається хитними присосами на кут, за якого можна захопити його клапанами 1 і підвідними опорами. Вали клапанів і опор знаходяться в підшипникових опорах у стінках корпусу циліндра 2. У відповідний момент кінематичного циклу стрижневі опори підводяться механізмом під відігнуту частину зошта, а клапани, обертаючись у протилежному напрямку до руху циліндра, при-

тискують її до підведених опор і разом із циліндром виводять за-тиснутий зошит із магазину.

Ланки механізму клапанів у момент їх закривання і відкривання виконують складні рухи. Визначимо швидкості і прискорення точки К клапана у фазі закривання. Абсолютна швидкість довільної точки К, що здійснює складний рух (переносний — обертання разом із циліндром і відносний — обертання з клапаном навколо осі  $O_2$ ), визначається такою векторною рівністю

$$\vec{V} = \vec{V}_c + \vec{V}_r, \quad (1)$$

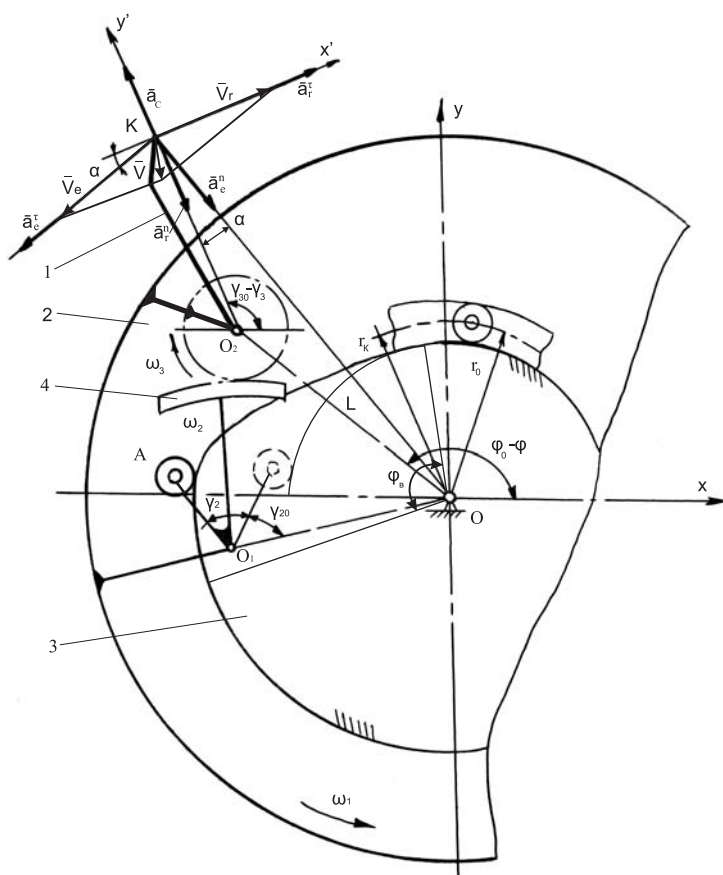
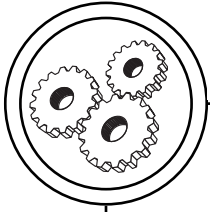


Рис. 1. Розрахункова схема механізму клапанів



## МАШИНИ І АВТОМАТИЗОВАНІ КОМПЛЕКСИ

де  $\bar{V}_c$ ,  $\bar{V}_r$  — відповідно переносна і відносна швидкості точки К.

Кутова координата базовідстані  $OO_2$  визначається у нерухомій системі координат  $xOy$  кутом  $\varphi_0 + \varphi$ , а положення відрізка  $O_2K = l$  відносно рухомої на півосі  $O_2X_2$ , що залишається під час обертання вивідного циліндра паралельною осі  $Ox$ , кутом  $\gamma_{30} - \gamma_3$ . Тут  $\gamma_{30}$  — початкова кутова координата відрізка  $O_2K$  відносно осі  $O_2X_2$ ;  $\gamma_3$  — поточний кут відносного повороту клапана навколо осі  $O_2$ ,  $\gamma_3 = a_k \gamma_{3\Sigma} = a_k \frac{\gamma_{2\Sigma}}{u}$ ; де  $a_k$  — безрозмірний коефіцієнт кутових переміщень;  $u$  — передаточне число зубчастої передачі;  $\gamma_{2\Sigma}$ ,  $\gamma_{3\Sigma}$  — кутові розмахи відповідно коромисла і клапана.

Тоді модулі складових абсолютної швидкості точки К визначимо так:

— переносна швидкість  $V_e$

$$\begin{aligned} V_e &= \omega_1 OK = \\ &= \omega_1 L \sqrt{1 + \lambda^2 + 2\lambda \cos(\varphi_0 + \varphi - \gamma_{30} + \gamma_3)}, \end{aligned}$$

де  $\lambda = \frac{l}{L}$  — відносний геометричний параметр,

$$OK = \sqrt{L^2 + l^2 + 2L \cdot l \cos(\varphi_0 + \varphi - \gamma_{30} + \gamma_3)}$$

— відносна швидкість  $V_r$

$$V_r = \omega_3 O_2K = \omega_3 l$$

де  $\omega_3$  — відносна кутова швидкість клапана.

Запишемо кутову швидкість в інваріантній формі для фази віддалення. Через те, що передаточне відношення  $u = \frac{\omega_2}{\omega_3}$ , а

$\omega_2 = b_k \frac{\gamma_{2\Sigma}}{\varphi_e} \omega_1$ , то отримаємо

$$\omega_3 = \frac{\omega_2}{u} = b_k \frac{\gamma_{3\Sigma}}{\varphi_e} \omega_1$$

Отже, модуль відносної швидкості точки К визначиться так

$$V_r = b_k \frac{l \cdot \gamma_{3\Sigma}}{\varphi_e} \omega_1$$

На підставі векторної рівності (1) будемо трикутник швидкостей, у якому кут  $\alpha$ , що лежить на протилежній стороні  $\bar{V}$ , легко знаходиться із  $\triangle OO_2K$ :

$$\begin{aligned} \cos \alpha &= \frac{(OK)^2 + (OO_2)^2 - (O_2K)^2}{2 \cdot OK \cdot OO_2} = \\ &= \frac{l^2 + (OK)^2 - L^2}{2 \cdot L \cdot OK}; \end{aligned}$$

де сторона  $OK$  знайдена раніше.

Після відповідних математичних перетворень одержимо

$$\cos \alpha = \frac{l + L \cos A}{\sqrt{L^2 + l^2 + 2Ll \cos A}}, \quad \text{тут}$$

кут  $A = \varphi_0 + \varphi - \gamma_{30} + \gamma_3$ , тобто

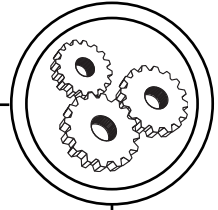
$$\cos \alpha = \frac{\lambda + \cos A}{\sqrt{1 + \lambda^2 + 2\lambda \cos A}}$$

Отже, модуль абсолютної швидкості визначається за формулою

$$V = \sqrt{V_e^2 + V_r^2 - 2V_e V_r \cos \alpha} \quad (2)$$

Підставивши значення модулів складових абсолютної швидкості, після перетворень отримаємо

## МАШИНИ І АВТОМАТИЗОВАНІ КОМПЛЕКСИ



Інваріант абсолютної швидкості точки К

$$V = \omega_1 L \sqrt{\frac{1 + \lambda^2 + 2\lambda \cos A + b_k \lambda \frac{\gamma_{3\Sigma}}{\varphi_e} (b_k \lambda \frac{\gamma_{3\Sigma}}{\varphi_e} - 2(\lambda + \cos A))}{2(\lambda + \cos A)}} \quad (3)$$

Для дослідження процесу витягування зошита клапанами і підвідними опорами із магазину важливе значення має складова абсолютної швидкості, що направлена по дотичній до траєкторії точки К у заключній стадії відносного руху. Через це визначимо проекцію абсолютної швидкості  $\vec{V}$  на напрям переносної швидкості  $\vec{V}_e$

$$V_r = V_e - V_r \cos \alpha = \omega_1 L \frac{1 + \lambda^2 + 2\lambda \cos A - b_k \frac{\gamma_{3\Sigma}}{\varphi_e} \lambda (\lambda + \cos A)}{\sqrt{1 + \lambda^2 + 2\lambda \cos A}}$$

Або в безрозмірній формі

$$V_{\tau_{\text{ти}}} = \frac{V_r}{\omega_1 L} = \frac{1 + \lambda^2 + 2\lambda \cos A - b_k \frac{\gamma_{3\Sigma}}{\varphi_e} \lambda (\lambda + \cos A)}{\sqrt{1 + \lambda^2 + 2\lambda \cos A}} \quad (4)$$

Для ілюстрації на рис. 2 показаний характер зміни інваріанта подібності проекції абсолютної швидкості  $V_{\tau_{\text{ти}}}$  точки К як функції відносного часу  $k$  для двох законів періодичного руху коромисла кулачкового механізму: крива 1 — «діаграма прискорень — синусоїда» — «Со» і крива 2 — «діаграма прискорень — косинусоїда» — «К». За додатній напрям швидкості прийнятий такий, що збігається з напрямом обертання циліндра. Графіки побудовані за таких вихідних даних  $\gamma_{2\Sigma} = 32^\circ$ ,  $u = 0,25$ ,  $\varphi_B = 50^\circ$ ,  $\gamma_{30} = 175^\circ$ ,  $\lambda = 0,913$ . Ці графіки свідчать, що переносний рух

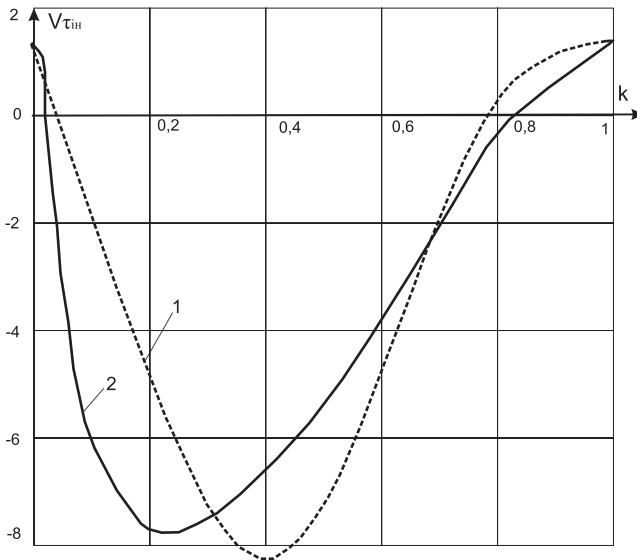
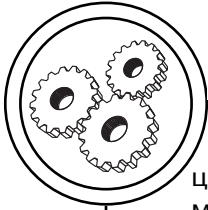


Рис. 2. Графіки інваріантів подібності швидкості  $V_{\tau_{\text{ти}}}$  за різних законів періодичного руху



## МАШИНИ І АВТОМАТИЗОВАНІ КОМПЛЕКСИ

циліндра призводить до асиметрії вихідних діаграм швидкостей точки К.

Перейдемо до визначення прискорення точки К. Абсолютне прискорення точки визначаємо за теоремою Кориоліса

$$\vec{a} = \vec{a}_e + \vec{a}_r + \vec{a}_c, \quad (5)$$

де переносне прискорення

$$\vec{a}_e = \vec{a}_e^n + \vec{a}_e^r;$$

а модулі складових прискорення  $a_e$  визначаються за формулами

$$\begin{aligned} a_e^n &= \omega_1^2 OK = \\ &= \omega_1^2 L \sqrt{1 + \lambda^2 + 2\lambda \cos A}, \end{aligned}$$

$a_e^r = \varepsilon_1 \cdot OK = 0$ , через те, що

$$\varepsilon_1 = \frac{d\omega_1}{dt} = 0,$$

Отже  $a_e = a_e^n =$

$$= \omega_1^2 L \sqrt{1 + \lambda^2 + 2\lambda \cos A}$$

Відносне прискорення

$$\vec{a}_r = \vec{a}_r^n + \vec{a}_r^r,$$

а модулі складових прискорення  $a_r$

$$a_r^n = \omega_3^2 l = \left(b_k \frac{\gamma_{3\Sigma}}{\varphi_\sigma} \omega_1\right)^2 l$$

$$a_r^r = \varepsilon_3 l = c_k \frac{\gamma_{3\Sigma}}{\varphi_\sigma} \omega_1^2 l,$$

де  $\varepsilon_3$  — відносне кутове прискорення клапана.

Кориолісове прискорення

$$\vec{a}_c = 2(\vec{\omega}_e \times \vec{V}_r),$$

його модуль буде

$$a_c = 2\omega_1 V_r = 2b_k \frac{\gamma_{3\Sigma}}{\varphi_\sigma} l \omega_1^2.$$

Модуль абсолютного прискорення точки К знайдемо, використавши метод проєкцій прискорень на рухому систему координат  $X'K'Y'$ . Оси  $X'$  і  $Y'$  направимо відповідно по дотичній до траєкторії точки К у відносному русі, а вісь  $Y'$  знаходиться на продовженні відрізка  $O_2K$ . Тоді

$$a = \sqrt{a_X^2 + a_Y^2}$$

$$a_X = a_r^r + a_e^n \sin \alpha,$$

$$a_Y = a_c - a_r^n - a_e^n \cos \alpha, \text{ так як } \varepsilon_1 = 0.$$

Виконавши відповідні підстановки та математичні перетворення отримаємо, що модуль абсолютного прискорення точки К клапана буде визначатись за такою формулою:

$$a = \omega_1^2 L \sqrt{\left(c_k \frac{\gamma_{3\Sigma}}{\varphi_\sigma} \lambda + \sin A\right)^2 + \left(b_k \frac{\gamma_{3\Sigma}}{\varphi_\sigma} \lambda (2 - b_k \frac{\gamma_{3\Sigma}}{\varphi_\sigma}) - (\lambda + \cos A)\right)^2},$$

або у формі інваріанта абсолютного прискорення

$$a_{in} = \frac{a}{\omega_1^2 L} = \pm \sqrt{\left(c_k \lambda \frac{\gamma_{3\Sigma}}{\varphi_\sigma} + \sin A\right)^2 + \left(b_k \lambda (2 - b_k \frac{\gamma_{3\Sigma}}{\varphi_\sigma}) \frac{\gamma_{3\Sigma}}{\varphi_\sigma} - (\lambda + \cos A)\right)^2} \quad (6)$$

# МАШИНИ І АВТОМАТИЗОВАНІ КОМПЛЕКСИ

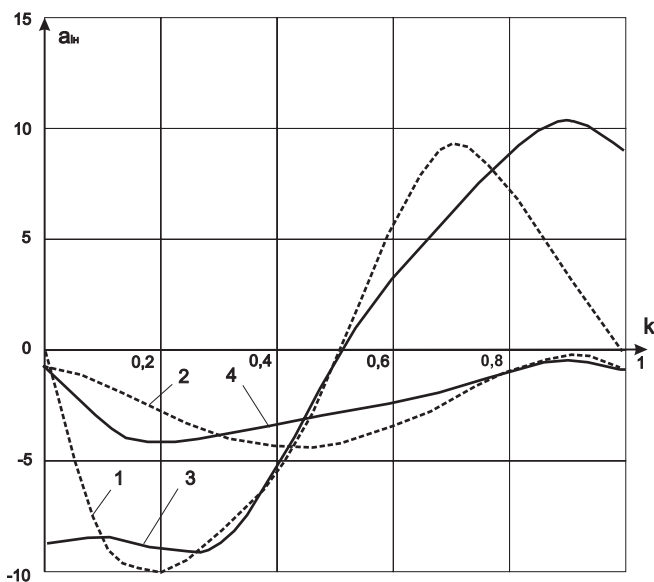
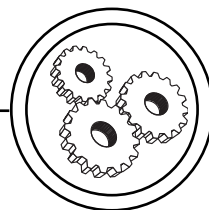


Рис. 3. Графіки проекцій дотичного та нормального прискорень точки К

Дуже важливою складовою абсолютного прискорення, що визначає динамічні навантаження на зошит під час витягування його із магазину, є та, що направлена по дотичній до траєкторії точки у переносному русі, тобто  $a_\tau$ ; знайдемо її спроектувавши векторну рівність (5) на напрям  $\tau$ — $\tau$  у переносному русі ( $\perp OK$ ), вважаючи додатнім напрям прискорень, що збігаються із  $\overline{V}_c$ .

$$a_\tau = -a_r^\tau \cos \alpha + (a_r^n - a_c) \sin \alpha,$$

$$a_\tau = \frac{\gamma_{3\Sigma}}{\varphi_\theta^2} \frac{\omega_1^2 \cdot L \cdot l}{\sqrt{1 + \lambda^2 + 2\lambda \cos A}} \cdot [-c_k (\lambda + \cos A) + b_k (b_k \gamma_{3\Sigma} - 2\varphi_\theta) \sin A],$$

або в інваріантній формі

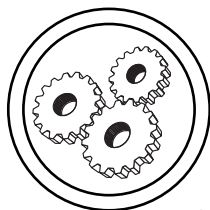
$$a_{\tau in} = \frac{a_\tau}{\omega_1^2 L} = \frac{\gamma_{3\Sigma}}{\varphi_\theta^2} \cdot \frac{\lambda}{\sqrt{1 + \lambda^2 + 2\lambda \cos A}} \cdot [b_k (b_k \gamma_{3\Sigma} - 2\varphi_\theta) \cdot \sin A - c_k (\lambda + \cos A)].$$

Нормальна складова абсолютного прискорення точки К.

$$a_n = (a_c - a_r^n) \cos \alpha - a_r^\tau \sin \alpha = \omega_1^2 L [\lambda \frac{\gamma_{3\Sigma}}{\varphi_\theta} (b_k (2 - b_k \frac{\gamma_{3\Sigma}}{\varphi_\theta}) \cos \alpha - \frac{c_k}{\varphi_\theta} \sin \alpha) - \sqrt{1 + \lambda^2 + 2\lambda \cos \alpha}],$$

або в інваріантній формі

$$a_{ni} = \frac{a_n}{\omega_1^2 L} = \lambda \frac{\gamma_{3\Sigma}}{\varphi_\theta} \cdot (b_k (2 - b_k \frac{\gamma_{3\Sigma}}{\varphi_\theta}) \cos \alpha - \frac{c_k}{\varphi_\theta} \sin \alpha) - \sqrt{1 + \lambda^2 + 2\lambda \cos \alpha}. \tag{8}$$



## МАШИНИ І АВТОМАТИЗОВАНІ КОМПЛЕКСИ

На рис. 3 показані графіки зміни, обчислених за формулами (7) і (8), інваріантів дотичного і нормального прискорень точки  $K$  для тих же вихідних законів періодичного руху коромисла «К» і «Со», а також відносного параметра  $\lambda$  і кутових величин, що були прийняті при побудові графіків швидкостей. Позначення кривих на рисунку означає: 1 і 2 — дотичне і нормальне прискорення точки при законі «Со», а 3 і 4 — відповідно для закону «К».

### Висновки

Встановленні аналітичні залежності між кінематичними характеристиками та їх техноло-

гічно важливими складовими і геометричними параметрами та законами періодичного руху механізму клапанів типового ротаційного вивідного пристрою зошитів.

Розроблена методика і наведені формули розподілу швидкостей і прискорень можна використати, наприклад, у проектуванні конструкції самонакладів зошитів для обчислення об'єктивних значень зусиль їх транспортування, при створенні математичних моделей процесу виведення зошитів із магазину самонакладу та інших випадках аналітичних досліджень, направлених на вдосконалення самонакладів ротаційного типу.

1. Приставський З. М. Аналіз руху механізму клапанів ротаційного вивідного пристрою самонакладів зошитів // Технологія і техніка друкарства 2008. — № 1(19). — С. 58—64.

Рецензент — Ю. П. Мамонов, к.т.н.,  
доцент, НТУУ «КПІ»

Надійшла до редакції — 26.05.08