

3. Введение в SignalR 2: [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://metanit.com/sharp/mvc5/16.1.php>

4. Microsoft ASP.NET SignalR: [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.nuget.org/packages/Microsoft.AspNet.SignalR/>

5. Сеть участников дорожного движения: [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://numplates.ru/07.htm>

УДК 621.873

## МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ І ВТРАТ ЕНЕРГІЇ ПРИ ПІДЙОМІ ВАНТАЖІВ МОСТОВИМ КРАНОМ

*Неженцев О.Б.*, доцент, к.т.н.,

*Національний технічний університет України "Київський політехнічний  
інститут імені Ігоря Сікорського"*

*Кравченко О.П.*, професор, д.т.н.,

*Вінницький національний технічний університет*

**Анотація.** Вирішується проблема зниження динамічних навантажень та енергоспоживання мостових кранів в період підйому вантажів. Математична модель крана враховує всі основні параметри електромеханічної системи «привід – металоконструкція – вантаж». Наведено результати дослідження динамічних навантажень та втрат енергії мостовими кранами вантажопідйомністю 5т прольотами від 19,5 до 31,5м, що дозволило підвищити точність розрахунків на 13 – 25%.

**Ключові слова:** вантажопідйомний кран, механізм підйому, методика розрахунку, математична модель, динамічні навантаження, втрати енергії

Дослідження перехідних процесів при підйомі вантажів кранами мостового типу та пошук шляхів зниження втрат енергії ґрунтуються на розрахункових та експериментальних методах визначення динамічних та енергетичних параметрів кранових електроприводів. Для їх виконання необхідно використовувати методіку розрахунку, що містить математичні моделі, які найбільш повно враховують усі основні фактори електромеханічної системи «електропривод – металоконструкція – вантаж». Проведені дослідження [1 - 6] показали, що проблема зниження втрат енергії у вантажопідйомних кранах повинна вирішуватися разом із завданням зниження динамічних навантажень та підвищення продуктивності кранів, оскільки покращення одних показників призводить до погіршення інших.

Оскільки проблему підвищення ефективності енергоспоживання вантажопідіймальних кранів неможливо вирішити без удосконалення методів розрахунку втрат енергії та динамічних навантажень, то розробка математичної

моделі, що описує перехідні процеси кранового електроприводу підйому, є актуальною.

Дослідженню перехідних процесів при підйомі вантажів мостовими кранами присвячено багато публікацій [1 - 7 та інші]. Однак більшість досліджень проведено на спрощених математичних моделях, що не дозволяє врахувати всі основні фактори, що впливають на динамічні навантаження, параметри продуктивності кранів та втрати енергії у кранових механізмах. Нелінійні характеристики кранових електроприводів зумовлюють застосування чисельних методів для дослідження динамічних та енергетичних показників вантажопідіймальних кранів.

У роботах з теорії електроприводу [8 - 12] як правило, використовують спрощений підхід, що ґрунтується на розгляді машини у вигляді одномасової моделі. При цьому момент двигуна та швидкість робочого органу часто приймаються постійними. Це не дозволяє досліджувати вплив в'язкопружних властивостей металоконструкції крана та вантажних канатів, зазорів та інших факторів на втрати енергії при перехідних процесах.

Таким чином, для механізму підйому вантажу не розроблено методики, що ґрунтується на нелінійній математичній моделі «електропривід – металоконструкція – вантаж», яка враховує всі основні фактори електромеханічної системи. Також відсутні переконливі дані щодо впливу різних факторів на втрати енергії під час підйому вантажу.

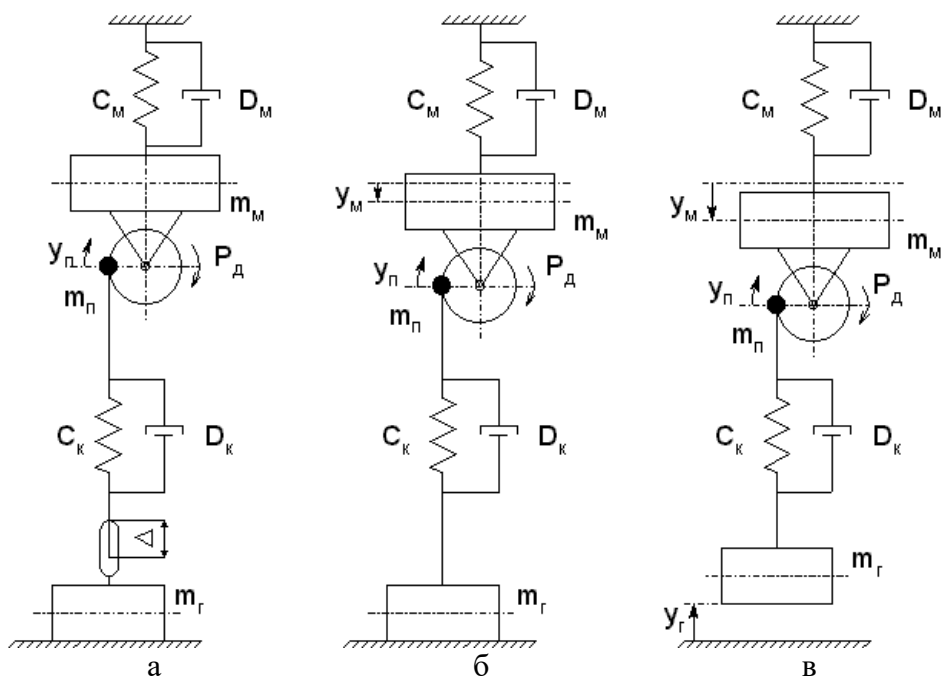


Рис. 1 – Тримасова динамічна модель мостового крана при підйомі вантажу

Метою роботи є удосконалення нелінійної математичної моделі вантажопідіймального крана для розрахунку динамічних навантажень та втрат енергії

під час підйому вантажу, яка враховує всі основні параметри електромеханічної системи «привід – металокопструкція – вантаж»; дослідити вплив висоти підйому вантажу, маси вантажу, прольоту крана та інших факторів на втрати енергії та динамічні навантаження мостових кранів вантажопідйомністю 5т прольотами від 19,5 до 31,5м.

Результати дослідження:

1. Математична модель мостового крана для дослідження динамічних навантажень та втрат енергії при роботі механізму підйому.

Для дослідження перехідних процесів при підйомі вантажів мостовими кранами застосуємо тримасову динамічну модель (див. рис. 1) [2, 6, 13 і ін.].

При підйомі вантажу «з підхопленням» мостовим краном перехідні процеси описуються наступними диференціальними рівняннями [1, 13]:

- перший етап (вибір зазорів у механізмі і слабину канатів, рис. 1а)

$$m_{\Pi} \cdot \ddot{y}_{\Pi} - P_{\text{Д}} = 0; \quad (1)$$

- другий етап (зміна зусилля в канатах від нуля до величини, що дорівнює силі ваги вантажу, рис. 1б)

$$\begin{cases} m_{\Pi} \ddot{y}_{\Pi} + D_{\text{К}} (\dot{y}_{\Pi} - \dot{y}_{\text{М}}) + C_{\text{К}} (y_{\Pi} - y_{\text{М}}) - P_{\text{Д}} = 0; \\ m_{\text{М}} \ddot{y}_{\text{М}} - D_{\text{К}} (\dot{y}_{\Pi} - \dot{y}_{\text{М}}) - C_{\text{К}} (y_{\Pi} - y_{\text{М}}) + \\ + D_{\text{М}} \dot{y}_{\text{М}} + C_{\text{М}} y_{\text{М}} = 0; \end{cases} \quad (2)$$

- третій етап (після відриву вантажу від основи, рис. 1в)

$$\begin{cases} m_{\Pi} \ddot{y}_{\Pi} + D_{\text{К}} (\dot{y}_{\Pi} - \dot{y}_{\text{М}} - \dot{y}_{\text{Г}}) + C_{\text{К}} (y_{\Pi} - y_{\text{М}} - y_{\text{Г}}) - P_{\text{Д}} = 0; \\ m_{\text{М}} \ddot{y}_{\text{М}} - D_{\text{К}} (\dot{y}_{\Pi} - \dot{y}_{\text{М}} - \dot{y}_{\text{Г}}) - C_{\text{К}} (y_{\Pi} - y_{\text{М}} - y_{\text{Г}}) + \\ + D_{\text{М}} \dot{y}_{\text{М}} + C_{\text{М}} y_{\text{М}} = 0; \\ m_{\text{Г}} \ddot{y}_{\text{Г}} - D_{\text{К}} (\dot{y}_{\Pi} - \dot{y}_{\text{М}} - \dot{y}_{\text{Г}}) - C_{\text{К}} (y_{\Pi} - y_{\text{М}} - y_{\text{Г}}) + m_{\text{Г}} g = 0, \end{cases} \quad (3)$$

де  $m_{\Pi}$  - приведена до канатів маса частин механізму підйому вантажу, що обертаються;  $m_{\text{М}}$  - приведена до середини прольоту маса середніх частин моста і порожнього візка;  $m_{\text{Г}}$  - маса вантажу;  $C_{\text{М}}$  - коефіцієнт жорсткості металокопструкції крана;  $D_{\text{М}}$  - коефіцієнт загасання коливань (демпфування) металокопструкції;  $C_{\text{К}}$  - коефіцієнт жорсткості вантажних канатів;  $D_{\text{К}}$  - коефіцієнт загасання коливань (демпфування) у канатах;  $y_{\Pi}$ ,  $y_{\text{М}}$ ,  $y_{\text{Г}}$  - шляхи, що проходять відповідні маси  $m_{\Pi}$ ,  $m_{\text{М}}$ ,  $m_{\text{Г}}$  від початку координат;  $P_{\text{Д}}$  - приведена до канатів сила електропривода підйому, що визначається за формулою

$$P_D = \frac{K_j \cdot (V_0 - \dot{y}_\Pi)}{B_j + (V_0 - \dot{y}_\Pi)^2}, \quad (4)$$

тут крім раніше зазначених величин:  $\dot{y}_\Pi$  - швидкість маси привода  $m_\Pi$ , що відповідає поточній частоті обертання двигуна;  $u_M$  - передаточне число механізму підйому (включаючи кратність поліспасти);  $r_6$  - радіус барабана.

2. Методика розрахунку втрат енергії і дослідження перехідних процесів при підйомі вантажів.

Втрати потужності в асинхронному електродвигуні [8 - 12]

$$\Delta N = \Delta N_c + \Delta N_v, \quad (5)$$

де  $\Delta N_c$  - постійні втрати потужності

$$\Delta N_c = \Delta N_{mex} + \Delta N_{стал} + 3I_\mu^2 R_1 + \Delta N_{дон}; \quad (6)$$

$\Delta N_{mex}$  - механічні втрати потужності від тертя в підшипниках і вентиляційні втрати;  $\Delta N_{стал}$  - втрати в сталі магнітопроводу,  $3I_\mu^2 R_1$  - втрати в міді статора від струму, що намагнічує  $I_\mu$ ;  $R_1$  - активний опір обмотки статора;

$\Delta N_v$  - змінні втрати потужності

$$\Delta N_v = \Delta N_{v2} + \Delta N_{v1} = P_D V_0 s \left( 1 + R_1 / R_2' \right); \quad (7)$$

$\Delta N_{v1}$  і  $\Delta N_{v2}$  - змінні втрати потужності відповідно в обмотці статора та у ланцюзі ротора;  $s$  - ковзання;  $R_2' = r_p' + R_\delta'$  - приведений активний опір фази ротора, що складається з опору обмотки ротора  $r_p'$  та опору додаткових резисторів  $R_\delta'$ .

Сумарні втрати енергії в асинхронному двигуні при перехідному процесі

$$\Delta A_\Sigma = \Delta A_c + \Delta A_{v1} + \Delta A_{v2} = \int_0^{t_{mn}} \Delta N_c dt + \left( 1 + \frac{R_1}{R_2'} \right) \int_0^{t_{mn}} P_D (V_0 - \dot{y}_\Pi) dt, \quad (8)$$

де  $\Delta A_c$ ,  $\Delta A_{v1}$  і  $\Delta A_{v2}$  - втрати енергії, зумовлені, відповідно, постійними втратами, змінними втратами в статорі та роторі;  $t_{mn}$  - час перехідного процесу.

Змінні втрати потужності в асинхронному двигуні на першому етапі

$$\Delta N_v^I = \Delta N_{v2}^I + \Delta N_{v1}^I = P_D^I V_0 s \left( 1 + \frac{R_1}{R_2'} \right). \quad (9)$$

Змінні втрати енергії в роторі двигуна на першому етапі

$$\Delta A_{v2}^I = \int_0^{t_I} \Delta N_{v2}^I dt = \int_0^{t_I} P_D^I V_0 s dt = m_{II} \int_0^{t_I} \ddot{y}_{II} (V_0 - \dot{y}_{II}) dt. \quad (10)$$

Сумарні втрати енергії в асинхронному двигуні на першому етапі

$$\Delta A_{\Sigma}^I = \Delta A_c^I + \Delta A_{v1}^I + \Delta A_{v2}^I = \int_0^{t_I} \Delta N_c^I dt + \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) m_{II} \int_0^{t_I} \ddot{y}_{II} (V_0 - \dot{y}_{II}) dt. \quad (11)$$

Змінні втрати енергії в роторі двигуна на другому етапі

$$\begin{aligned} \Delta A_{v2}^{II} &= \int_{t_I}^{t_{II}} \Delta N_{v2}^{II} dt = \int_{t_I}^{t_{II}} P_D^{II} (V_0 - \dot{y}_{II}) dt = \\ &= m_{II} V_0 \int_{t_I}^{t_{II}} \ddot{y}_{II} dt + m_M V_0 \int_{t_I}^{t_{II}} \ddot{y}_M dt + D_M V_0 \int_{t_I}^{t_{II}} \dot{y}_M dt + C_M V_0 \int_{t_I}^{t_{II}} y_M dt - \\ &- m_{II} \int_{t_I}^{t_{II}} \ddot{y}_{II} \dot{y}_{II} dt - m_M \int_{t_I}^{t_{II}} \ddot{y}_M \dot{y}_{II} dt - D_M \int_{t_I}^{t_{II}} \dot{y}_M \dot{y}_{II} dt - C_M \int_{t_I}^{t_{II}} y_M \dot{y}_{II} dt. \end{aligned} \quad (12)$$

Сумарні втрати енергії в асинхронному двигуні на другому етапі

$$\Delta A_{\Sigma}^{II} = \Delta A_c^{II} + \Delta A_{v1}^{II} + \Delta A_{v2}^{II} = \int_{t_I}^{t_{II}} \Delta N_c^{II} dt + \Delta A_{v2}^{II} \left(1 + R_1 / R_2\right). \quad (13)$$

Змінні втрати енергії в роторі двигуна на третьому етапі

$$\begin{aligned} \Delta A_{v2}^{III} &= \int_{t_{II}}^{t_{III}} \Delta N_{v2}^{III} dt = \int_{t_{II}}^{t_{III}} P_D^{III} (V_0 - \dot{y}_{II}) dt = \\ &= m_{II} V_0 \int_{t_{II}}^{t_{III}} \ddot{y}_{II} dt + m_M V_0 \int_{t_{II}}^{t_{III}} \ddot{y}_M dt + D_M V_0 \int_{t_{II}}^{t_{III}} \dot{y}_M dt + C_M V_0 \int_{t_{II}}^{t_{III}} y_M dt + \\ &+ m_{\Gamma} V_0 \int_{t_{II}}^{t_{III}} \ddot{y}_{\Gamma} dt - D_K V_0 \int_{t_{II}}^{t_{III}} (\dot{y}_{II} - \dot{y}_M - \dot{y}_{\Gamma}) dt - C_K V_0 \int_{t_{II}}^{t_{III}} (y_{II} - y_M - y_{\Gamma}) dt - \\ &- m_{\Gamma} g \int_{t_{II}}^{t_{III}} (V_0 - \dot{y}_{II}) dt - m_{II} \int_{t_{II}}^{t_{III}} \ddot{y}_{II} \dot{y}_{II} dt - m_M \int_{t_{II}}^{t_{III}} \ddot{y}_M \dot{y}_{II} dt - D_M \int_{t_{II}}^{t_{III}} \dot{y}_M \dot{y}_{II} dt - \\ &- C_M \int_{t_{II}}^{t_{III}} y_M \dot{y}_{II} dt - m_{\Gamma} \int_{t_{II}}^{t_{III}} \ddot{y}_{\Gamma} y_{II} dt + D_K \int_{t_{II}}^{t_{III}} \dot{y}_{II} (\dot{y}_{II} - \dot{y}_M - \dot{y}_{\Gamma}) dt + \\ &+ C_K \int_{t_{II}}^{t_{III}} \dot{y}_{II} (y_{II} - y_M - y_{\Gamma}) dt. \end{aligned} \quad (14)$$

Сумарні втрати енергії в асинхронному двигуні на третьому етапі

$$\Delta A_{\Sigma}^{III} = \Delta A_c^{III} + \Delta A_{v1}^{III} + \Delta A_{v2}^{III} = \int_{t_{II}}^{t_{III}} \Delta N_c^{III} \cdot dt + \Delta A_{v2}^{III} \left( 1 + \frac{R_1}{R_2} \right). \quad (15)$$

Втрати енергії за весь період підйому вантажу

$$\Delta A_{\Sigma} = \Delta A_{\Sigma}^I + \Delta A_{\Sigma}^{II} + \Delta A_{\Sigma}^{III}. \quad (16)$$

Інтегрування диференційних рівнянь (1-4) і (10-16) чисельним методом за допомогою розробленої багатофункціональної комп'ютерної програми [13] дозволяє з високою точністю розраховувати значення та будувати графіки всіх компонентів втрат енергії, а також переміщень, швидкостей і прискорень приведених мас, зусиль металоконструкції і канатів при підйомі вантажу в рухомих і гальмових режимах.

3. Аналіз динамічних навантажень і втрат енергії при підйомі вантажів мостовими кранами вантажністю 5т.

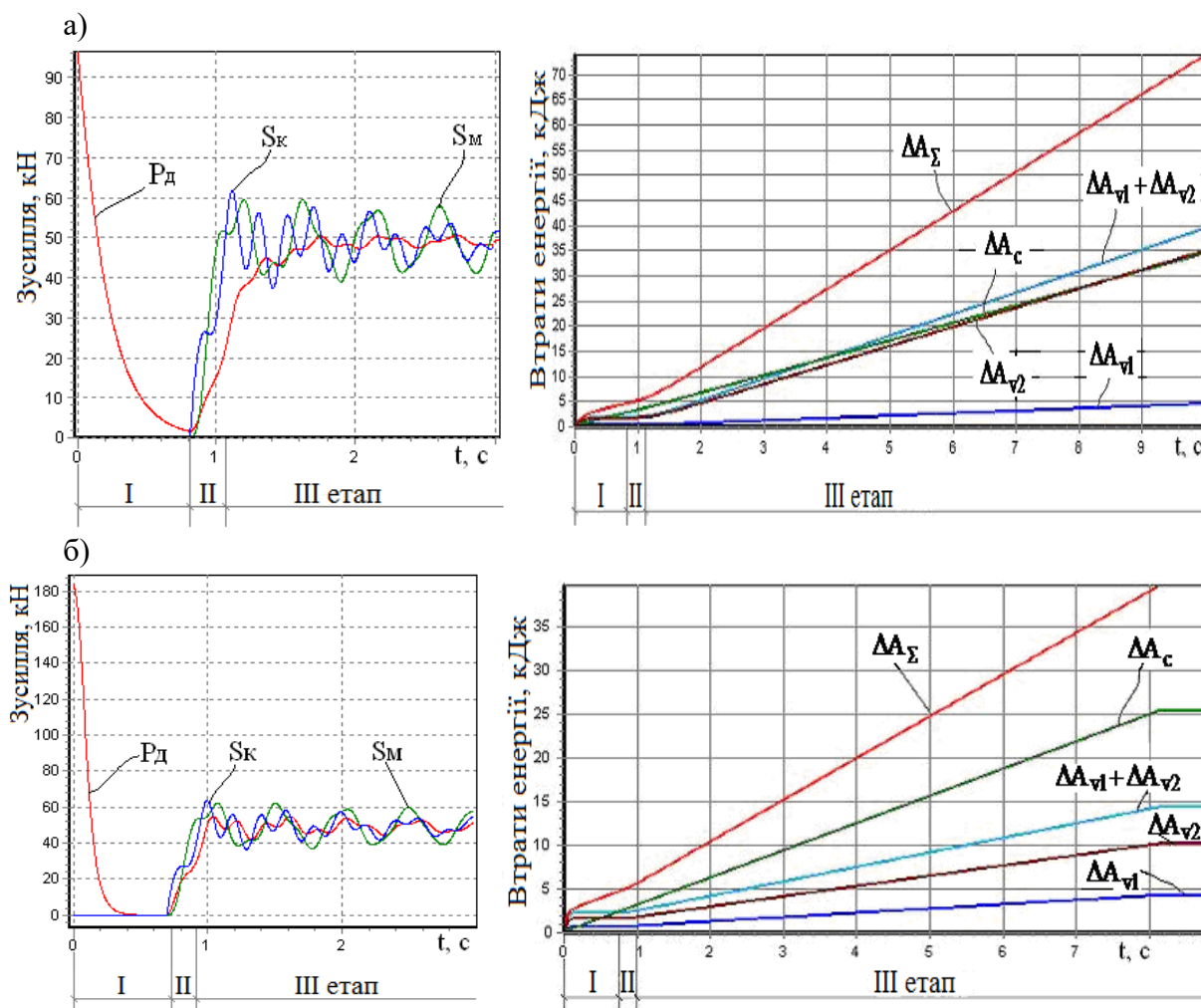


Рис. 2 - Графіки динамічних зусиль і втрат енергії при підйомі вантажу мостовим краном в/п 5т по механічним характеристикам: а) - по першій; б) - по третій

За допомогою розробленої комп'ютерної програми [13] проінтегровані диференційні рівняння (1-4), (10-16) чисельним методом і побудовані графіки зміни зусиль і втрат енергії при підйомі вантажів мостовим краном вантажопідйомністю 5т залежно від механічних характеристик (див. рис. 2). Графіки побудовані для підйому вантажу на висоту 8м.

На рис. 2 крім зазначених раніше величин прийняті наступні позначення:

- зусилля в металоконструкції крана  $S_M$ :

$$S_M = D_M \cdot \dot{y}_M + C_K \cdot y_M; \quad (17)$$

- зусилля у вантажних канатах  $S_K$  на другому та третьому етапах, відповідно:

$$S_K = D_K \cdot (\dot{y}_\Pi - \dot{y}_M) + C_K \cdot (y_\Pi - y_M), \quad (18)$$

$$S_K = D_K \cdot (\dot{y}_\Pi - \dot{y}_M - \dot{y}_\Gamma) + C_K \cdot (y_\Pi - y_M - y_\Gamma); \quad (19)$$

Підкреслимо, що при підйомі вантажу мостовим краном в/п 5т на робочу висоту (в даному випадку - 8 м) тривалість перехідних процесів становить 10-12% від часу розгону. Решту часу механізм підйому працює в сталому режимі з практично постійними швидкостями, що залежать від механічних характеристик електродвигуна. Отже, втрати енергії в приводі механізму підйому не залежать від механічних характеристик двигуна тільки протягом приблизно 1 секунди. У час, який залишився (приблизно 7-9 с, що становить 88-90%) втрати енергії в приводі механізму підйому істотно залежать від механічних характеристик електродвигуна. Для механізму підйому мостового крана в/п 5 т величина втрат енергії в приводі при підйомі номінального вантажу на висоту 8 м по різним механічним характеристикам може відрізнятись більш ніж в 2,3 рази.

За допомогою розробленої математичної моделі були проведені багатофакторні дослідження та отримано рівняння регресії для розрахунку втрат енергії в асинхронних електроприводах підйому мостових кранів в/п 5т, що експлуатуються в цей час в Україні

$$\begin{aligned} \Delta \hat{A}_2 = & 122918,28 + 147653,2x_1 + 63402,02x_2 - 123907,5x_3 + 180,9x_1^2 - \\ & - 57,5x_2^2 - 48339,4x_3^2 + 32791,6x_1x_2 - 240,2x_1x_3 + 365,2x_2x_3, \end{aligned} \quad (20)$$

де  $x_1$ ,  $x_2$  і  $x_3$  – кодовані значення варійованих факторів, відповідно: висоти підйому вантажу  $H$ , маси вантажу  $m_\Gamma$  і номера механічної характеристики  $M.X$ , по якій здійснюється підйом вантажів.

Кодовані значення факторів  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  і натуральні значення  $H$ ,  $m_\Gamma$ ,  $M.X$  пов'язані наступними співвідношеннями:

$$x_1 = \frac{H - H_0}{\Delta H}; \quad x_2 = \frac{m_\Gamma - m_{\Gamma 0}}{\Delta m_\Gamma}; \quad x_3 = \frac{M.X - M.X_0}{\Delta M.X}, \quad (21)$$

де  $H_0$ ,  $m_{Г0}$ ,  $M.X_0$  - основні рівні відповідних факторів

$$H_0 = 4,1\text{ м}; \quad m_{Г0} = 2550\text{ кг}; \quad M.X_0 = 3;$$

$\Delta H$ ,  $\Delta m_{Г}$ ,  $\Delta M.X$  - інтервали варіювання факторів

$$\Delta H = 3,9\text{ м}; \quad \Delta m_{Г} = 2450\text{ кг}; \quad \Delta M.X = 2.$$

За допомогою отриманого рівняння регресії (20) можна розраховувати сумарні втрати енергії при підйомі вантажу мостовими кранами в/п 5т, з високою для інженерних розрахунків точністю, при будь-яких значеннях факторів  $x_1(H)$ ,  $x_2(m_{Г})$ ,  $x_3(M.X)$  у встановленій області їх визначення.

Висновки:

1. Розрахунки динамічних навантажень та втрат енергії підйомних кранів треба здійснювати за допомогою математичної моделі, яка враховує основні параметри системи «привід – металоконструкція – вантаж», що підвищує точність розрахунків на 13 – 25%.

2. Розроблена методика дозволяє не тільки точніше розраховувати динамічні навантаження та втрати енергії в електроприводах підйому кранів, але й вибирати найбільш економічні за енергоспоживанням і динамічними навантаженнями параметри кранових механізмів на стадії проектування.

### Список використаних джерел

1. Неженцев О.Б. Моделювання втрат енергії мостових кранів при підйомі вантажів // Збірник наукових праць III-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Транспорт: наука та практика», Київ – Одеса, 16 травня 2024 р. - Київ: СЧУ ім. В. Даля, 2024. – С. 74-79.

2. Nyezhenstev O., Kravchenko O., Gerlici J., Lovska A. Mathematical modeling energy losses and dynamic loads during operation of the crane lifting mechanism. Published by ELSEVIER B.V. Transportation Research Procedia, 74 (2023), 791–798.

3. Tomasz H. Modeling the dynamics of cargo lifting process by overhead crane for dynamic overload factor estimation. J. Vibroeng. 2017, 19, 75–86.

4. Grigorov O. Analysis of Various Approaches to Modeling of Dynamics of Lifting-Transport Vehicles / O. Grigorov, E. Druzhynin, G. Anishchenko, M. Strizhak, V. Strizhak // International Journal of Engineering & Technology. – 2018. – Vol. 7. – Iss. 4.3. – P. 64–70.

5. Niu C., Ouyang H. Nonlinear Dynamic Analysis of Lifting Mechanism of an Electric Overhead Crane during Emergency Braking. Appl. Sci. 2020, 10, 8334.

6. Неженцев О.Б. Динаміка мостового крана при гальмуванні вантажу, що піднімається // Інтеграція освіти, науки та бізнесу в сучасному середовищі: зимові диспути: тези доп. I Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 6-7 лютого 2020 р. – Дніпро, 2020. – Т.2. – С. 458-462.

7. Niu, C.M.; Zhang, H.W.; Ouyang, H. A comprehensive dynamic model of electric overhead cranes and the lifting operations. Proc. Inst. Mech. Eng. Part C J. Mech. Eng. Sci. 2012, 226, p. 1484–1503.
8. Crowder R. Electric Drives and Electromechanical Systems. 2 e. - Elsevier, 2019.
9. Hughes A., Drury B. Electric Motors and Drives. 5 e. - Elsevier, 2019.
10. Subrahmanyam V. Electric Drives. 2 e. - McGraw Hill Education, 2017.
11. Veltman A. ET.AL Fundamentals of electrical drives: power systems paperback. SPRINGER (SIE), 2012.
12. Електропривод: Підручник / Ю.М. Лавриненко, О.С. Марченко, П.І. Савченко і ін.; За ред. Ю.М. Лавриненко - К.: Вид-во «Ліра-К», 2009. - 504 с.
13. Аветисян С.М., Неженцев А.Б. Программное обеспечение для исследования переходных процессов грузоподъемных кранов (часть 2: при работе механизмов подъема грузов // Підйомно-транспортна техніка, № 1(9). - Днепропетровск, 2004. – с. 83-95.

УДК 004.83

## **ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У ПОВСЯКДЕННОМУ ЖИТТІ: СПРОЩЕННЯ ЗАВДАНЬ ТА ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ**

***Решитько В.С.,***

**Науковий керівник – *Лебединський А.В.***

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків*

**Анотація.** У статті розглянуто проблематику інтегрування сучасних технологій штучного інтелекту у повсякденне життя людини. Розглянуто вплив ШІ на спрощення та підвищення продуктивності людини. Наведено розбір конкретних способів використання технологій ШІ для всебічного спрощення процесів людської діяльності.

**Ключові слова:** штучний інтелект, асистент, автоматизація завдань, підвищення продуктивності.

Штучний інтелект (ШІ) вже давно перестав бути лише концепцією з наукової фантастики, ставши важливою частиною нашого повсякденного життя. У сучасному світі технології на основі ШІ допомагають нам виконувати рутинні завдання, підвищують продуктивність та дозволяють оптимізувати наш час. Ця технологія розвивається так стрімко, що сьогодні важко уявити сферу, де ШІ не знайшов би своє застосування. Він змінює спосіб роботи, взаємодії з інформацією, процес прийняття рішень, а також впливає на повсякденні завдання, від домашніх справ до професійної діяльності.