

В.С. Ловейкін, Д.О. Міщук

*Національний університет біоресурсів і природокористування
Київський національний університет будівництва і архітектури*

ОПТИМІЗАЦІЯ ЗМІНИ ВИЛЬОТУ МАНІПУЛЯТОРА

V. Loveykin, D. Mischuk

OPTIMIZATION OF CHANGE FLIGHT MANIPULATOR

Маніпулятори з гідроприводом на транспортних засобах застосовуються в різних галузях народного господарства, зокрема широкого використання вони набули в лісотехнічній галузі та комунальному господарстві у вигляді крано-маніпуляторних установок на бортових автомобілях транспортних засобів. Різноманітність застосування таких систем ставить ряд задач з підвищення їх ефективності. Актуальними на сьогодні є задачі програмного керування, які полягають у відтворення керуючого впливу на машину, що забезпечує її роботу за бажаним законом руху. Такий керуючий вплив визначається на основі оптимізаційних задач та рівнянь руху. Застосування оптимізаційних задач для визначення функцій відгуку стрілової системи крана-маніпулятора дозволяє отримати екстремалі у вигляді кінематичних характеристик привідного механізму, які характеризуватимуть граничні значення оптимізаційного критерію, а рівняння руху маніпулятора визначають керуючу дію на привідний механізм з урахуванням динамічних характеристик самого маніпулятора.

Актуальними оптимізаційними задачами на сьогодні є такі, що досліджують зниження коливань вантажу та динамічних навантажень в шарнірно-зчленованій стріловій системі маніпулятора. Методами розв'язку таких задач є варіаційні методи, які дозволяють отримати плавну релейну характеристику керуючої дії.

З огляду конструкцій маніпуляторів встановлено, що розповсюдженою схемою є така, що містить нерухому раму, похилу стійку, підйомну та поворотну стрілу й висувну рукоять. Привід стрілової системи здійснюється від гідроциліндрів підйому і складання стріли та переміщення висувної рукояті. Для розглянутої схеми побудована динамічна модель, встановлені залежності геометричних та кінематичних характеристик та записані рівняння руху.

Для зменшення динамічних навантажень в елементах стрілової системи маніпулятора було записано оптимізаційний критерій, який при роботі гідроциліндра підйому стріли має вигляд інтегрального функціонала з підінтегральною функцією "енергії" ривків

$$I_n[q_1(t)] = \int_{t_0}^{t_1} \frac{1}{2} J_{\Sigma\alpha} \left(\ddot{q}_1 \frac{\partial \alpha}{\partial q_1} + 3\dot{q}_1 \ddot{q}_1 \frac{\partial^2 \alpha}{\partial q_1^2} + \dot{q}_1^3 \frac{\partial^3 \alpha}{\partial q_1^3} \right)^2 dt, \quad (1)$$

а при одночасній роботі гідроциліндрів підйому та складання стріли критерій оптимізації було записано у вигляді динамічної складової потужності стрілової системи:

$$I_n[q_1(t), q_2(t)] = \int_{t_0}^{t_1} \left(\frac{1}{2} J_2 \dot{\alpha}^2 + \frac{1}{2} J_3 \dot{\gamma}^2 + \frac{1}{2} (m_3 + m_4) (\dot{x}_3^2 + \dot{y}_3^2) + \frac{1}{2} m_5 (\dot{x}_5^2 + \dot{y}_5^2) \right) dt, \quad (2)$$

де t - час; t_0, t_1 - початковий і кінцевий моменти часу руху; $J_{\Sigma\alpha}$ - зведений момент інерції стрілової системи відносно осі повороту стріли; m_2, m_3, m_4 - маси складових ланок стрілової системи; m_5 - маса жорстко закріпленого на кінці стріли вантажу; J_2 - момент інерції основної стріли відносно осі її обертання; J_3 - момент інерції складальної стріли відносно її центра мас.

Мінімум таких критеріїв визначається рівнянням Ейлера-Пуассона, яке для критерію (1) має вигляд:

$$J_{\Sigma\alpha} \left(q_1 \left(\frac{\partial \alpha}{\partial q_1} \right)^2 + \dot{q}_1^4 \left(q_1^2 \frac{\partial^6 \alpha}{\partial q_1^6} \cdot \frac{\partial \alpha}{\partial q_1} + 15 q_1 \frac{\partial^5 \alpha}{\partial q_1^5} \cdot \frac{\partial \alpha}{\partial q_1} \right) + \frac{\partial^2 \alpha}{\partial q_1^2} \cdot \frac{\partial \alpha}{\partial q_1} \cdot \left(6 \cdot q_1 \cdot \overset{V}{q_1} + 15 \cdot \overset{IV}{q_1} \cdot q_1 + 10 \cdot \overset{IV}{q_1}^2 \right) \right. \\ \left. + 15 \cdot \frac{\partial \alpha}{\partial q_1} \cdot \frac{\partial^3 \alpha}{\partial q_1^3} \cdot \left(q_1^2 \cdot \overset{V}{q_1} + 4 \cdot q_1 \cdot \overset{IV}{q_1} \cdot \dot{q}_1 + q_1^3 \right) + 5 \cdot \frac{\partial \alpha}{\partial q_1} \cdot \frac{\partial^4 \alpha}{\partial q_1^4} \cdot \left(4 q_1^3 \cdot \dot{q}_1 + 9 \cdot q_1^2 \times q_1^2 \right) \right) = 0 \quad (3)$$

Розв'язуючи отримане диференціальне рівняння (3) за різних крайових умов руху стрілової системи маніпулятора, отримано залежності зміни кінематичних характеристик привідного механізму та на основі розроблених рівнянь руху, встановлена функція зміни привідного зусилля. Аналогічні розв'язки було отримано й для оптимізаційного критерію (2).

На рис. 1 представлені графіки зміни кінематичних характеристик привідної ланки стрілової системи маніпулятора для визначеного за критерієм (1) оптимального режиму пуску за однієї узагальненої координати (суцільна лінія) та за критерієм (2) оптимального режиму пуску для двох узагальнених координат (штрихова лінія) та графік зміни зусилля на привідній ланці при реалізації оптимальних режимів пуску.

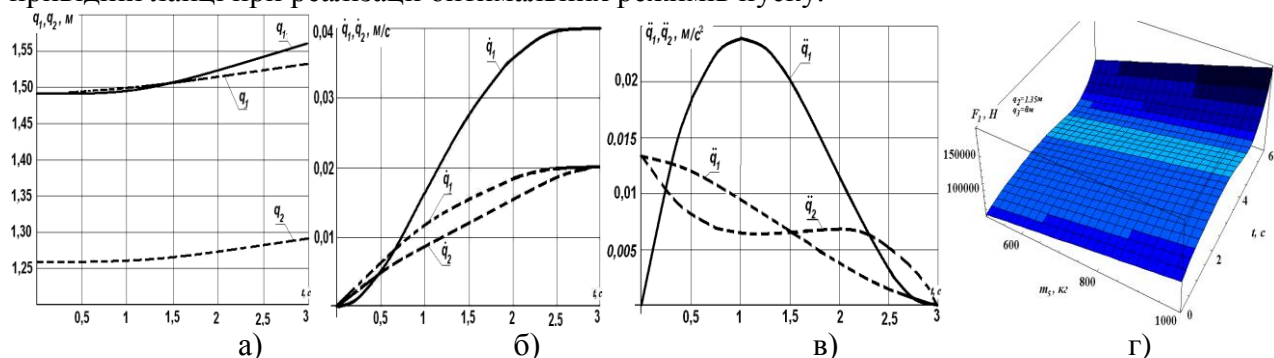


Рис. 1. Графіки зміни переміщення (а), швидкості (б) та прискорення (в) привідної ланки та привідного зусилля для оптимального ривкового режиму пуску штока гідроциліндра підйому (г) за оптимальних режимів руху: — для оптимального ривкового режиму пуску штока гідроциліндра підйому; - - - для оптимального динамічного режиму пуску штоків гідроциліндра підйому стріли та складання поворотної стріли

Для реалізації оптимальних режимів руху маніпулятора пропонується виконувати дроселювання робочої рідини золотниковим розподільником бортової гідросистеми. Для цього на робочих торцях циліндричного золотника виконані дросельні проточки. Було визначено закономірність подачі робочої рідини при оптимальних режимах руху, зміна площі прохідного перерізу дроселя та геометричні параметри дросельних проточок.

Висновок:

Розроблено методику визначення оптимальних законів руху шарнірно-зчленованої стрілової системи крана-маніпулятора на основі варіаційних методів, де в якості критеріїв оптимізації використані інтегральні функціонали з підінтегральними виразами: кінетичної енергії, “енергії” прискорень та ривків. За розробленою методикою визначені оптимальні режими руху крана-маніпулятора в процесі зміни вильоту вантажу, які до мінімуму зводять дію динамічних навантажень та усувають коливання вантажу

Література:

1. Комаров М.С. Динамика грузоподъемных машин / Комаров М.С. – М.: Машиностроение, 1969. – 206с.
2. Казак С.А. Динамика мостовых кранов / С.А. Казак. – М.: Машиностроение, 1968. – 331с.
3. Лобов Н.А. Динамика грузоподъемных кранов / Лобов Н.А. – М.: Машиностроение, 1987. – 160с.
4. Ловейкін В.С. Синтез оптимальних режимів руху механізмів вантажопідйомних машин / В.С. Ловейкін: Автореф. дис. д-ра тех. наук. – Харків: ХІПІ, 1994. – 32с.