

АНАЛІЗ СУБОПТИМАЛЬНОГО РУХУ ПОРТАЛЬНОГО РОБОТА З ДВОЛАНКОВИМ МАНІПУЛЯТОРОМ

Мирослав Демидюк¹, Богдан Проць²

¹Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С.Підстригача НАН України, м. Львів, m_demydyuk@ukr.net

^{1,2}Львівський національний університет ім. І.Франка, м. Львів, ²bogdan.prots@lnu.edu.ua

У доповіді обговорюємо дослідження субоптимального руху портального маніпуляційного робота. Актуальність дослідження зумовлена постійною потребою в удосконаленні наявних та створенні нових зразків маніпуляційних роботів із високими експлуатаційними показникам.

Кінематична схема портального робота наведена на рис. 1. Робот складається з каретки G і дволанкового маніпулятора O_1O_2B . Каретка під дією сили F поступально переміщується вздовж горизонтальної балки I , встановленої на вертикальних колонах 2 і 3. Колони нижніми кінцями закріплені на нерухомій основі. До каретки з допомогою циліндричного шарніра O_1 приєднано дволанковий маніпулятор, ланки якого з'єднані між собою циліндричним шарніром O_2 . Осі шарнірів O_1 , O_2 ортогональні площині OXY . На кінці другої ланки встановлено захоплювач (з вантажем). Робот виконує керований рух у вертикальній площині OXY . Поворот ланок маніпулятора відбувається під дією моментів сил u_1 , u_2 , прикладених відносно осей шарнірів O_1 , O_2 . Каретку й ланки маніпулятора вважаємо твердими тілами, тертям у системі нехтуємо, захоплювач (з вантажем) моделюємо точковою масою m (точка B).

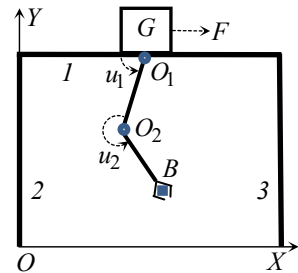


Рис. 1

Нехай задана транспортна операція робота: за заданий час T перенести вантаж із заданого початкового положення в задане кінцеве. Тут положення вантажу задаються в термінах узагальнених координат робота x , α , β (x – відстань від осі OY до полюса O_1 , α , β – кути відхилення ланок маніпулятора від вертикалі):

$$x(\tau) = x_\tau, \alpha(\tau) = \alpha_\tau, \beta(\tau) = \beta_\tau, \dot{x}(\tau) = \dot{\alpha}(\tau) = \dot{\beta}(\tau) = 0, \tau = 0, T, \quad (1)$$

де T , $(x_\tau, \alpha_\tau, \beta_\tau)|_{\tau=0, T}$ – задані сталі параметри операції, крапкою зверху над змінними позначено диференціювання за часом t .

Субоптимальний рух портального робота, що задовольняє умовам опе-

рації (1), знаходимо за умови мінімізації критерія якості руху $\Psi[x, \alpha, \beta]$, де Ψ – заданий функціонал на множині узагальнених координат портального робота. Для цього розв’язуємо таку задачу: визначити керування $F^*(t)$, $u_1^*(t)$, $u_2^*(t)$, $t \in [0, T]$, які забезпечать виконання роботом транспортної операції (1) з мінімальним значенням функціонала $\Psi[x, \alpha, \beta]$. Тут за функціонал Ψ можна взяти, наприклад, квадратичний (за керуваннями) функціонал [1, 2], який (за певних припущень) оцінює енерговитрати робота під час виконання транспортної операції.

Субоптимальний розв’язок сформульованої задачі будемо методом параметричної оптимізації [1, 2]. Згідно з цим методом кожен узагальнену координату робота подамо у вигляді суми кубічного полінома та скінченного тригонометричного ряду. Коефіцієнти кубічного полінома визначаємо (в явному вигляді) з граничних умов (1), коефіцієнти тригонометричного ряду знаходимо у вигляді розв’язку допоміжної задачі нелінійного програмування, яку отримуємо із вихідної задачі зазначеною процедурою параметризації.

Побудований алгоритм реалізовано на мові програмування Java (в програмному середовищі IntelliJ IDEA Ultimate). Проведено серію числових розрахунків, які підтвердили ефективність використовуваного методу параметричної оптимізації керованого руху досліджуваного портального робота. На підставі отриманих результатів числового моделювання проаналізовано взаємовплив (у розрізі узагальнених координат) кінематичних та динамічних характеристик побудованого субоптимального процесу.

Розроблене алгоритмічно-програмне забезпечення можна використати в системах автоматизованого проєктування портальних маніпуляційних роботів, зокрема, під час побудови енергоощадливих режимів керування.

1. Demydyuk M.V. Parametric optimization of four-link close-chain manipulator with active and passive actuators // J. Math. Sci. – 2010. – **168**, No. 5. – P. 746–758.
2. Demydyuk M. V., Hoshovs'ka N.V. Parametric optimization of the transport operations of a two-link manipulator // J. Math. Sci. – 2019. – **238**, Is. 2. – P. 174–88.

ANALYSIS OF SUBOPTIMAL MOVEMENT OF A PORTAL ROBOT WITH A TWO-LINK MANIPULATOR

We investigate the problem of optimization of motion laws of a portal robot with a two-link manipulator. The manipulator performs transfer operations in a vertical plane under the action of active actuators. The initial and final positions of the gripping robot, as well as the duration of the operation, are given. The quality of the robot motion is evaluated via a quadratic functional. The algorithm of constructing suboptimal solution of the problem, which is based on the parameterization of generalized coordinates of the robot by the sum of cubic polynomial and finite trigonometric series, a procedure for solving inverse problems of dynamics and numerical methods of nonlinear mathematical programming, is developed. The efficiency of the algorithm is illustrated on results of numerical modeling of the suboptimal motions of the investigated portal robot.