

УДК 621.9.06

І.І. Павленко, професор., д-р техн. наук,

Д.В. Вахніченко, аспірант.

Кіровоградський національний технічний університет,
просп. 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 ($b/a = 0,1...0,3$), що в свою чергу залежить від розмірів шпиндельного вузла встановлюваного на даній платформі. Розмір між опорами нерухомої платформи (a) в плані рухових можливостей повинен бути в межах $a/L = 0,6...1,0$, 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 шпиндельного 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 нахилени до осі симетрії ВПК (рис.1), друга – від осі симетрії ВПК (рис.2).

Для даних досліджень приймається умови для першої та другої схеми:

$$a = D_m + b \cdot \cos \varphi + 2(H_{ин.} + H_{у.}) \cdot \sin \varphi \text{ (схема 1);}$$

$$a = D_m + b \cdot \cos \varphi - 2(H_{ин.} + H_{у.}) \cdot \sin \varphi \text{ (схема 2).}$$

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

З урахуванням вищевведених та деяких інших умов мінімальна висота положення рухомої платформи для аналізуемого варіанту обробки (рис.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:

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

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

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

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

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

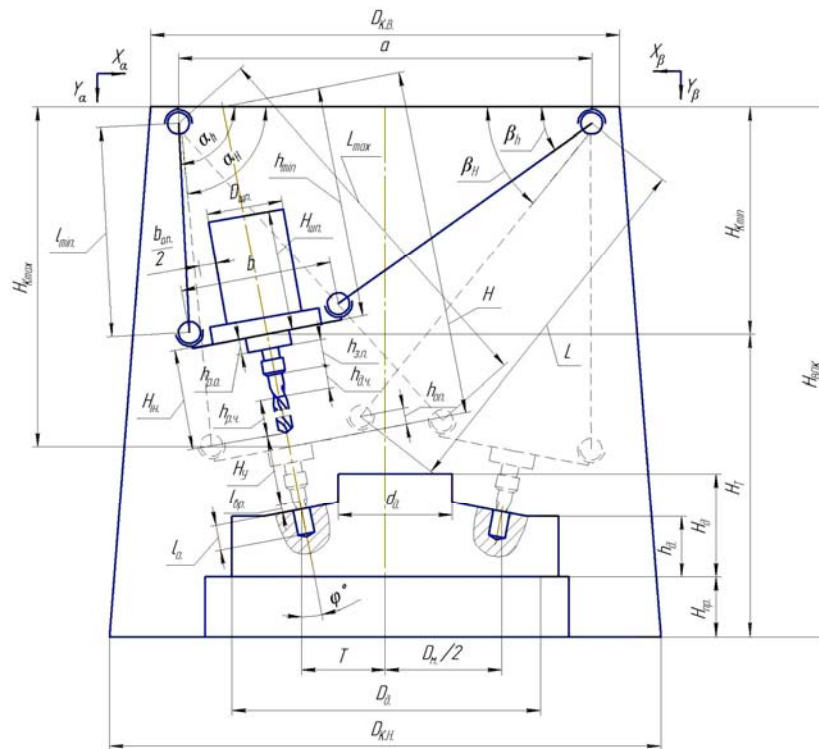


Рисунок 1 – Розрахункова схема гексапода для свердління отвору під кутом до осі симетрії ВПК

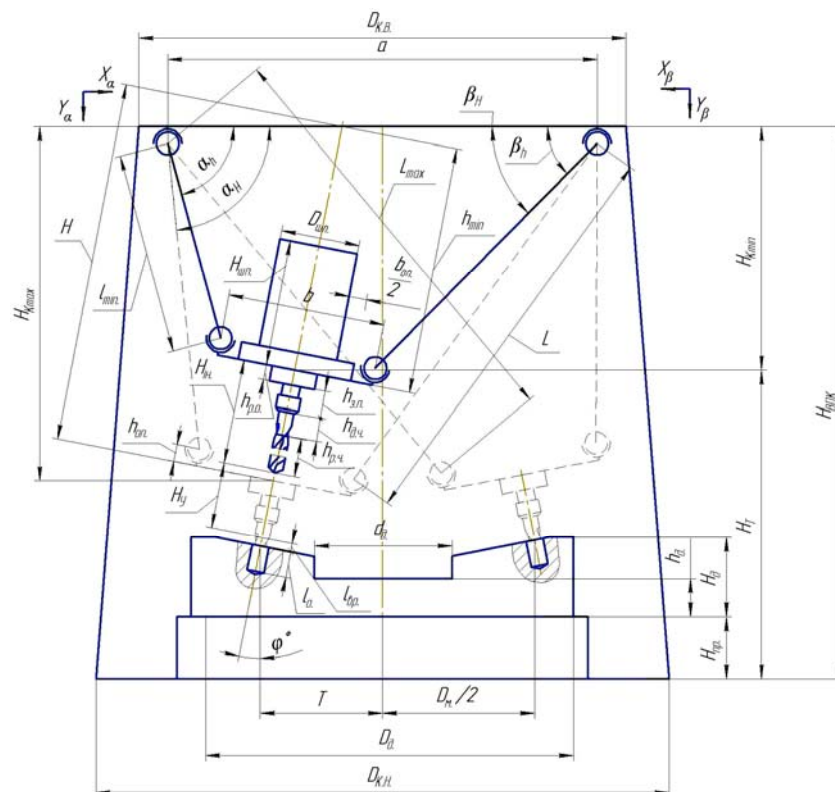


Рисунок 2 – Розрахункова схема гексапода для свердління отвору під кутом від осі симетрії ВПК

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 рис.3-рис.4.

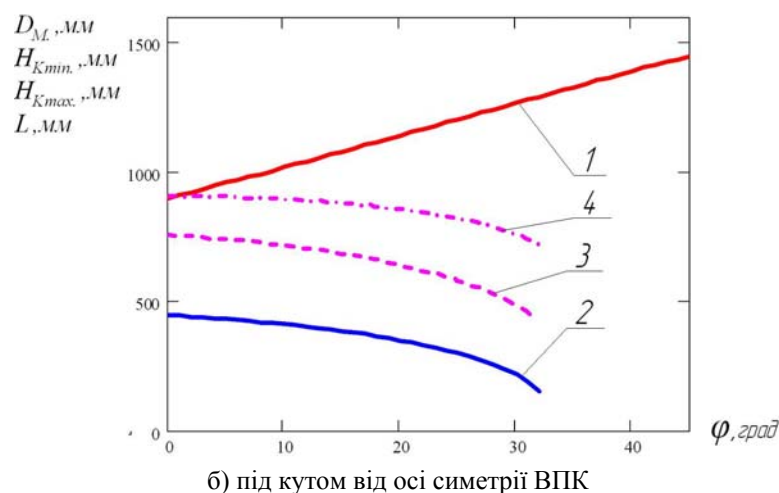
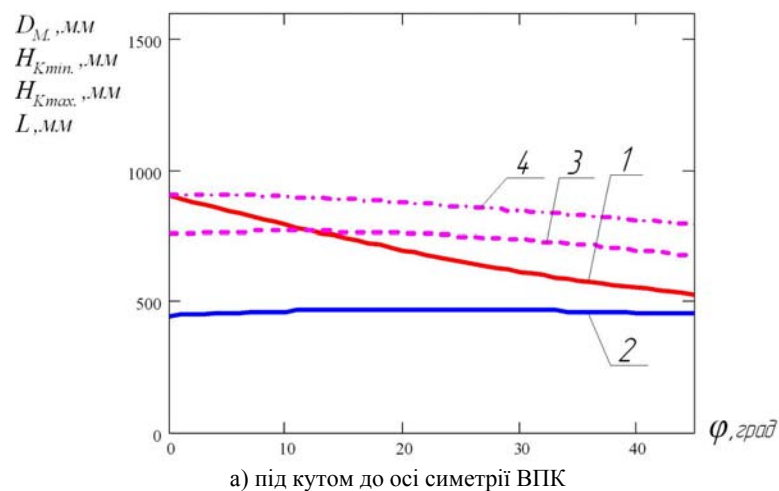
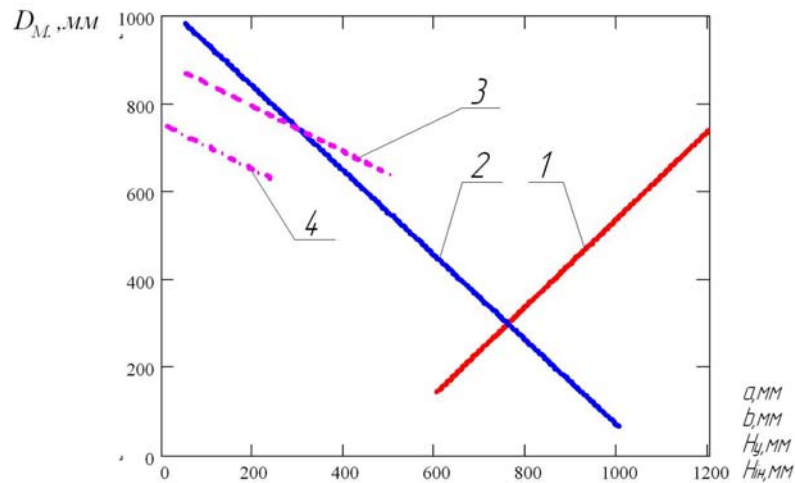


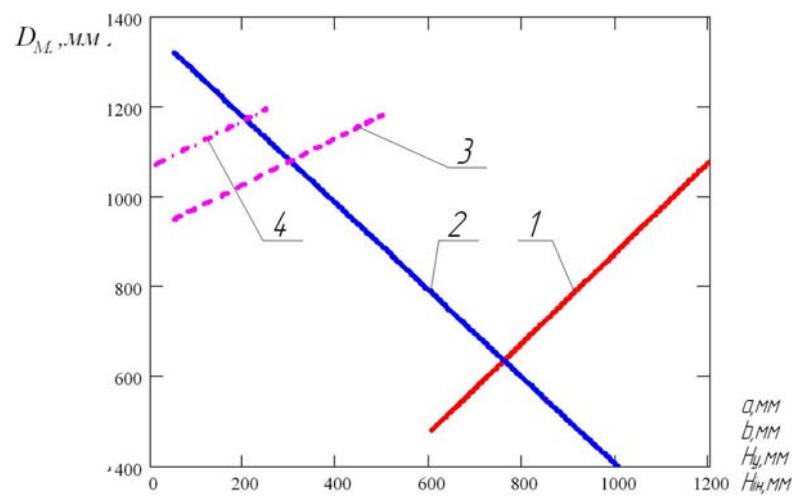
Рисунок 3 – Графік впливу кута нахилу платформи φ при $l_{\min} = 600$ мм; $D_M = 900$ мм; $b = 300$ мм;

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

- 1.максимальне зміщення периферійних отворів від осі D_M ;
- 2.конструкторську складову висоти верстату $H_{K \min}$;
- 3.конструкторську складову висоти верстату $H_{K \max}$;
- 4.максимальну довжину штанги L .



а) під кутом до осі симетрії ВПК



б) під кутом від осі симетрії ВПК

Рисунок 4 – Графік впливу на максимальне зміщення периферійних отворів D_M :

1. розміру нерухомої платформи a при $b = 300$ мм; $H_Y = 300$ мм; $H_{in.} = 25$ мм; $\varphi = 15^\circ$;
2. розміру рухомої платформи b при $a = 1200$ мм; $H_Y = 300$ мм; $H_{in.} = 25$ мм; $\varphi = 15^\circ$;
3. величини установчих рухів H_Y при $a = 1200$ мм; $b = 300$ мм; $H_{in.} = 25$ мм; $\varphi = 15^\circ$;
4. величини інструменту $H_{in.}$ 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:

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

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

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

Висновки. При дослідженні залежності впливу величини кута нахилу платформи φ 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 (рис.3а) видно, що при зростанні кута нахилу платформи φ максимальна конструкторська складову 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 (рис.3б): складові $H_{K \max}$, $H_{K \min}$, L - при зростанні кута нахилу платформи φ 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./ Павленко І.І. – Кіровоград: КНТУ, 2007. – 420с.
2. Павленко І.І., Вахніченко Д.В. Визначення конструктивних параметрів ВПК при виконанні типових рухів свердління. / Павленко І.І., Вахніченко Д.В. / Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин – Кіровоград: КНТУ, 2011.- вип. 41 ч.2. -С.99-105.
3. Павленко І.І., Вахніченко Д.В., Годунко М.О. Аналіз впливу конструктивних параметрів МПК на рух платформи під кутом. / Павленко І.І., Вахніченко Д.В., Годунко М.О. / Збірник наукових праць КНТУ: техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – Кіровоград, 2011. – Вип.24. ч.1. - С.279-283.

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

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

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

I.Pavlenko, D. Vakhnichenko. Defining the parameters of MPK when performing drilling operations at an angle.

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

In article defines the design parameters of machine tools with parallel kinematics when the typical flow of movement mechanisms with parallel kinematics at an angle.