

Зелінський Б.В.; *наук. кер. Неженцев О.Б², к.т.н., доц.*

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», м. Київ, e-mail: nezhentsev@meta.ua

ДИНАМІЧНІ ЗУСИЛЛЯ В МОСТОВОМУ КРАНІ ПРИ ГАЛЬМУВАННІ ВАНТАЖУ, ЩО ПІДНІМАЄТЬСЯ

Для розрахунку максимальних динамічних зусиль в мостовому крані при підйомі вантажу найчастіше розглядають підйом "з підхопленням". При цьому обмежуються дослідженнями трьох етапів: 1) вибір провисання каната та зазорів в приводі; 2) зміна зусилля в канаті від нуля до значення, рівного вазі вантажу; 3) підйом вантажу. Але проведені нами дослідження показали, що в деяких випадках максимальні динамічні зусилля в канатах і металокопструкції крану виникають в період гальмування вантажу, що піднімається (на 4-у етапі).

Метою роботи є аналіз впливу різних чинників на динамічні зусилля в канатах і металокопструкції крану при гальмуванні вантажу, що піднімається.

Рух мостового крана, представленого тримасовою схемою (дивись рис. 1) описується наступними диференціальними рівняннями [1, 2]:

на першому етапі (рис. 1а)

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

на другому етапі (рис. 1б)

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

на третьому (рис. 1в) і четвертому (рис. 1г) етапах

$$\begin{cases} m_{\Pi} \cdot \ddot{y}_{\Pi} - P_{\text{д}} + C_{\text{к}}(y_{\Pi} - y_{\text{М}} - y_{\Gamma}) + D_{\text{к}}(\dot{y}_{\Pi} - \dot{y}_{\text{М}} - \dot{y}_{\Gamma}) = 0; \\ m_{\text{М}} \cdot \ddot{y}_{\text{М}} + C_{\text{М}} \cdot y_{\text{М}} + D_{\text{М}} \cdot \dot{y}_{\text{М}} - C_{\text{к}}(y_{\Pi} - y_{\text{М}} - y_{\Gamma}) - D_{\text{к}}(\dot{y}_{\Pi} - \dot{y}_{\text{М}} - \dot{y}_{\Gamma}) = 0; \\ m_{\Gamma} \cdot \ddot{y}_{\Gamma} - C_{\text{к}}(y_{\Pi} - y_{\text{М}} - y_{\Gamma}) - D_{\text{к}}(\dot{y}_{\Pi} - \dot{y}_{\text{М}} - \dot{y}_{\Gamma}) + m \cdot g = 0, \end{cases} \quad (3)$$

де m_{Π} - приведена до канатів маса частин механізму підйому, що обертаються; $m_{\text{М}}$ - приведена до середини прольоту маса середніх частин моста і порожнього візка; m_{Γ} - маса вантажу; $C_{\text{М}}$ - коефіцієнт жорсткості металокопструкції крана; $D_{\text{М}}$ - коефіцієнт загасання коливань металокопструкції крана; $C_{\text{к}}$ - коефіцієнт жорсткості вантажних канатів; $D_{\text{к}}$ - коефіцієнт загасання коливань канатів; $y_{\Pi}, y_{\text{М}}, y_{\Gamma}$ - шляхи, що проходять відповідні маси $m_{\Pi}, m_{\text{М}}, m_{\Gamma}$; $P_{\text{д}}$ - приведена до канатів сила асинхронного.

Чисельне інтегрування диференціальних рівнянь (1 - 3) здійснювалося за розробленою програмою в середовищі Delphi [3]. На рис. 2 представлені графіки зусиль в канатах $S_{\text{к}}$ і металокопструкції $S_{\text{М}}$ мостового крана вантажопідйомністю 10т при підйомі вантажу за першою механічною характеристикою.

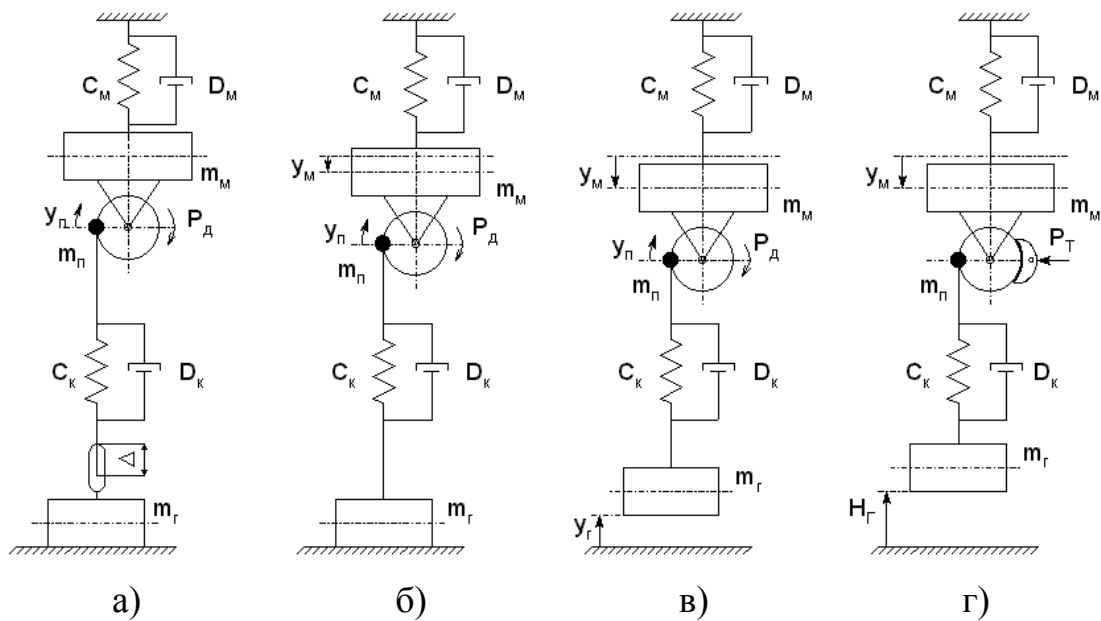


Рис. 1 - Розрахункова схема мостового крану при підйомі вантажу

Аналіз перехідних процесів показав, що зусилля в канатах S_K і металоконструкції S_M на 4-у етапі перевищують відповідні навантаження на 3-у етапі. Так динамічні коефіцієнти в канатах k_k на 4-у етапі перевищують вказані коефіцієнти на 3-у етапі при розгоні за 1-ю характеристикою на 8,4%, а динамічні коефіцієнти в металоконструкції k_M відповідно - на 5,6%. Аналогічні коефіцієнти k_k і k_M на 4-у етапі перевищують вказані коефіцієнти на 3-у етапі при розгоні за 6-ю характеристикою відповідно на 20,85% і 15,4%. Зусилля в канатах і металоконструкції на 4-у етапі залежать від фази коливань вантажу і перевищують відповідні зусилля на 3-у етапі тільки у випадку, якщо в момент зупинки механізму підйому швидкість вантажу спрямована вгору.

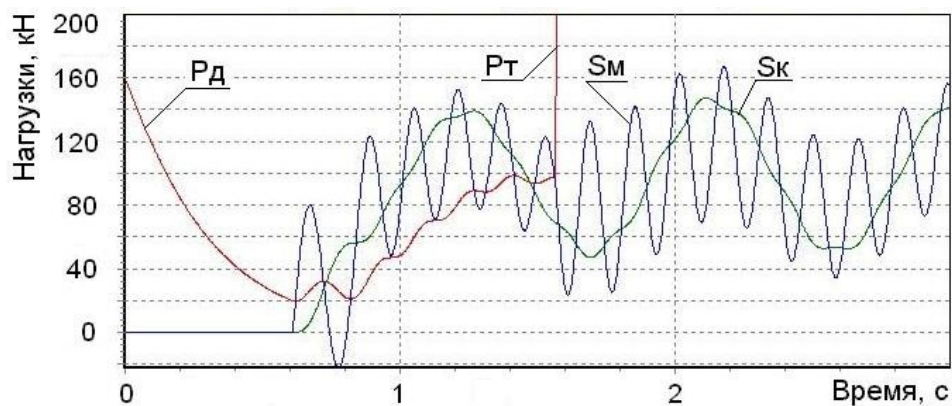


Рис.2 - Графіки зусиль S_K і S_M при підйомі по 1-ій механічній характеристиці

Динамічні коефіцієнти k_k і k_m залежать від механічної характеристики, по якій здійснюється підйом вантажу і від висоти, на яку він піднімається. Як видно з рис. 3, зі збільшенням порядкового номера механічної характеристики збільшується відмінність між динамічними коефіцієнтами розрахованими на 3-му і 4-му етапах. Якщо при підйомі за 1-ю характеристикою коефіцієнт k_k на 3-му етапі дорівнює 1,53, а на 4-му - 1,67, то при підйомі за 6-ю характеристикою вказаний коефіцієнт k_k дорівнює 1,56 і 1,96, відповідно. Динамічний коефіцієнт k_m змінюється аналогічно і набуває значень при підйомі за 1-ю характеристикою 1,39 і 1,47, а по 6-й, відповідно - 1,35 і 1,59.

Графіки на рис. 4 показують, що при малих значеннях висоти підйому (до 0,15 м) динамічні коефіцієнти k_k і k_m на 4-му етапі значно перевищують відповідні коефіцієнти 3-го етапу. По мірі збільшення висоти підйому, відмінності між динамічними коефіцієнтами на 3-му і 4-му етапах зменшуються.

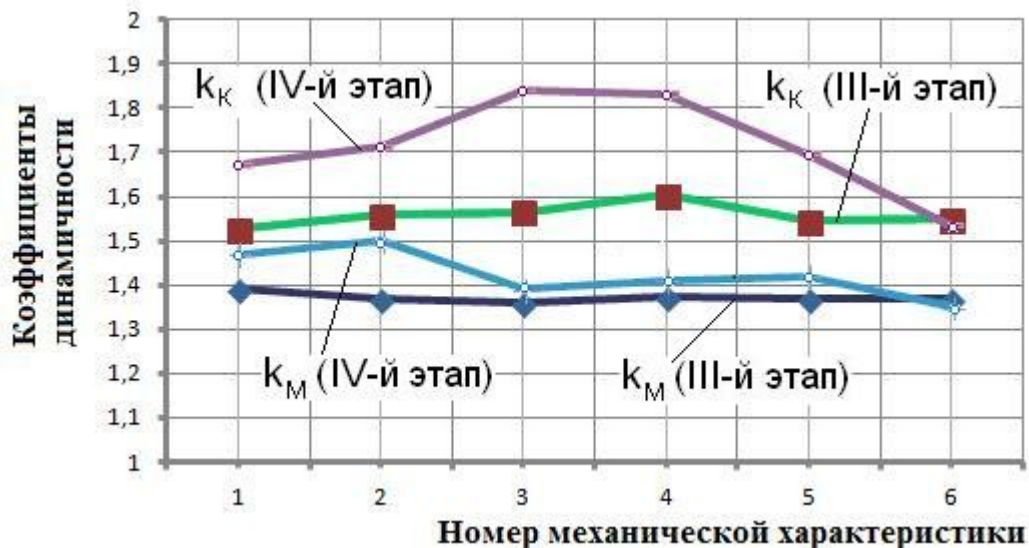


Рис. 3 - Графіки залежності динамічних коефіцієнтів k_k і k_m від механічних характеристик на III-му і на IV-му етапах

Отже, прагнення кранівників знизити динамічні навантаження в канатах і металоконструкції крану шляхом зупинки вантажу на малій висоті може призвести до зворотного ефекту, тобто до їх збільшення на 6 - 21%. Така картина також має місце при проведенні статичних випробувань мостових кранів, коли вантаж відповідно до норм Держгірпромнагляду піднімається на висоту не більше 200 - 300 мм. При цьому маса вантажу складає $1,25Q$ і динамічні навантаження в канатах і металоконструкції навіть на першій механічній характеристиці можуть перевищити $1,4Qg$.

Таким чином, для зниження динамічних навантажень доцільно здійснювати підйом вантажу відразу на робочу висоту шляхом одноразового включення приводу на підйом (без проміжних зупинок і повторних включень).

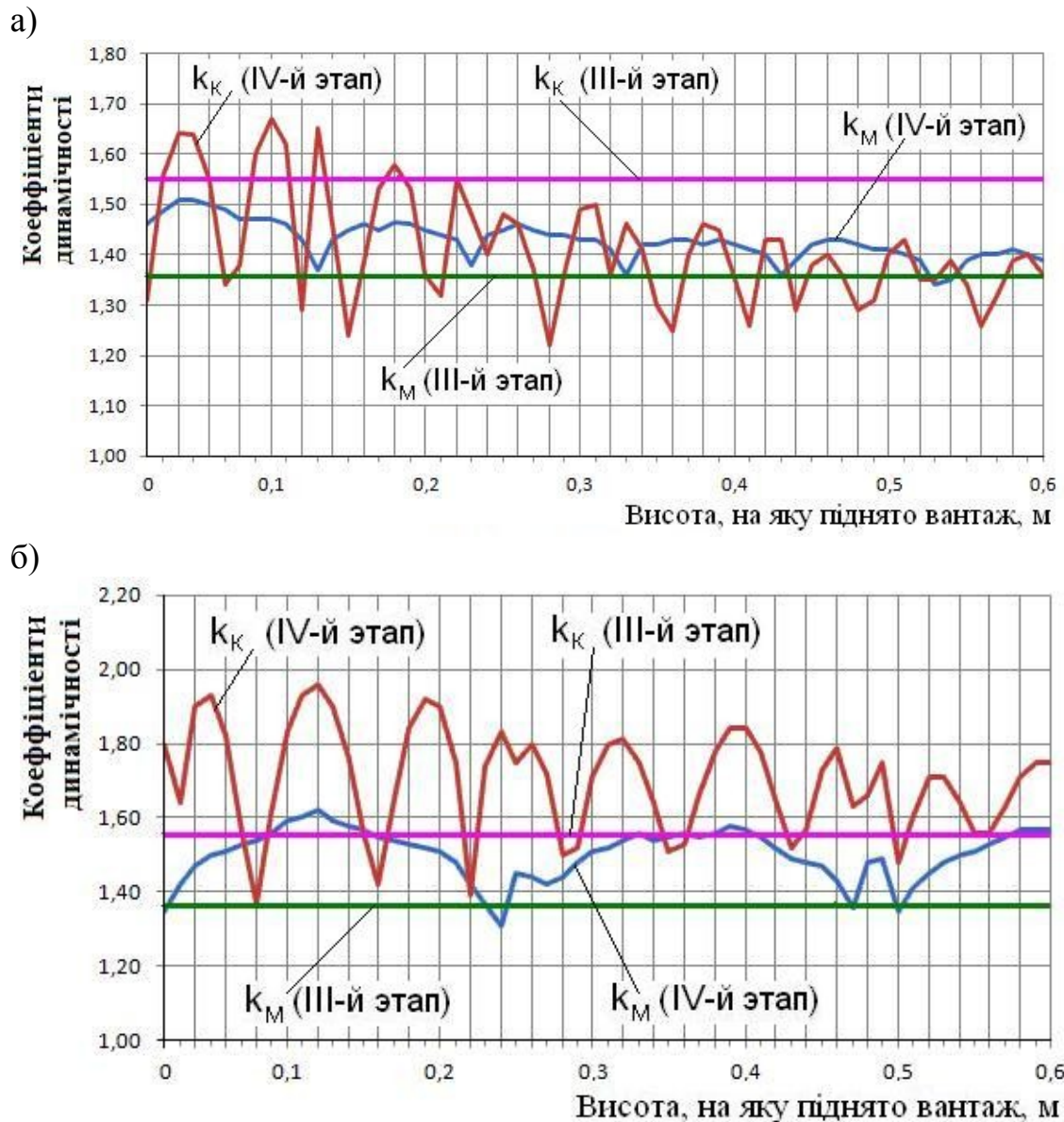


Рис. 4 - Графіки залежності динамічних коефіцієнтів k_K і k_M від висоти, на яку піднімається вантаж на III-му і на IV-му етапах: а) - підйом на 1-й механічній характеристиці, б) - підйом на 6-й механічній характеристиці

Список використаних джерел:

1. Аветисян С.М. Определение динамических нагрузок мостового крана при торможении поднимаемого груза / С.М. Аветисян, А.Б. Неженцев // Підйомно-транспортна техніка, № 2(6). - Дніпропетровськ, 2003. - С. 44-49.
2. Неженцев О.Б. Динамічні навантаження мостового крана при гальмуванні вантажу, що піднімається / О.Б. Неженцев, С.М. Аветисян // Materiały X Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Europejska nauka XXI wieku - 2014». Volume 31. Techniczne nauki.: Przemysł. Nauka i studia, 2014. – S. 29–33.
3. Аветисян С.М. Программное обеспечение для исследования переходных процессов грузоподъемных кранов (часть 2: при работе механизмов подъема грузов / С.М. Аветисян, А.Б. Неженцев // Підйомно-транспортна техніка, № 1(9). - Дніпропетровськ, 2004. – с. 83-95.