

Міністерство
освіти і науки
України



Міністерство освіти і науки України

Національний університет біоресурсів і
природокористування України
Механіко-технологічний факультет

Представництво Польської академії наук в Києві
Відділення в Любліні Польської академії наук
Академія інженерних наук України
Українська асоціація аграрних інженерів



***ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ
II МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ
"Агроінженерія:
сучасні проблеми та перспективи розвитку"
(7–8 листопада 2019 року)
присвячена
90-й річниці з дня заснування
механіко-технологічного факультету НУБіП України***



Київ – 2019

УДК 621.87

ВИБІР КРИТЕРІЇВ ПОДІБНОСТІ ДЛЯ ФІЗИЧНОЇ МОДЕЛІ МЕХАНІЗМУ ПОВОРОТУ СТІЛОВОГО КРАНА

Ловейкін В. С., Кадикало І. О.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Для проведення експериментальних досліджень була побудована фізична модель механізму повороту стрілового крана, 3D модель якої наведена на рис. 1.

Для дослідження обрано реальний кран QTZ-80, який відрізняється від лабораторної установки (фізичної моделі) механізму повороту стрілового крана конструктивними, силовими та енергетичними параметрами, тому в експериментальних дослідженнях використано фізичне моделювання, яке зазвичай змінює масштаб та залишає фізичну природу явищ. Тому для визначення характеристик фізичної моделі застосовано теорію подібності.

При цьому використано тримасову динамічну модель механізму повороту стрілового крана (рис. 2).

В цій моделі прийняті такі позначення: m – маса вантажу на гнучкому підвісі; I_0 , I_1 – моменти інерції приводного механізму та поворотної частини

зведені до осі повороту крана; M_0 , M_1 – рушійний момент на валу двигуна та момент сил опору зведені до осі повороту крана; φ_0 , φ_1 , φ_2 , – кутові координати повороту ротора електродвигуна, поворотної частини крана та вантажу, які прийняті за узагальнені координати; C – коефіцієнт жорсткості приводного механізму, зведений до вісі повороту крана; r – виліт вантажу; l – довжина гнучкого підвісу вантажу; γ – кутлова координата відхилення вантажного каната від вертикалі; g – прискорення вільного падіння.

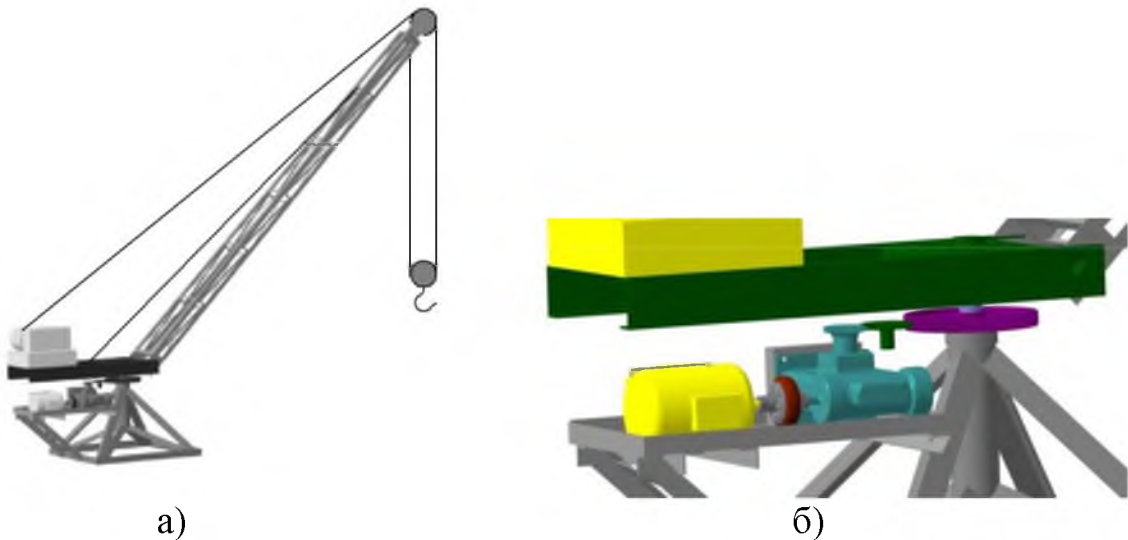


Рис. 1. Схема лабораторної установки стрілового крана: а) загальний вигляд крана; б) механізм повороту стрілового крана.

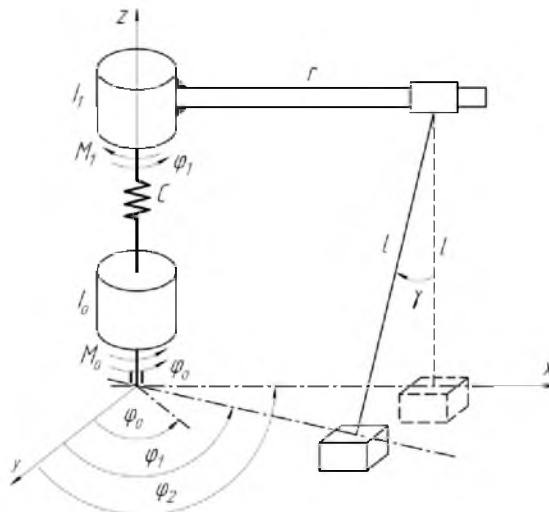


Рис. 2. Динамічна модель механізму повороту.

На основі динамічної моделі складено математичну модель, яка являє собою систему трьох диференціальних рівнянь другого порядку:

$$\begin{cases} I_0 \frac{d^2 \varphi_0}{dt^2} = \frac{M_n \lambda u \eta}{2} - c(\varphi_0 - \varphi_1); \\ I_1 \frac{d^2 \varphi_1}{dt^2} = c(\varphi_0 - \varphi_1) - m r^2 \frac{g}{l} (\varphi_1 - \varphi_2) - M_1; \\ \frac{d^2 \varphi_2}{dt^2} = \frac{g}{l} (\varphi_1 - \varphi_2). \end{cases} \quad (1)$$

Параметри в системі рівнянь позначені наступними індексами для реального крана "n", для фізичної моделі "m".

Виразивши параметри реальної системи через відповідні параметри її фізичної моделі та коефіцієнти подібності, отримано:

$$\begin{cases} I_{0n} = v_I I_{0m}; I_{1n} = v_I I_{1m}; \\ M_{nn} = v_M M_{nm}; M_{1n} = v_M M_{1m}; \\ m_n = v_m m_m; l_n = v_l m_l; r_n = v_l r_m; \\ \lambda_n = v_\lambda \lambda_m; u_n = v_u u_m; \eta_n = v_\eta \eta_m; c_n = v_c c_m; t_n = v_t t_m; \\ \varphi_{0n} = v_\varphi \varphi_{0m}; \varphi_{1n} = v_\varphi \varphi_{1m}; \varphi_{2n} = v_\varphi \varphi_{2m}. \end{cases} \quad (2)$$

де $v_I; v_m; v_M; v_\lambda; v_u; v_\eta; v_c; v_l; v_t; v_\varphi$ – коефіцієнти подібності;

$I_{0n}; I_{1n}; m_n; M_{nn}; M_{1n}; \lambda_n; u_n; \eta_n; c_n; l_n; r_n; t_n; \varphi_{0n}; \varphi_{1n}; \varphi_{2n}$ – параметри реального крана; $I_{0m}; I_{1m}; m_m; M_{nm}; M_{1m}; \lambda_m; u_m; \eta_m; c_m; m_l; r_m; t_m; \varphi_{0m}; \varphi_{1m}; \varphi_{2m}$ – параметри моделі крана.

Рівняння (1) з урахуванням виразів (2) мають вигляд:

$$\begin{cases} I_{0n} \frac{d^2 \varphi_{0n}}{dt_n^2} = \frac{1}{2} M_{nn} \lambda_n u_n \eta_n - c_n (\varphi_{0n} - \varphi_{1n}); \\ I_{0m} \frac{d^2 \varphi_{0m}}{dt_m^2} = \frac{1}{2} M_{nm} \lambda_m u_m \eta_m - c_m (\varphi_{0m} - \varphi_{1m}). \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{cases} I_{1n} \frac{d^2 \varphi_{1n}}{dt_n^2} = c_n (\varphi_{0n} - \varphi_{1n}) - m_n r_n^2 \frac{g}{l_n} (\varphi_{1n} - \varphi_{2n}) - M_{1n}; \\ I_{1m} \frac{d^2 \varphi_{1m}}{dt_m^2} = c_m (\varphi_{0m} - \varphi_{1m}) - m_m r_m^2 \frac{g}{l_m} (\varphi_{1m} - \varphi_{2m}) - M_{1m}. \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{cases} \frac{d^2 \varphi_{2n}}{dt_n^2} = \frac{g}{l_n} (\varphi_{1n} - \varphi_{2n}); \\ \frac{d^2 \varphi_{2m}}{dt_m^2} = \frac{g}{l_m} (\varphi_{1m} - \varphi_{2m}). \end{cases} \quad (5)$$

Після певних математичних перетворень та скорочень отримаємо співвідношення між коефіцієнтами подібності:

$$\frac{v_I v_\varphi}{v_t^2} = v_M v_\lambda v_u v_\eta = v_c v_\varphi; \quad (6)$$

$$\frac{v_I v_\varphi}{v_t^2} = v_c v_\varphi = v_m v_l v_\varphi; \quad (7)$$

$$\frac{v_\varphi}{v_t^2} = \frac{v_\varphi}{v_l}. \quad (8)$$

Проаналізувавши вирази (6-8), отримано наступні залежності:

$$\begin{cases} \frac{v_I v_\varphi}{v_t^2} = v_m v_\lambda v_u v_\eta; \frac{v_I v_\varphi}{v_t^2} = v_c; \\ \frac{v_I}{v_t^2} = v_m v_l; \frac{1}{v_t^2} = \frac{1}{v_l} \rightarrow v_t^2 = v_l. \end{cases} \quad (9)$$

Отже отримані співвідношення коефіцієнтів подібності механізму повороту стрілового крана дають можливість за параметрами реального крана визначити параметри його фізичної моделі.