

of the special footwear could be created in three-dimensional space. Special polyurethane layer that is located between the upper leather of the Shoe and lining gives an opportunity to fill in the portions of body tissue that have been withdrawn in consequence of surgical intervention. One of the main advantages of these shoes is that there is no necessity in picking up them individually, depending on characteristics of injuries. The polyurethane foam layer can fill in remote areas. Depending on the height of feet damage, boot height could be also varied by fastening its upper part. Shoes are comfortable during use and securely fixed on the foot with the adjustable straps on the buckles. The footwear has a rigid exterior and soft inner design. Rigidity provides maximum protection of the feet from external factors, which may cause strong pain. In addition, hard boots supports an ankle. All listed above is very important for people to feel comfortable, from both psychological and physical points of view.

Keywords: shrapnel injury of the soft body tissues, gunshot wound, special footwear, Shoe, design, feet, foot, shape.

УДК 681.5

РОЗВ'ЯЗОК ЗВОРОТНОЇ ЗАДАЧІ ПЛОСКОГО МАНІПУЛЯТОРА В СИСТЕМІ MATHCAD

ІГНАТИШИН М. І., ХІМИЧ В. І.
Мукачівський державний університет, Україна

Важільні механізми з роз'єднаними кінематичними ланцюгами (маніпулятори) покладені в основу структурних схем багатьох машин, що здійснюють закономірні механічні рухи.

Аналітична механіка маніпуляторів розглядає два класи задач кінематики та динаміки прями і зворотні.

Обов'язковий інтерес становлять питання, пов'язані з розробкою ефективних методів розв'язання прямої та оберненої задачі кінематики. Зворотна задача полягає в знаходженні узагальнених координат в його кінематичних парах, що забезпечують заданий рух і орієнтацію робочого обладнання щодо абсолютної системи координат.

Відомо, що обернена задача кінематики має безліч комбінацій можливих розв'язків, і класичні методи побудови розв'язку засновані на заміні вихідної задачі завданням з меншою кількістю невідомих за рахунок накладення відносних зв'язків на переміщення в кінематичних парах. Однак даний прийом не відповідає сучасній практиці робототехнічних систем, що і зумовлює необхідність пошуку альтернативних методів.

І з усього їх розмаїття дуже поширеними є плоскі маніпулятори, різні схеми яких реалізовані в конструкціях ряду промислових роботів, роботів для ліквідації надзвичайних ситуацій, роботизованих екскаваторів, маніпуляторів медичної та космічної техніки, та ін. Цим визначається актуальність досліджень, присвячених вдосконаленню теорії і практики розрахунку зворотних задач маніпуляторів, застосування їх комп'ютерного моделювання.

У роботі застосовано методи прикладної механіки, теорії механізмів і машин, обчислювальної математики та моделювання в системі Mathcad. За заданими координатами захвата, конструктивними розмірами досліджуваного плоского, симетричного маніпулятора, отримано аналітичний розв'язок зворотної задачі маніпулятора, визначено положення вхідних ланок, побудовано програму, в системі Mathcad для комп'ютерного моделювання досліджуваного маніпулятора. Результати роботи можуть бути застосовані при розрахунку та конструювання плоского маніпулятора. Подальший напрям роботи передбачає комп'ютерну анімацію маніпулятора, визначення розмірів та форми його робочої зони, а також формулювання оптимізаційної задачі стосовно конструктивних розмірів ланок.

Ключові слова: маніпулятор, плоский маніпулятор, пряма задача кінематики, зворотна задача кінематики.

Маніпулятором називають технічний пристрій, призначений для виконання деяких робочих функцій рук людини, виконавчий механізм промислового робота [1,2], оснащеного робочим органом і приводами, які дають змогу виконувати робочі функції.

Важільні механізми [3-5] з роз'єднаними кінематичними ланцюгами (маніпулятори) покладено в основу структурних схем багатьох машин, що здійснюють

закономірні механічні рухи. Особливий інтерес при цьому представляють питання, пов'язані з розробкою ефективних методів розв'язання оберненої задачі кінематики (ОЗК) [6-8], яка полягає в знаходженні узагальнених координат в його кінематичних парах, що забезпечують заданий рух і орієнтацію робочого обладнання щодо абсолютної системи координат.

Відомо, що ОЗК має безліч комбінацій можливих розв'язків, і класичні методи побудови розв'язку засновані на заміні вихідної задачі завданням з меншою кількістю невідомих за рахунок накладення відносних зв'язків на переміщення в кінематичних парах. Однак даний прийом не відповідає сучасній практиці робототехнічних систем, що і зумовлює необхідність пошуку альтернативних методів.

І з усього їх розмаїття дуже поширеними є плоскі маніпулятори, різні схеми яких реалізовані в конструкціях ряду промислових роботів, роботів для ліквідації надзвичайних ситуацій, роботизованих екскаваторів, маніпуляторів медичної та космічної техніки, та ін. Цим визначається актуальність досліджень, присвячених вдосконаленню теорії і практики розрахунку зворотних задач маніпуляторів, застосування їх комп'ютерного моделювання.

Об'єкт, предмет та методи дослідження. Об'єктом дослідження є плоский чотириохланковий маніпулятор, його комп'ютерна модель. Предмет дослідження, - кінематика захвата маніпулятора, взаємозв'язок положення захвата та вхідних ланок маніпулятора. При дослідженні застосовано методи прикладної механіки, теорії механізмів і машин, обчислювальної математики та моделювання в системі Mathcad.

Постановка завдання. Отримати аналітичний розв'язок зворотної задачі маніпулятора, за заданими координатами захвата визначити положення вхідних ланок. Побудувати програму в системі Mathcad для комп'ютерного моделювання досліджуваного маніпулятора.

Результати та їх обговорення. На рис. 1 зображено плоский маніпулятор, в точках А, В₁, В₂ шарнірне з'єднання. В точках О₁, О₂ сервоприводи, що однозначно задають положення захвата А. З геометричних міркувань отримано співвідношення, розв'язок зворотної задачі маніпулятора, тобто зроблено перехід від декартових координат захвата маніпулятора А(х₁;у₁) до полярних А(ρ;Θ), а далі до кутів сервоприводів А(φ₁;φ₂).

Результати перетворень оформлені у вигляді програми MATHCAD.

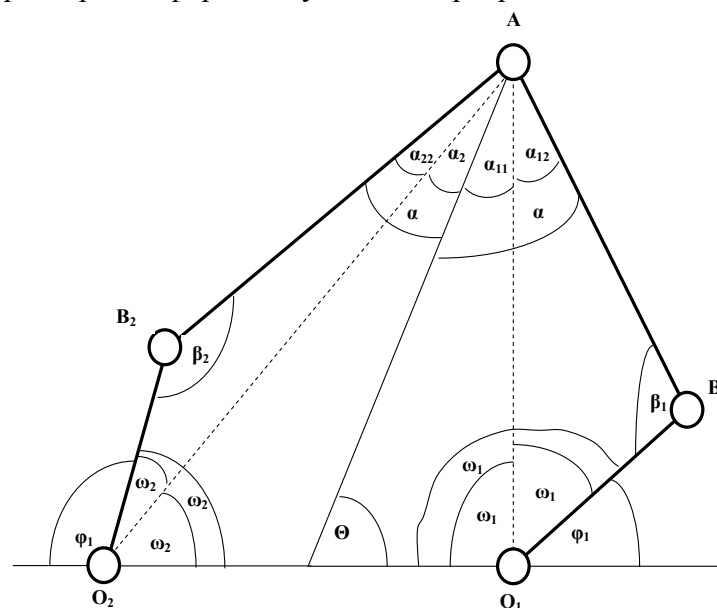


Рис. 1. Плоский маніпулятор.

Початок програми.

Вихідні дані:

$l \equiv 7$ см, - довжина шатуна, $r \equiv 6$ см, - довжина кривошипа, $a \equiv 6$ см, - відстань між осями сервоприводів, $x_1 \equiv 5$ см, $y_1 \equiv 10$ см., - координати захвата.

$$\rho(x, y) := \sqrt{x^2 + y^2}, \quad \Theta(x, y) := \begin{cases} \frac{\pi}{2} & \text{if } x_1 = 0 \\ \operatorname{atan}\left(\frac{y}{x}\right) & \text{if } x_1 > 0 \\ \pi + \operatorname{atan}\left(\frac{y}{x}\right) & \text{otherwise} \end{cases} \quad \text{- полярні}$$

координати захвата, рис. 1.

Довжини відповідних відрізків, рис. 1:

$$AO_1(x, y) := \sqrt{\rho(x, y)^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2 - \rho(x, y) \cdot a \cdot \cos(\Theta(x, y))},$$

$$AO_2(x, y) := \sqrt{\rho(x, y)^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2 + \rho(x, y) \cdot a \cdot \cos(\Theta(x, y))}.$$

Кути, рис. 1:

$$\omega_{11}(x, y) := \operatorname{acos}\left(\frac{AO_1(x, y)^2 + r^2 - l^2}{2 \cdot AO_1(x, y) \cdot r}\right),$$

$$\omega_{12}(x, y) := \operatorname{acos}\left[\frac{AO_1(x, y)^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2 - \rho(x, y)^2}{AO_1(x, y) \cdot a}\right],$$

$$\omega_{21}(x, y) := \operatorname{acos}\left(\frac{AO_2(x, y)^2 + r^2 - l^2}{2 \cdot AO_2(x, y) \cdot r}\right),$$

$$\omega_{22}(x, y) := \operatorname{acos}\left[\frac{AO_2(x, y)^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2 - \rho(x, y)^2}{AO_2(x, y) \cdot a}\right]$$

Кути сервоприводів, рис. 1.:

$$\phi_1(x, y) := \pi - \omega_{11}(x, y) - \omega_{12}(x, y),$$

$$\phi_2(x, y) := \pi - \omega_{21}(x, y) - \omega_{22}(x, y)$$

Координати точок B_1 та B_2 , рис. 1.:

$$x_{b1} := r \cdot \cos(\phi_1(x_1, y_1)) + \frac{a}{2}, \quad y_{b1} := r \cdot \sin(\phi_1(x_1, y_1)),$$

$$x_{b2} := -\left(r \cdot \cos(\phi_2(x_1, y_1)) + \frac{a}{2}\right), \quad y_{b2} := r \cdot \sin(\phi_2(x_1, y_1))$$

Параметри відрізків прямих, ланок плоского маніпулятора, рис. 1.:

$$k_1 := \frac{y_{b1} - y_1}{x_{b1} - x_1}, \quad b_1 := y_1 - k_1 \cdot x_1, \quad k_2 := \frac{y_{b2} - y_1}{x_{b2} - x_1}, \quad b_2 := y_1 - k_2 \cdot x_1,$$

$$k_3 := \frac{y_{b1}}{x_{b1} - \frac{a}{2}}, \quad b_3 := -k_3 \cdot \frac{a}{2}, \quad k_4 := \frac{y_{b2}}{x_{b2} + \frac{a}{2}}, \quad b_4 := k_4 \cdot \frac{a}{2}.$$

Рівняння відрізків прямих, ланок плоского маніпулятора, рис. 1.:

$$y_{11}(x) := \begin{cases} k_1 \cdot x + b_1 & \text{if } x_1 \leq x \leq x_{b1} \\ \text{break} & \end{cases},$$

$$y_{12}(x) := \begin{cases} k_2 \cdot x + b_2 & \text{if } x_{b2} \leq x \leq x_1 \\ \text{break} & \end{cases},$$

$$y_{r1}(x) := \begin{cases} k_3 \cdot x + b_3 & \text{if } \frac{a}{2} \leq x \leq x_{b1} \\ k_3 \cdot x + b_3 & \text{if } x_{b1} \leq x \leq \frac{a}{2} \text{ otherwise} \end{cases},$$

$$y_{r2}(x) := \begin{cases} k_4 \cdot x + b_4 & \text{if } x_{b2} \leq x \leq -\frac{a}{2} \\ k_4 \cdot x + b_4 & \text{if } -\frac{a}{2} \leq x \leq x_{b2} \text{ otherwise} \end{cases}$$

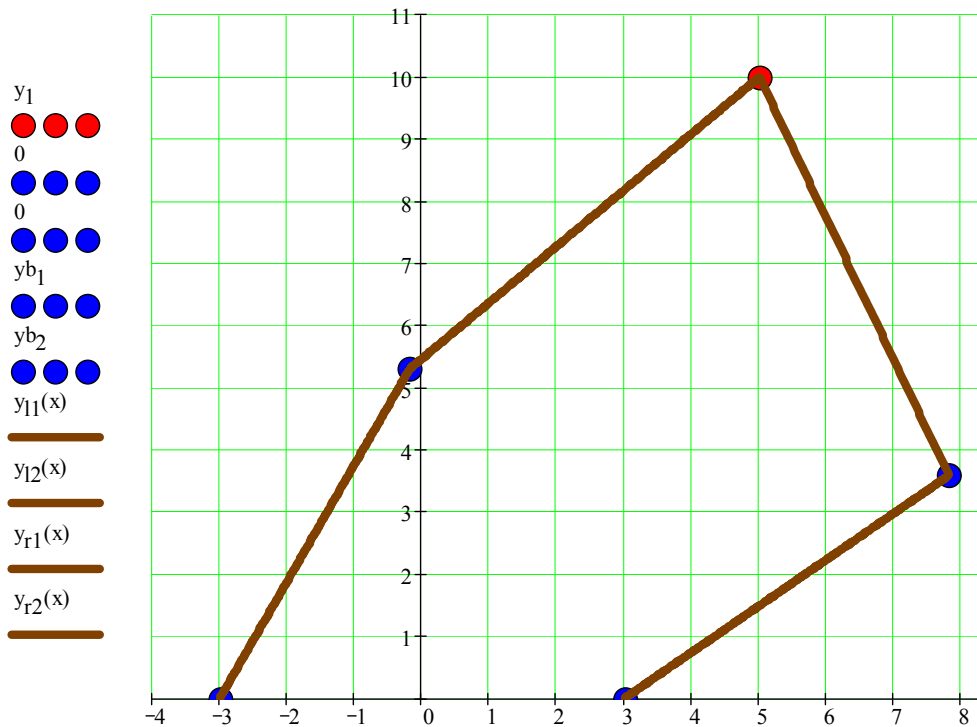


Рис. 2. Модель розміщення ланок маніпулятора в системі MATHCAD, координати захвата A(5;10), кути сервоприводів $\varphi_1 = 36^\circ 43' 48''$, $\varphi_2 = 117^\circ 57' 14''$.

Кінець програми

Висновки. У роботі застосовано методи прикладної механіки, теорії механізмів і машин, обчислювальної математики та моделювання в системі Mathcad, отримано аналітичний розв'язок зворотної задачі маніпулятора, за заданими координатами захвата визначено положення вхідних ланок, побудовано програму, в системі Mathcad для комп'ютерного моделювання досліджуваного маніпулятора. Результати роботи можуть бути застосовані при розрахунку та конструюванні плоского маніпулятора. Подальший напрям роботи передбачає комп'ютерну анімацію маніпулятора, визначення розмірів та форми його робочої зони, а також формулювання оптимізаційної задачі стосовно конструктивних розмірів ланок.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Белянин П. Н. Промышленные роботы США (Обзор зарубежного опыта). — НИАТ, 1978. — 302 с.
2. Воробьёв Е. И. . Механика промышленных роботов. Кн. 1. Кинематика и динамика / Воробьёв Е. И. , Попов С. А. , Шевелёва Г. И. // . — М.: Высшая школа, 1988. — 304 с. — ISBN 5-06-001201-8.
3. Кіницький Я. Т. Теорія механізмів і машин: Підручник. — К.: Наукова думка, 2002. — 660 с. — ISBN 966-00-0740-X
4. Кореняко О. С. Теорія механізмів і машин: Навчальний посібник / За ред. Афанасьєва М. К. — К.: Вища школа, 1987. — 206 с.
5. Аргоболевский И. И. Теория машин и механизмов. — М.: Наука, 1988.
6. Гурко А. Г. Решение обратной задачи кинематики плоского шарнирного избыточного манипулятора./ Гурко А. Г., Янчевский И. В. // Механіка та машинобудування, 2014, №1, стор. 136-147.
7. Галиуллин А. С. Методы решения обратных задач динамики. Текст. М.: Наука, 1986.-310 с.
8. Андрющенко О.А. Прямі та зворотні задачі механіки в автоматизованому електроприводі. Праці Одеського політехнічного університету, 2013. Вип. 1(40).-стор. 174-183

АННОТАЦІЯ**РЕШЕНИЕ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ПЛОСКОГО МАНИПУЛЯТОРА В СИСТЕМЕ MATHCAD**

Рычажные механизмы с разобщенными кинематическими цепями (манипуляторы) положены в основу структурных схем многих машин, осуществляющих закономерные механические движения.

Аналитическая механика манипуляторов рассматривает два класса задач кинематики и динамики прямые и обратные.

Особый интерес представляют вопросы, связанные с разработкой эффективных методов решения прямой и обратной задачи кинематики. Обратная задача состоит в нахождении обобщенных координат в его кинематических парах, обеспечивающих заданное движение и ориентацию рабочего оборудования в абсолютной системе координат.

Известно, что обратная задача кинематики имеет множество комбинаций возможных решений, и классические методы построения решения основаны на замене исходной задачи задачей с меньшим количеством неизвестных за счет наложения относительных связей на перемещения в кинематических парах. Однако данный прием не соответствует современной практике робототехнических систем и вызывает необходимость поиска альтернативных методов.

И из всего их разнообразия очень распространены есть плоские манипуляторы, различные схемы которых реализованы в конструкциях ряда промышленных роботов, роботов для ликвидации чрезвычайных ситуаций, роботизированных экскаваторов, манипуляторов медицинской и космической техники и др. Этим определяется актуальность исследований, посвященных совершенствованию теории и практики расчета обратных задач манипуляторов, применение компьютерного моделирования.

В работе применены методы прикладной механики, теории механизмов и машин, вычислительной математики и моделирования в системе Mathcad. По заданным координатам захвата, конструктивными размерами исследуемого плоского, симметричного манипулятора, получено аналитическое решение обратной задачи манипулятора, определено положение входных звеньев, построена программа, в системе Mathcad для компьютерного моделирования исследуемого манипулятора. Результаты работы могут быть применены при расчете и конструировании плоского манипулятора. Дальнейшее направление работы предусматривает компьютерную анимацию манипулятора, определение размеров и формы его рабочей зоны, а также формулировки оптимизационной задачи относительно конструктивных размеров звеньев.

Ключевые слова: *манипулятор, плоский манипулятор, прямая задача кинематики, обратная задача кинематики.*

SUMMARY**SOLUTION OF PLANE INVERSE PROBLEM MANIPULATOR IN MATHCAD**

Linkage of disparate kinematic chains (manipulators) underlying the block diagrams of many machines that carry out regular mechanical motion.

Analytical mechanics of manipulators is considering two classes of problems of kinematics and dynamics of forward and backward.

Of particular interest are issues related to the development of effective methods for solving direct and inverse kinematics problem. The inverse problem is to find the generalized coordinate its kinematic pairs, providing orientation and movement set working equipment on the absolute coordinate system.

It is known that the inverse kinematics problem has many possible combinations of solutions and classical methods of solution based on replacing the original problem task with fewer unknowns by imposing relative links to SHIFT in kinematic pairs. However, this method does not meet the modern practice of robotic systems and necessitates alternativnyh search methods.

And with all their diversity poshyrnymy is very flat Handling different circuit designs are implemented in a number of industrial robots, robots for disaster management, robotic excavators, manipulyatorov medical and space technology, and others. This determines aktualnistnist studies on improving the theory and practice of calculating inverse problems manipulyatorov, the use of computer modeling.

In this paper the method applied mechanics, the theory of mechanisms and machines, mathematics and computer modeling system Mathcad. Given the coordinates of capture, design sizes of flat, symmetrical arm, the analytical solution of the inverse problem manipulator position defined incoming links, built the program Mathcad system for computer modeling investigational arm. The results can be used in the calculation and design of the flat paddle. A further line of work involves computer animation arm, determine the size and shape of its working area, as well as formulation optimization problem regarding structural size units.

Keywords:: *mounted, flat mounted, direct task of kinematics, inverse kinematics problem.*