

УДК 621.873.01

## Обґрунтування критерію для динамічної оптимізації пружної системи (канатів) вантажопідйомних механізмів кранів при поступальному русі

Юрій Човнюк<sup>1</sup>, Михайло Діктерук<sup>2</sup>, Ольга Остапуценко<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України  
вул. Героїв Оборони, 12в, Київ, Україна, 03041

<sup>1</sup>[yuchovnyuk@ukr.net](mailto:yuchovnyuk@ukr.net), [orcid.org/0000-0002-0608-0203](https://orcid.org/0000-0002-0608-0203)

<sup>2,3</sup>Київський національний університет будівництва і архітектури  
Повітрофлотський пр-т, 31, Київ, Україна, 03680

<sup>2</sup>[dicteruk@ukr.net](mailto:dicteruk@ukr.net), [orcid.org/0000-0003-1889-0876](https://orcid.org/0000-0003-1889-0876)

<sup>3</sup>[olga\\_ost\\_17@ukr.net](mailto:olga_ost_17@ukr.net), [orcid.org/0000-0001-8114-349X](https://orcid.org/0000-0001-8114-349X)

Отримано 04.04.2018; прийнято 23.05.2018

DOI: 10.26884/gbdmm1891.0201

**Анотація.** Запропонований критерій для динамічної оптимізації пружної системи (канатів) вантажопідйомних механізмів кранів при поступальному русі, який мінімізує коефіцієнт динамічності. Встановлені закони руху елементів вантажопідйомного механізму крана, за яких може бути реалізований вказаний критерій. Реалізований підхід до динамічної оптимізації пружної системи (канатів) вантажопідйомних механізмів кранів при їх поступальному русі може бути у подальшому використаний при конструюванні мехатронних систем керування вказаними механізмами, котрі здатні забезпечити відслідковування усіх миттєвих (раптових) змін кінематичних, а також енергосилових параметрів вказаних механічних систем за різних способів підйому вантажу, а саме: «з ваги», «з підхватом». При цьому враховуються всі перевантаження системи, що виникають у ній саме на первісній стадії підйому вантажу (у момент пуску – при підйомі «з ваги»; у момент відриву від основи (землі)- при підйомі «з підхватом»). Слід зазначити, що отримані у роботі результати, можна використати й при проектуванні приводів вантажопідйомних механізмів кранів, функціонуючих у тих чи інших режимах, котрі забезпечують плавний (безривковий) пуск механізму, а значить і суттєво знижують коефіцієнт динамічності як у момент пуску, так і у період основного руху, що завершується плавною, а не стрибкоподібною завершальною стадією підйому до повної зупинки. Отримані у роботі результати можна також використати й для уточнення і вдосконалення існуючих інже-

нерних методів розрахунку пружних елементів (канатів) вантажопідйомних механізмів кранів з метою уникнення неминуче виникаючих різноманітних коливань у самих канатах (поздовжніх, згинних, крутних та комбінованих) як на стадіях їх проектування, конструювання, так і у режимах реальної експлуатації канатних систем кранів.

**Ключові слова:** обґрунтування, критерій, динаміка, оптимізація, пружність, канати, вантажопідйомний механізм, крани, поступальний рух.

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Відомо, що у системі «вантажний візок-канат-вантаж» мостових кранів можливі різноманітні коливні процеси. Особливо це стосується пружних елементів (канатів, тросів) вантажопідйомних механізмів, де виникають, як у системах з розподіленими параметрами, поздовжні, згинні, крутні та комбіновані навантаження та хвилі. Цей фактор необхідно враховувати при створенні мехатронних систем керування вантажопідйомними кранами задля забезпечення високої точності управління як рухом вантажу, так і крана у цілому в процесах його пуску/гальмування чи реверсування, при підйомі/опусканні вантажу або при його позиціонуванні на певній висоті.

На думку авторів дослідження, використання методів фізико-математичного та комп'ютерного моделювання, а також підходів, розвинутих у теорії класичного варіаційного числення, дозволяє провести уточнення й вдосконалення існуючих інженерних методів розрахунку вказаних систем на основі узагальненого критерію якості руху кранових механізмів підйому вантажу, який оптимізує (мінімізує) динамічні навантаження на канатах при роботі кранів та їх механізмів у перехідних процесах.

### АНАЛІЗ ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕННЯ

Розрахунок поздовжніх коливань вантажу на канатах вантажопідйомного механізму крана зазвичай проводять за найпростішою схемою двомасової системи [1 – 6]. При цьому вважають, що жорсткість канатів поліспастві набагато менше жорсткості самого приводу. Під дією зовнішніх сил у неусталений період (пуску, гальмування, реверсування) у пружній системі (канатах) виникають малі поздовжні коливання. Дисипативні процеси (поглинання енергії), які неминуче відбуваються у самих канатах, не враховуються, як, до речі, й зміни у часі ( $t$ ) вимушених сил, діючих ззовні на вантажопідйомний механізм крана (сила тяги приводу та вага вантажу).

Для обґрунтування методу розрахунку вимушених поздовжніх коливань вантажу на канатах вантажопідйомного механізму крана у період його пуску застосовані моделі, розвинуті у роботах [1, 2].

Результати робіт [1, 2] та підхід авторів [7] використані при проведенні даного дослідження.

### МЕТА РОБОТИ

Мета роботи полягає у обґрунтуванні критерію динамічної оптимізації, який дозволяє отримати оптимальний за якістю руху у механізмі підйому вантажу краном в період його пуску, що мінімізує коефіцієнт динамічності системи. При цьому враховані особливості зміни у часі ( $t$ ) силових фак-

торів, що дозволяє створити на основі мехатронних засобів керування економічно виправдану систему управління краном у режимах пуску його вантажопідйомного механізму.

### ВИКЛАД ОСНОВНОГО ЗМІСТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Використовуючи підхід авторів [7] можна отримати функцію Лагранжа для вантажопідйомного крана, у якій врахована дія на останній системі зовнішніх сил  $F(t)$ . При цьому в межах двомасової моделі вантажопідйомного механізму його узагальнена маса  $m$  визначається зі співвідношення

$$m = \frac{m_1 \cdot m_2}{m_1 + m_2}, \quad (1)$$

де  $m_1$  – маса безпосередньо вантажопідйомного механізму,  $m_2$  – маса вантажу на канаті.

Відповідне рівняння руху [1]:

$$\ddot{x} + p^2 \cdot x = \frac{1}{m} \cdot F(t), \quad (2)$$

де  $p^2 = \frac{c}{m} = \frac{c \cdot (m_1 + m_2)}{m_1 \cdot m_2}$ ;  $p$  – власна частота коливань вантажопідйомного механізму з вантажем на канаті;  $F(t)$  описує рівнодіючу усіх сил, прикладених до системи (рушійної сили  $P(t)$  та сили опору  $Q(t)$  (Рис. 1). Можна показати, користуючись підходом [1], що

$$\frac{F(t)}{m} = \frac{m_2 \cdot P(t) + m_1 \cdot Q(t)}{m_1 \cdot m_2}. \quad (3)$$

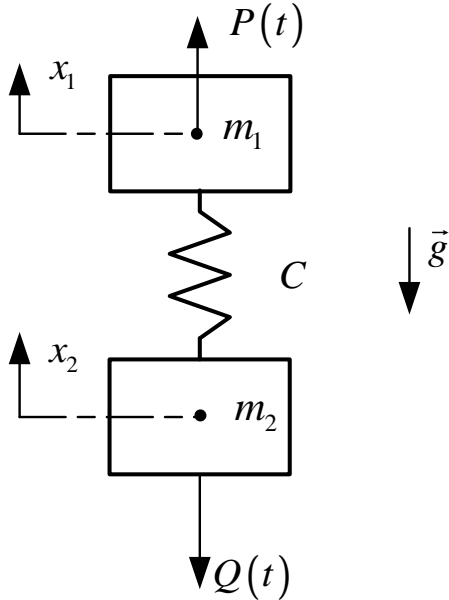
Критерій якості руху розглядуваної системи полягає у мінімізації динамічного зусилля у канаті кранового механізму підйому вантажу (а, значить, і коефіцієнта динамічності):

$$\frac{1}{t_n} \cdot \int_0^{t_n} (c \cdot x)^2 dt \Rightarrow \min, \quad (4)$$

де  $t_n$  – тривалість пускового процесу.

Необхідна умова реалізації критерію (6) зводиться до рівняння Ейлера:

$$x = 0. \quad (5)$$



**Рис. 1.** Схема двомасової пружної системи при поступальному русі ( $\vec{g}$  – вектор прискорення вільного падіння)

**Fig. 1.** Scheme of two-mass elastic system with translational motion ( $\vec{g}$  – vector of acceleration of free fall)

Розв’язуючи систему рівнянь (2) та (5), отримаємо

$$\begin{cases} \ddot{x} + p^2 \cdot x = \frac{1}{m} \cdot F(t), \\ x = 0. \end{cases} \quad (6)$$

Знаходимо рівняння, яке дозволяє визначити оптимальні закони руху  $x(t)$ , що задовольняють критерію якості (4):

$$\ddot{x} = \frac{1}{m} \cdot F(t). \quad (7)$$

У подальшому будемо розшукувати розв’язок (7) за нульових початкових умов:

$$x|_{t=0} = 0; \dot{x}|_{t=0} = 0. \quad (8)$$

Розглянемо кілька випадків залежності  $Q(t)$ , вважаючи при цьому  $P = \text{const}$  (тобто сила  $P$  не є функцією часу  $t$ ).

1.  $Q = \text{const}$ .

Розв’язок (7) у цьому випадку має вигляд

$$x(t) = \frac{(m_2 \cdot P + m_1 \cdot Q)}{m_1 \cdot m_2} \cdot \frac{t^2}{2}. \quad (9)$$

Для мас  $m_1$  й  $m_2$  маємо з (9) наступні оптимальні (у сенсі критерію (4)) закони руху [7]:

$$\begin{aligned} x_1(t) &= \frac{m_2}{(m_1 + m_2)} x(t) = \\ &= \frac{(m_2 P + m_1 Q)}{2m_1 (m_1 + m_2)} \cdot t^2. \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} x_2(t) &= -\frac{m_1}{(m_1 + m_2)} x(t) = \\ &= -\frac{(m_2 P + m_1 Q)}{2m_2 (m_1 + m_2)} t^2. \end{aligned} \quad (11)$$

При цьому динамічне зусилля  $P_{\text{дин}}(t)$  у канаті набирає наступного вигляду:

$$P_{\text{дин}}(t) = \frac{c \cdot (m_2 \cdot P + m_1 \cdot Q)}{m_1 \cdot m_2} \cdot \frac{t^2}{2}. \quad (12)$$

Його максимальне значення

$$\begin{aligned} P_{\text{дин}}^{\text{max}} &= P_{\text{дин}}(t)|_{t=t_n} = \\ &= \frac{c \cdot (m_2 \cdot P + m_1 \cdot Q)}{m_1 \cdot m_2} \cdot \frac{t_n^2}{2}. \end{aligned} \quad (13)$$

Коефіцієнт динамічності  $k_{\text{дин}}(t)$  має вигляд

$$k_{\text{дин}}(t) = \frac{c(m_1 + m_2)}{2m_1 \cdot m_2} \cdot t^2. \quad (14)$$

Максимального значення  $k_{\text{дин}}(t)$  набуває при  $t = t_n$ :

$$k_{\text{дин}}^{\text{max}} = k_{\text{дин}}(t) \Big|_{t=t_{\text{п}}} = \frac{c \cdot (m_1 + m_2)}{2m_1 \cdot m_2} \cdot t_{\text{п}}^2 = \frac{p^2 \cdot t_{\text{п}}^2}{2}. \quad (15)$$

З виразу (15) випливає, що значення  $k_{\text{дин}}^{\text{max}} < 2$  для  $t_{\text{п}} = (1...2) \text{ с}$ , якщо  $p < 1\text{с}^{-1}$ . Крім того, слід зазначити, що у пусковий період функціонування вантажопідйомного механізму крана, тобто при  $t \in [0, t_{\text{п}}]$ , функція  $k_{\text{дин}}(t)$  є монотонно зростаючою (не має коливного характеру) та безперервною.

2. Залежність  $Q(t)$  має вигляд (Рис. 2):

$$Q(t) = \begin{cases} 0, & t < 0; \\ Q_0 \cdot \frac{t}{T}, & 0 \leq t \leq T; \\ Q_0, & t \geq T. \end{cases} \quad (16)$$

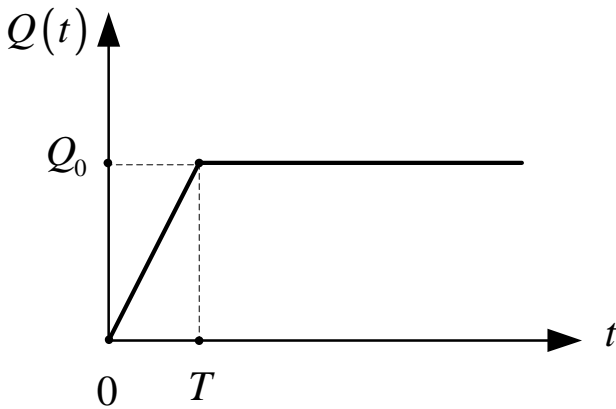


Рис. 2. Залежність  $Q(t)$  (16)

Fig. 2. Dependence  $Q(t)$  (16)

Залежність  $Q(t)$  (16) характерна для підйому вантажу “з основи” / “з землі” [1].

Розв’язок (7) у цьому випадку має вигляд

$$x(t) = \begin{cases} \frac{P}{2m_1} \cdot t^2 + \frac{Q_0 \cdot t^3}{6T \cdot m_2}, & 0 < t \leq T; \\ \left( \frac{P}{m_1} + \frac{Q_0}{m_2} \right) \cdot \frac{t^2}{2} - \frac{Q_0 \cdot T}{2m_2} \cdot t + \frac{Q_0 \cdot T^2}{6m_2}, & t \geq T. \end{cases} \quad (17)$$

Для мас  $m_1$  й  $m_2$  маємо з (17) наступні оптимальні (у сенсі критерію(4)) закони руху [7]:

$$\begin{aligned} x_1(t) &= \frac{m_2}{(m_1 + m_2)} \cdot x(t); \\ x_2(t) &= -\frac{m_1}{(m_1 + m_2)} \cdot x(t). \end{aligned} \quad (18)$$

При цьому динамічне зусилля  $P_{\text{дин}}(t)$  у канаті набирає наступного вигляду:

$$P_{\text{дин}}(t) = \begin{cases} c \left[ \frac{P}{2m_1} t^2 + \frac{Q_0 t^3}{6Tm_2} \right], & 0 < t \leq T; \\ c \left[ \left( \frac{P}{m_1} + \frac{Q_0}{m_2} \right) \frac{t^2}{2} - \frac{Q_0 T}{2m_2} t + \frac{Q_0 T^2}{6m_2} \right], & t \geq T. \end{cases} \quad (19)$$

Його максимальне значення (при  $t_{\text{п}} > T$ ):

$$\begin{aligned} P_{\text{дин}}^{\text{max}} &= P_{\text{дин}}(t) \Big|_{t=t_{\text{п}}} = \\ &= c \left[ \frac{P t_{\text{п}}^2}{2m_1} + \frac{Q_0}{m_2} \cdot \left( \frac{t_{\text{п}}^2}{2} - \frac{t_{\text{п}} T}{2} + \frac{T^2}{6} \right) \right]. \end{aligned} \quad (20)$$

Коефіцієнт динамічності  $k_{\text{дин}}(t)$  має вигляд

$$k_{\text{дин}}(t) = \begin{cases} \left[ \frac{\frac{P}{2m_1} t^2 + \frac{Q_0 t^3}{6Tm_2}}{F_1} \right], & 0 < t \leq T; \\ \left[ \frac{\left( \frac{P}{m_1} + \frac{Q_0}{m_2} \right) \cdot \frac{t^2}{2}}{F_2} + \frac{\left( -\frac{Q_0 T}{2m_2} \right) \cdot t + \frac{Q_0 T^2}{6m_2}}{F_2} \right], & t \geq T, \end{cases} \quad (21)$$

де

$$F_1 = \left\{ \frac{m_2 P + m_1 \cdot \frac{Q_0}{2}}{c \cdot (m_1 + m_2)} \right\}; \quad (22)$$

$$F_2 = \left\{ \frac{m_2 P + m_1 Q_0}{c \cdot (m_1 + m_2)} \right\}.$$

Максимального значення  $k_{\text{дин}}(t)$  набуває при  $t = t_n$ :

$$k_{\text{дин}}^{\text{max}} = k_{\text{дин}}(t) = \frac{\left[ \left( \frac{P}{m_1} + \frac{Q_0}{m_2} \right) \cdot \frac{t_n^2}{2} - \frac{Q_0 T}{2m_2} \cdot t_n + \frac{Q_0 T^2}{6m_2} \right]}{F_2}. \quad (23)$$

З виразу (21) видно, що у пусковий період функціонування вантажопідйомного механізму крана ( $t \in [0, t_n]$ ) функція  $k_{\text{дин}}(t)$  є монотонно зростаючою, безперервною і не має коливного характеру.

3. Залежність  $Q(t)$  носить характер плавної/гладкої функції часу (без різких змін) (Рис. 3).

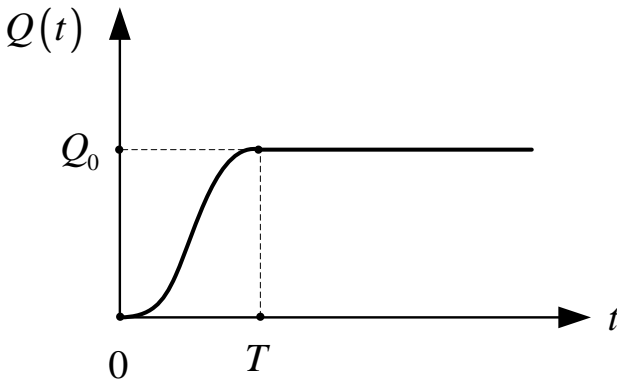


Рис. 3. Залежність  $Q(t)$  (гладка функція часу  $t$ )

Fig. 3. Dependence  $Q(t)$  (smooth function of time  $t$ )

Користуючись сучасними мехатронними системами керування, можна створити такий режим руху вантажопідйомного механізму крана, коли при підйомі вантажу

“з основи”/”з землі” залежність  $Q(t)$  задовольняє умовам

$$Q(t)|_{t=0} = 0; \frac{dQ(t)}{dt}|_{t=0} = 0; \quad (24)$$

$$\frac{dQ(t)}{dt}|_{t=T} = 0; Q(t)|_{t=T} = Q_0,$$

при цьому вважаємо, що  $t_n > T$ . Залежність  $Q(t)$ , яка відповідає умовам (24), котрі, по суті, знищують можливості виникнення небажаних коливань вантажу на канаті, має вигляд

$$Q(t) = Q_0 \cdot \left\{ \frac{3t^2}{T^2} - \frac{2t^3}{T^3} \right\}. \quad (25)$$

У цьому випадку розв’язок (7) має вигляд

$$x(t) = \frac{P}{2m_1} t^2 + \frac{1}{m_2} Q_0 \left\{ \frac{t^4}{4T^2} - \frac{t^5}{10T^3} \right\}. \quad (26)$$

Для мас  $m_1$  й  $m_2$  маємо з (26) наступні оптимальні (у сенсі критерію (4)) закони руху [7]:

$$\left\{ \begin{aligned} x_1(t) &= \frac{m_2}{(m_1 + m_2)} \times \\ &\times \left[ \frac{P}{2m_1} t^2 + \frac{Q_0}{m_2} \left( \frac{t^4}{4T^2} - \frac{t^5}{10T^3} \right) \right]; \\ x_2(t) &= -\frac{m_1}{(m_1 + m_2)} \times \\ &\times \left[ \frac{P}{2m_1} t^2 + \frac{Q_0}{m_2} \left( \frac{t^4}{4T^2} - \frac{t^5}{10T^3} \right) \right]. \end{aligned} \right. \quad (27)$$

При цьому динамічне зусилля  $P_{\text{дин}}(t)$  у канаті набирає наступного вигляду:

$$P_{\text{дин}}(t) = c \cdot x(t) = c \cdot \left[ \frac{P}{2m_1} t^2 + \frac{1}{m_2} Q_0 \left( \frac{t^4}{4T^2} - \frac{t^5}{10T^3} \right) \right]. \quad (28)$$

Його максимальне значення (при  $t_n > T$ ):

$$P_{\text{дин}}^{\max}(t) = P_{\text{дин}}(t)|_{t=t_n} = c \left[ \frac{P}{2m_1} t_n^2 + \frac{Q_0}{m_2} \left( \frac{t_n^4}{4T^2} - \frac{t_n^5}{10T^3} \right) \right]. \quad (29)$$

Коефіцієнт динамічності  $k_{\text{дин}}(t)$  має вигляд

$$k_{\text{дин}}(t) = \frac{c \left[ \frac{P}{2m_1} t^2 + \frac{1}{m_2} Q_0 \left( \frac{t^4}{4T^2} - \frac{t^5}{10T^3} \right) \right]}{F^*}, \quad (30)$$

де

$$F^* = \frac{\left[ Q_0 \left( \frac{t_n^2}{T^2} - \frac{t_n^3}{2T^3} \right) m_1 + m_2 P \right]}{(m_1 + m_2)}.$$

Максимального значення  $k_{\text{дин}}(t)$  набуває при  $t = t_n$ :

$$k_{\text{дин}}(t)|_{t=t_n} = k_{\text{дин}}^{\max} = \frac{c \left[ \frac{P}{2m_1} t_n^2 + \frac{1}{m_2} Q_0 \left( \frac{t_n^4}{4T^2} - \frac{t_n^5}{10T^3} \right) \right]}{F^*}. \quad (31)$$

Розглянемо далі випадок розв'язку (7) для наступних початкових умов (підйом вантажу “з ваги”) [1]:

$$x|_{t=0} = \frac{Q}{c}; \dot{x}|_{t=0} = 0, Q = \text{const}. \quad (32)$$

Розв'язок (7) у цьому випадку має вигляд

$$x(t) = \left( \frac{P}{m_1} + \frac{Q}{m_2} \right) \cdot \frac{t^2}{2} + \frac{Q}{c}. \quad (33)$$

Для мас  $m_1$  й  $m_2$  маємо з (33) наступні оптимальні (у сенсі критерію (4)) закони руху [7]:

$$\begin{cases} x_1(t) = \frac{m_2}{(m_1 + m_2)} \left\{ \left( \frac{P}{m_1} + \frac{Q}{m_2} \right) \frac{t^2}{2} + \frac{Q}{c} \right\}; \\ x_2(t) = -\frac{m_1}{(m_1 + m_2)} \left\{ \left( \frac{P}{m_1} + \frac{Q}{m_2} \right) \frac{t^2}{2} + \frac{Q}{c} \right\}. \end{cases} \quad (34)$$

Динамічне зусилля  $P_{\text{дин}}(t)$  у канаті має вигляд

$$P_{\text{дин}}(t) = c \cdot \left( \frac{P}{m_1} + \frac{Q}{m_2} \right) \frac{t^2}{2} + Q. \quad (35)$$

Його максимальне значення:

$$P_{\text{дин}}^{\max} = P_{\text{дин}}(t)|_{t=t_n} = c \left( \frac{P}{m_1} + \frac{Q}{m_2} \right) \frac{t_n^2}{2} + Q. \quad (36)$$

Коефіцієнт динамічності  $k_{\text{дин}}(t)$ :

$$k_{\text{дин}}(t) = \frac{\left[ c \cdot \left( \frac{P}{m_1} + \frac{Q}{m_2} \right) \cdot \frac{t^2}{2} + Q \right]}{\left[ \frac{m_2 P + m_1 Q}{(m_1 + m_2)} \right]}. \quad (37)$$

Максимальне значення  $k_{\text{дин}}(t)$  набуває при  $t = t_n$ :

$$k_{\text{дин}}(t)|_{t=t_n} = k_{\text{дин}}^{\max} = \frac{\left[ c \cdot \left( \frac{P}{m_1} + \frac{Q}{m_2} \right) \cdot \frac{t_n^2}{2} + Q \right]}{\left[ \frac{m_2 P + m_1 Q}{(m_1 + m_2)} \right]}. \quad (38)$$

## ВИСНОВКИ

1. Обґрунтований критерій для динамічної оптимізації пружної системи (канатів) вантажопідйомних механізмів кранів при поступальному русі і встановлені закони руху елементів цих механізмів, за яких протягом процесу пуску мінімізується динамічний коефіцієнт при підйомі вантажу способами “з ваги” та “з основи”/“з землі”.

2. Отримані у роботі результати можуть бути в подальшому використані для уточнення й вдосконалення існуючих інженерних методів розрахунку вантажопідійомних механізмів кранів як на стадіях їх проектування/конструювання, так і у режимах реальної експлуатації (особливо для процесів пуску).

## ЛІТЕРАТУРА

1. **Иванченко Ф.К.** Расчеты грузоподъемных и транспортирующих машин / Ф.К. Иванченко, В.С.Бондарев, Н.П.Колесник, В.Я. Баранов. – Киев: Вища школа, 1978 – 576 с.
2. **Бондарев В.С.** Підйомно-транспортні машини. Розрахунки підйомальних і транспортувальних машин / В.С.Бондарев, О.І. Дубинець, Ю.П. Горбатенко, М.П. Колісник, С.В. Бондарев, В.Я. Барабанов. – Київ: Вища школа, 2009. – 734 с.
3. **Артоболевский И.И.** Динамика машинных агрегатов на предельных режимах движения / И.И. Артоболевский, В.С. Лощинин. – М.: Наука, 1977. 325 с.
4. **Грузоподъемные машины** / М.П. Александров, Л.Н. Колобов, Н.А. Лобов и др. – М.: Машиностроение, 1986. – 400 с.
5. **Грузоподъемные краны** / Под ред. М.П. Александрова. – М.: Машиностроение, Кн.1. – 1981. – 216 с.; Кн.2. – 1981. – 287 с.
6. **Лобов Н.А.** Динамика грузоподъемных кранов / Н.А. Лобов. – М.: Машиностроение, – 1987. – 160 с.
7. **Ландау Л.Д.** Теоретическая физика. Т.1. Механика / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – М.: Наука, – 1965. – 204 с.

## REFERENCES

1. **Ivanchenko F.K., 1978.** Raschety gruzopodemnyh i transportirujushhij mashin. [Calculations of hoisting and transporting machines]. Kiev, Vishha shkola, 576 (in Russian).
2. **Bondarev V.S., 2009.** Pidjomno-transportni mashini. Rozrahunki pidijmal'nih i transportival'nih mashin. [Hoisting-and-transport machines. Calculations of lifting and transporting machines]. Kyiv, Vishha shkola Publ., 734. (in Russian).
3. **Artobolevskij I.I., 1977.** Dinamika mashinnyh agregatov na predel'nyh rezhimah dvizhenija. [Dynamics of machine aggregates on the

limiting modes of movement]. Moscow. Nauka Publ., 325. (in Russian).

4. **Aleksandrov M.P., Kolobov L.N., Lobov N.A., 1986.** Gruzopodemnye mashiny [Hoisting machines]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 400. (in Russian).
5. **Aleksandrov M.P., 1981.** Gruzopodemnye kranj. [Hoisting cranes]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 287. (in Russian).
6. **Lobov N.A., 1987.** Dinamika gruzopodemnyh kranov. [Dynamics of cranes]. Moscow. Mashinostroenie Publ., 160. (in Russian).
7. **Landau L.D., 1965.** Teoreticheskaja fizika. Mehanika. [Theoretical physics. Mechanics]. Moscow, Nauka Publ., 204. (in Russian).

**Justification of the criterion for dynamic optimization of elastic systems (ropes) of load-lifting cranes mechanisms during forward motion**

*Yuriy Chovnyuk, Mykhaylo Dykteruk,  
Olga Ostapuschenko*

**Abstract.** The proposed criterion for dynamically optimizing the elastic system (ropes) of load-lifting mechanisms of cranes with translational motion, which minimizes the dynamic coefficient. The laws of motion of the elements of the lifting mechanism of the crane, in which the specified criterion can be realized, is established. The implemented approach to the dynamic optimization of the elastic system (ropes) of load-lifting mechanisms of cranes with their translational motion can be further used in the design of mechatronic control systems by these mechanisms, which can provide for tracking all instantaneous (sudden) changes in the kinematical, as well as power-supply parameters of the specified mechanical systems for various ways of lifting the cargo, namely: "from weight", "with picking up". It takes into account all the overloads of the system that arise in it at the initial stage of lifting the load (at the moment of launch - when lifting "from the weight"; at the moment of separation from the ground (ground) - when raising "with lifting"). It should be noted that the results obtained in the work can also be used in the design of the actuators of load-lifting mechanisms of cranes operating in those or other regimes, which provide a smooth start of the mechanism, and therefore significantly reduce the dynamic factor both at the time of start and in the period of the main movement, which ends with a smooth, not a jump-like final stage of lifting to a complete stop. The results obtained in the work can also be used

to refine and improve existing engineering methods for calculating the elastic elements (ropes) of crane lifting mechanisms in order to avoid inevitably arising diverse oscillations in the ropes themselves (longitudinal, bent, twist and combined), as at the stages of their design, construction, as well as in the real-world operation of cable systems of cranes..

**Key words:** justification, criterion, dynamics, optimization, elasticity, ropes, load-lifting mechanism, cranes, forward motion.