

УДК 62-231:621.9.04

## ВИЗНАЧЕННЯ СИЛОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИВОДІВ ОБЛАДНАННЯ З МЕХАНІЗМАМИ ПАРАЛЕЛЬНОЇ СТРУКТУРИ

*Кириченко А.М., к.т.н., доц, Заїка С.М., асп.  
Кіровоградський національний технічний університет  
25006 м. Кіровоград, проспект Університетський, 8  
E-mail: [machine.tools@gmail.com](mailto:machine.tools@gmail.com)*

В результате кинематического моделирования установлены силовые характеристики приводов трехкоординатного станка с механизмом параллельной структуры и их зависимость от параметров траектории рабочего органа.

**Ключевые слова:** механизм параллельной структуры, траектория, привод, силовые характеристики.

By kinematics modelling determined are the power characteristics of drives of three-axis machine tool with the parallel mechanism and their dependence upon the end effector trajectory parameters.

**Key words:** parallel mechanism, trajectory, drive, power characteristics.

**Вступ.** Матеріальним утіленням сучасних технологій у верстатобудуванні є обладнання з паралельною кінематикою, яке має більш широкий спектр технологічних можливостей у порівнянні з традиційними верстатами, внаслідок використання принципово нового класу просторових механізмів, основною властивістю яких є передача енергетичних потоків і рухів кількома паралельними шляхами [1].

Обладнання з паралельною кінематикою, отримавши широке розповсюдження в найбільш передових галузях машинобудування для обробки металів, поступово розповсюджується і на обробку інших матеріалів. До традиційних для застосування подібних верстатів галузей машинобудування: авіакосмічної промисловості, виробництва інструментів, прес-форм і штампів - останнім часом приєдналася і деревообробна промисловість, де паралельна кінематика дозволяє ефективно вирішувати завдання подальшого підвищення продуктивності обробки.

Серед технологічного обладнання з паралельною кінематикою широке розповсюдження знайшли верстати з комбінованою кінематичною структурою, в яких механізм паралельної структури поєднується з одною або кількома звичайними вісями координат, що дозволяє об'єднати переваги та компенсувати недоліки верстатів із традиційною й паралельною кінематикою.

Відома компоновка трьохкоординатного верстата з комбінованою кінематикою [2] на основі механізму паралельної структури «лямбда». Для пересування робочого органу в напрямках осей X і Y використовуються повзун і платформа, які рухаються по спільним напрямним і шарнірно зв'язаним між собою за допомогою штанги постійної довжини. Для пересування перпендикулярно площині столу робочий орган шарнірно зв'язаний з платформою двома ланками, які утворюють паралелограмний поворотний механізм і шарнірно з'єднуються між собою за допомогою штанги змінної довжини, що дозволяє змінювати положення робочого органу, зберігаючи його орієнтацію у просторі.

Кінематичні залежності верстата розглянуті у [3], проте задача визначення силових характеристик приводів та їх залежності від траєкторії робочого органу не вирішена, що і визначає мету дослідження.

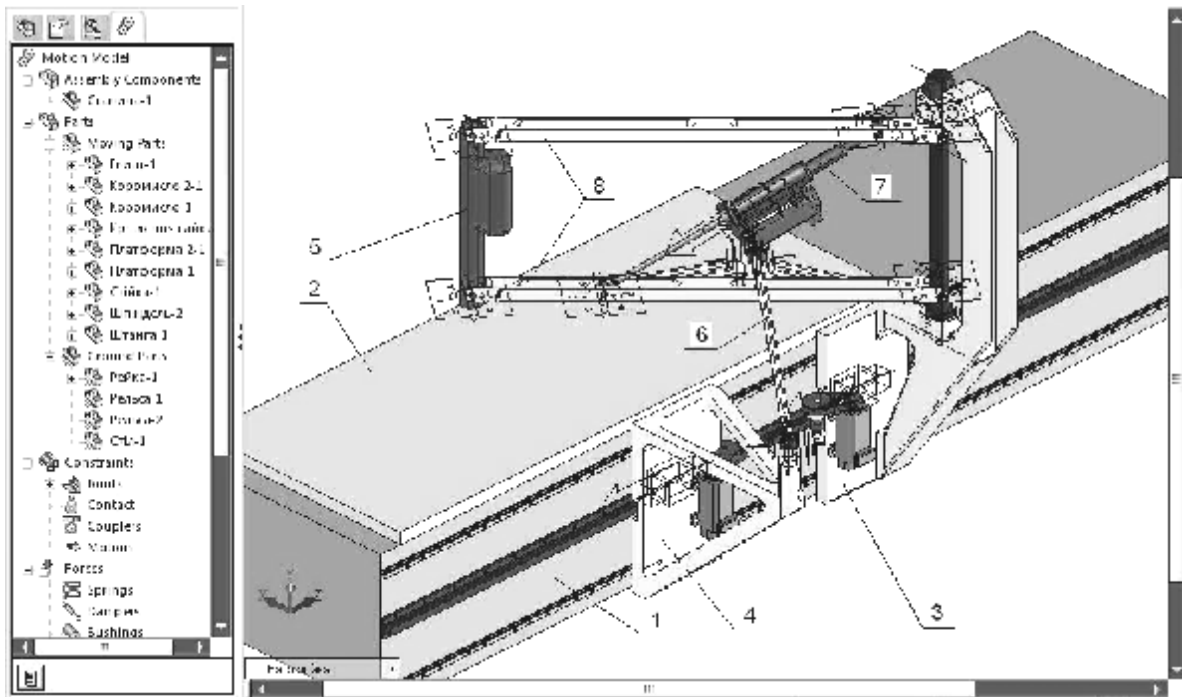
**Мета роботи.** Визначення силових характеристик приводів обладнання з механізмами паралельної структури.

**Матеріал і результати дослідження.** Для вирішення поставленої задачі застосовано програмний модуль COSMOSMotion, призначений для аналізу кінематики та динаміки механізмів на основі їх тривимірної моделі у середовищі пакету SolidWorks. Для опису кінематичних зв'язків використовуються спеціальні з'єднання, які визначають ступені вільності компонента в місці його приєднання до інших компонентів.

Тривимірною моделлю верстата з комбінованою кінематичною структурою показана на рис. 1. Складовим частинам моделі верстата присвоєні відповідні масові характеристики і встановлені рухомі з'єднання – сферичні, обертові та поздовжні, які імітують приводи повзунів верстата. Напрямки та величини пересувань повзунів задаються за допомогою зворотних кінематичних залежностей [3] за заданими конструкційними параметрами верстата і необхідній траєкторії робочого органу. Результатом кінематичного аналізу COSMOSMotion є величини пересувань, швидкостей, зусиль і потужностей приводів у вигляді графіків залежностей.

Для оцінки необхідної потужності приводів верстата і точності виконання заданих траєкторій руху робочого органу, проведено моделювання по п'яти кругових і восьми лінійних траєкторіях (рис. 2).

Максимальний радіус кругової траєкторії відповідає ширині столу верстата, мінімальний обрано, виходячи з величини доцентрового прискорення  $10 \text{ м/с}^2$ . Лінійні траєкторії обрано з міркувань необхідності дослідження різноспрямованої



1 – станина; 2 – стіл; 3 – платформа; 4 – повзун; 5 – робочий орган; 6 – штанга постійної довжини; 7 – штанга змінної довжини; 8 – паралелограмний поворотний механізм

Рисунок 1 – Модель верстата в середовищі COSMOSMotion

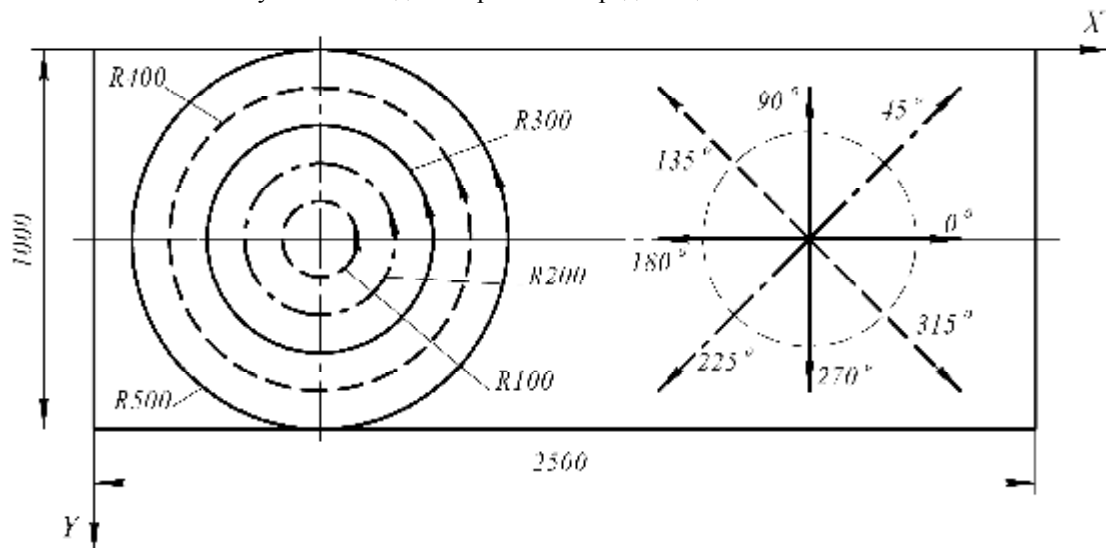


Рисунок 2 – Траєкторії робочого органа верстата

дії приводів, напрямком пересування робочого органа змінюється від  $0^\circ$  до  $360^\circ$  із кроком  $45^\circ$ .

В результаті моделювання, проведеного при постійній швидкості пересування робочого органа над площиною столу за заданими законами, побудовані траєкторії руху робочого органа і графіки залежностей величин і швидкостей пересувань повзуна і платформи, зусиль і потужностей приводів від часу.

На рис. 3 наведено приклад результатів моделювання кругової траєкторії при  $R = 300$  мм із постійною швидкістю пересування робочого органа 1 м/с. Амплітуда пересувань приводів платформи та повзуна приблизно дорівнює діаметру траєкторії; макси-

мальна швидкість платформи не перевищує 1,3 м/с, повзуна – приблизно дорівнює швидкості робочого органа; максимальні зусилля приводу платформи не перевищують 370 Н, повзуна – 550 Н; максимальна потужність приводу платформи становить 1,7 кВт, повзуна – 0,7 кВт.

Аналогічно проаналізовано результати моделювання пересування робочого органа за всіма обраними траєкторіями. Графіки залежностей силових характеристик приводів від радіуса кругової траєкторії та від кута нахилу лінійної траєкторії при швидкості переміщення робочого органа 1 м/с зображені на рис. 4.

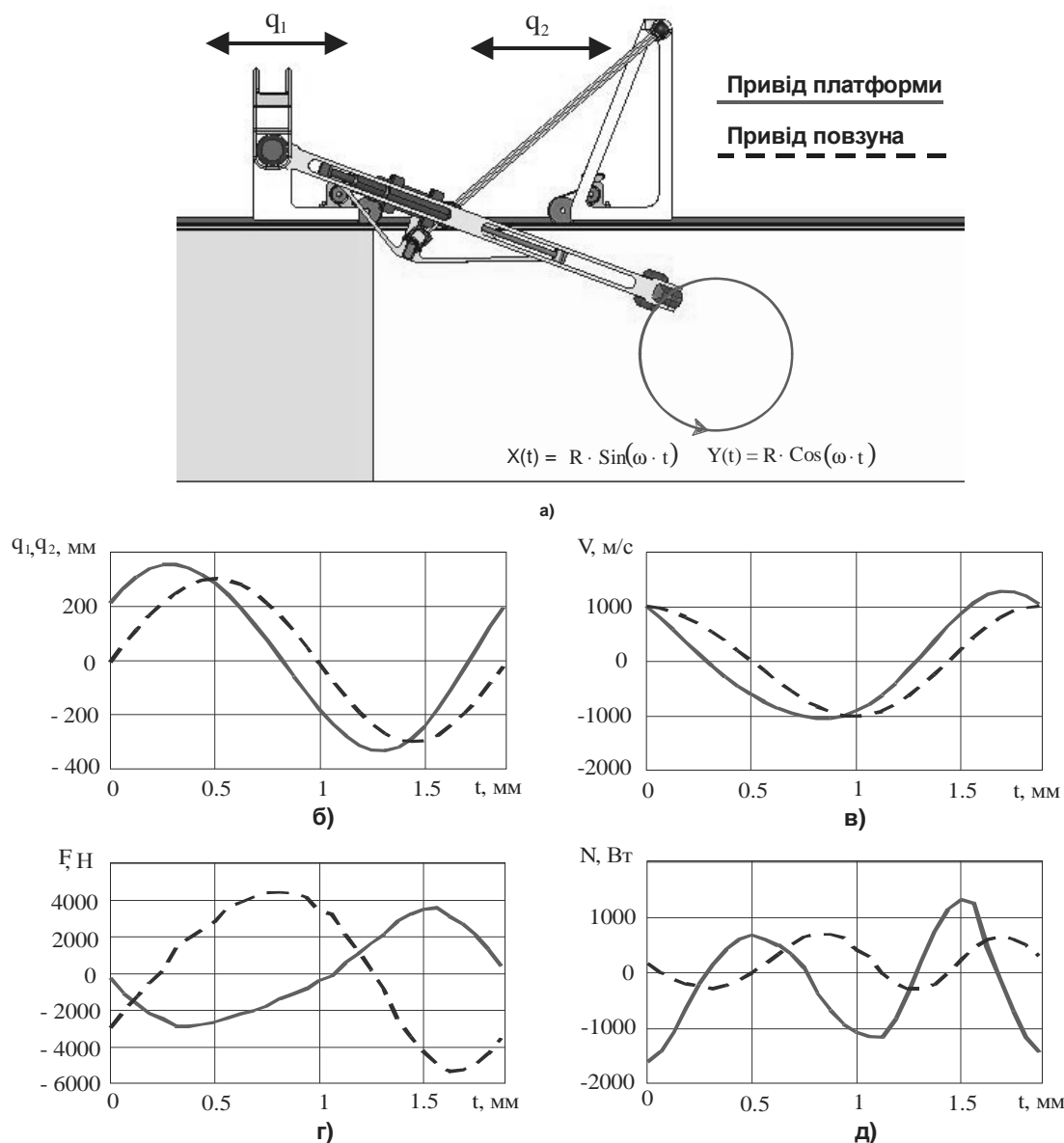


Рисунок 3 – Залежність силових характеристик приводів верстата від часу при заданій круглій траєкторії та постійній швидкості переміщення робочого органа 1 м/с: а) траєкторія; б) величина переміщення приводів; в) швидкість переміщення приводів; г) зусилля приводів; д) потужність приводів

При виконанні кругових траєкторій амплітуда пересування повзуна приблизно дорівнює діаметру траєкторії, а пересування платформи – на 10% його перевищує. Максимальна швидкість переміщення повзуна дорівнює швидкості пересування робочого органа, а швидкість платформи може бути більшою на 40-50% залежно від радіуса траєкторії.

Потужності, необхідні для переміщення робочого органа, максимальні для невеликих радіусів платформи завдяки значним величинам доцентрового прискорення, що досягає  $10 \text{ м/с}^2$  для траєкторії радіусом 100 мм, та знижуються зі збільшенням радіуса траєкторії.

При русі робочого органа за лінійними траєкторіями зусилля і потужності приводів змінюються залежно від кута нахилу вектора швидкості, не перевищуючи силових характеристик на кругових траєкторіях. Зу-

силля приводів практично однакові і зростають зі збільшенням кута нахилу лінійної траєкторії.

**Висновки.** 1) Відповідність траєкторій робочого органа верстата заданим підтверджує справедливості кінематичних залежностей [3].

2) Зусилля і потужності приводів зменшуються, амплітуда та швидкість переміщень їх кінцевих ланок зростають зі збільшенням радіуса кругової траєкторії. При виконанні лінійних траєкторій силові показники не перевищують показники кругових.

3) Характеристики приводів доцільно оцінювати моделюванням виконання кругових траєкторій робочого органа, оскільки вони включають рух із різним нахилом вектора швидкості, а зміна радіуса траєкторії дозволяє керувати величиною прискорення робочого органа.

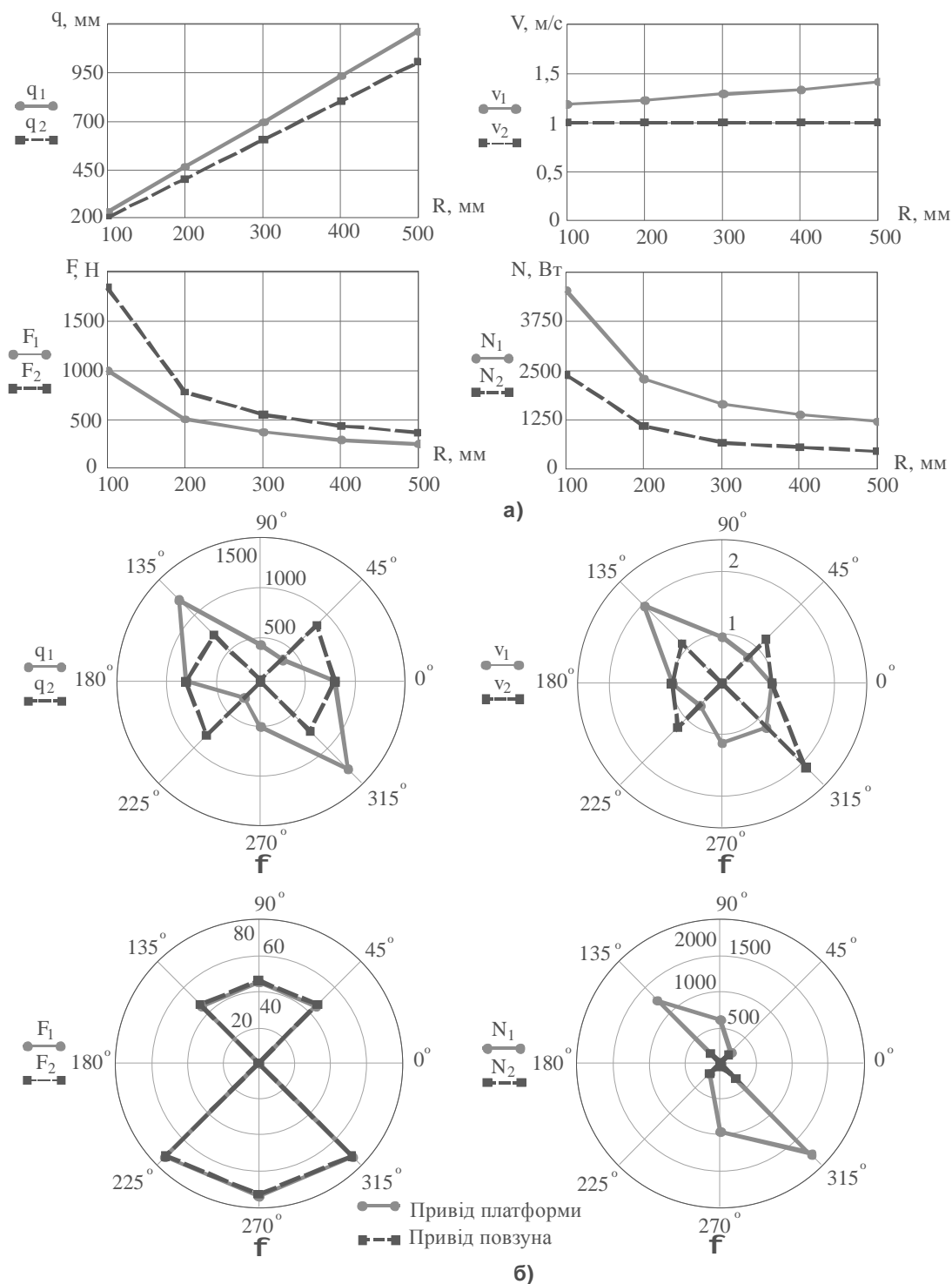


Рисунок 4 – Графіки залежностей пересувальних  $q$ , швидкостей  $V$ , зусиль  $F$  і потужностей  $N$  приводів від радіуса кругової траєкторії (а) та від кута нахилу лінійної траєкторії (б)

ЛІТЕРАТУРА

1. 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.  
 2. Верстат: Патент на корисну модель №27361 України / А.М. Кириченко, В.М. Пестунов, С.М. Заїка (Україна). – Заявл. 25.06.2007; Опубл. 25.10.2007, Бюл. №17. – 2 с.

3. Кириченко А.М. Дослідження кінематики трьохкоординатного верстата з комбінованою структурою / А.М. Кириченко, С.М. Заїка, Л.В. Ленченко // Зб. наук. праць КНТУ: Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – Кіровоград, 2008. – № 20. – С. 118-124.

Стаття надійшла 31.10.2008 р.  
 Рекомендовано до друку д.т.н., проф.  
 Саленком О.Ф..