

4. Кузнецов Ю.Н., Крыжановский В.А. Агрегатно-модульное технологическое оборудование нового поколения. К. Кировоград: ООО «ЗМОК» - ПП «ГНОЗИС», 2001. – 258 с.

*В.Пестунов, А.Стеценко*

**Повышение эффективности многшпиндельных головок агрегатных станков в сельскохозяйственном машиностроении**

В статье описана конструкция многшпиндельной головки для агрегатных станков с управлением упругими деформациями, что позволяет повышать производительность и точность обработки.

*V.Pestunov, A.Stecenko*

**Increase of efficiency multispindle heads of modular machine tools in agricultural mechanical engineering**

In the article the construction of multi-spindle head is described for aggregate machine-tools with a management by resilient deformations, what the productivity and exactness of treatment allow to promote

Одержано 18.10.11

**УДК 621.9.06**

**І.І. Павленко, проф., д-р техн. наук, Д.В. Вахніченко, асп.**

*Кіровоградський національний технічний університет*

## **Визначення конструктивних параметрів ВПК при виконанні типових рухів свердління**

В статті визначаються конструктивні параметри верстатів з паралельною кінематикою при виконанні типових технологічних рухів механізмів з паралельною кінематикою.  
**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. Головними складовими частинами верстатів з паралельною кінематикою (ВПК) є:

- несуча (каркасна) система;
- базова (нерухома) частина (платформа), на якій закріплюються опори рухомих ланок;
- кінематичні (рухомі) ланки;
- рухома платформа;
- виконавчий (робочий) орган ВПК.

Вибір головних параметрів цих частин, в основному, залежить від функціонального (технологічного) призначення верстата, яке оцінюється:

- розмірами оброблюваних деталей;
- виконуваними видами обробки (операціями);

- розмірами та іншими параметрами оброблюваних поверхонь;
- вимогами до виконуваних операцій: точність, продуктивність і т. ін.

В даній роботі виконуються дослідження на прикладі верстатів-гексаподів, які призначені для виконання свердлильних операцій. Аналіз існуючих конструкцій таких верстатів показує, що їх каркасна частина представляє собою стояки або несучі пластини (стілки), які з'єднують основу каркаса з базовою її частиною. Кількість стояків (стінок) в таких конструкціях буває від трьох до шести. По своїй формі вони мають різне виконання (прямі, вигнуті, трубчасті, плоскі, коробчасті і ін.). Каркас за своїм призначенням забезпечує не тільки утримання МПК, а й формує робочу зону верстата в якій здійснює рухи виконавчий орган верстата оброблюючи задану деталь. Таким чином, розміри каркасу (висота, ширина, довжина, діаметр) повинні бути достатніми і раціонально обґрунтованими для ефективної роботи верстата. Важливою вимогою до визначення розмірів та конструктивного виконання каркасу є створення зручних умов для роботи ВПК, здійснення його налагоджень та контролю за функціонуванням. В цьому плані велике значення також відводиться забезпеченню зручних умов для встановлення на верстат оброблюваних деталей та різального інструменту, що забезпечується відповідним конструктивним виконанням каркасу: відстанню між стояками, розмірами відповідних «вікон» і т.ін. Приклади деяких типових ВПК з різними каркасами наведено на рис.1...рис.4.



Рисунок 1 – Верстат з паралельною кінематикою НехаМ «TOYODA» (Японія)



Рисунок 2 – Верстат-гексапод 6X «MIKROMAT» (Німеччина);

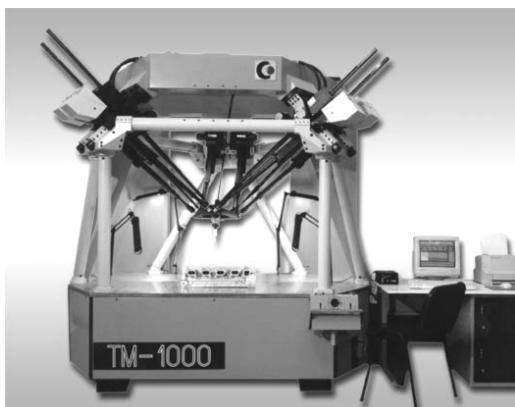


Рисунок 3 – Технологічний модуль TM-1000 АО "ЛАПИК" (Росія)



Рисунок 4 – Обробний центр ГЕКСАМЕХ-1 ВАТ "НІАТ" та ВАТ "САВМА" (Росія)

Подальші дослідження конструктивних параметрів ВПК – гексаподів виконано на прикладах реалізації слідуєчих свердлильних операцій:

- свердління отвору по вісі симетрії ВПК;
- свердління отворів паралельно вісі верстата;
- свердління отворів паралельно вісі верстата з наявністю обмежень руху інструменту;
- свердління отворів під кутом до вісі верстата.

Для кожного із варіантів обробки складається своя розрахункова схема на якій наведено основні параметри, що характеризують даний процес обробки. Відповідно відзначеним варіантам обробки розрахункові схеми представлені рис.5...рис.8. На даних схемах вказані розміри оброблюваних деталей по горизонталі -  $D_{\partial}$ ;  $d_{\partial}$  та по вертикалі  $H_{\partial}$ ,  $h_{\partial}$ , а також глибина оброблюваних отворів  $l_{обр.}$  та координати їх розміщення  $T, \varphi$ .

На схемах суцільною лінією показано вихідне положення рухомої платформи відведене від оброблюваної деталі на величину  $l_{ш}$ , що необхідно для зручного встановлення деталі на верстат та на зміну різального інструменту і т. ін. Ця величина ( $l_{ш}$ ) буде відповідати швидкому підведенню інструменту до деталі за яким почнеться процес обробки на величину:

$$l = l_{обр.} + l_{вр.}, \text{ де } l_{вр.} = 2 \div 4 \text{ мм.}$$

Це нижнє положення платформи по завершенню обробки показано пунктирною лінією.

Так як ВПК відноситься до універсального обладнання з ЧПК, то при їх експлуатації передбачається обробка деталей різних габаритних розмірів з різним розміщенням та розмірами оброблюваних поверхонь по висоті та ширині деталі. В роботі прийнята умова, що всі ці деталі замінені однією комплексною деталлю, де в буквеному виді позначені її розміри, що може бути конкретизовано для різних деталей. Так при свердлінні отвору співвісно вісі верстата довжина обробки ( $l_{обр.}$ ) є сумарною не перекриваємою величиною для всіх деталей, що в підсумку може відповідати початку обробки найбільш високої деталі до нижнього положення найнижче розміщеної деталі.

Виходячи з цих та інших умов переходимо до визначення основних розмірів ВПК.

Вихідне верхнє положення рухомої платформи буде залежити від: висоти оброблюваної деталі ( $H_{\partial}$ ); її вертикального розміщення відносно нижнього рівня основи каркасу ( $H_{осн.}$ ); необхідної відстані між торцем деталі та вершиною різального інструменту ( $l_{ш}$ ) з урахуванням довжини затискного пристрою, довжини різального інструменту ( $H_{ін.}$ ). Остання складова визначається:

$$H_{ін.} = h_{р.ч.} + h_{\partial.ч.} + h_{з.п.},$$

де  $h_{р.ч.}$  - необхідна довжина робочої частини інструменту;

$h_{\partial.ч.}$  - допоміжна частина інструменту, яка включає довжину конструктивно неробочої частини інструменту та запас робочої частини для переточування, наладки та ін.;

$h_{з.п.}$  - довжина затискного пристрою (патрону, оправки та ін.).

Сума вище наведених величин складає технологічну висоту ( $H_{T.}$ ) ВПК:

$$H_{T.} = H_{\partial.} + l_{ш} + H_{ин.}$$

Другою частиною висоти ВПК є конструкторська складова, яка визначає необхідні параметри МПК для реалізації потрібних технологічних рухів. Її мінімальні розміри залежать від можливого максимально втягнутого положення кінематичних ланок (штанг), що в свою чергу залежить від конструктивних параметрів гексапода, основними із яких є:

$a, b$  - відповідно відстань між опорами нерухомої і рухомої платформ;

$L$  - максимальна довжина штанги;

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

$\alpha, \beta, \gamma, \lambda$  - відповідно кути обертання штанг в опорах.

Відзначені параметри впливають не тільки на висоту, а і ширину (діаметр) ВПК.

Так із виконаних досліджень [1-4] відстань між опорами рухомої платформи ( $a$ ) повинна бути по можливості меншою ( $b/a = 0...0,3$ ), що в свою чергу залежить від розмірів шпиндельного вузла встановлюваного на даній платформі. Розмір між опорами нерухомої платформи в плані рухових можливостей повинен бути в межах  $a/L = 0,6...1,0$ . З іншого боку, з точки зору силових навантажень, штанги при обробці деталей не повинні переходити за вертикальне їх положення, а тому відстань між опорами повинна бути:

$$a \geq D_{\partial.} + b.$$

Величина відстані між стояками або стінками каркасу ВПК в нижній його частині повинна бути достатньою для обробки деталі та виконання всіх технічних і технологічних умов роботи верстата, а тому:

$$D_{кн} = (1,8...2,5) \cdot a$$

Розмір верхньої частини каркасу залежить від форми його виконання:

- для прямокутного  $D_{кв} = D_{кн}$  ;

- для трапецієвидного (конічного)  $D_{кв} = (1,0...1,5) \cdot a$  .

Вертикальні розміри залежать від конструктивних особливостей виконання МПК, де основними характеристиками є розміри штанг ( $L, l_{\min}$ ) та допустимі кути їх обертання в опорах ( $\alpha, \beta, \gamma, \lambda$ ). В плані забезпечення максимальних рухових можливостей відношення  $l_{\min} / L$  повинно бути якомога меншим.

З урахуванням вищенаведених та деяких інших умов мінімальна висота для аналізованого варіанту обробки (рис.5) МПК дорівнює  $h$ . При визначенні цієї величини розраховується можливість МПК здійснювати необхідний рух ВО та різального інструменту для виконання заданих операцій, що, в значній мірі, залежить від максимальної ( $L$ ) та мінімальної ( $l_{\min}$ ) довжини штанг. Загальна мінімальна конструктивна величина ВПК буде:

$$H_K = h + h_{p.o.} + H_{осн.},$$

де  $h_{p.o.}$  - величина виступу шпиндельного вузла робочого органу нижче рухомої платформи;

$H_{осн.}$  - висота основи каркасу з пристроями на які встановлюється оброблювана деталь.



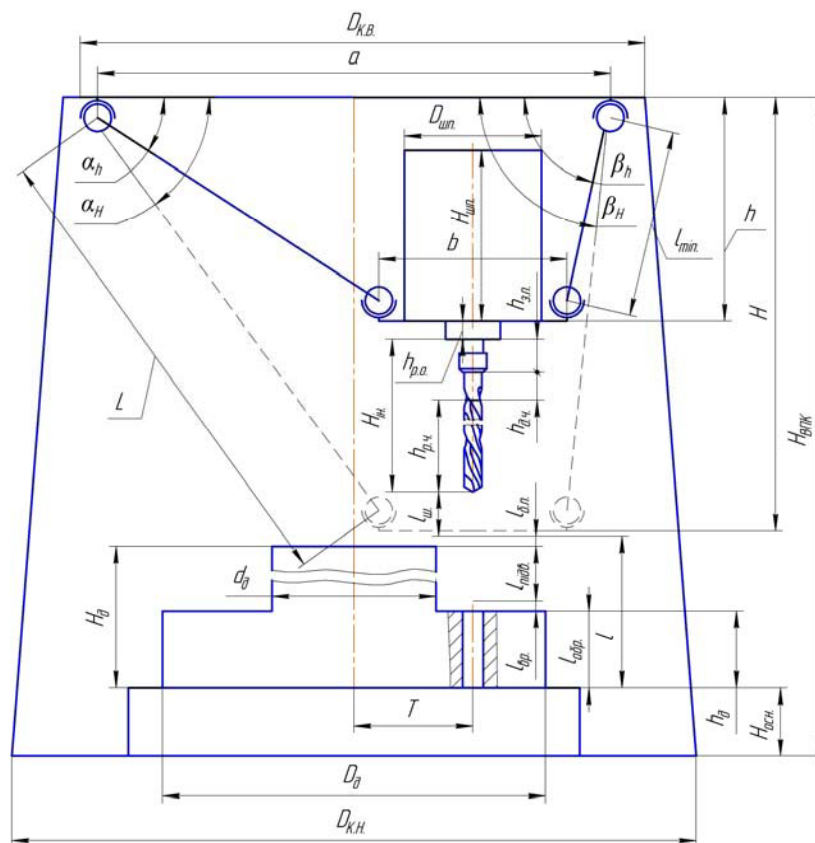


Рисунок 7 – Розрахункова схема гексапода для свердління отвору паралельно вісі верстату з наявністю обмежень руху інструменту

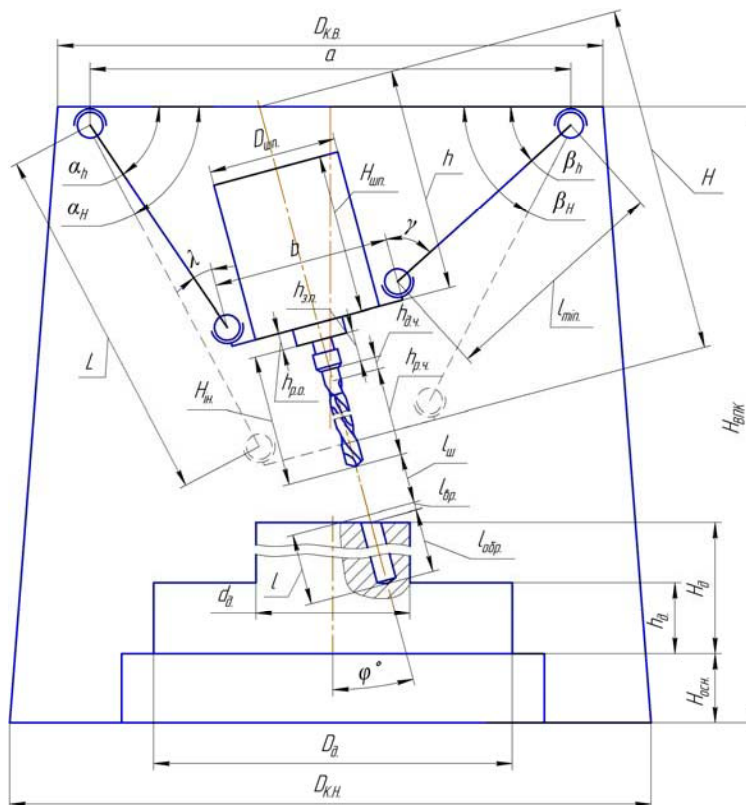


Рисунок 8 – Розрахункова схема гексапода для свердління отвору під кутом до вісі верстату

Аналіз отриманих даних дозволяє зробити наступні висновки:

1. Загальні розміри конструкцій верстатів з паралельною кінематикою складаються із технологічно необхідних та конструктивно доцільних розмірів.

2. На технологічно необхідні розміри впливають габаритні розміри оброблюваних деталей та розміри оброблюваних поверхонь і особливості їх розміщення на деталі.

3. Конструктивно доцільні розміри ВПК залежать від необхідних рухів виконавчого органу верстата та особливостей конструктивного виконання використовуваного механізму з паралельною кінематикою.

## Список літератури

1. Павленко І.І. Промислові роботи: основи розрахунку та проектування./ Павленко І.І. – Кіровоград: КНТУ, 2007. – 420с.
2. Павленко І.І., Валявський І.А. Рухові характеристики верстатів з паралельною кінематикою / І.І. Павленко, І.А. Валявський / Збірник наукових праць КНТУ: техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – Кіровоград, 2008. – Вип.21 - С.304-310.
3. Павленко 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. / Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин – Кіровоград: КНТУ, 2008.- вип. 38 ч.1. -С.284-287.
4. 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 конструктивных параметров СПК при выполнении типичных технологических движений сверления**

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

*I.Pavlenko, D. Vakhnichenko*

**Definition of design data MPK at performance of typical technological movements.**

In article design data of machine with parallel kinematics are defined at performance of typical technological movements of the mechanism tool with parallel kinematics.

Одержано 21.10.11