

**А.Ю. Сазонов, аспірант**  
**В.А. Кирилович, к.т.н., доцент**  
**І.Ю. Черепанська, к.т.н., доцент**  
*Житомирський державний технологічний університет*

## **ВИКОРИСТАННЯ КВАТЕРНІОНІВ ПРИ АНАЛІЗІ ТОЧНОСТІ ПОЗИЦІОНУВАННЯ СХВАТІВ ПРОМИСЛОВИХ РОБОТІВ**

Точність позиціонування промислових роботів (ПР) є комплексним поняттям, що визначається в першу чергу величиною похибки позиціонування, на яку впливають безпосередньо складові похибок в зчленуваннях ланок маніпуляційних систем (МС) ПР. Передумовою визначення точності позиціонування схватів (Сх) ПР, зокрема координат положення центру системи координат (СК) робочого органу ПР (локальна СК) в СК ПР (глобальна СК) є розв'язування прямої задачі кінематики (ПЗК). В роботизованих механоскладальних технологіях при виконанні ПР допоміжних технологічних операцій та переходів робочим органом, як правило, є СхПР.

ПЗК може розв'язуватись різними методами, наприклад, методом Денавіта-Хартенберга, з використанням матриць поворотів та кутів Ейлера. Для дослідження точнісних характеристик ПР відомі дещо розширені матриці за рахунок введення додаткових змінних параметрів, що відтворюють випадковість виникнення похибок і також використовуються для моделювання точності як вітчизняними, так і світовими науковцями.

На сьогодні відомими є формалізовані описи кінематичних можливостей МС ПР та СхПР, що базуються на використанні математичного апарату кватерніонів. Проте вказані кватерніонні описи МС ПР не дозволяють проводити її (МС) точнісний аналіз і вимагають інтеграції з точнісними моделями МС ПР, що на даний час представлені лише матричними методами опису.

Аналіз точності позиціонування СхПР при переміщенні в  $i$ -ту точку РЗ вимагає проведення імовірнісних досліджень, що вочевидь передбачає наявності статистичної інформації щодо точності позиціонування СхПР при багаторазовому ( $K \approx 100$  раз) переміщенні Сх в  $i$ -ту точку РЗ при  $i = \overline{1, I}$ , де  $I$  – загальна кількість точок РЗ ПР, що аналізуються. Врахування багаторазових переміщень СхПР призводять до довготривалого, багатоопераційного та трудомісткого обрахунку результатів моделювання з використанням матричних методів, оскільки вимагають виконання матричних операцій над багатомірними масивами  $4 \times 4 \times 100$ , а для формування масиву однорідних перетворень МС ПР необхідно виконати щонайменше  $16,777216^{18}$  операцій для однієї точки РЗ ПР. Дослідження інших точок вимагає проведення аналогічних розрахунків, що в свою чергу призводить до збільшення кількості обчислень в  $I$  раз.

З метою зниження часових та операційних витрат при проведенні точнісного аналізу МС ПР запропоновано використання математичного апарату кватерніонів для опису похибок в зчленуваннях активних ланок МС ПР при відпрацюванні ними певних узагальнених координат, що забезпечують позиціонування СхПР в  $i$ -ій точці робочої зони (РЗ) ПР. Зазначений математичний апарат кватерніонів є перспективною альтернативою вказаному матричному за рахунок зменшення операційного навантаження, оскільки операції з ними аналогічні операціям з векторами і порівняно з матричними операціями є менш трудомісткими та тривалими, а також виключає необхідність конвертації матричного представлення похибок в зчленуваннях ланок МС ПР з/в кватерніонний.

Вказане дає можливість синтезувати кватерніонну точнісну модель МС ПР, що являє собою впорядковану множину похибок в зчленуваннях ланок МС ПР і представлені у вигляді багатомірних масивів, кожна “сторінка” якого являє собою кватерніон руху ланки при  $k$ -му переміщенні в  $i$ -ту точку РЗ. Запропонована кватерніонна точнісна модель МС ПР в перспективі виключає необхідність конвертації геометричних параметрів ланок МС ПР з кватерніонної форми запису у матричну та навпаки при проведенні аналогічних досліджень з використанням матричних методів аналізу точності позиціонування СхПР в  $i$ -ій точці РЗ. і є універсальним апаратом, що зменшує трудомісткість проведення точнісних досліджень шляхом використання математичного апарату кватерніонів спільно, як при описі кінематичних особливостей МС та Сх ПР, так і при описі його (ПР) точнісних характеристик.