

УДК 621.9.06

І.І. Павленко, проф., д-р техн. наук, Д.В. Вахніченко, асп., М.О. Годунко, асп.  
 Кіровоградський національний технічний університет

## Аналіз впливу конструктивних параметрів МПК на рух платформи під кутом

В статті досліджується вплив конструктивних параметрів механізмів з паралельною кінематикою на функціональні їх можливості.

**верстат, гексапод, МПК, ВПК, верстат з паралельною кінематикою**

Верстати з паралельною кінематикою (ВПК) мають перспективу використання при обробці деталей складної форми, де необхідні рухи інструменту в різних напрямках, під різними кутами. Механізми з паралельною кінематикою (МПК) є основою виконання таких верстатів. При проектуванні механізмів з паралельною кінематикою важливо визначити найбільш раціональні конструктивні параметри його основних елементів. При вирішенні цієї задачі треба враховувати умову ефективного функціонування верстата, тобто здійснення ним необхідних технологічних рухів, які реалізуються відповідним переміщенням та орієнтацією виконавчого органу [1,2]. Найбільш поширеним конструктивним виконанням ВПК є верстати-гексаподи.

Пропонується оцінювати функціонування ВПК, виходячи з умов реалізації рухів під кутом, що наприклад необхідно для обробки отворів під кутом, де рухома платформа здійснює відповідний рух подачі.

В цих дослідженнях пропонується варіант, коли зміна положення рухомої платформи досягається її відхилення на кут від осі симетрії.

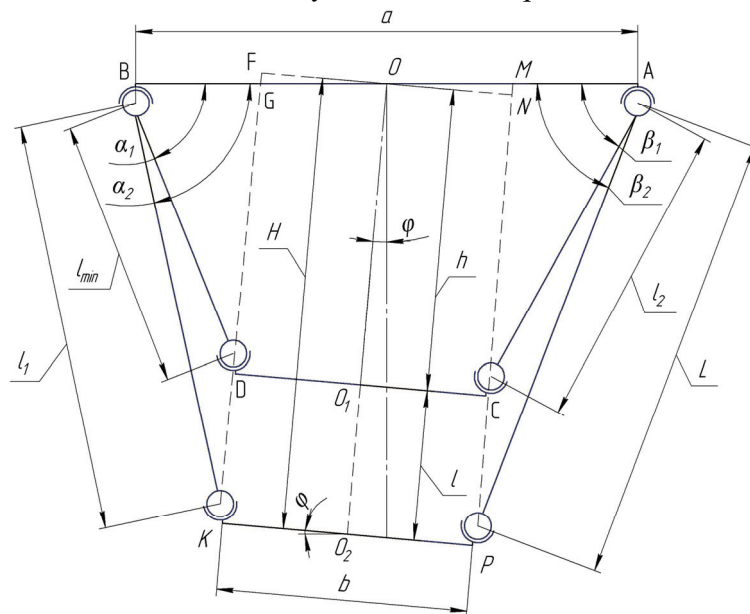


Рисунок 1 – Розрахункова схема гексапода

де  $a, b$  - відповідно розмір (діаметр) нерухомої та рухомої платформ;

$L$  - максимальна довжина штанги;

$l_{\min}$  - мінімальна довжина штанги;

$l_i$  - поточна довжина штанги;  
 $l$  - величина переміщення рухомої платформи;  
 $h$  - мінімальне положення рухомої платформи гексапода ( $h = OO_1$ );  
 $h_i$  - поточне положення рухомої платформи гексапода;  
 $H$  - максимальне положення рухомої платформи гексапода ( $H = OO_2$ );  
 $\alpha_1, \beta_1$  - кути нахилу штанг при мінімальному зміщенні рухомої платформи від нерухомої;  
 $\alpha_2, \beta_2$  - кути нахилу штанг при максимальному зміщенні рухомої платформи від нерухомої;  
 $\varphi$  - кут нахилу рухомої платформи.

Із розрахункової схеми (рис.1) бачимо, що величина переміщення платформи визначається по руху її центру і позначається  $O_1O_2$ . Переміщення  $l$  змінюється від нульового максимально втянутого положення до поточного положення гексаподу.

Оцінку впливу конструктивних параметрів верстату-гексаподу на величину переміщення під кутом будемо виконувати по розрахунковій схемі та показнику переміщень по лінії, як відносної величини:

$$K_{\text{пл}} = \frac{l}{L}. \quad (1)$$

У відповідності до схеми визначаємо мінімальне вихідне положення гексаподу  $h = OO_1$ :

Для  $DG$  за теоремою косинусів з трикутника  $BGD$  записуємо рівняння:

$$BD^2 = BG^2 + DG^2 - 2 \cdot BG \cdot DG \cdot \cos(90 - \varphi). \quad (2)$$

З трикутника  $OGF$  знаходимо:

$$OG = \frac{b}{2 \cos \varphi}; \quad (3)$$

$$BG = BO - OG = \frac{a}{2} - \frac{b}{2 \cos \varphi}. \quad (4)$$

Позначивши  $DG$  через  $x$  отримуємо рівняння:

$$l_{\min}^2 = \left( \frac{a}{2} - \frac{b}{2 \cos \varphi} \right)^2 + x^2 - 2x \left( \frac{a}{2} - \frac{b}{2 \cos \varphi} \right) \cos(90 - \varphi). \quad (5)$$

Розв'язуючи це квадратне рівняння визначаємо величину  $x$ :

$$x = \frac{1}{2} \left[ \operatorname{tg} \varphi (a \cos \varphi - b) + \sqrt{4l_{\min}^2 - (a \cos \varphi - b)^2} \right]. \quad (6)$$

Для знаходження мінімальної величини положення гексапода  $h$  приймаємо:

$$h = OO_1 = DF = DG + GF. \quad (7)$$

Так як

$$GF = OG \sin \varphi = \frac{b}{2 \cos \varphi} \sin \varphi = \frac{b}{2} \operatorname{tg} \varphi, \quad (8)$$

то

$$h = \frac{1}{2} \left[ \operatorname{tg} \varphi (a \cos \varphi - b) + \sqrt{4l_{\min}^2 - (a \cos \varphi - b)^2} \right] + \frac{b}{2} \operatorname{tg} \varphi. \quad (9)$$

Подібно визначаємо максимальне положення гексаподу  $H$ :

$$H = \frac{1}{2} \left[ \sqrt{4L^2 - (a \cos \varphi - b)^2} - \operatorname{tg} \varphi (a \cos \varphi - b) \right] - \frac{b}{2} \operatorname{tg} \varphi. \quad (10)$$

Величина переміщення платформи  $l$  буде:

$$\begin{aligned} l = H - h &= \frac{1}{2} \left[ \sqrt{4L^2 - (a \cos \varphi - b)^2} - \operatorname{tg} \varphi (a \cos \varphi - b) \right] - \frac{b}{2} \operatorname{tg} \varphi - \\ &- \frac{1}{2} \left[ \operatorname{tg} \varphi (a \cos \varphi - b) + \sqrt{4l_{\min}^2 - (a \cos \varphi - b)^2} \right] - \frac{b}{2} \operatorname{tg} \varphi = \\ &= \frac{1}{2} \left[ \sqrt{4L^2 - (a \cos \varphi - b)^2} - \sqrt{4l_{\min}^2 - (a \cos \varphi - b)^2} \right] - a \sin \varphi. \end{aligned} \quad (11)$$

Вводимо додаткові позначення:

- відношення розмірів платформ:  $n = \frac{b}{a}$ .

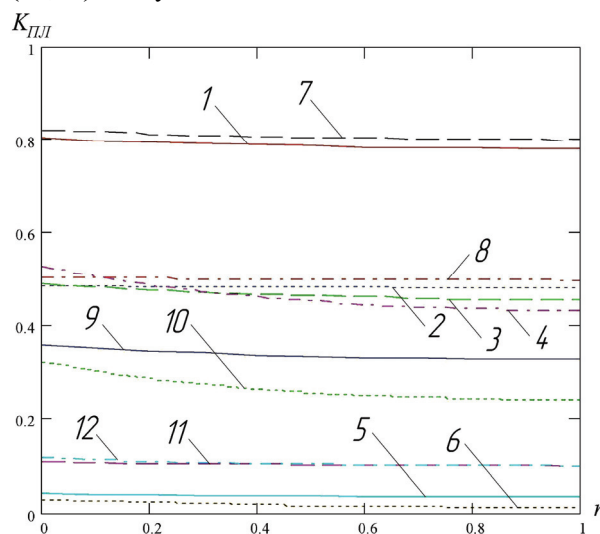
- відношення розміру нерухокої платформи до максимальної довжини штанг:  $m = \frac{a}{L}$ .

- відношення переміщення короткої (лівої) штанги до максимальної (в даному випадку - правої) довжини штанг:  $i = \frac{l_{\min}}{L}$ .

За умови цих поначень переміщення платформи гексапода визначається:

$$l = L \left[ \sqrt{1 - m^2 \left( \frac{\cos \varphi - n}{2} \right)^2} - \sqrt{4i^2 - m^2 \left( \frac{\cos \varphi - n}{2} \right)^2} - m \sin \varphi \right]. \quad (12)$$

Розглянемо вплив основних геометричних параметрів на рухові можливості гексапода, а саме на показник переміщення по лінії  $K_{ПЛ}$  і визначимо її залежність від довжини штанг ( $L$ ), величини відносного її руху ( $i$ ) та конструктивно-геометричних параметрів гексапода ( $m, n$ ). Результати цих досліджень наведені на Рис.2...Рис.5.

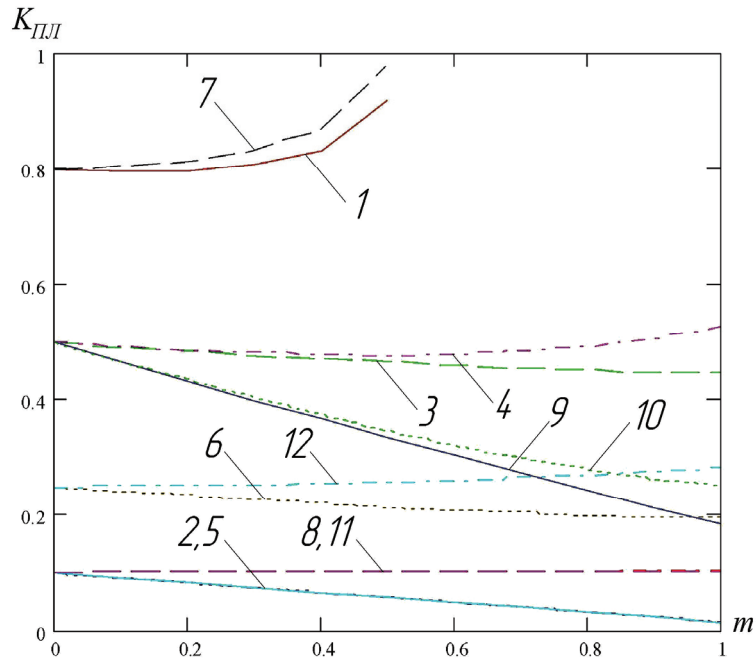


1.  $m=0,2; i=0,2; \varphi=5^\circ$ ; 2.  $m=0,2; i=0,5; \varphi=5^\circ$ ; 3.  $m=0,5; i=0,5; \varphi=5^\circ$ ; 4.  $m=0,75; i=0,5; \varphi=5^\circ$ ;

5.  $m=0,75; i=0,9; \varphi=5^\circ$ ; 6.  $m=1,0; i=0,9; \varphi=5^\circ$ ; 7.  $m=0,2; i=0,2; \varphi=0^\circ$ ; 8.  $m=0,2; i=0,5; \varphi=0^\circ$ ;

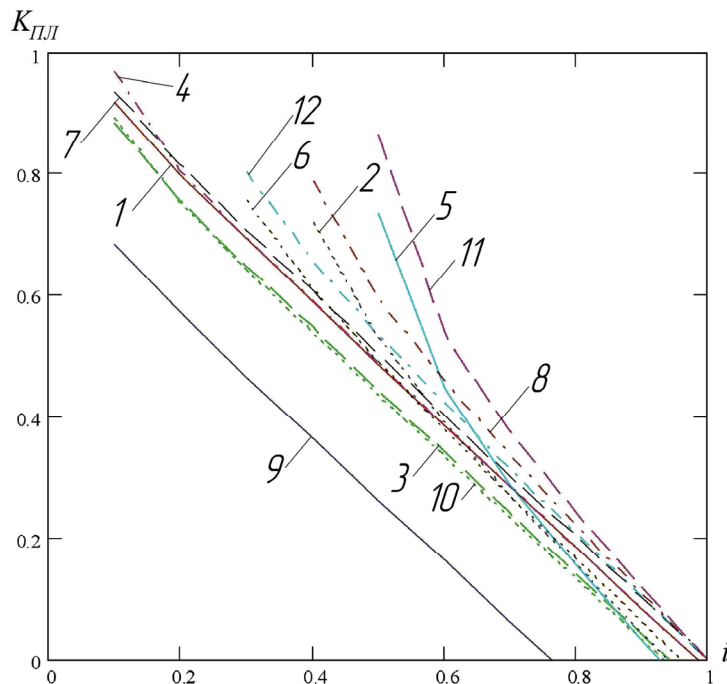
9.  $m=0,5; i=0,5; \varphi=20^\circ$ ; 10.  $m=0,75; i=0,5; \varphi=20^\circ$ ; 11.  $m=0,75; i=0,9; \varphi=0^\circ$ ; 12.  $m=1,0; i=0,9; \varphi=0^\circ$

Рисунок 2 – Графік впливу відношення розмірів платформ на відносну величину переміщення  $K_{ПЛ}$



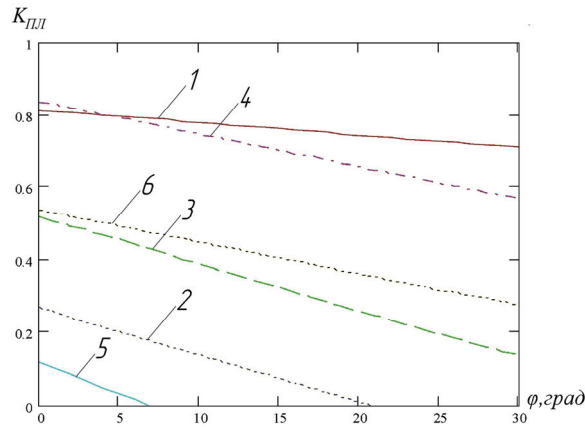
1.  $n=0,2; i=0,2; \varphi=5^\circ$ ; 2.  $n=0,5; i=0,9; \varphi=5^\circ$ ; 3.  $n=0,5; i=0,5; \varphi=5^\circ$ ; 4.  $n=0,2; i=0,5; \varphi=5^\circ$ ;  
 5.  $n=0,75; i=0,9; \varphi=5^\circ$ ; 6.  $n=0,2; i=0,75; \varphi=5^\circ$ ; 7.  $n=0,2; i=0,2; \varphi=0^\circ$ ; 8.  $n=0,5; i=0,9; \varphi=0^\circ$ ;  
 9.  $n=0,5; i=0,5; \varphi=20^\circ$ ; 10.  $n=0,2; i=0,5; \varphi=20^\circ$ ; 11.  $n=0,75; i=0,9; \varphi=0^\circ$ ; 12.  $n=0,2; i=0,75; \varphi=0^\circ$

Рисунок 3 – Графік впливу відношення розміру нерухої платформи до довжини штанг на відносну величину переміщення  $K_{III}$



1.  $m=0,2; n=0,2; \varphi=5^\circ$ ; 2.  $m=0,75; n=0,2; \varphi=5^\circ$ ; 3.  $m=0,75; n=0,5; \varphi=5^\circ$ ; 4.  $m=0,5; n=0,5; \varphi=5^\circ$ ;  
 5.  $m=1,0; n=0; \varphi=5^\circ$ ; 6.  $m=0,5; n=0; \varphi=5^\circ$ ; 7.  $m=0,2; n=0,2; \varphi=0^\circ$ ; 8.  $m=0,75; n=0,2; \varphi=0^\circ$ ;  
 9.  $m=0,75; n=0,5; \varphi=20^\circ$ ; 10.  $m=0,5; n=0,5; \varphi=20^\circ$ ; 11.  $m=1,0; n=0; \varphi=0^\circ$ ; 12.  $m=0,5; n=0; \varphi=0^\circ$

Рисунок 4 – Графік впливу відносної величини руху штанг на відносну величину переміщення  $K_{III}$



1.  $m=0,2;n=0,2;i=0,2$ ; 2.  $m=0,75;n=0,2;i=0,75$ ; 3.  $m=0,75;n=0,5;i=0,5$ ; 4.  $m=0,5;n=0,5;i=0,2$ ;  
5.  $m=1,0;n=0;i=0,9$ ; 6.  $m=0,5;n=0;i=0,5$

Рисунок 5 – Графік впливу кута під яким рухається платформа на відносну величину переміщення  $K_{плл}$

Проаналізувавши отримані залежності, можна зробити наступні висновки:

1. З графіка впливу відношення платформ на величину переміщення по лінії (рис.2) видно, що доцільно зменшити розмір рухомої платформи до  $n \leq 0,6$ ;

2. З графіка впливу відношення нерухомої платформи до довжини штанг на величину переміщення по лінії (рис.3) можна зробити висновок, що вплив  $m$  на  $K_{плл}$  при різних співвідношеннях має змінний характер. При малих значеннях  $n, i$  та  $\varphi$  величина  $m \geq 0,4$ ;

3. З графіка впливу відносної величини руху штанг на величину переміщення по лінії (рис.4) видно, що чим більше переміщення штанг  $i$ , тим більше переміщення рухомої платформи;

4. Вплив кута під яким рухається платформа на величину переміщення по лінії (рис.5) показує, що чим більше кут нахилу платформи ( $\varphi$ ) тим менша величина її переміщення ( $K_{плл}$ ).

## Список літератури

1. Паленко І.І. Промислові роботи: основи розрахунку та проектування. – Кіровоград: КНТУ, 2007. – 420 с.
2. Паленко І.І., Валявський І.А. Рухові характеристики верстатів з паралельною кінематикою. / Паленко І.І., Валявський І.А. – Кіровоград: КНТУ, 2008. – С.304-310. - (Збірник наукових праць КНТУ. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація; вип. 21).
3. Паленко І.І., Валявський І.А. Дослідження впливу конструктивних параметрів механізму паралельної структури на функціональні можливості верстата з паралельною кінематикою. / Павленко І.І., Валявський І.А. – Кіровоград: КНТУ, 2008.-С.284-287.- (Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин; вип. 38 ч.1).

*И.Павленко, Д.Вахниченко*

### **Анализ влияния конструктивных параметров МПК на движение платформы под углом**

В статье рассматривается влияние конструктивных параметров механизмов с параллельной кинематикой на функциональные их возможности.

*I.Pavlenko, D. Vakhnichenko*

### **The analysis of influence of design data МПК on platform movement at an angle**

Influence of structural parameters of parallel structure mechanism on hexapod functional possibilities in the article.

Одержано 31.03.11