

УДК 531.8:621.865.8

ВИЗНАЧЕННЯ ПІДХОДІВ ДО ДИНАМІЧНОГО АНАЛІЗУ МЕХАНІЗМУ ПРОСТОРОВОГО ПЕРЕМІЩЕННЯ ОБ'ЄКТІВ

Кайдаш В.Ю., аспірант

Київський національний університет технологій та дизайну

Воляник О.Ю., кандидат технічних наук, доцент

Київський національний університет технологій та дизайну

Ключові слова: просторовий механізм, динамічний аналіз, інерційні навантаження, жорсткість, привод.

У сучасних автоматизованих і роботизованих системах механізми просторового переміщення об'єктів широко застосовуються для виконання операцій подачі, орієнтування, транспортування та точного позиціонування виробів. Ефективність їх функціонування визначається не лише кінематичною структурою, а й динамічними характеристиками, оскільки саме вони формують навантаження в ланках і кінематичних парах, впливають на енергетичні витрати приводу, нерівномірність руху та точність відпрацювання заданої траєкторії. У зв'язку з цим динамічний аналіз є необхідною складовою дослідження й удосконалення механізмів просторового переміщення.

На відміну від плоских механізмів, у просторових системах рух ланок має складний характер і поєднує поступальні та обертальні переміщення. Це зумовлює необхідність урахування швидкостей і прискорень центрів мас ланок, кутових швидкостей та кутових прискорень, а також моментів інерції відносно головних центральних осей. Одним із ключових параметрів динамічного аналізу є кінетична енергія механізму, яку можна подати виразом [1]:

$$T = \sum_{i=1}^n \left(\frac{m_i v_{Si}^2}{2} + \frac{J_i \omega_i^2}{2} \right)$$

де m_i – маса i -ї ланки; v_{Si} – швидкість її центра мас; J_i – момент інерції; ω_i – кутова швидкість ланки.

Наведена залежність дає змогу оцінити загальний енергетичний стан механічної системи та встановити вплив параметрів окремих ланок на динаміку механізму. Для механізмів просторового переміщення це особливо важливо, оскільки зміна положення ланок у просторі супроводжується зміною умов навантаження, а отже, і змінним характером динамічних реакцій у системі.

Однією з головних особливостей динамічного аналізу таких механізмів є суттєвий вплив масово-інерційних параметрів на величину сил і моментів інерції. У механізмах із просторовим рухом навіть за відносно невеликих мас ланок інерційні навантаження можуть бути значними внаслідок великих прискорень, складної траєкторії руху та наявності виносу робочого органу. Це призводить до збільшення реакцій у

кінематичних парах, перевантаження приводу та появи додаткових похибок позиціювання [2].

Особливої уваги потребує аналіз механізмів, у яких робочий орган розташований на значній відстані від базових опор або осей обертання. У такому разі навіть незначне збільшення маси захоплювального пристрою чи переміщуваного об'єкта викликає істотне зростання інерційних навантажень. Крім того, зміщення центра мас об'єкта відносно осі руху формує додаткове навантаження, що ускладнює умови функціонування механізму. Тому в процесі динамічного аналізу доцільно враховувати не лише параметри власне механізму, а й масу, геометричні характеристики та положення центра мас об'єкта, який переміщується.

Важливим чинником, що визначає динамічну навантаженість механізму, є закон руху ведучої ланки. Саме в режимах розгону та гальмування виникають максимальні прискорення і, відповідно, пікові інерційні навантаження. Тому при дослідженні необхідно враховувати не лише геометрію механізму, а й характер зміни узагальненої координати в часі. Це дозволяє виявити найбільш навантажені ділянки робочого циклу, оцінити нерівномірність руху та сформулювати вимоги до параметрів приводу.

Ще однією особливістю динамічного аналізу механізмів просторового переміщення є вплив пружності ланок і з'єднань на точність відпрацювання заданої траєкторії. У реальних конструкціях абсолютна жорсткість відсутня, тому під дією змінних навантажень виникають пружні деформації, які можуть спричинити відхилення робочого органу від номінального положення. Для механізмів з великим вильотом, високою швидкістю або циклічним режимом роботи цей чинник набуває особливого значення. У таких умовах динамічний аналіз доцільно поєднувати з оцінкою жорсткості конструкції та виявленням критичних режимів, за яких можливе зростання вібрацій і погіршення точності позиціювання.

Таким чином, динамічний аналіз механізму просторового переміщення об'єктів має базуватися на комплексному врахуванні кінематичних параметрів руху, масово-інерційних характеристик ланок, закону руху ведучої ланки, параметрів робочого органу та переміщуваного об'єкта, а також пружних властивостей системи. Його результати створюють підґрунтя для обґрунтованого вибору приводу, зменшення динамічних навантажень у ланках і кінематичних парах, підвищення точності позиціювання та подальшого конструктивного вдосконалення механізму.

Список використаних джерел

1. Lynch, K. M., & Park, F. C. (2017). *ModernRobotics: Mechanics, Planning, andControl*. Cambridge: CambridgeUniversityPress.
2. Динамікаіточністьроботів / В. Т. Дмитрів, О. С. Ланець; Національнийуніверситет "Львівськаполітехніка". Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2021. 199 с.