

Рухові характеристики верстатів з паралельною кінематикою

В статті розглянуто рухові можливості верстатів з паралельною кінематикою, визначено показник рухових можливостей.

верстат, гексапод, проектування, рухові характеристики, показник рухових можливостей

Розширення функціональних можливостей металоріжучих верстатів є важливим напрямком вдосконалення їх конструкцій. Це дозволяє виконувати більший діапазон варіантів обробки деталей при покращених техніко-економічних характеристиках. Одним з способів вирішення поставленої задачі є використання у верстатах механізмів паралельної структури (МПС), які в сукупності з виконавчими органами (шпинделями, столами, супортами тощо) створюють верстат з паралельною кінематикою (ВПК). Такі верстати мають значно більший діапазон можливих рухів виконавчих органів (ВО), що дозволяє вести обробку деталей більш складної конфігурації, а це, в свою чергу, дає можливість виготовляти більш якісну конкурентоспроможну продукцію.

Висока рухомість ВПК в основному досягається за рахунок використання механізмів паралельної структури. Конструктивна їх реалізація базується на використанні декількох (звичайно, від 3 до 6) рухомих штанг з опорами. Одним з найбільш розповсюджених та доцільних варіантів є використання 6-штангових МПС, що забезпечує створення гексапода, а в сукупності з ВО – верстата-гексапода.

Можлива кількість варіантів таких конструкцій верстатів дуже велика, так як дуже велика кількість можливих виконань МПС та додаткових рухів допоміжних механізмів верстата (рис. 1). Все це дозволяє виконувати значні варіанти рухів ВО верстата по їх переміщенню та переорієнтуванню. Така рухомість МПС залежить від структури його будови та числа ступенів рухомості його виконавчих органів. Для такої оцінки доцільно використати показник (коефіцієнт) рухових можливостей K_p [1, 2]. В даному випадку він буде добутком показника переміщень (K_n) на коефіцієнт орієнтуючих можливостей (сервіс – С):

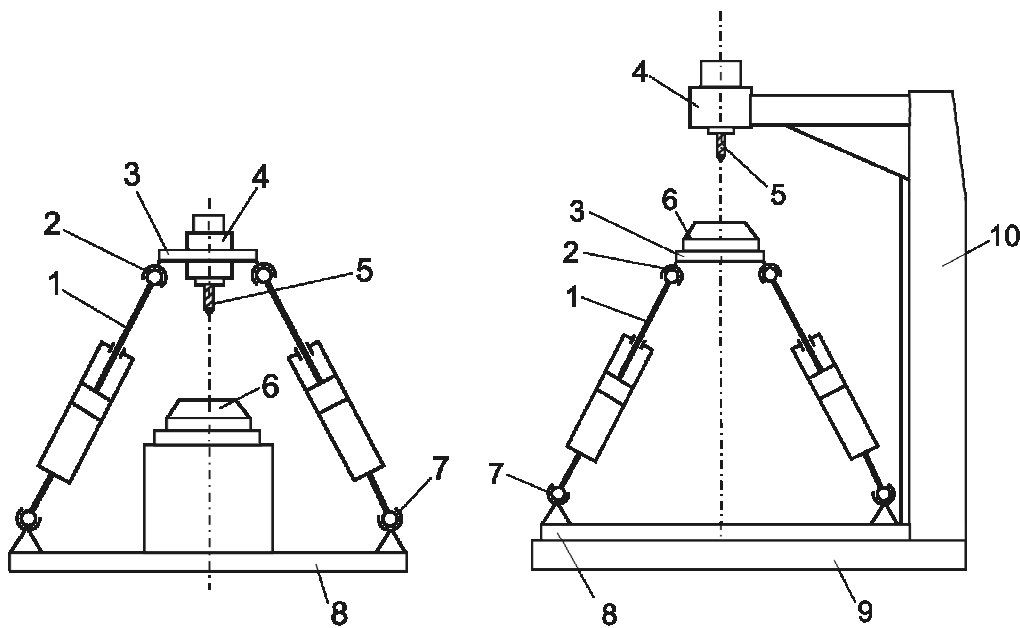
$$K_p = K_n \cdot C.$$

Під показником переміщення слід розуміти відношення реальної величини переміщення рухомої платформи МПС (виконавчого органу) до теоретично можливої. Такий показник можна визначати при переміщенні ВО по лініях, площинах і в об'ємі. Оцінка можливих поступальних рухів МПС є надзвичайно важливою, так як ці рухи у ВПК реалізують як сам процес обробки, так і установчі рухи ВО для забезпечення необхідної точності виготовлення деталі. Оцінку вказаних переміщень, в загальному виді, доцільно виконувати по точці "О", яка співпадає з центром рухомої платформи, розміщеній на осі симетрії платформи МПС у вихідному положенні. Так, при переміщенні платформи по лінії симетрії МПС, коефіцієнт переміщення буде (рис. 2,а):

$$K_{nl} = \frac{l}{L},$$

де l – величина реального переміщення платформи в заданому напрямку;

L – теоретично можлива величина, яка може реалізуватись ідеальним механізмом. За таку величину доцільно приймати максимальну довжину штанг.



1 – рухомі штанги; 2,7 – шарнірні опори; 3 – рухома плита; 4 – шпindelний виконавчий орган; 5 – ріжучий інструмент; 6 – оброблювана деталь; 8 – базова плита; 9 – основа; 10 – станина

Рисунок 1 – Схеми варіантів верстатів з паралельною кінематикою

Подібним чином можна оцінювати можливості лінійних переміщень в інших напрямках (рис. 2, б).

При переміщенні рухомої платформи в площині відповідний показник буде (рис. 2, в):

$$K_{mn} = \frac{f}{F},$$

де f – реально можлива величина переміщення (площини) центру платформи;

F – теоретично можлива величина переміщення, яка реалізується ідеальним МПС з максимальною довжиною штанг та з умовою обмеження рухів лінією симетрії опор базової площини.

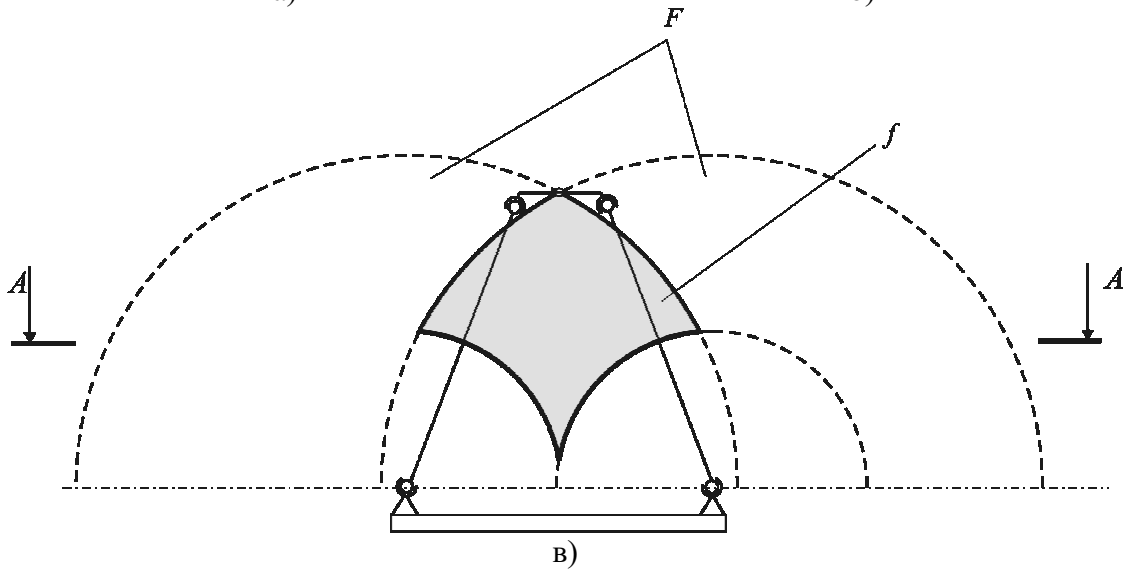
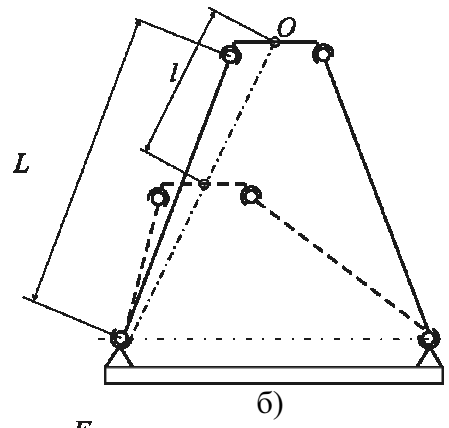
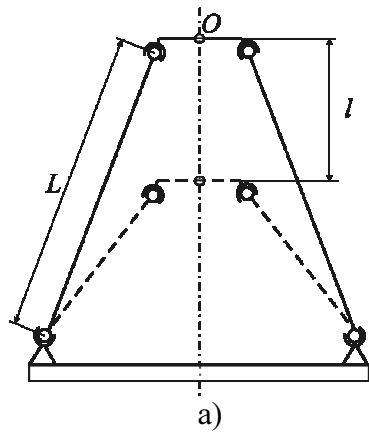
Оцінку таких переміщень можна виконувати в різних площинах, які проходять як через вісь симетрії МПС, так і, наприклад, перпендикулярних до вісі симетрії. Зазначена умова наведена відповідно до перетину А-А (рис. 2, в), для якого площа переміщень згідно відзначених умов показана на рис. 2, г.

При переміщенні рухомої платформи в об'ємі:

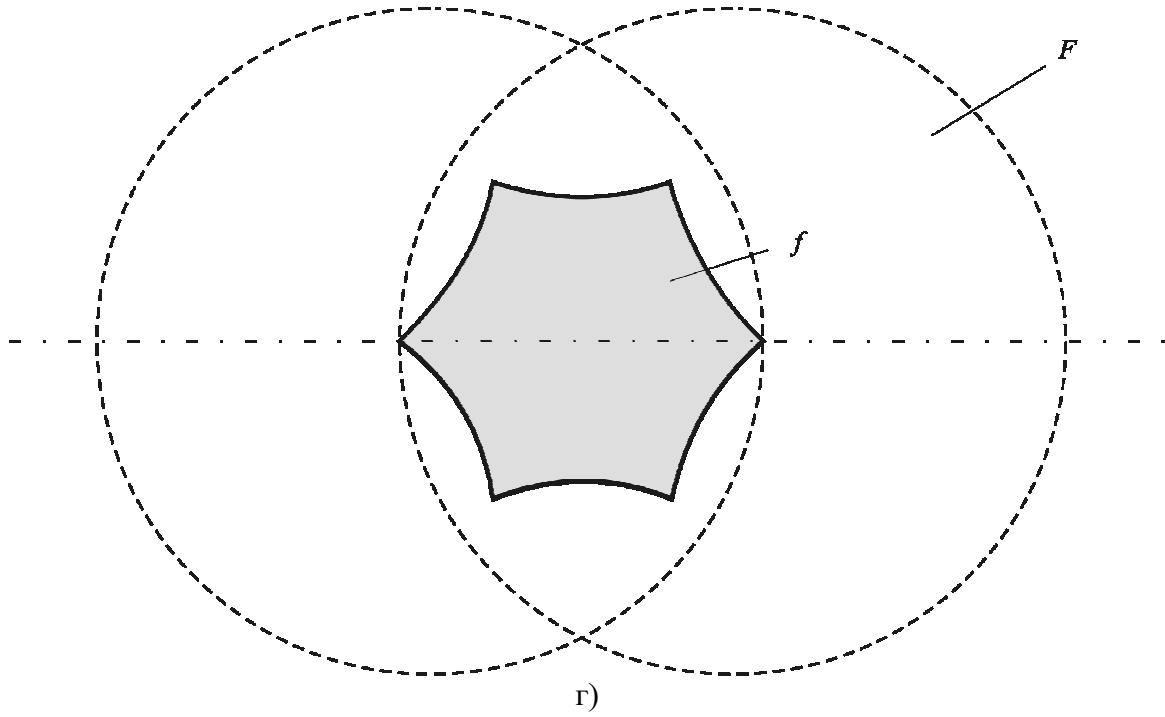
$$K_{no} = \frac{v}{V},$$

де v – величина об'ємного робочого простору (об'єму), в межах якого може переміщуватись центр рухомої платформи;

V – теоретично можливий об'єм переміщення. Величина цього простору з урахуванням вищенаведених умов представлено на рис. 2, д.



A-A



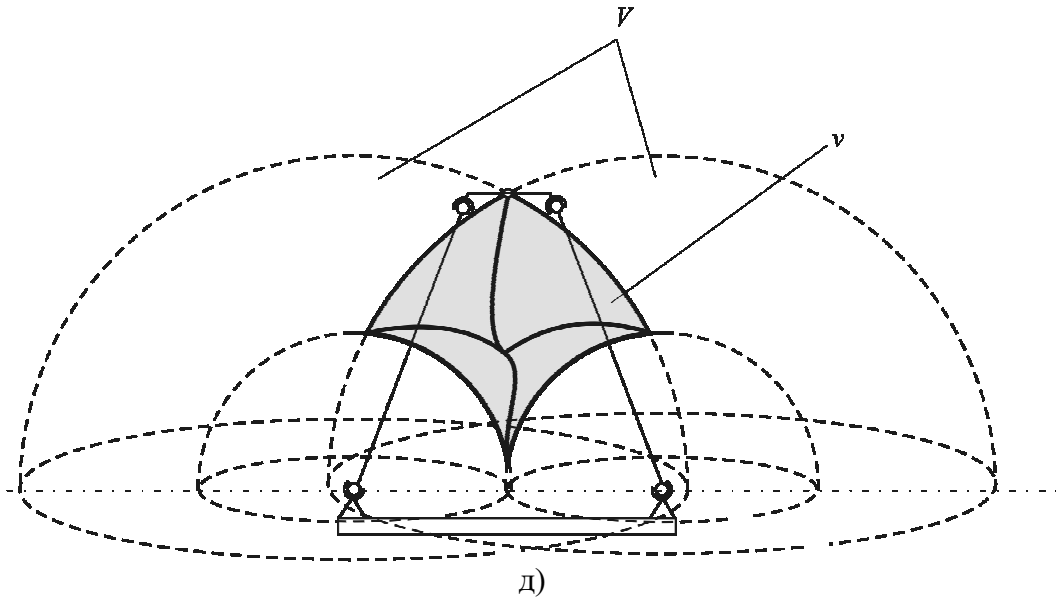


Рисунок 2 – Схеми переміщень рухомої платформи МПС

Наведені формули дозволяють оцінювати ефективність побудови конструкції МПС в плані здійснення максимально можливих переміщень рухомої платформи відносно того простору, який вони займають.

Другою важливою складовою загальних рухів МПС є орієнтуючі рухи, які необхідні для забезпечення необхідної орієнтації ріжучого інструменту чи оброблюваної деталі. Такі рухи можна визначити орієнтацією (нахилом) рухомої платформи (C_o) або нахилом осі її симетрії. Окрім цього, необхідно також визначити можливість орієнтації (повороту) рухомої платформи (C_n) відносно її осі. Таким чином, сумарну оцінку орієнтуючих рухів МПС визначаємо за показником загальних орієнтуючих можливостей:

$$C = C_o \cdot C_n.$$

Встановлені значення орієнтуючих рухів (можливостей) можна визначити як для окремих точок робочого простору, так і при переміщенні рухомої платформи по лінії, площині чи в об'ємі. Початковою умовою дослідження орієнтуючих рухів є визначення їх для окремої точки робочого простору, з якою співпадає точка центру рухомої платформи. Тоді для однієї з базових площин, в якій визначається кут нахилу платформи, буде оцінюватись сервісом осі:

$$C_o = \frac{\alpha}{2\pi},$$

де α – кут можливого нахилу рухомої платформи або кут нахилу осі симетрії платформи (рис. 3, а).

Поворот платформи (φ) відносно власної осі, при довільному значенні кута α в даній точці (рис. 3, б) є функцією значення α . Це вказує на те, що для кожного положення платформи буде своє значення кута φ . Тоді середнє значення кута φ в межах зміни кута α буде

$$\bar{\varphi} = \frac{1}{\alpha} \int_{(\alpha)} f(\alpha) d\alpha,$$

де α – максимальний кут, в межах якого визначається кут φ .

Якщо позначити показник орієнтації рухомої площини відносно власної осі

$$C_n = \frac{\varphi}{2\pi},$$

а середнє значення

$$\bar{C}_n = \frac{\bar{\varphi}}{2\pi},$$

то підсумкове середнє значення орієнтуючих рухів в межах можливої осьової орієнтації (α) буде:

$$\bar{C}_n = \frac{1}{\alpha} \int_{(\alpha)} C_n d\alpha.$$

В данній формулі підінтегральна величина (C_n) визначається як функція зміни кута φ від кута α . Відповідна умова приймається і в інших варіантах оцінки орієнтуючих рухів.

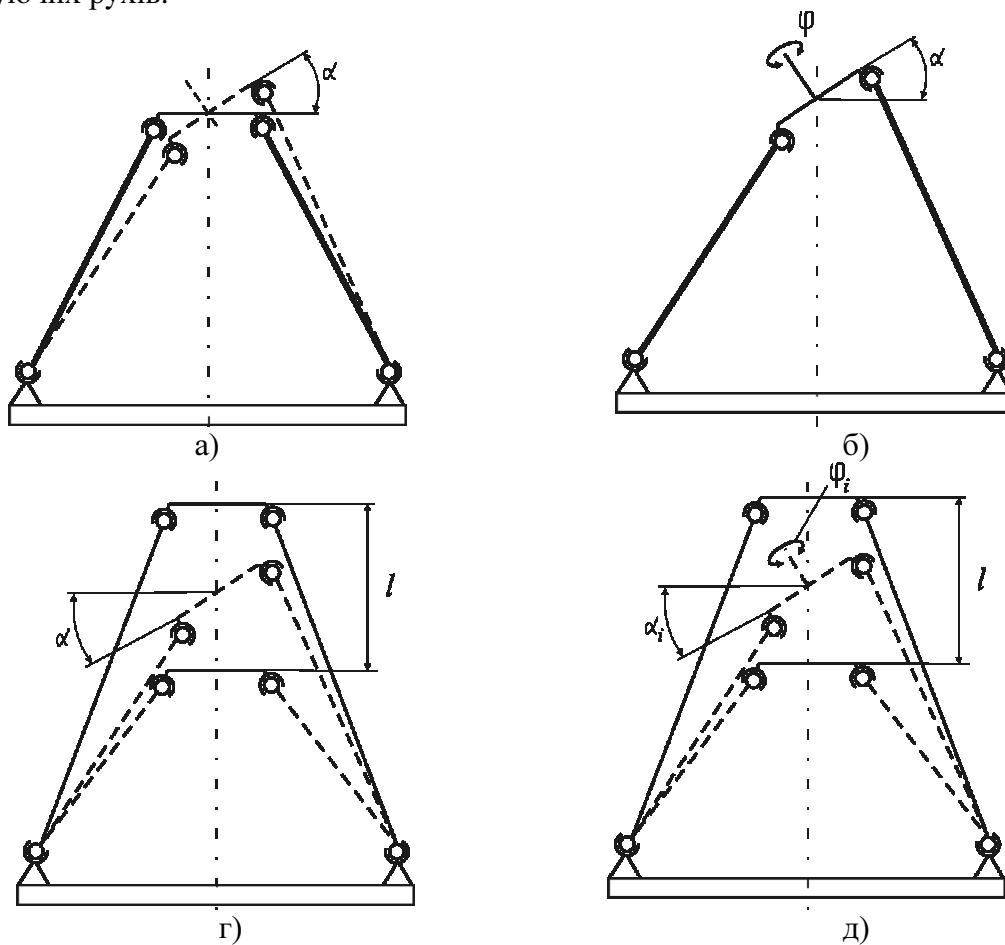


Рисунок 3 – Схеми орієнтуючих рухів при переміщенні платформи в точці та по лінії

При переміщенні центра рухомої платформи по лінії (l) значення сервіса C_o в досліджуваній площині також визначається як середня величина, так як кожному положенню центра платформи по лінії l буде відповідати своє значення кута α (рис. 3, в). Тоді

$$\bar{C}_o = \frac{1}{l} \int_{(l)} C_o dl,$$

де l – величина переміщення центра платформи по досліджуваній лінії.

Значення сервіса повороту платформи (C_n) в даному випадку буде залежати як від положення центра платформи по лінії l , так і від значення кута α в цій точці (рис. 3, д). Відповідно цей показник також визначається як середня величина

$$\bar{C}_n = \frac{1}{l_{(l)}} \int C_o dl \frac{1}{\alpha_{(\alpha)}} \int C_n d\alpha.$$

Як в цьому, так і у всіх інших випадках середня величина повного сервісу

$$\bar{C} = \bar{C}_o \cdot \bar{C}_n.$$

При переміщенні центра рухомої платформи в одній з досліджуваних площин орієнтуючі можливості також визначаються як середні величини по величині цієї площини (f). Так, осьовий сервіс (рис. 4, а) буде

$$\bar{C}_o = \frac{1}{f_{(f)}} \int C_o df.$$

Величина сервіса повороту платформи (рис. 4, б):

$$\bar{C}_n = \frac{1}{f_{(f)}} \int df \int C_n d\alpha.$$

Загальні орієнтуючі можливості МПС визначаються при переміщенні його рухомої платформи в об'ємному просторі. Тобто коли \bar{C}_o і \bar{C}_n визначаються як середня інтегральна сума по всьому об'єму V (рис. 4, в). Тоді

$$\bar{C}_o = \frac{1}{v_{(v)}} \int C_o dv,$$

$$\bar{C}_n = \frac{1}{v_{(v)}} \int dv \int C_n d\alpha.$$

В цілому рухові можливості, як відзначалось вище, визначаються з урахуванням реальних переміщень та орієнтувань рухомої платформи

$$K_p = K_n \cdot C.$$

Наведений показник має місце при наявності двох співмножників. В окремих випадках дослідження можуть виконуватись по окремих складових K_n , C_o , C_n та C . Запропоноване визначення вищенаведених показників забезпечує їх зміну в межах від 0 до 1, що дуже зручно для виконання порівняльного аналізу. Все це дозволяє обґрунтовано вирішувати питання вибору доцільних виконань МПС з найбільш прийнятними конструктивними параметрами.

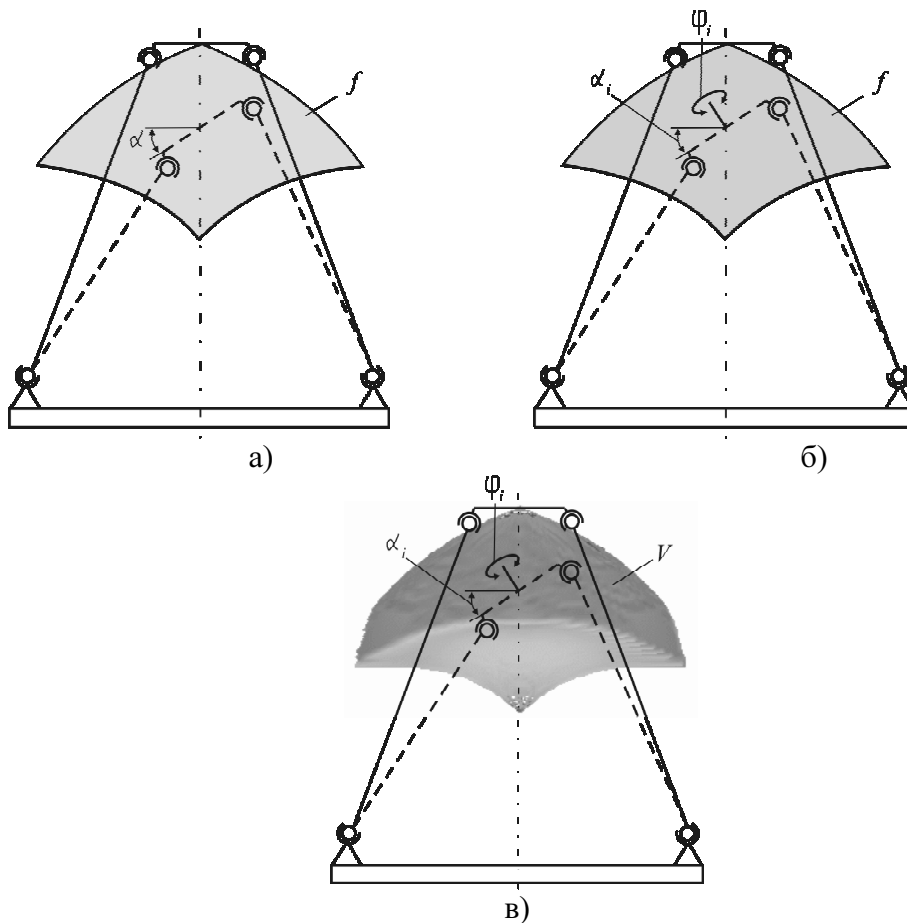


Рисунок 4 – Схеми орієнтуючих рухів при переміщенні платформи по площині і в об'ємі

В цілому рухові можливості, як відзначалось вище, визначаються з урахуванням реальних переміщень та орієнтувань рухомої платформи

$$K_p = K_n \cdot C.$$

Наведений показник має місце при наявності двох співмножників. В окремих випадках дослідження можуть виконуватись по окремих складових K_n , C_o , C_n та C . Запропоноване визначення вищенаведених показників забезпечує їх зміну в межах від 0 до 1, що дуже зручно для виконання порівняльного аналізу. Все це дозволяє обґрунтовано вирішувати питання вибору доцільних виконань МПС з найбільш прийнятними конструктивними параметрами.

Список літератури

1. Павленко И.И. Основные показатели двигательных возможностей роботов. / Вестник машиностроения. – 1986. – №4. – С. 9-11.
2. Павленко І.І. Промислові роботи: основи розрахунку та проектування. – Кіровоград: КНТУ, 2007. – 420 с.
3. Крижанівський В.А., Кузнецов Ю.М., Валявський І.А., Склярів Р.А. Технологічне обладнання з паралельною кінематикою: Навчальний посібник для ВНЗ. Під ред. Ю.М. Кузнецова. – Кіровоград, 2004. – 449 с.

В статье рассмотрены двигательные возможности станков с параллельной кинематикой, определен показатель двигательных возможностей.

Possibilities of parallel kinematics machine-tools are considered in the article.