

## Інтегральний робочий простір верстатів-гексаподів

В статті запропоновані удосконалені компоновочні схеми верстатів-гексаподів з керованими параметрами робочого простору, досліджено формування та параметри їх інтегрального робочого простору. **верстат, гексапод, верстат з паралельною кінематикою, робочий простір**

Аналіз технічних характеристик верстатів з паралельною кінематикою (ВПК) показує, що вони мають суттєвий недолік, який полягає у значно меншому співвідношенні об'єму робочого простору до загального об'єму верстата, ніж у верстатів традиційної компоновки. Крім того, форма їх робочого простору (РП) має складну конфігурацію, що ускладнює визначення розташування оброблюваної деталі на робочому столі.

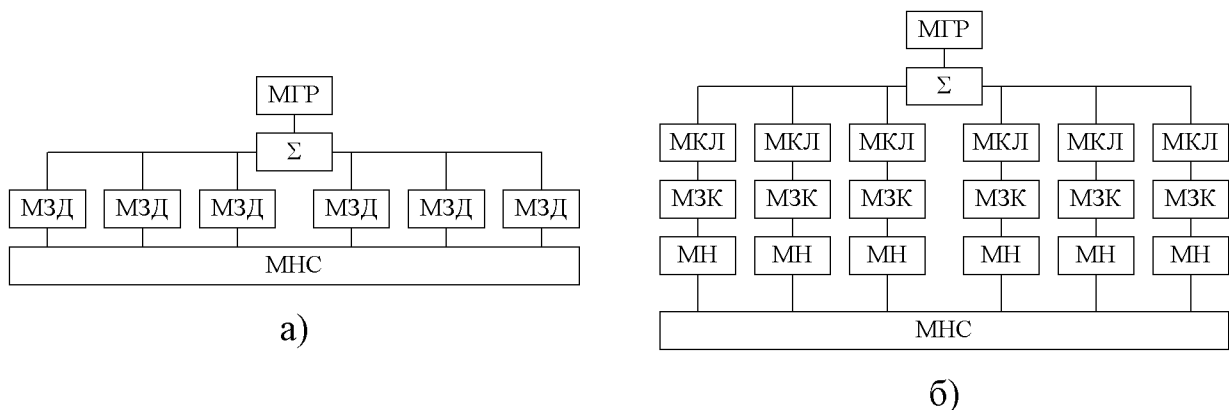
Вказані недоліки значно обмежують впровадження ВПК та зменшують ефективність їх експлуатації у серійному виробництві.

З метою підвищення ефективності використання ВПК типу гексапод у виробництві пропонується розширення робочого простору шляхом керування геометричними параметрами верстата.

Отже, дослідження процесу керування параметрами робочого простору з метою збільшення коефіцієнту його використання у загальному об'ємі верстата є актуальною науково-практичною задачею.

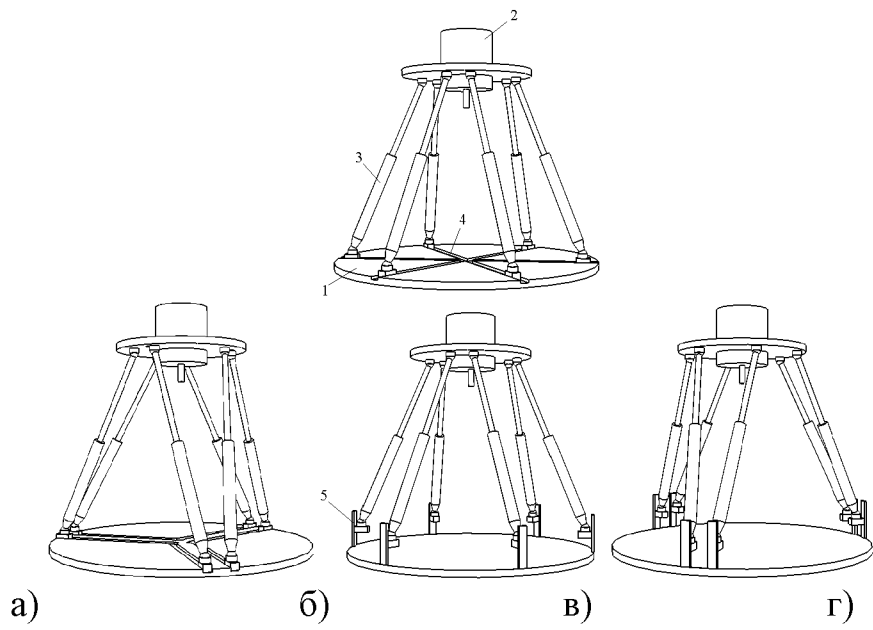
На підставі аналізу схеми структурно-модульної будови верстата-гексапода (рис. 1, а) запропоновані удосконалені компоновочні схеми з керованими параметрами РП (рис. 1, б), які відрізняються конструктивним виконанням та розташуванням кінематичних ланок у просторі (рис. 2).

© І.І. Павленко, І.А. Валявський, А.О. Гнатюк, 2010



а) без можливості керування параметрами РП; б) з можливістю керування параметрами РП  
 МГР – модуль головного руху;  $\Sigma$  – підсумковий механізм; МКЛ – модуль кінематичних ланок; МЗК – модуль зміни координат опорних шарнірів; МН – модуль напрямних; МНС – модуль несучої системи

Рисунок 1 – Структурно-модульна будова верстатів-гексаподів



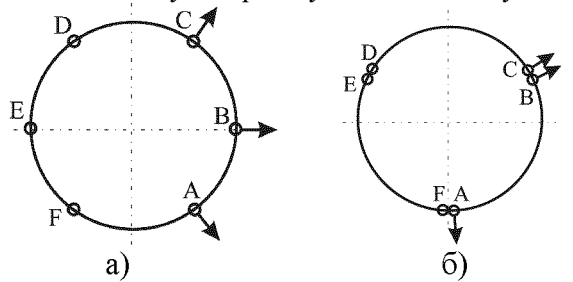
а, б) в горизонтальними напрямними; в, г) з вертикальними напрямними; 1) несуча система; 2) виконавчий орган; 3) кінематичні ланки; 4) горизонтальні напрямні; 5) вертикальні напрямні

Рисунок 2 – Удосконалені компоновки верстатів-гексаподів з керованими параметрами робочого простору

Запропоновані верстати-гексаподи удосконаленої компоновки дозволяють керувати формою та параметрами робочого простору шляхом зміни координат опорних шарнірів за допомогою додатково вбудованих напрямних (горизонтального та вертикального виконання) на несучій системі.

Розглянемо залежність параметрів робочого простору при зміні координат опорних шарнірів, змонтованих на несучій системі верстата-гексапода у горизонтальному та вертикальному напрямках.

Робочий простір верстата-гексапода з радіальними напрямними досліджувався на моделі верстата-гексапода, оснащеної додатковими горизонтальними радіально розташованими напрямними, відносно яких переміщуються опорні шарніри кінематичних ланок, внаслідок чого виконавчий орган має можливість переміщуватись додатково у визначеному напрямку на відповідну величину (рис. 3).



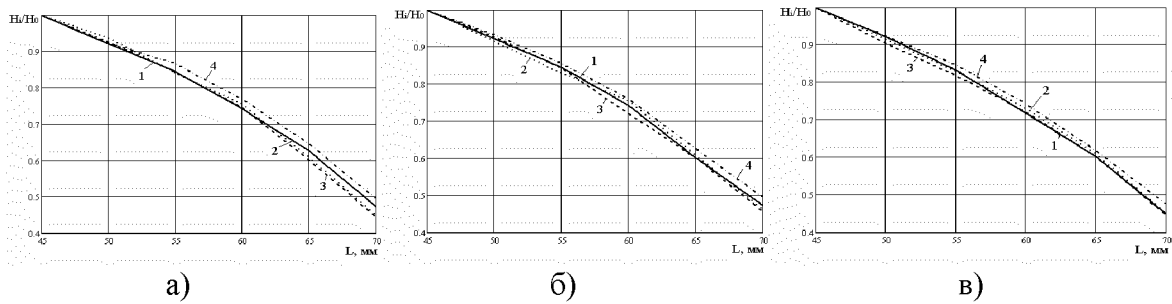
а) для схем структури  $N \times S = 6 \times 6$  та  $N \times S = 6 \times 3$ ; б) для схем структури  $N \times S = 3 \times 6$  та  $N \times S = 3 \times 3$

Рисунок 3 – Схема зміни координат опорних шарнірів у радіальному напрямку

Під час дослідження змінювалися у радіальному напрямку координати одного, двох, трьох та шести опорних шарнірів послідовно на величину від 45 до 70 мм з інтервалом 5 мм. При кожному фіксованому положенні ВО визначався профіль поперечного перерізу (лінії рівня) робочого простору та його параметри: діаметр (D) (відносно осі X) та висота (H), що визначалася за сукупністю ліній рівня у вертикальній площині. Кожна зміна координат опорних шарнірів у радіальному напрямку викликає зміну форми робочого простору.

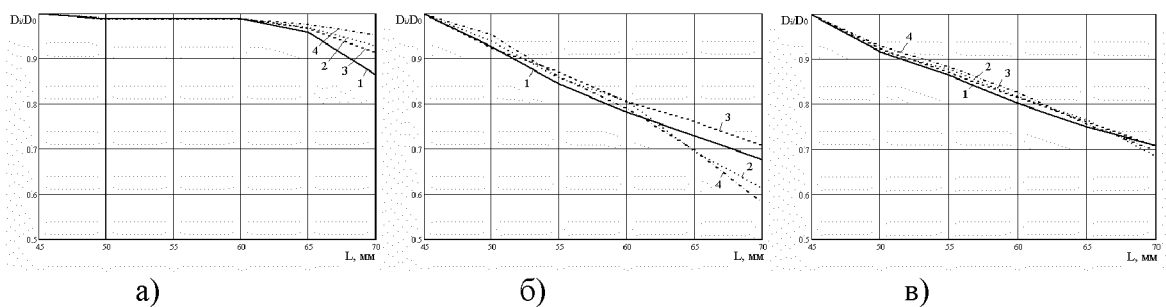
Залежність параметрів робочого простору від зміни координат опорних шарнірів у радіальному напрямку наведена на рис. 4 та 5. Позначення на графіках: 1 – залежність для верстата структури  $N \times S = 6 \times 6$ ; 2 –  $N \times S = 6 \times 3$ ; 3 –  $N \times S = 3 \times 6$ ; 4 –  $N \times S = 3 \times 3$ .

Наведені залежності показують, що кожна зміна координат опорних шарнірів у радіальному напрямку зменшує усі параметри робочого простору, що впливає на його об'єм (рис. 6).



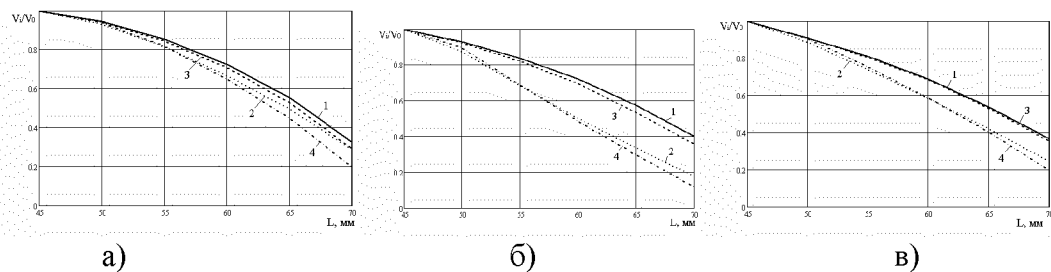
а) при зміні координат одного шарніру (А); б) двох шарнірів (А, В); в) трьох сусідніх шарнірів (А, В, С)

Рисунок 4 – Залежність висоти робочого простору від зміни координат опорних шарнірів у радіальному напрямку



а) при зміні координат одного шарніру (А); б) двох шарнірів (А, В); в) трьох сусідніх шарнірів (А, В, С)

Рисунок 5 – Залежність діаметру робочого простору від зміни координат опорних шарнірів у радіальному напрямку

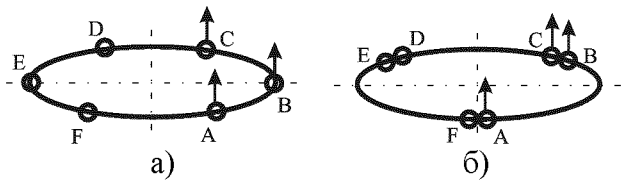


а) при зміні координат одного шарніру (А); б) двох шарнірів (А, В); в) трьох сусідніх шарнірів (А, В, С)

Рисунок 6 – Залежність об'єму робочого простору від зміни координат опорних шарнірів у радіальному напрямку

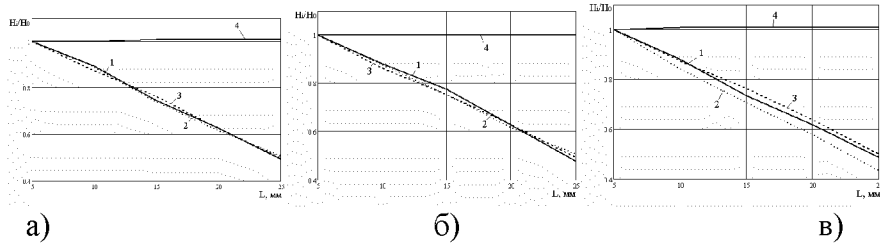
Так, при зміні координат одного шарніру об'єм робочого простору зменшується у 1,4 рази, двох – у 1.56 рази, а трьох – у 1,8 разів. Найбільш інтенсивно зменшується об'єм РП для верстатів компонок  $N \times S = 3 \times 3$ .

Дослідження впливу зміни координат опорних шарнірів у вертикальному напрямку виконувалися на віртуальній та фізичній моделях верстата-гексапода з додатково встановленими вертикальними напрямними. Під час досліджень послідовно змінювалися координати одного, двох та трьох опорних шарнірів у вертикальному напрямку (рис. 7) на величину від  $h_{\min} = 0$  до  $h_{\max} = 0.25$  м з інтервалом 0.05 м.



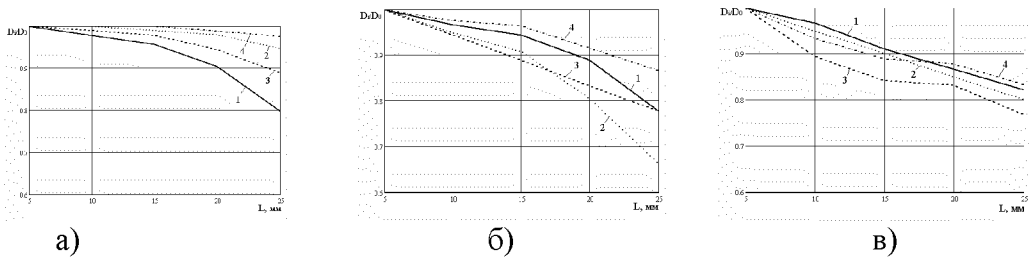
а) для схем структури  $N \times S = 6 \times 6$  та  $N \times S = 6 \times 3$ ;  
 б) для схем структури  $N \times S = 3 \times 6$  та  $N \times S = 3 \times 3$   
 Рисунок 7 – Схема зміни координат опорних шарнірів у вертикальному напрямку

Зміна координат опорних шарнірів у вертикальному напрямку впливає на висоту (рис. 8) та діаметр (рис. 9) робочого простору.



а) при зміні координат одного шарніру (А); б) двох шарнірів (А, В); в) трьох сусідніх шарнірів (А, В, С)

Рисунок 8 – Залежність висоти робочого простору від зміни координат опорних шарнірів у вертикальному напрямку



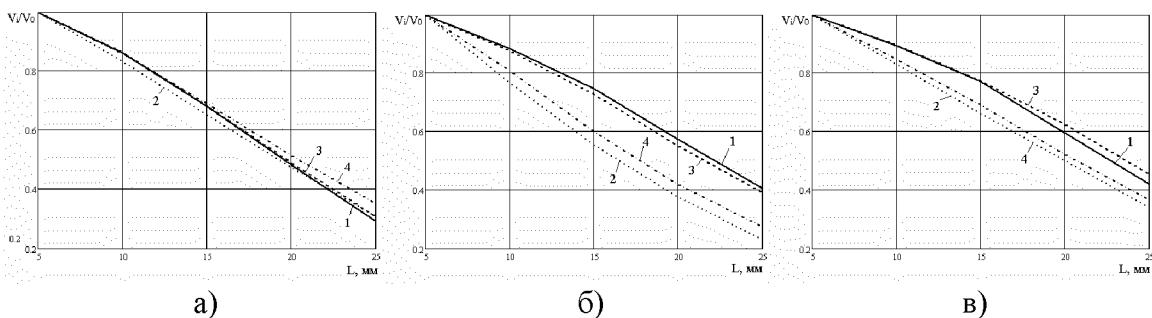
а) при зміні координат одного шарніру (А); б) двох шарнірів (А, В); в) трьох сусідніх шарнірів (А, В, С)

Рисунок 9 – Залежність діаметру робочого простору від зміни координат опорних шарнірів у вертикальному напрямку

Аналіз наведених залежностей свідчить, що зміна координат опорних шарнірів у вертикальному напрямку зменшує усі основні параметри робочого простору верстатів-гексаподів удосконалених компоновок, а саме:

- незмінним залишається значення висоти РП для верстата компоновки  $N \times S = 3 \times 3$ ;
- для інших компоновочних схем верстатів-гексаподів відбувається зменшення висоти РП за аналогічною залежністю у межах від 0,45 до 0,55 разів;
- зменшення величини діаметрів РП для верстатів різних компоновочних схем спостерігається у межах від 0,03 до 1,18 разів для компоновки структури  $N \times S = 3 \times 3$  та від 0,05 до 0,35 разів – для структури  $N \times S = 3 \times 6$ .

Зміна висоти та діаметру робочого простору впливає на зміну його об'єму (рис. 10)



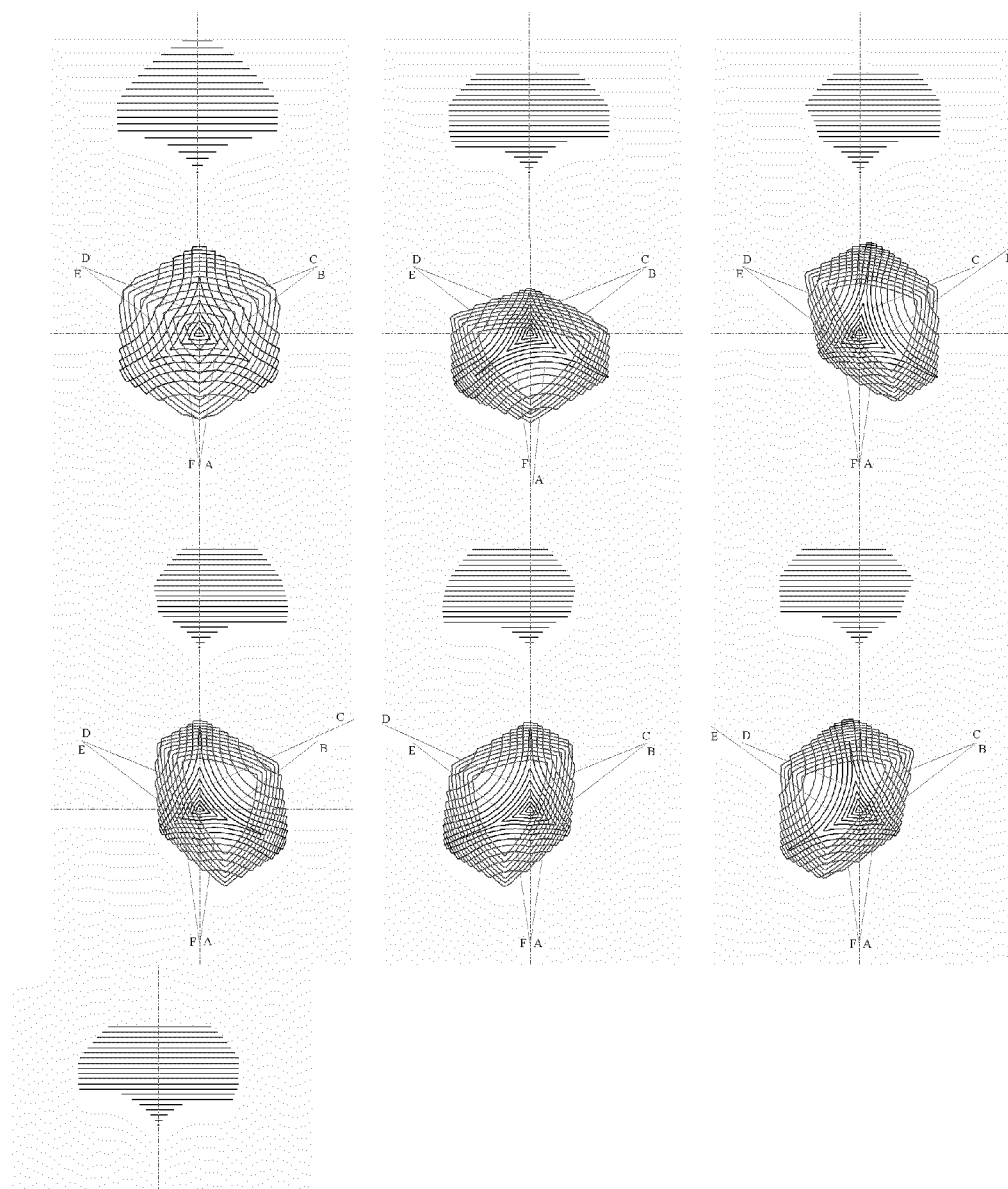
а) при зміні координат одного шарніру (А); б) двох шарнірів (А, В); в) трьох сусідніх шарнірів (А, В, С)

Рисунок 10 – Залежність об'єму робочого простору від зміни координат опорних шарнірів у вертикальному напрямку

Зміна координат опорних шарнірів значно зменшує об'єм робочого простору: переміщення одного шарніру – у 0,3 рази, двох шарнірів – у 0,4 рази (для компонок структур  $N \times S=6 \times 6$ ,  $N \times S=3 \times 6$ ) та у 0,3 рази (для компонок структур  $N \times S=6 \times 3$ ,  $N \times S=3 \times 3$ ), а трьох – у 0,45 разів (для компонок структур  $N \times S=6 \times 6$ ,  $N \times S=3 \times 6$ ) та у 0,35 рази (для компонок структур  $N \times S=6 \times 3$ ,  $N \times S=3 \times 3$ ).

Отже, послідовна зміна координат опорних шарнірів у вертикальному напрямку зменшує параметри робочого простору на відповідну величину залежно від визначеної компоновочної схеми верстата-гексапода.

Результати математичного моделювання, підтвержені експериментальними дослідженнями, свідчать, що зміна координат опорних шарнірів у горизонтальному або вертикальному напрямках змінює діаметр, висоту, об'єм, конфігурацію та розташування робочого простору (рис. 11). Сукупність всіх можливих при цьому робочих просторів формує інтегральний робочий простір верстата-гексапода (рис. 12, 13).



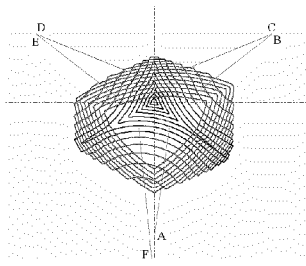
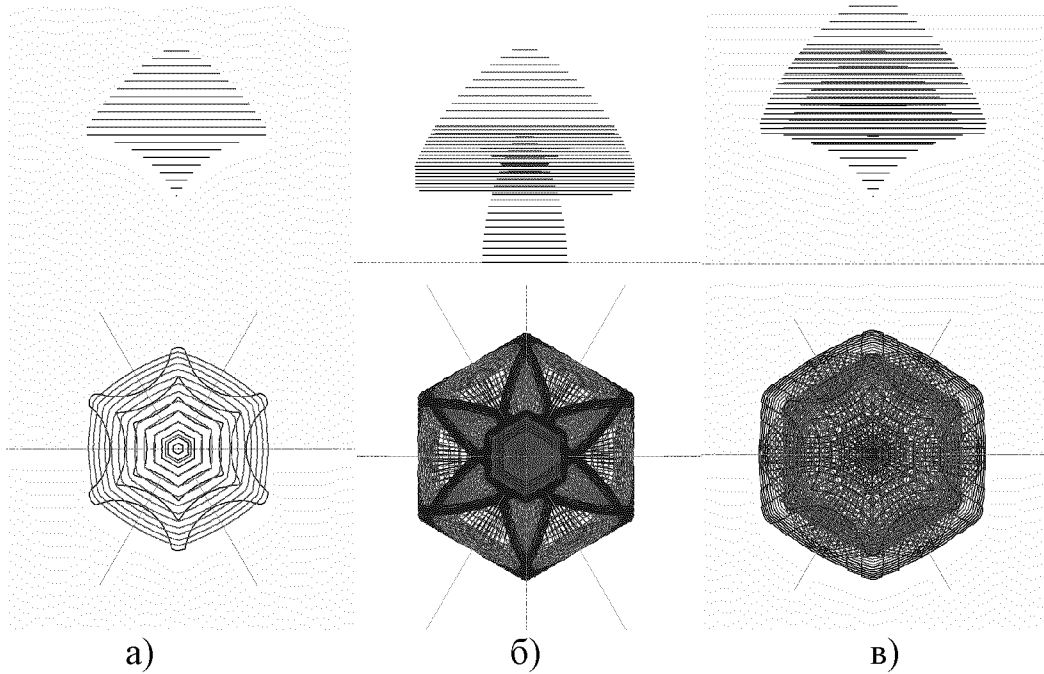
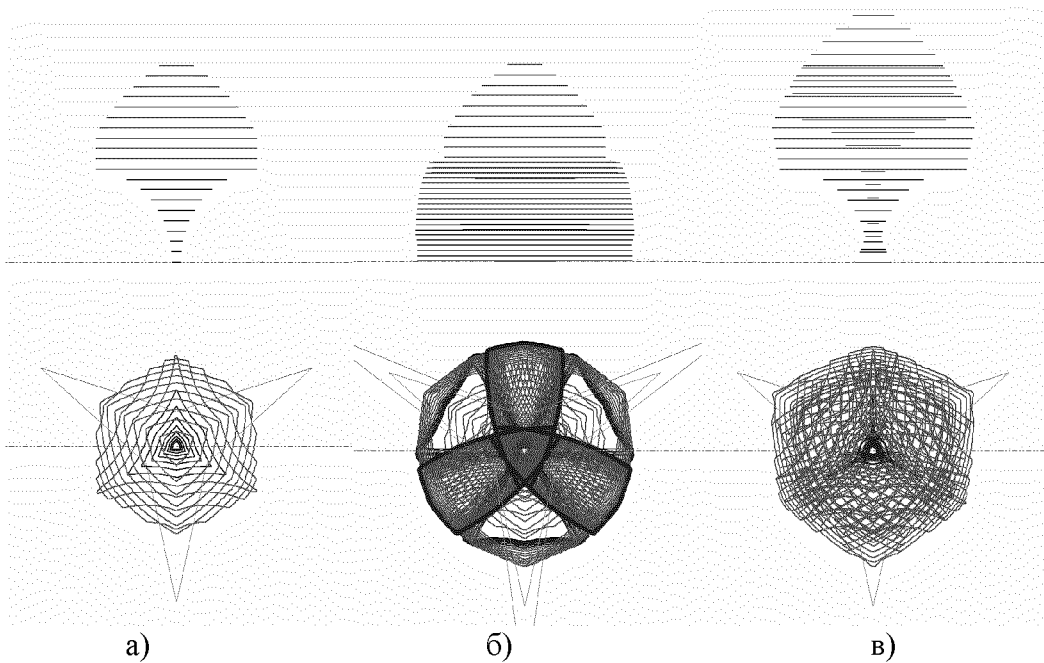


Рисунок 11 – Зміна форми і розташування робочого простору при зміщенні опорних шарнірів у радіальному напрямку



а) вихідна форма РП; б) при переміщенні шарнірів у радіальному напрямку; в) при переміщенні шарнірів у вертикальному напрямку

Рисунок 12 – Інтегральний робочий простір верстата-гексапода структури  $N \times S = 6 \times 6$



а) вихідна форма РП; б) при переміщенні шарнірів у радіальному напрямку; в) при переміщенні шарнірів у вертикальному напрямку

Рисунок 13 – Інтегральний робочий простір верстата-гексапода структури  $N \times S = 3 \times 3$

Отримані результати досліджень свідчать, що інтегральний робочий простір верстата-гексапода з додатковими напрямними збільшується від 1,3 до 2 разів порівняно із звичайною схемою (рис. 14, 15).

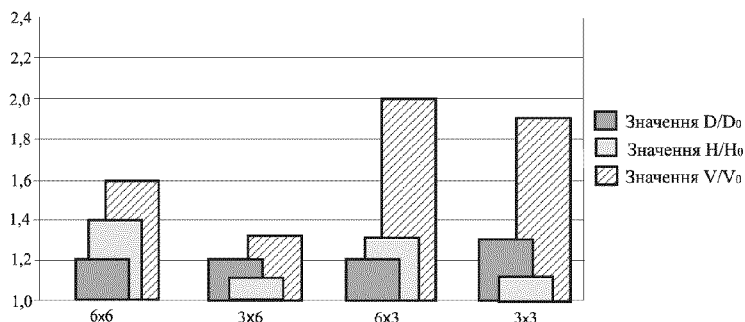


Рисунок 14 – Параметри робочого простору при зміні координат опорних шарнірів у горизонтальному напрямку

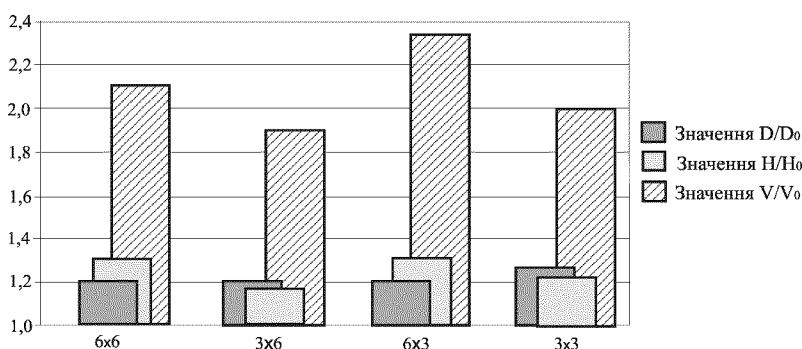


Рисунок 15 – Параметри робочого простору при зміні координат опорних шарнірів у вертикальному напрямку

Зміна координат опорних шарнірів у горизонтальному напрямку збільшує об'єм інтегрального робочого простору у 1,3...2,0 рази, а при переміщенні опорних шарнірів у вертикальному напрямку спостерігається збільшення об'єму загального робочого простору у 1,9...2,3 рази.

## Список літератури

1. Технологічне обладнання з паралельною кінематикою: Навчальний посібник для ВНЗ. / [Крижанівський В.А., Кузнецов Ю.М., Валявський І.А., Склярів Р.А.]. – Кіровоград, 2004. – 449 с.

*И. Павленко, И. Валявский*

### **Интегральное рабочее пространство станков-гексаподов**

В статье предложены усовершенствованные компоновочные схемы станков-гексаподов с управляемыми параметрами рабочего пространства, исследовано формирование и параметры их интегрального рабочего пространства.

*I. Pavlenko, I. Valyavsky*

### **Integrated working space of hexapods**

In article advanced layout schemes of hexapods with operated working space parameters are offered, formation and parameters of their integrated working space is investigated.

Одержано 04.03.10