

І.І. Павленко, проф., д-р. техн. наук, М.О. Сторожук, інж., Д.В.Вахніченко, асп.,
М.О. Годунко, асп.

Кіровоградський національний технічний університет

Кінематична структура промислових роботів

В статті показані основні принципи методу структурного аналізу при підході до рішення задач обґрунтованого вибору кінематичної схеми промислового робота, доведена ефективність використання цього методу в умовах багатоваріантного вирішення задачі пошуку найбільш доцільної схеми робота.
промисловий робот, кінематична схема, ступені рухомості, структурний аналіз

Обґрунтований вибір кінематичної схеми робота, в значній мірі, визначає раціональність його конструкції та ефективність функціонування. Тому питання вибору найбільш доцільної схеми робота є важливим завданням, так як це суттєво впливає на всі показники створюваного не тільки робота, а й роботизованого комплексу. Головна особливість вирішення цієї задачі полягає у багатоваріантності її виконання, що визначається тисячами, а то і мільйонами можливих варіантів. Цілеспрямований аналіз цих варіантів та пошук із них найбільш прийнятних варіантів доцільно виконувати на основі структурного методу. В основу цього методу необхідно покласти всі основні

© І.І. Павленко, М.О. Сторожук, Д.В.Вахніченко, М.О. Годунко, 2011

складові фактори, які впливають на різноманітність можливих кінематичних схем роботів.

Головним показником досліджувальних схем слід вважати загальну кількість ступенів рухомості (n). Першочерговою відмінністю схем є різновиди розподілу ступенів рухомості за їх функціональним призначенням та відповідною приналежністю до окремих виконавчих частин робота. За такими ознаками в роботі можна виділяти наступні групи з їх ступенями рухомості:

n_0 – ступені рухомості основи (корпусу) робота. Якщо таких ступенів рухомості немає то робот має стаціонарне виконання. При наявності таких ступенів рухомості робот може змінювати своє просторове положення, наприклад, переміщуватись від одного обслуговуваного ним верстата до іншого і т.п.;

n_p – кількість ступенів рухомості руки робота, до яких відносять основні переміщення робочого органу (захвата) в робочому просторі, що відносяться до регіональних (співрозмірних з розмірами робота) переміщень;

n_{pc} – ступені рухомості, які є спільними для декількох рук робота, тобто такі, що забезпечують одночасне переміщення рук;

n_k – кількість ступенів рухомості кисті рук. Такі ступені рухомості забезпечують орієнтуючі рухи робочих органів і носять локальний характер;

n_{kc} – ступені рухомості, які є спільними для декількох кистів, або захватів, якщо останні відсутні в схемі робота;

n_{lo} – локально-операційні ступені рухомості, які призначені для виконання спеціальних рухів в конкретному роботизованому комплексі;

n_z – ступені рухомості захватів. Якщо в захваті рух його ланок забезпечує тільки затискання або розтискання утримуваних деталей, то такі рухи не враховуються, а тому вони враховуються тільки для пальцевих захватів.

З урахуванням відзначених особливостей загальну структуру розподілу ступенів рухомості представлено на рис. 1.



Рисунок 1 - Структура розподілу ступенів рухомості

В наведеній структурі показано також послідовність розміщення кінематичних груп. Особливим в цьому плані є розміщення локально-операційних рухів, які можуть в конструкції робота займати різне положення, що в структурі відзначено пунктирними лініями.

Для подальшого визначення доцільних кінематичних варіантів необхідно оцінити різновиди варіантів виконання схем. В цьому плані особливо важливо, які кінематичні пари використовуються в кінематичній схемі. За цими ознаками необхідно враховувати:

- клас кінематичних пар використовуваних в схемі робота. В конструкціях роботів в основному використовують пари п'ятого (V) класу і тільки в окремих, більш досконалих конструкціях, пари четвертого (IV) і третього (III) класів;

- вид рухів які використовуються в парах п'ятого класу (П – поступальні, О - обертіві);

- конструктивне виконання кінематичних пар (П, О – пари, в яких вісь рухомої ланки співпадає з напрямком руху; П', О' - пари, в яких вісь рухомої ланки не співпадає з напрямком руху);

- напрямок руху між суміжними кінематичними парами (|| - рухи співвісні; || - рухи паралельні; \perp - рухи перпендикулярні, що перетинаються; \times – рухи перпендикулярні, що не перетинаються (перехресні)).

Відповідно до цих особливостей виконання кінематичних схем, їх структуру наведено на рис.2. Додатковою умовою в формуванні кінематичних схем роботів є врахування послідовності відмінних ознак кінематичних пар в загальній структурній формулі схеми. Ця обставина особливо принципова у формуванні надзвичайно великої кількості можливих варіантів схем робота при конкретному числі ступенів його рухомості. Так, наприклад, для робота з 5-тма ступенями рухомості при однорукому та однозахватному виконанні, структура формування варіантів наведена на рис.3.

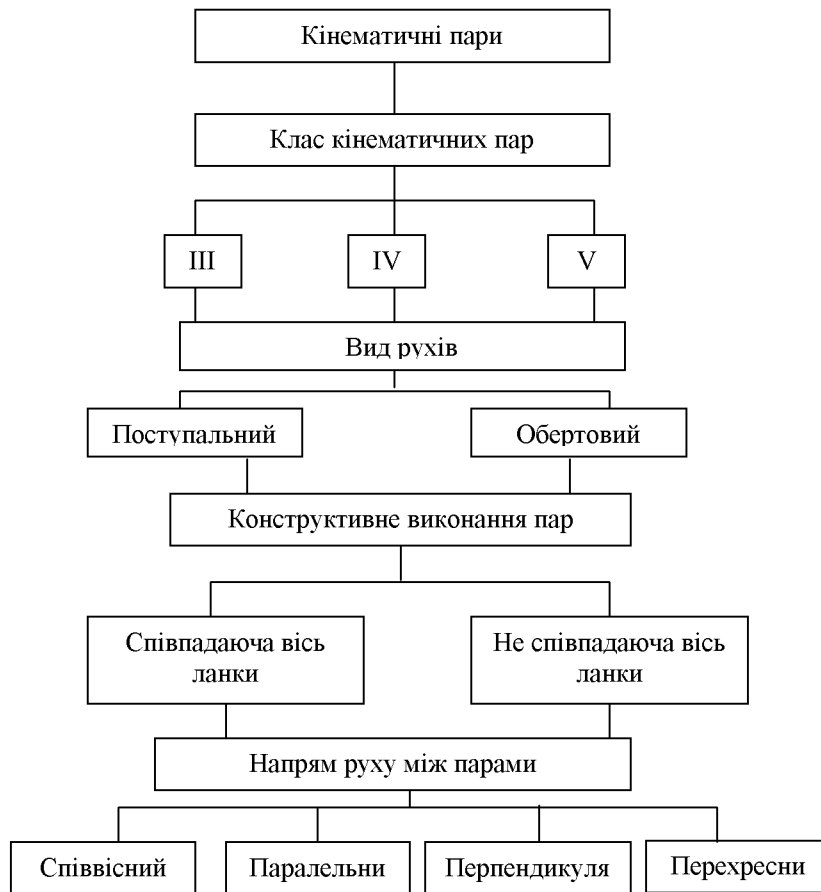


Рисунок 2 - Структура кінематичних пар

В наведеній структурі представлено послідовне формування схем роботів, що відповідають певним структурним формулам. При цьому розглянуто тільки дуже малу їх частину. Так із варіантів, що визначаються класом кінематичних пар, взято для подальшого розгляду тільки один варіант, який сформований парами п'ятого класу. В подальшому із нього взято тільки один варіант із видами рухів – ППООО. Цей варіант забезпечує велику кількість варіантів послідовності розміщення видів рухів, із яких для розгляду взято один варіант – ОППОО і т.д.

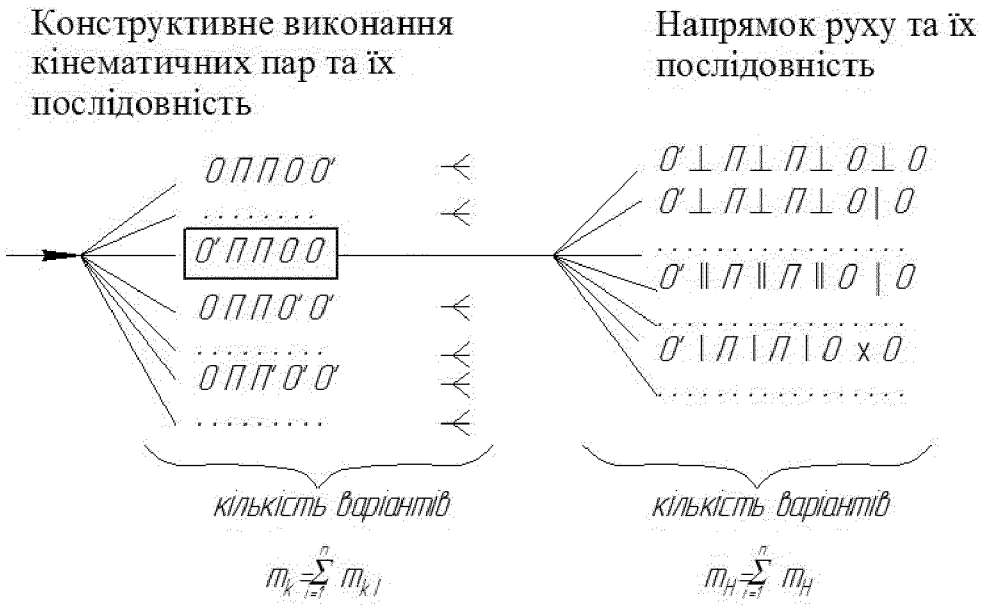
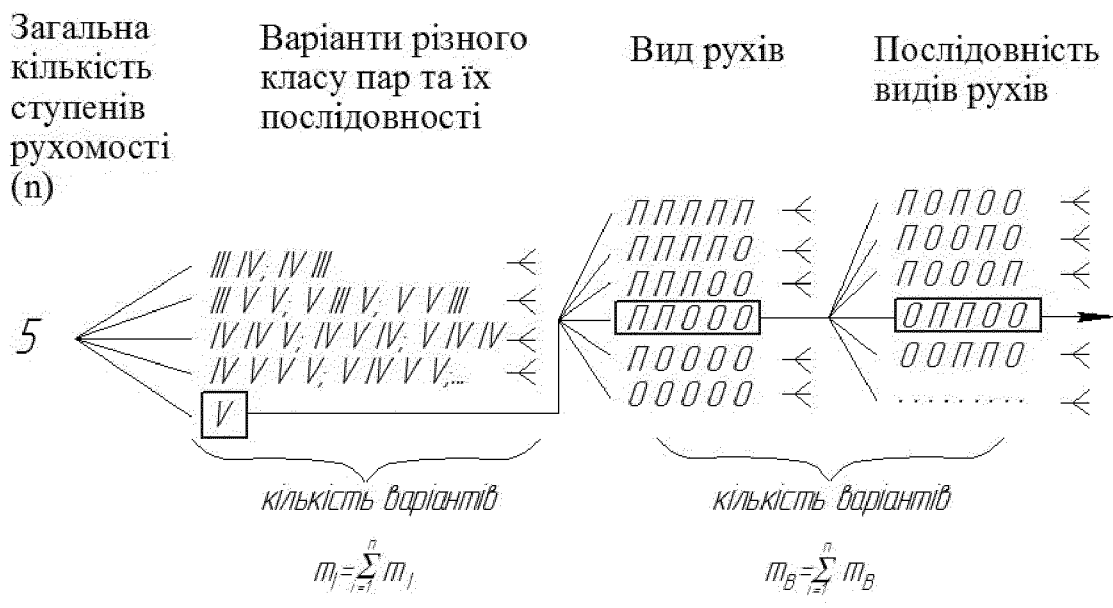


Рисунок 3 - Структура формування варіантів кінематичних схем

Таким чином, загальна кількість можливих варіантів m визначається як ланцюгова сума добутків варіантів, що визначається формулою:

$$m = \sum_{i=1}^n m_{I_i} \cdot \sum_{i=1}^n m_{A_i} \cdot \sum_{i=1}^n m_{B_i} \cdot \sum_{i=1}^n m_{H_i} \quad (1)$$

або, після відповідних перетворень

$$m = \frac{N!}{n_{III}! n_{IV}! n_V!} 2^{n_V} \cdot 4^{(N-1)} \quad (2)$$

де $N = n_{III} + n_{IV} + n_V$ - загальна кількість кінематичних пар, використовуваних в кінематичній схемі робота;
 n_{III} ; n_{IV} ; n_V - кількість кінематичних пар відповідно третього, четвертого та п'ятого класів.

При виведенні цієї формули була прийнята умова, за якої тільки кінематичні пари V-го класу відрізняються різними видами рухів і характером конструктивного їх виконання. Разом з тим, такі ж особливості мають місце і при використанні кінематичних пар IV-го класу. Тому, при необхідності їх можна враховувати введенням (аналогічно до вищенаведеного) додаткових множників, які оцінюють ці характерні ознаки.

Подібним чином можна розглядати структуру двозахватних або багаторуких та багатозахватних схем роботів. Цей метод дозволяє обґрунтовано та більш просто аналізувати можливі багатоваріантні схеми роботів та знаходити із них найбільш доцільні конструкції.

Список літератури

1. Павленко И.И. Кинематическая структура промышленных роботов // Изв.ВУЗов «Машиностроение». – 1979, - №3. – С.11-14.
2. Павленко И.И. Структура промислових роботів. – Кіровоград: КІСМ, 1998. – 100 с.
3. Павленко И.И. Промислові роботи: основи розрахунку та проектування – Кіровоград: КНТУ, 2007. – 420 с.
4. Павленко И.И., Мажара В.А. Роботизовані технологічні комплекси. – Кіровоград: КНТУ, 2010. – 392с.

И. Павленко, М. Сторожук, Д.Вахниченко, М. Годунко

Кинематическая структура промышленных роботов

В статье показаны основные принципы метода структурного анализа при подходе к решению задач обоснованного выбора кинематической схемы промышленного робота, доказана эффективность использования этого метода в условиях многовариантного решения задачи поиска наиболее подходящей схемы робота

I.Pavlenko, M.Storozhuk, D. Vahnichenko, M.Godunko

Kinematic structure of industrial robots

The main principles of the method of structural analysis in approach to solve the tasks of the controlled choice of mechanical diagram of industrial robot are shown in the article. The effectiveness of the use of this method in conditions of multivariate solution of the task in search of the most qualified diagram of robot is proved.

Одержано 31.03.11