

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР «ІМЕСГ» НААН**



***ЗБІРНИК
ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ***

***VI Міжнародної науково-технічної конференції з нагоди
112-ї річниці від дня народження
доктора технічних наук, професора,
члена-кореспондента ВАСГНІЛ,
віце-президента УАСГН
КРАМАРОВА
Володимира Савовича
(1906-1987)***

«КРАМАРОВСЬКІ ЧИТАННЯ»

***21-22 лютого 2019 року
м. Київ***

УДК 621.87

СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ ЗМІНОЮ ВІЛЬОТУ ВАНТАЖУ БАШТОВОГО КРАНА У ВИГЛЯДІ ЗВОРОТНОГО ЗВ'ЯЗКУ

Ю. О. РОМАСЕВИЧ, доктор технічних наук, доцент,

О. В. СТЕХНО, аспірант,

Н. СОНРУК, магістр першого року навчання

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Баштові крани широко використовуються у багатьох галузях народного господарства: будівництві, промисловості, агропромисловому комплексі тощо. Одним із механізмів таких кранів є механізм зміни вильоту вантажу. Керування рухом цього механізму виконує кранівник (оператор крана), який намагається під час розгону та гальмування кранового візка усунути коливання вантажу на гнучкому підвісі. Лише досвідченому кранівнику вдається виконати це завдання достатньо якісно.

Однією із вимог при роботі усіх механізмів крана, у тому числі і механізму зміни вильоту вантажу, є оптимізація їх енергоспоживання. Аналіз наявних резервів щодо підвищення енергоефективності дозволяє зробити наступний висновок: використання оптимального керування сучасного частотнокерованого приводу механізму зміни вильоту вантажу протягом розгону та гальмування візка дає змогу знизити змінні електричні втрати електроприводу механізму. Крім того, необхідно враховувати вимогу стосовно швидкодії руху крана.

Одним із факторів, які необхідно враховувати при синтезі оптимального керування рухом механізму зміни вильоту вантажу баштового крана, є непередбачувані вітрові пориви. Дійсно, вантаж може мати значну площу (мідель) і навіть незначний порив вітру вносить невизначеність у роботу систем керування рухом механізму зміни вильоту вантажу. Для того, щоб забезпечити врахування фактичного стану механізму зміни вильоту вантажу необхідно синтезувати оптимальне керування у вигляді зворотного зв'язку.

Таким чином, задачу синтезу оптимального керування зміною вильоту вантажу баштового крана у вигляді зворотного зв'язку протягом гальмування механізму можна представити у такому вигляді:

$$\begin{cases} \bar{d}_1 m_1 + \bar{d}_2 m_2 = F - W; \\ x_1 = x_2 + \bar{d}_2 \frac{l}{g}; \\ x_1(0) = x_2(0) = 0; \dot{x}_1(0) = \dot{x}_2(0) = v; \\ x_1(T) = x_2(T); \dot{x}_1(T) = \dot{x}_2(T) = 0; \\ I = \int_0^{\dot{o}} (P)^2 dt = \int_0^{\dot{o}} (F\dot{x}_1)^2 dt \rightarrow \min; \\ F = \arg \min(I), \end{cases} \quad (1)$$

де x_1, x_2 – узагальнені координати зведених мас крана та вантажу відповідно; m_1, m_2 – зведені маси крана та вантажу відповідно; W та F – зведені сили опору руху крана та приводу крана; T – тривалість перехідного режиму руху крана (гальмування); s – переміщення крана із вантажем у кінці перехідного режиму; v – усталена швидкість руху крана; P – потужність приводу механізму переміщення крана. Крапка над символом означає диференціювання за часом.

Задамо математичну форму оптимального керування рухом механізму зміни вильоту вантажу:

$$F = \begin{cases} \dot{A}_0 + \dot{A}_1 \bar{d}_1 + \dot{A}_2 \bar{d}_2 + \dot{A}_3 \bar{d}_1 + \dot{A}_4 \bar{d}_2, \quad \forall \bar{d}_i \\ F_{\min} \leq \dot{A}_0 + \dot{A}_1 \bar{d}_1 + \dot{A}_2 \bar{d}_2 + \dot{A}_3 \bar{d}_1 + \dot{A}_4 \bar{d}_2 \leq F_{\max}; \\ F_{\min}, \quad \forall \bar{d}_i \quad F_{\min} > \dot{A}_0 + \dot{A}_1 \bar{d}_1 + \dot{A}_2 \bar{d}_2 + \dot{A}_3 \bar{d}_1 + \dot{A}_4 \bar{d}_2; \\ F_{\max}, \quad \forall \bar{d}_i \quad F_{\max} < \dot{A}_0 + \dot{A}_1 \bar{d}_1 + \dot{A}_2 \bar{d}_2 + \dot{A}_3 \bar{d}_1 + \dot{A}_4 \bar{d}_2; \end{cases} \quad (2)$$

де F_{\max} – максимальне рушійне зусилля приводу механізму зміни вильоту вантажу; F_{\min} – мінімальне рушійне зусилля приводу механізму зміни вильоту вантажу; A_0, A_1, A_2, A_3, A_4 – коефіцієнти, які необхідно визначити. Отже, задачу синтезу оптимального регулятора зміною вильоту вантажу баштового крана при гальмуванні зведено до задачі пошуку невідомих коефіцієнтів A_0, A_1, A_2, A_3, A_4 . Для розв'язання задачі представимо математичну модель руху системи (систему диференціальних рівнянь) у вигляді MISO-системи. Для цієї системи аргументами є чисельні значення коефіцієнтів A_0, A_1, A_2, A_3, A_4 , а виходом – величина термінально-інтегрального критерія, який може бути представлений у наступному вигляді:

$$Cr = I + \psi \sqrt{(\bar{d}_1(T) - \bar{d}_2(T))^2 + (\bar{d}_1(T))^2 + (\bar{d}_2(T))^2} \rightarrow \min, \quad (3)$$

де ψ – коефіцієнт, який враховує важливість досягнення кінцевих умов руху зведених мас системи. У рамках даного дослідження прийнято $\psi=10^6$. Термінальна частина критерію (3) представляє собою норму різниці векторів кінцевого стану системи та бажаного її стану, що виражений кінцевими умовами (1).

Для розв'язування цієї задачі використано модифікований метод рою часточок із топологією кільця (MEPSORing). Всі розрахунки проведені для

крана баштового крана КБ-674, який переміщує вантаж масою 5000 кг, довжина гнучкого підвісу прийнята рівною 5,0 м. У результаті отримані такі значення коефіцієнтів: $A_0=371730$, $A_1=-999181$, $A_2=503403$, $A_3=256309$, $A_4=-468541$.

Результати використання оптимального керування зміною вильоту вантажу (у вигляді зворотного зв'язку) при гальмуванні показані на рис. 1.

Δx , м; $\Delta \dot{x}$, м/с; \dot{x}_1 , м/с

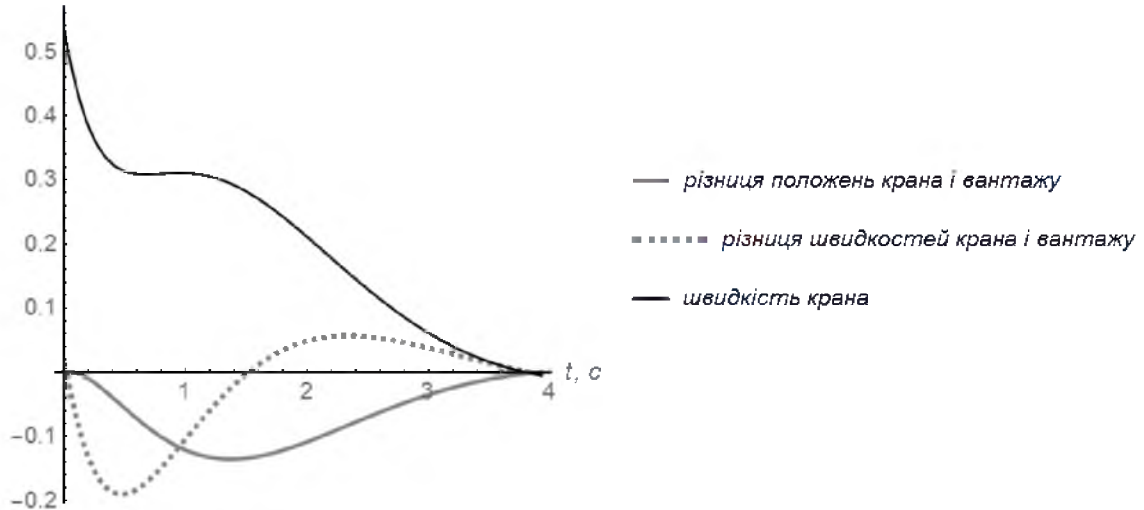


Рис. 1. Кінематичні характеристики руху механізму зміни вильоту вантажу баштового крана протягом гальмування

У роботі виконаний синтез оптимального керування рухом механізмом зміною вильоту вантажу баштового крана при гальмуванні. Отримане керування дозволяє підвищити енергоефективність роботи вказаного механізму та забезпечити швидкодію його руху.