

О.В. Пономаренко, асп.

Кіровоградський національний технічний університет

Робочий простір п'ятикоординатного верстата з паралельною структурою

Розроблено алгоритм та програма у середовищі Mathcad для графічної побудови робочого простору та визначення п'ятикоординатного верстата з паралельною структурою об'єму.
паралельна кінематика, пентапод, робочий простір

Сільськогосподарське машинобудування вимагає використання сучасних високопродуктивних автоматизованих гнучких систем для виготовлення деталей і вузлів, до яких відноситься технологічне обладнання з ЧПУ на основі механізмів паралельної структури. Верстати, побудовані на основі паралельної кінематики, можуть представляти собою досить жорстку просторову ферму, а мала кількість з'єднань на шляху замикання сил призводить до менших деформацій і більш високої точності відтворення руху. Малі маси рухомих органів дозволяють досягти надвисоких швидкостей та прискорень, принципово недосяжних для традиційного обладнання.

При конструюванні верстату одним з основних критеріїв є габарит оброблюваної деталі, який визначає величину потрібного робочого простору. На відміну від технологічного обладнання традиційної компоновки, форма робочого простору технологічних машин з паралельними приводами представляє собою складну об'ємну фігуру [1]. Особливості робочого простору обладнання з паралельною кінематикою: неправильна геометрична форма; залежність від розміщення полюсу інструмента відносно шарнірних опор робочого органа; залежність від просторової орієнтації робочого органа.

© О.В. Пономаренко, 2011

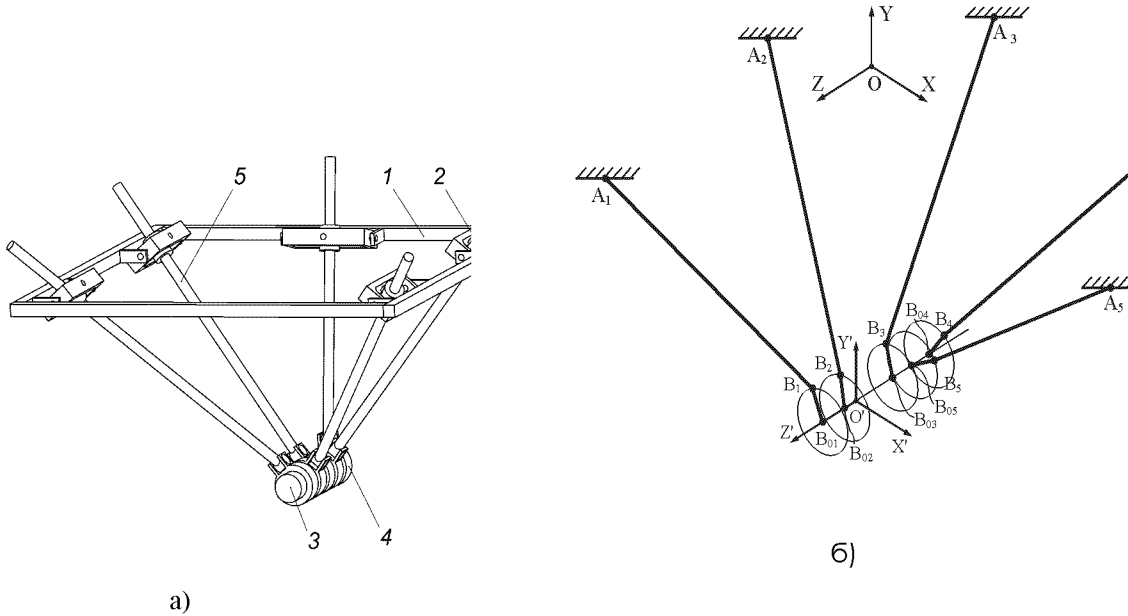
З відомих видів робочого простору [2] для верстатів з паралельною кінематикою найбільш важливими є робочий простір з постійною орієнтацією (руховий простір) [3] – усі можливі положення центру інструмента із заданою орієнтацією робочого органа, та сукупний орієнтаційний простір – усі положення центру інструмента, які можуть бути досягнуті з кутами орієнтації, що лежать у певних межах.

Значний інтерес для дослідження робочого простору представляють механізми з 5 ступенями вільності, зокрема механізм «пентапод» [2], у якому спеціальне розміщення шарнірних опор дозволяє обмежитись п'ятьма приводами з ланками змінної довжини і забезпечити широкі можливості орієнтації робочого органа.

П'ятикоординатний просторовий механізм паралельної структури «пентапод» (рис. 1а) складається з основи 1, на якій розміщено п'ять карданних підвісів 2, з штангами змінної довжини 5. Іншим кінцем кожна штанга прикріплена до робочого органа 3 через шарніри 4 таким чином, що вісь кожної штанги проходить через вісь робочого органа.

Розрахункова схема механізму „пентапод” зображена на рис. 1б. З основою механізму зв'язана абсолютна система координат з початком координат у точці O , а з робочим органом з'єднана відносна рухома система координат з початком у точці O' .

Центри шарнірів основи розміщені в точках A_i , центри шарнірів рухомої платформи (робочого органа) – в точках B_i . Довжина штанг позначається l_i .



а) – конструкція; б) – розрахункова схема
Рисунок 1 – Механізм „пентапод”

Знаючи координати точок A_i та B_{0i} в системі координат робочого органа можна визначити довжину штанги $A_i B_i$ наступним чином

$$l_i = \sqrt{\left(\sqrt{x_{Ai}^2 + y_{Ai}^2} - r\right)^2 + \left(z_{Ai} - z_{Bi}\right)^2}, \quad (1)$$

де x_{Ai} , y_{Ai} , z_{Ai} - координати точки A_i ;

z_{Bi} - координата точки B_i ;

r - радіус точки B_i від точки B_{0i} .

У даній роботі було розглянуто визначення форми та розміру робочого простору і його залежності від конструктивних параметрів механізму.

Діапазон зміни довжини штанг для визначення робочого простору:

$$\rho_{\min} \leq \rho_i \leq \rho_{\max}, \quad (2)$$

де ρ_{\min} , ρ_{\max} – мінімальна та максимальна довжина штанги.

Для визначення об'єму робочого простору при заданому діапазоні зміни довжини штанг розроблено алгоритм (рис. 2). Таким чином, для визначення належності певної точки до робочого простору верстата необхідно для заданих координат точки розрахувати довжини ланок і перевірити, чи знаходяться вони у заданому діапазоні. Якщо розраховані довжини ланок відповідають допустимому діапазону зміни довжини, то задана точка належить до робочого простору.



Рисунок 2 – Алгоритм побудови робочого простору

У відповідності з алгоритмом (рис. 2) було розроблено програму в середовищі Mathcad для побудови графічного зображення робочого простору та визначення його об'єму. Принцип роботи програми наступний. Задаються межі інтервалів перевірки робочого простору по осям координат: від -1,25 м до 1,25 м по осям X та Y, від 0 до 1,25 м по осі Z. Задаються максимальні і мінімальні довжини штанг, кути просторової орієнтації робочого органу.

Результат роботи програми показано на рис. 3.

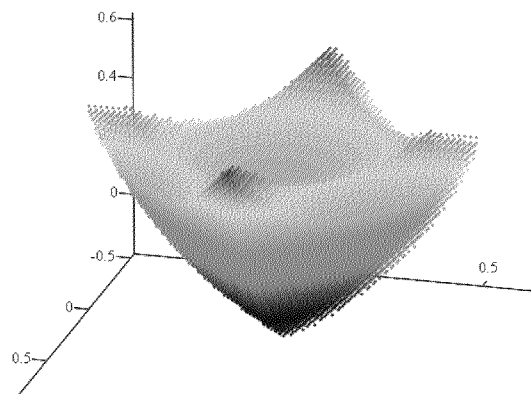
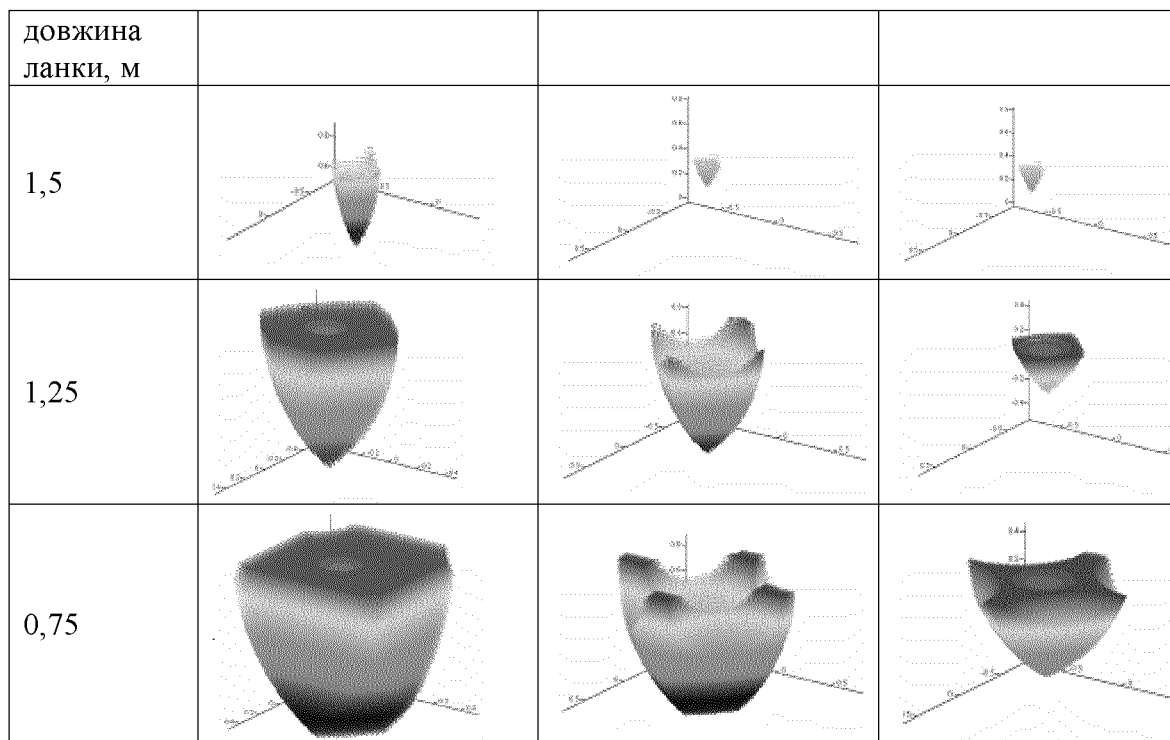


Рисунок 3 – Графічне зображення робочого простору пентапода

Із застосуванням розробленої програми визначено залежність робочого простору верстата з механізмом „пентапод” від мінімальної та максимальної можливої довжини штанг. Результати розрахунків зведені в таблиці 1. Залежність об'єму робочого простору від довжини ланок наведена на рис. 4.

Таблиця 1 – Графічне зображення робочого простору в залежності від довжини ланок

Максимальна	Мінімальна довжина ланки, м		
		0,25	0,5



Залежність об'єму робочого простору (рис. 4) показує, що збільшення максимальної довжини ланок та зменшення мінімальної їх довжини дозволяє значно розширити робочий простір. Для досягнення об'єму 1 м^3 необхідно мінімальна довжина $0,5 \text{ м}$ та максимальна $1,5 \text{ м}$, або ж мінімальна $0,25 \text{ м}$ та максимальна $1,375 \text{ м}$.

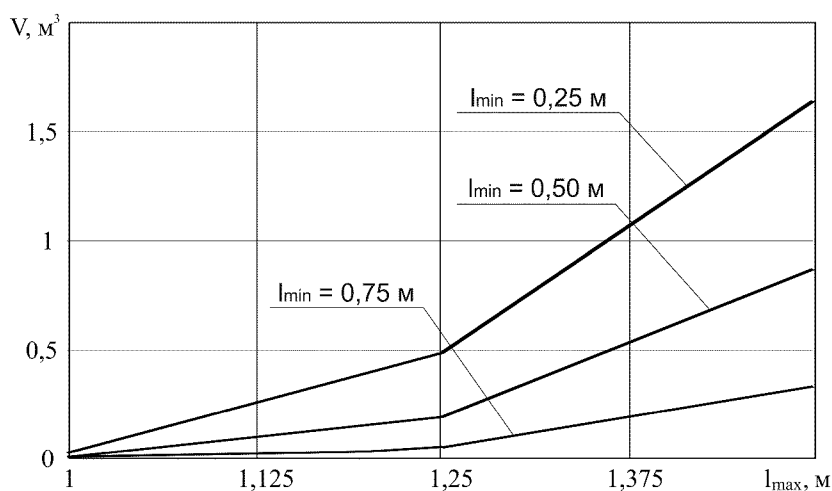


Рисунок 4 – Залежність об'єму робочого простору від максимальної довжини ланки.

Встановлено мінімальні і максимальні довжини кожної з штанг (табл. 2) для забезпечення переміщення у кубі із стороною $0,5 \text{ м}$ та центром у початку координат.

Таблиця 2 – Діапазони довжини штанг, м

№ штанги	Мінімальна довжина штанги l_{\min}	Максимальна довжина штанги l_{\max}
1	0,969	1,811
2	0,962	1,804
3	0,902	1,724

4	0,887	1,702
5	0,970	1,536

Таким чином, зміна довжини ланок від 0,9 до 1,8 м забезпечує робочий простір у вигляді куба з стороною 0,5 м.

Висновки:

1. Розроблено алгоритм для визначення об'єму робочого простору при заданому діапазоні змін довжин штанг та розроблено програму в середовищі Mathcad для побудови графічного зображення робочого простору та визначення його об'єму.

2. Об'єм робочого простору верстата з механізмом «пентапод» визначається геометричними параметрами механізму. Із збільшенням максимальної довжини та зменшенням мінімальної довжини ланки об'єм робочого простору значно зростає.

3. Визначено діапазони зміни довжини кінематичних ланок, які необхідні для можливості переміщення робочого органа у заданому робочому просторі у вигляді паралелепіпеда. Наприклад, для забезпечення робочого простору у вигляді куба з стороною 0,5 м діапазон зміни довжини штанг складає від 0,9 до 1,8 м.

4. Результати дослідження об'єму робочого простору від зміни довжини штанг дозволили окреслити напрямки подальших досліджень: визначення об'єму робочого простору в залежності від зміни положення шарнірів нерухомої основи, визначення особливих положень та орієнтаційного робочого простору.

Список літератури

1. Сулацкая Е.Ю., Петрова Л.Н. Моделирование рабочего пространства станка с параллельной кинематикой //Вестник ЮУрГ. – 2009. - №11. – С. 42-45.
2. Merlet J.-P. Parallel Robots. – Springer-Verlag New York Inc., 2006. – 394 p
3. Кириченко А.М. Геометрична побудова робочого простору обладнання з механізмами паралельної структури / А.М. Кириченко, В.Б. Струтинський // Збірник наукових праць КНТУ. Техніка в с/г виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – Вип. 24, ч.І. – Кіровоград: КНТУ, 2011. – С. 216-222.

О. Пономаренко

Рабочее пространство пятикоординатного станка с параллельной структурой

Разработан алгоритм и программа в среде Mathcad для графического построения рабочего пространства и определения объема пятикоординатного станка с параллельной структурой.

О. Ponomarenko

Workspace of five-axis parallel manipulator

An algorithm is developed and the program is developed in Mathcad for the graphic construction of workspace and determination of his volume.

Одержано 18.10.11