

**В.А. Кирилович**, к.т.н., проф. каф. АУТПтаКТ,  
**Р.С. Моргунов**, аспірант,  
Житомирський державний технологічний університет

## РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИБОРУ ТРАЕКТОРНО-ДИНАМІЧНОЇ СКЛАДОВОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ВЗАЄМОДІЇ СХВАТІВ ПРОМИСЛОВИХ РОБОТІВ З ОБ'ЄКТАМИ МАНІПУЛЮВАННЯ

Технологічна взаємодія (ТВ) схватів промислових роботів (СхПР) з об'єктами маніпулювання (ОМ) в контексті автоматизованого синтезу роботизованих механоскладальних технологій (АС РМСТ) розглядається як взаємодія (механічний контакт різного фізичного походження) між поверхнями ОМ, який попередньо встановлений (збазований та закріплений) або має бути таким в пристосування (Пр) основного (ОТО) або допоміжного (ДТО) технологічного обладнання гнучких виробничих комірок (ГВК), та затискними елементами СхПР. ТВ є важливою складовою РМСТ, що визначає параметри технологічних операцій розвантаження/завантаження робочих позицій (РП) ГВК.

Траекторно-динамічна складова ТВ СхПР з ОМ в загальному включає в себе такі показники як:

- траекторії міжагрегатного переміщення СхПР;
- моменти та сили, що виникають в членуваннях ланок МСПР при відпрацюванні траекторій;
- швидкості переміщення рухомих ПрРП.

Основним елементом траекторно-динамічної складової ТВ СхПР з ОМ є траекторія переміщення СхПР з/без ОМ, умова існування якої визначається як:

$$Tr \in WS_{IR} \cap \left( WS_{WP_t} \mid t = 1, \overline{T^{d_s}} \right), \quad (1)$$

де  $WS_{IR}$  – робочий простір ПР;  $WS_{WP_t}$  – робочий простір  $t$ -ої РП;  $T^{d_s}$  – кількість технологічних РП ГВК.

Траекторія може бути інтерпретована як множина із проміжних точок та показника часу:

$$Tr \left( \left( D_{p_t}^{q_p} \mid p_t = 1, \overline{P_t} \right) \wedge \tau_t \mid t = 1, \overline{T^{d_s}} \right), \quad (2)$$

де  $D_{p_t}^{q_p}$  –  $p_t$ -та проміжна точка траекторії, що отримується розв'язуванням зворотної задачі кінематики із врахуванням  $L$  активних узагальнених координат (УК)  $q_p = (q_l \mid l = 1, \overline{L})$ ;  $P_t$  – загальна кількість точок аналізованої траекторії,  $\tau_t$  – тривалість відпрацювання циклової траекторії ПР при встановленому режимі роботи ГВК.

Зміст вибору траекторії зводиться до аналізу динамічних та часових показників аналізованої траекторії, а саме: моментів сил, які діють на кожен ланку МС ПР, та потужностей приводів ланок МС ПР, необхідних для забезпечення відпрацювання зміни активних УК, час відпрацювання траекторії.

Відомо, що довжина вектора  $V$ , який сполучає початок системи координат МС ПР із полюсом Сх, незалежно від конструктивних виконань ПР, прямо пропорційна значенням моментів сил в ланках МС ПР, тобто чим чим більша довжина вектора, тим моменти в ланках будуть більшими. Тому апіорі при виборі траекторії перевагу слід віддавати тій траекторії, де зміна УК МС ПР виконується із забезпеченням мінімальної довжини вектора  $V$ . Вказана евристика має бути підкріплена подальшими розрахунками потужностей, що споживаються при цьому, та вибором  $Tr$  з найменшим значенням потужності.

Кожна траекторія будується як результат зміни УК ланок МС. Швидкість їх зміни визначає форму траекторії. Якщо зміна УК відбувається одночасно (МС ПР із системою управління ФЗ), то кривизна траекторії буде збережена незалежні від того, за який час буде виконана їх зміна.

За результатами проведених досліджень з'ясовано, що тривалість відпрацювання траекторії, яка залежить від швидкості УК, впливає на розрахункові значення моментів ланок МС ПР та значення споживаних потужностей. Результати аналізу вказують, що чим триваліше відпрацьовується траекторія (із одночасною зміною УК МС ПР), тим менше потужності споживається на її відпрацювання.

Мінімальний час відпрацювання траекторії знаходиться за результатами аналізу попередньо побудованих графіків швидкостей зміни УК МС ПР та порівнянні екстремуму знайдених швидкостей із їх паспортними значеннями. Відповідно, якщо всі значення поточних швидкостей менші або дорівнюють паспортним, то теоретично дана траекторія може бути реалізована за критерієм швидкодії.

Таким чином, якщо при проектуванні ГВК основним критерієм обрано найвищу швидкодію ПР, то його споживана потужність буде максимальною. При необхідності забезпечення мінімальної потужності відпрацювання ПР траекторії необхідно зменшити швидкості зміни УК.

При аналізі траєкторій для МС ПР із системою управління Ф2 (послідовне відпрацювання переміщень кожною активною ланкою) перевагу слід надавати тій траєкторії, де значення зміни довжини вектора  $V$  будуть мінімальні.

Запропоновані рекомендації вибору траєкторно-динамічної складової ТВ СхПР з ОМ є необхідними для визначення параметрів ТВ, є невід'ємною частиною аналізу та синтезу траєкторних задач при проектуванні ГВК.

КИРИЛОВИЧ Валерій Анатолійович, доцент, кандидат технічних наук, професор кафедри автоматизованого управління технологічними процесами та комп'ютерних технологій Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси: автоматизований синтез роботизованих механоскладальних технологій машино- та приладобудування. E-mail: [kiril\\_va@yahoo.com](mailto:kiril_va@yahoo.com)

МОРГУНОВ Роман Сергійович, аспірант кафедри автоматизованого управління технологічними процесами та комп'ютерних технологій Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси: автоматизований розв'язок задач між елементами технологічних роботизованих систем. E-mail: [jtx112@yahoo.com](mailto:jtx112@yahoo.com)