

УДК 621.9.06

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ВЕРСТАТІВ-ГЕКСАПОДІВ НА ЇХ ПРОСТОРОВІ РУХОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Валявський Іван Анатолійович к.т.н., доцент
Кіровоградський національний технічний університет
Valyavsky I.
Kirovohrad National Technical University

Анотація: в статті розглянуто вплив конструктивних параметрів (співвідношення розмірів виконавчого органу і несучої системи та співвідношення розміру несучої системи до максимальної довжини кінематичної ланки) на розміри та об'єм робочого простору верстата-гексапода.

Ключові слова: верстат, гексапод, проектування, рухові характеристики, робочий простір

Вступ

Одним з напрямків вирішення задачі розширення функціональних можливостей металорізальних верстатів є використання механізмів паралельної структури, які в сукупності з виконавчими органами (шпинделями, столами тощо) створюють верстат з паралельною кінематикою (ВПК). Такі верстати мають високу продуктивність та дозволяють вести обробку деталей складної конфігурації, що, в свою чергу, дає можливість виготовляти більш якісну конкурентоспроможну продукцію.

Одним з найбільш розповсюджених варіантів є використання механізму паралельної структури типу гексапод, побудованого на основі кінематичного з'єднання шести кінематичних ланок змінної довжини, який в сукупності з виконавчим органом забезпечує створення верстата-гексапода [1]. Проектування подібних верстатів є досить складною задачею внаслідок їх специфічних властивостей. Тому визначення найбільш раціональних конструктивних параметрів основних елементів ВПК є актуальною проблемою верстатобудування.

Наукові передумови

Верстати-гексаподи характеризуються специфічною конфігурацією робочого простору (РП) та змінним характером його параметрів (рис. 1, а), що в значній мірі визначає їх функціональні рухові можливості.

Результати попередніх теоретичних досліджень показують, що на форму, параметри, розташування та об'єм РП впливають компоувальна схема верстата, довжини кінематичних ланок та їх рухи, співвідношення розмірів виконавчого органу (ВО) і несучої системи, а також параметри розміщення ріжучого інструмента. Основні параметри РП, які необхідно дослідити – це його форма, висота h_{rp} , діаметр d_{rp} описаного навколо РП кола та об'єм v (рис. 1, б).

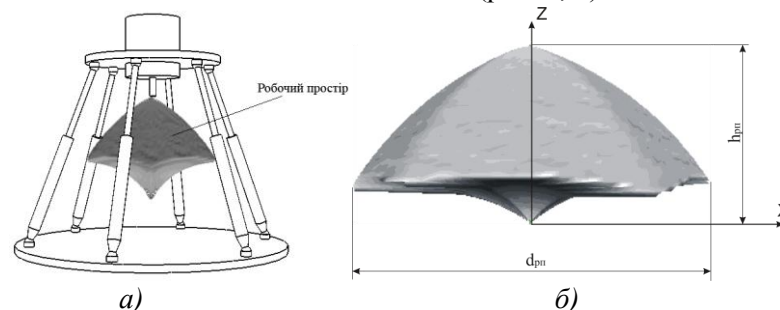


Рис. 1. Робочий простір верстата-гексапода: а) розташування; б) параметри

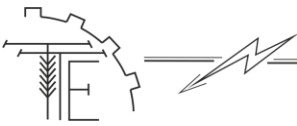
Мета дослідження

Дослідити вплив на параметри РП верстата-гексапода наступних чинників:

- співвідношення розмірів ВО та несучої системи;
- співвідношення розміру несучої системи до максимальної довжини кінематичної ланки.

Основні результати дослідження

Компоувальна схема верстата характеризується кількістю груп опорних шарнірів



кінематичних ланок, які змонтовані на несучій системі та ВО, що визначається структурою компоновки $N \times S$. Узагальнені компоновальні схеми відомих верстатів-гексаподів відрізняються взаємним розташуванням кінематичних ланок у конструкції ВПК (рис.2).

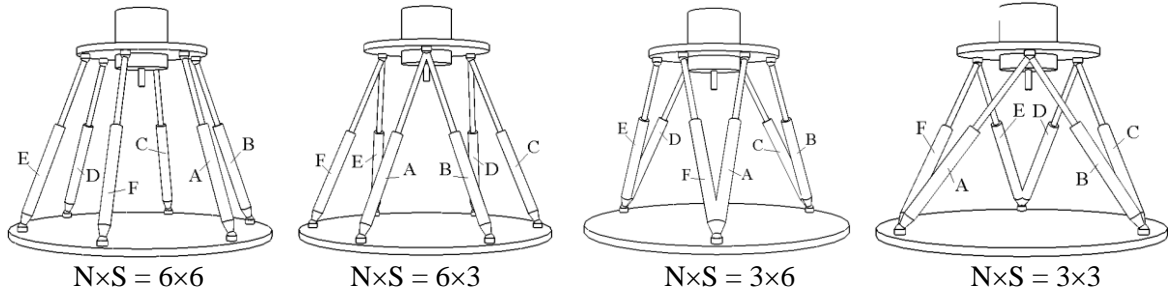


Рис. 2. Компоновки гексаподів

При дослідженні використовувались математичні залежності, отримані при вирішенні зворотної задачі кінематики багатокоординатних просторових механізмів [2]. Дослідження проводились шляхом моделювання РП верстата-гексапода [3] при зміні заданих конструктивних параметрів та визначення геометричних характеристик РП (висота, діаметр, об'єм). Отримані результати наносились на відповідні графіки:

- залежність співвідношення діаметра РП та максимальної довжини кінематичної ланки (d_{rp}/L) від досліджуваних конструктивних параметрів верстата;
- залежність співвідношення висоти РП до максимальної довжини кінематичної ланки (h_{rp}/L) від досліджуваних конструктивних параметрів верстата;
- залежність коефіцієнту рухових можливостей в об'ємі (v/V), який визначається відношенням реального об'єму РП до теоретично можливого [4], від досліджуваних конструктивних параметрів верстата.

Як зазначено вище, на параметри РП впливає співвідношення розмірів ВО та несучої системи (n), які визначаються діаметрами кіл розташування відповідних опорних шарнірів.

Результати проведених досліджень показують (рис. 3), що при збільшенні діаметра ВО до розміру несучої системи спостерігається незначне зменшення висоти РП для гексаподів структур $N \times S = 3 \times 3$; $N \times S = 6 \times 3$ та $N \times S = 3 \times 6$, а для структури $N \times S = 6 \times 6$ має місце його невелике збільшення.

Зміна розмірів ВО більше впливає на діаметр РП (d_{rp}). Для гексапода структури $N \times S = 6 \times 6$ при збільшенні n від 0,2 до 1,0 співвідношення d_{rp}/L лінійно збільшується від 0,6 до 1,5. Робочий простір гексапода структури $N \times S = 3 \times 3$ не змінює діаметра d_{rp} при збільшенні n . Робочий простір гексапода структури $N \times S = 6 \times 3$ спочатку збільшує діаметр до досягнення значення $d_{rp}/L = 0,9$ (що відповідає $n = 0,55$), а при подальшому збільшенні n зміна діаметра РП не відбувається. Аналогічно поводить себе і РП гексапода структури $N \times S = 3 \times 6$, а саме співвідношення d_{rp}/L збільшується до 0,9 ($n = 0,8$), після чого залишається незмінним.

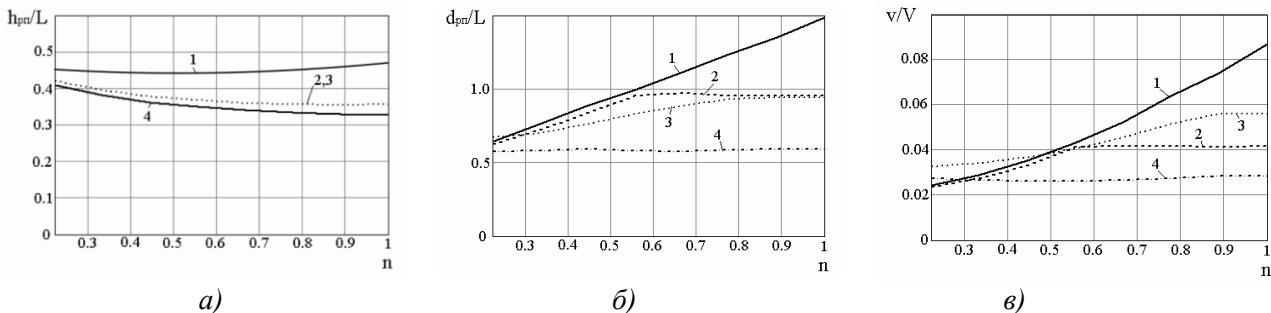
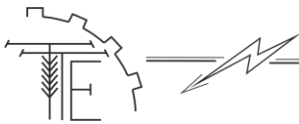


Рис. 3. Залежність параметрів РП від співвідношення розмірів платформ (n): а) залежність висоти РП; б) залежність діаметра РП; в) залежність об'єму РП
1 – $N \times S = 6 \times 6$; 2 – $N \times S = 6 \times 3$; 3 – $N \times S = 3 \times 6$; 4 – $N \times S = 3 \times 3$

Зміна коефіцієнта v/V відбувається подібно до зміни діаметра РП: для гексапода структури $N \times S = 6 \times 6$ – збільшується (від 0,025 до 0,09), для гексапода структури $N \times S = 3 \times 3$ – залишається майже незмінним, а для структур $N \times S = 6 \times 3$ та $N \times S = 3 \times 6$ – збільшується до 0,04 (що відповідає $n = 0,55$) та 0,055 ($n = 0,9$) відповідно, після чого залишається незмінним при подальшому збільшенні значення n .

Таким чином, співвідношення розмірів ВО та несучої системи найбільше впливає на



параметри РП гексапода структури $N \times S = 6 \times 6$ і майже не викликає зміни розмірів РП гексапода структури $N \times S = 3 \times 3$. Оптимальне співвідношення розмірів ВО та несучої системи для гексапода структури $N \times S = 6 \times 3$ буде $n = 0,55$, а для структури $N \times S = 3 \times 6$ – у межах $n = 0,8 \div 0,9$.

Ще одним параметром, який впливає на геометричні характеристики РП, є співвідношення розміру несучої системи (a) та максимальної довжини кінематичної ланки (L):

$$m = \frac{a}{L}.$$

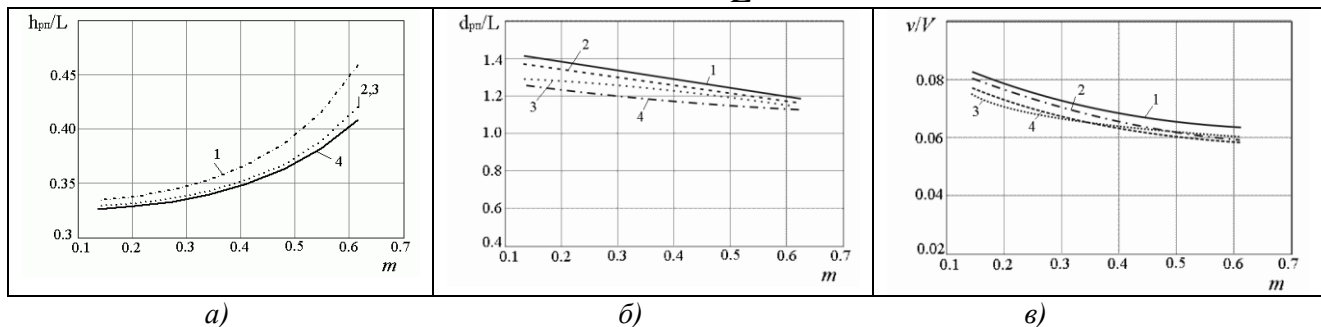


Рис. 4. Залежність параметрів РП від співвідношення розміру несучої системи до максимальної довжини кінематичної ланки (m): а) залежність висоти РП; б) залежність діаметра РП; в) залежність об'єму РП 1 – $N \times S = 6 \times 6$; 2 – $N \times S = 6 \times 3$; 3 – $N \times S = 3 \times 6$; 4 – $N \times S = 3 \times 3$

Теоретичні дослідження показують, що при збільшенні m від 0,15 до 0,6 збільшується і висота РП (рис. 4, а): для гексапода структури $N \times S = 3 \times 3$ співвідношення h_{RP}/L змінюється від 0,34 до 0,46, для інших структур – від 0,33 до 0,41.

Одночасно відбувається і зміна діаметра (рис. 4, б): співвідношення d_{RP}/L для гексапода структури $N \times S = 3 \times 3$ зменшується від 1,4 до 1,2, а для інших структур – приблизно від 1,3 до 1,19.

Зміна форми та розмірів РП при збільшенні m викликає зміну коефіцієнта рухових можливостей гексапода у просторі (v/V), який зменшується від 0,081 до 0,062 для гексапода структури $N \times S = 3 \times 3$ та приблизно від 0,08 до 0,06 – для гексаподів інших структур (рис. 4, в).

Висновки

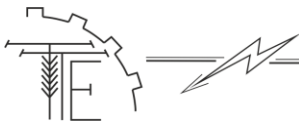
Установлені залежності між параметрами основних конструктивних елементів верстатів-гексаподів та формою, розмірами й об'ємом РП, дозволяють визначити найбільш раціональні варіанти виконання верстатів-гексаподів залежно від їх функціонального призначення.

Список літератури

1. Крижанівський В.А., Кузнєцов Ю.М., Валявський І.А., Склярів Р.А. Технологічне обладнання з паралельною кінематикою: Навчальний посібник для ВНЗ / Під ред. Ю.М. Кузнєцова. – Кіровоград, 2004. – 449 с.
2. Валявський І.А., Крижанівський В.А. Математичне моделювання положення вихідного органу 1-координатного механізму // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація / Збірник наук. праць – Кіровоград: КДТУ. – 2003. – Вип. 12. – с. 223-229.
3. Валявський І.А., Крижанівський В.А. Графічне моделювання робочого простору верстата-гексапода // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація / Збірник наук. праць – Кіровоград: КДТУ. – 2003. – Вип. 13.
4. Павленко І.І., Валявський І.А. Рухові характеристики верстатів з паралельною кінематикою // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація / Збірник наук. праць – Кіровоград: КНТУ. – 2008. – Вип. 21. – С. 128-134.
5. Павленко І.І. Основные показатели двигательных возможностей роботов / Вестник машиностроения. – 1986. - №4. – С. 9-11.

References

1. Kryzhanivskiy V.A., Kuznietsov Yu.M., Valiavskiy I.A., Skliarov R.A. Tekhnologichne obladnannia z paralelnoiu kinematykoiu: Navchalnyi posibnyk dlia VNZ. / Pid red. Yu.M. Kuznietsova. – Kirovohrad, 2004. – 449 s.
2. Valiavskiy I.A., Kryzhanivskiy V.A. Matematychnе modeliuвання polozhennia vykhidnoho orhanu 1-koordinatnoho mekhanizmu // Tekhnika v silskohospodarskomu vyrobnytstvi, haluzeve mashynobuduvannia, avtomatyzatsiia. / Zbirnyk nauk. prats – Kirovohrad: KDTU. – 2003. – Vyp. 12. – s. 223-229.
3. Valiavskiy I.A., Kryzhanivskiy V.A. Hrafichne modeliuвання robochoho prostoru verstata-heksapoda // Tekhnika v silskohospodarskomu vyrobnytstvi, haluzeve mashynobuduvannia, avtomatyzatsiia. / Zbirnyk nauk. prats – Kirovohrad: KDTU. – 2003. – Vyp. 13.



4. Pavlenko I.I., Valiavskiy I.A. Rukhovi kharakterystyky verstativ z paralelnoiu kinematykoiu // Tekhnika v silskohospodarskomu vyrobnytstvi, haluzeve mashynobuduvannia, avtomatyziatsiia. / Zbirnyk nauk. prats – Kirovohrad: KNTU. – 2008. – Vyp. 21. – S. 128-134.

5. Pavlenko Y.Y. Osnovnie pokazately dvyhatelnikh vozmozhnostei robotov. / Vestnyk mashynostroeniya. – 1986. – №4. – S. 9-11.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СТАНКОВ-ГЕКСАПОДОВ НА ИХ ДВИГАТЕЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

Аннотация: в статье рассмотрено влияние конструктивных параметров (соотношение размеров исполнительного органа и несущей системы, а также соотношение размера несущей системы к максимальной длине штанги переменной длины) на размеры и объем рабочего пространства станка-гексапода.

Ключевые слова: станок, гексапод, проектирование, двигательные характеристики, рабочее пространство.

RESEARCH OF DESIGN PARAMETERS FOR POSSIBILITIES OF PARALLEL KINEMATICS MACHINE-TOOLS

Summari: the article considers the influence of the design parameters (size ratio movable platform and support system, as well as the ratio of the size of the support system to the maximum length of the strut) on the size and volume of the working space of the hexapod machine-tool.

Keywords: machine-tool, hexapod, engineering, movable possibilities, workspace.