

УДК 621.9.06

**І.І. Павленко, професор., д-р техн. наук,****Д.В. Вахніченко, аспірант***Кіровоградський національний технічний університет,  
пр. Університетський, 8, м. Кіровоград, Україна, 25006  
tehmash@kntu.kr.ua***ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ВПК ПРИ ВИКОНАННІ СВЕРДЛИЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ ПІД КУТОМ**

*В статті визначаються конструктивні параметри верстатів з паралельною кінематикою при виконанні типових технологічних рухів механізмів з паралельною кінематикою під кутом.*

**Ключові слова:** верстат, гексапод, МПК, ВПК, верстат з паралельною кінематикою.

Ефективне використання механізмів з паралельною кінематикою (МПК) як основи відповідних верстатів можливе при умові обґрунтованого визначення їх конструктивних параметрів.

Із виконаних досліджень [2,3] було визначено мінімальну конструкторську складову висоти верстату при обробці по осі симетрії верстату та паралельно до неї, а також встановлені рекомендації по вибору основних конструктивних параметрів для забезпечення необхідних умов обробки. Так відстань між опорами рухомої платформи ( $b$ ) повинна бути по можливості меншою ( $b/a = 0,1\dots 0,3$ ), що в свою чергу залежить від розмірів шпindelного вузла встановлюваного на даній платформі. Розмір між опорами нерухомої платформи ( $a$ ) в плані рухових можливостей повинен бути в межах  $a/L = 0,6\dots 1,0$ , а з точки зору покращення силових умов обробки деталі, штанги при виконанні типу свердлильних операцій не повинні переходити за вертикальне їх положення, а тому відстань між опорами при обробці паралельно вісі верстата повинна бути:

$$a \geq D_M + b,$$

де  $D_M$  - положення максимально віддаленого отвору для обробки заданої деталі.

При цьому також повинна враховуватись можливість обмежень руху ВО конструкцією шпindelного вузла. Особливістю даної умови є те, що максимальне зміщення центра рухомої платформи і отворів від осі симетрії верстату співпадає.

Враховуючи вище перераховані положення та знаходження платформи під кутом, що супроводжується впливом на максимальне віддалення отвору від осі розміру інструменту і величини установчих рухів розглянемо дві схеми обробки під кутом, перша – коли рухома платформа з інструмент нахилений до осі симетрії ВПК (рисунок 1), друга – від осі симетрії ВПК (рисунок 2).

Для даних досліджень приймається умови для першої та другої схеми:

$$a = D_M + b \cdot \cos \varphi + 2(H_{in.} + H_Y) \cdot \sin \varphi \text{ (схема 1);}$$

$$a = D_M + b \cdot \cos \varphi - 2(H_{in.} + H_Y) \cdot \sin \varphi \text{ (схема 2).}$$

Мінімальна довжина штанги  $l_{min}$  визначається параметрами конструкції штанги, конструкції опори, силовими особливостями експлуатації механізму, висотою шпindelного вузла  $H_{min}$  (при наявності обмежень з боку верхньої частини нерухомої платформи ВПК) та обмеженнями кутів в опорах нерухомої платформи [3].

З урахуванням вищевказаних та деяких інших умов мінімальна висота положення рухомої платформи для аналізованого варіанту обробки (рисунок 1) МПК дорівнює  $h_{min}$  [2]. При визначенні цієї величини розраховується можливість МПК здійснювати необхідний рух ВО та різального інструменту для виконання заданих операцій. Загальна мінімальна конструкторська висота ВПК для обох схем буде:

$$H_{K \min} = (h_{min} + h_{on.}) \cdot \cos \varphi,$$

де  $h_{on.}$  - відстань між віссю опори і рухомою платформою.

Прийемо умову, що вісь опори знаходиться на лінії нижньої площини рухомої платформи, а тому в подальших дослідженнях приймаємо для кожної із схем:

$$H_{K \min} = h_{min} \cdot \cos \varphi = \sqrt{l_{min}^2 - \left(\frac{D_M - 2T}{2}\right)^2} - \frac{b}{2} \cdot \sin \varphi \text{ (схема 1);}$$

$$H_{K \min} = h_{min} \cdot \cos \varphi = \sqrt{l_{min}^2 - \left(\frac{D_M - 2T}{2}\right)^2} + \frac{b}{2} \cdot \sin \varphi \text{ (схема 2).}$$

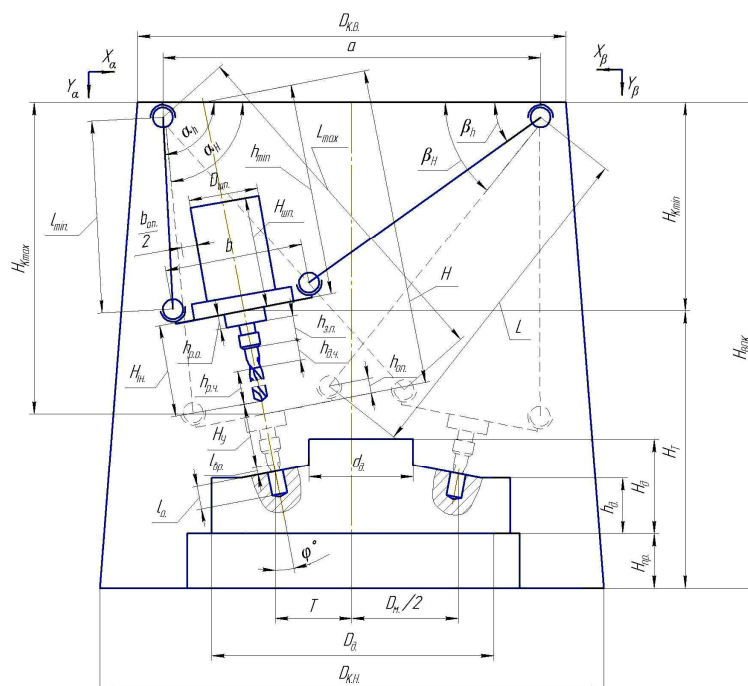


Рисунок 1 – Розрахункова схема гексапода для свердління отвору під кутом до осі симетрії ВПК

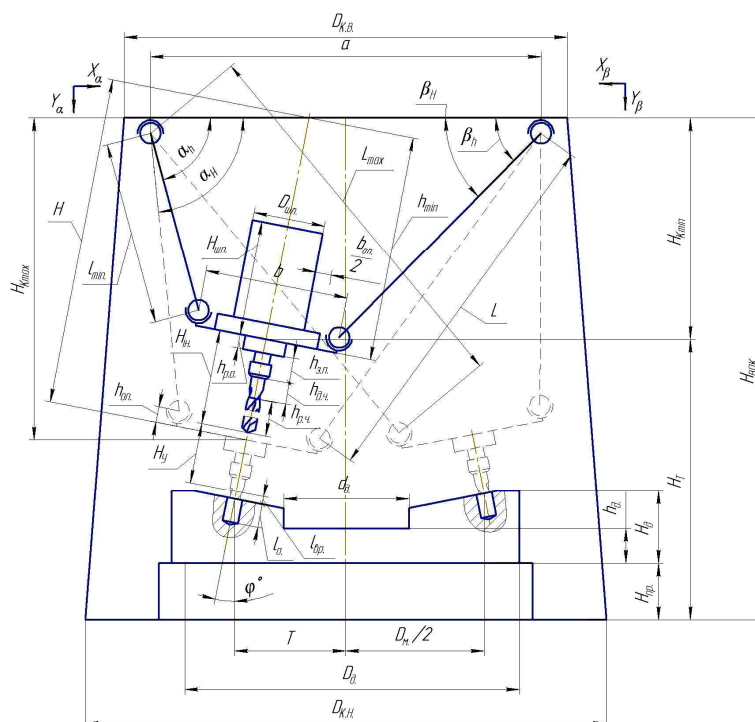


Рисунок 2 – Розрахункова схема гексапода для свердління отвору під кутом від осі симетрії ВПК

Після визначення мінімальної конструкторської складової висоти верстату визначаємо максимальну величину конструкторської складової висоти, тобто величину яка необхідна для виконання заданого варіанту обробки. Максимальна величина конструкторської складової висоти також залежить від величини установчих рухів  $-H_Y$ , розмірів оброблюваної деталі (діаметра  $-D_0$  та висоти  $-H_0$ ) та параметрів обробки: глибини оброблюваного отвору  $l_0$  та розташування отворів по відношенню до вісі

симетрії верстату  $T$ . Тоді максимальна конструкторська складова для різного зміщення інструменту в обох схемах буде:

$$H_{K \max} = (h_{\min} + l_o + H_Y) \cdot \cos \varphi = H_{K \min} + (l_o + H_Y) \cdot \cos \varphi$$

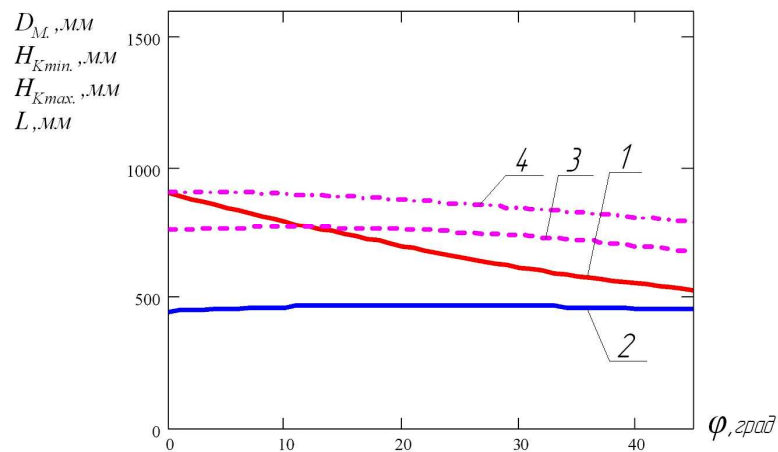
Знаючи максимальну конструкторську величину  $H_{K \max}$  визначаємо довжину штанг рухомої платформи  $L$  при обробці даних отворів для кожної із схем:

$$L = \sqrt{\left(H_{K \max} - \frac{b}{2} \cdot \sin \varphi\right)^2 + \left(a - \frac{b}{2} \cdot \cos \varphi - \frac{D_M - 2T}{2} - (l_o + H_Y) \cdot \sin \varphi\right)^2} \quad (\text{схема 1});$$

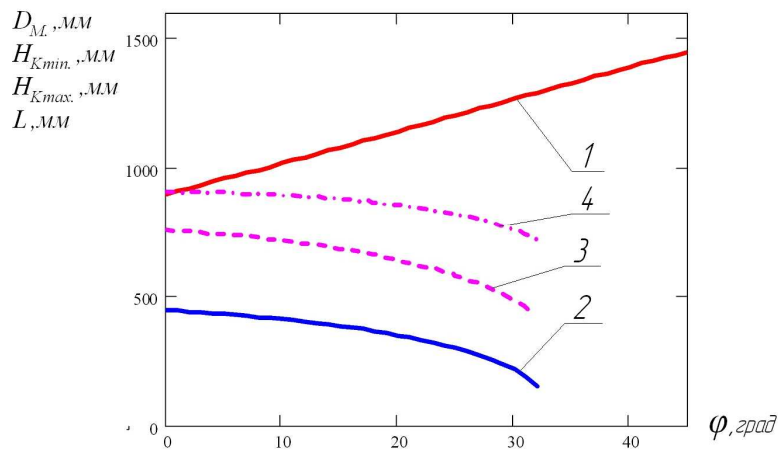
$$L = \sqrt{\left(H_{K \max} + \frac{b}{2} \cdot \sin \varphi\right)^2 + \left(a - \frac{b}{2} \cdot \cos \varphi - \frac{D_M - 2T}{2} + (l_o + H_Y) \cdot \sin \varphi\right)^2} \quad (\text{схема 2}).$$

При максимальному зміщенні отвору і обробки його на максимальну глибину довжина штанг досягає свого максимального значення:  $L = L_{\max}$ .

По отриманому рівнянню побудовані графічні залежності, які представлені на рисунку3-рисунку4.



а) під кутом до осі симетрії ВПК



б) під кутом від осі симетрії ВПК

Рисунок 3 – Графік впливу кута нахилу платформи  $\varphi$  при  $l_{\min} = 600$  мм;  $D_M = 900$  мм;  $b = 300$  мм;

$H_Y = 600$  мм;  $H_{in} = 25$  мм;  $T = 90$  мм;  $l_o = 9$  мм при свердлінні отвору під кутом на:

максимальне зміщення периферійних отворів від осі  $D_M$ ; конструкторську складову висоти верстату  $H_{K \min}$ ;

конструкторську складову висоти верстату  $H_{K \max}$ ; максимальну довжину штанги  $L$ .

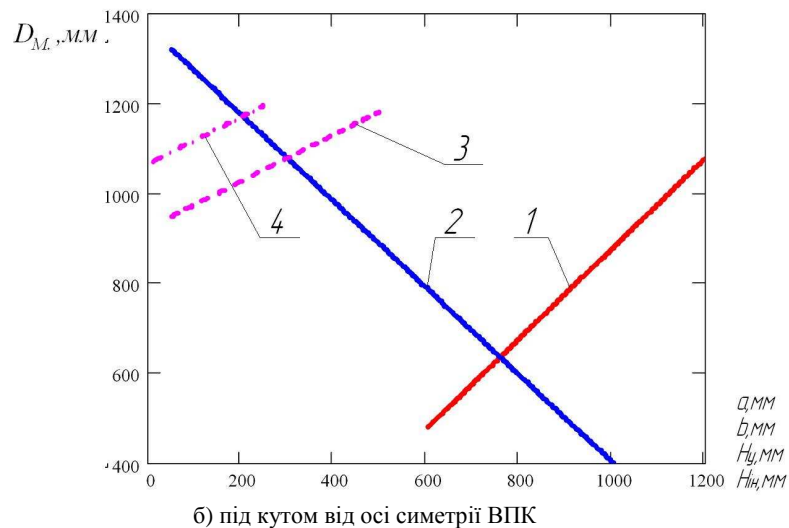
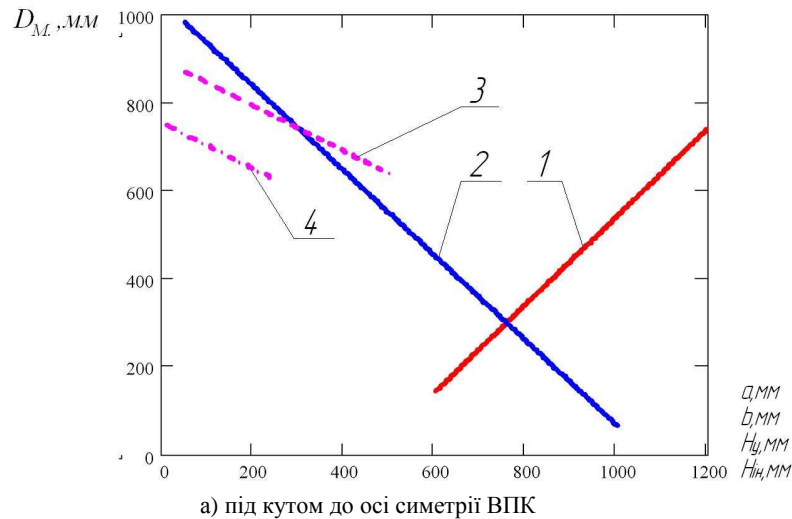


Рисунок 4 – Графік впливу на максимальне зміщення периферійних отворів  $D_M$  :  
 розміру нерухомої платформи  $a$  при  $b = 300$  мм;  $H_Y = 300$  мм;  $H_{ін.} = 25$  мм;  $\varphi = 15^\circ$  ;  
 розміру рухомої платформи  $b$  при  $a = 1200$  мм;  $H_Y = 300$  мм;  $H_{ін.} = 25$  мм;  $\varphi = 15^\circ$  ;  
 величини установчих рухів  $H_Y$  при  $a = 1200$  мм;  $b = 300$  мм;  $H_{ін.} = 25$  мм;  $\varphi = 15^\circ$  ;  
 величини інструменту  $H_{ін.}$  при  $a = 1200$  мм;  $b = 300$  мм;  $H_Y = 300$  мм;  $\varphi = 15^\circ$  .

При визначенні основних конструктивних параметрів верстата-гексапода було складено основні рівняння, які мають відмінності лише по знаку в залежності від того, як нахилено інструмент: до вісі симетрії верстату або від неї. Їх можна записати у загальному вигляді:

$$a = D_M + b \cdot \cos \varphi \pm 2(H_{ін.} + H_Y) \cdot \sin \varphi ;$$

$$H_{K \min} = \sqrt{l_{\min}^2 - \left(\frac{D_M - 2T}{2}\right)^2} \mp \frac{b}{2} \cdot \sin \varphi ;$$

$$L = \sqrt{\left(H_{K \max} \mp \frac{b}{2} \cdot \sin \varphi\right)^2 + \left(a - \frac{b}{2} \cdot \cos \varphi - \frac{D_M - 2T}{2} \mp (l_o + H_Y) \cdot \sin \varphi\right)^2}$$

**Висновки.** При дослідженні залежності впливу величини кута нахилу платформи  $\varphi$  при обробці під кутом до осі симетрії ВПК на конструкторську складову висоти  $H_{K \max}$  і  $H_{K \min}$ , максимальне

зміщення периферійних отворів від осі  $D_M$ , максимальну довжину штанги  $L$  (рисунок 3, а) видно, що при зростанні кута нахилу платформи  $\varphi$  максимальна конструкторська складова висоти верстата, максимальне зміщення периферійних отворів та максимальна довжина штанги зменшуються, а мінімальна конструкторська складова висоти верстата носить змінний характер; при обробці під кутом від осі симетрії ВПК (рисунок 3, б): складові  $H_{K \max}$ ,  $H_{K \min}$ ,  $L$  – при зростанні кута нахилу платформи  $\varphi$  зменшують своє значення, а зміщення периферійних отворів від осі  $D_M$  – зростає. Тобто при обробці більш віддалених отворів під кутом краще використовувати схему «від осі симетрії ВПК», але при цьому кут нахилу оброблюваних отворів має менший діапазон.

Аналізуючи вплив на максимальне зміщення периферійних отворів величини установчих рухів і інструменту робимо висновок, що збільшення даних складових для схеми під кутом до осі симетрії ВПК призводить до зменшення максимального зміщення периферійних отворів, для схеми під кутом від осі симетрії ВПК навпаки до збільшення. Розмір рухомої платформи для обох схем із збільшенням свого значення зменшує максимальну величину зміщення периферійних отворів. Збільшення розміру нерухомої платформи збільшує максимальне зміщення периферійних отворів, тобто дана складова розширює можливості обробки.

#### **Бібліографічний список використаної літератури**

1. Павленко І.І. Промислові роботи: основи розрахунку та проектування / І.І. Павленко. — Кіровоград: КНТУ, 2007. — 420 с.
2. Павленко І.І. Визначення конструктивних параметрів ВПК при виконанні типових рухів свердління. / І.І. Павленко, Д.В. Вахніченко / Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. — Кіровоград: КНТУ, 2011. — Вип. 41. — Ч. 2. — С. 99–105.
3. Павленко І.І. Аналіз впливу конструктивних параметрів МПК на рух платформи під кутом / І.І. Павленко, Д.В. Вахніченко, М.О. Годунко / Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: збірник наукових праць КНТУ. — Кіровоград, 2011. — Вип. 24. — Ч. 1. — С. 279–283.

*Надійшла до редакції 25.03.2013 р.*

#### **Павленко И., Вахниченко Д. Определение параметров СПК при выполнении сверлильных операций под углом**

В статье определяются конструктивные параметры станков с параллельной кинематикой при выполнении типичных технологических движений механизмов с параллельной кинематикой под углом.

**Ключевые слова:** станок, гексапод, МПК, СПК, станок с параллельной кинематикой.

#### **Pavlenko I., Vakhnichenko D. Defining the parameters of MPK when drilling operations with an angle**

The design parameters of machine tools with parallel kinematics when the typical flow of mechanisms movement with parallel kinematics with an angle are defined in this article.

**Keywords:** machine, hexapod, MPK, machine with parallel kinematics.