

Таніч Г.В., студентка; наук. кер. Неженцев О.Б., к.т.н., доц.

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

АНАЛІЗ ДИНАМІКИ ПІДЙОМУ ВАНТАЖУ КОЗЛОВИМ КРАНОМ ПІД ЧАС ГАЛЬМУВАННЯ

Необхідність забезпечення високої продуктивності козлових кранів призводить до великих динамічних навантажень, які є основною причиною зниження довговічності канатів і металоконструкції кранів, виходу їх з ладу та великих економічних втрат. Тому дослідження закономірностей виникнення та зміни динамічних навантажень козлових кранів є дуже актуальним

При дослідженні динамічних навантажень, що сприймаються металоконструкцією крану і вантажними канатами, аналізі спільного впливу різних параметрів крану на характер протікання перехідних процесів, а також при рішенні багатьох інших завдань козлові крани, з достатньою для інженерних розрахунків точністю, можуть бути представлені тримасовою динамічною моделлю (рис. 1) [1, 2].

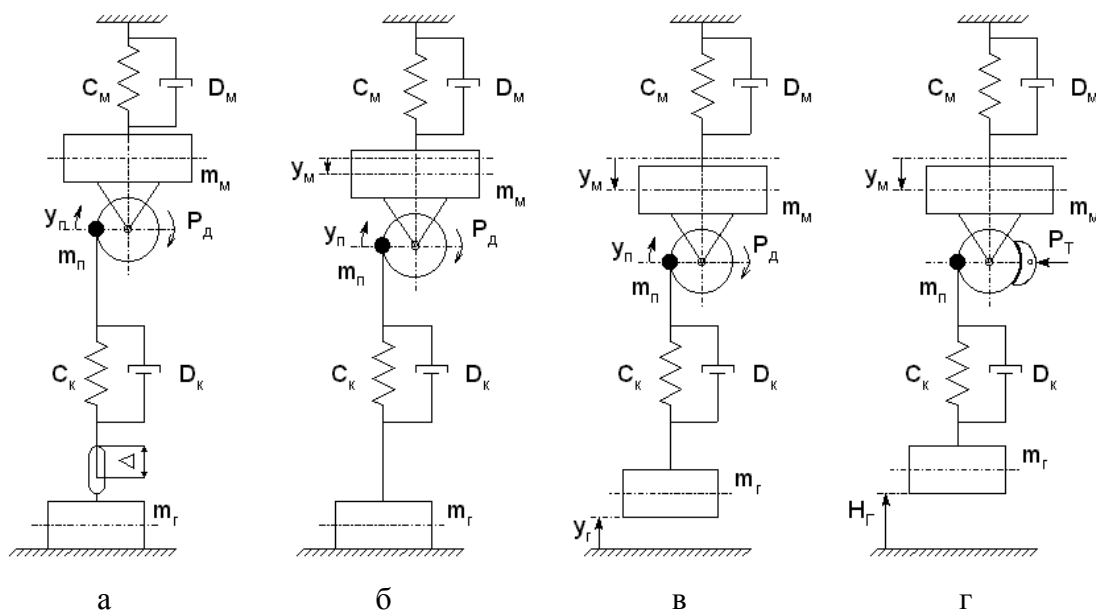


Рис. 1. Динамічна модель козлового крану при підйомі вантажу:
а, б, в, г - етапи підйому вантажу

За основний розрахунковий випадок найчастіше розглядають підйом вантажу "з підхопленням", при якому вважається, що динамічні навантаження мають максимальні значення, а отримані в результаті коефіцієнти динамічності рекомендується використовувати при розрахунку металоконструкцій кранів на міцність. При цьому дослідники обмежуються розглядом тільки трьох етапів: 1) вибір провисання каната і зазорів в приводі (рис. 1а); 2) зміна зусилля в канаті від нуля до значення, рівного вазі вантажу, що піднімається (рис. 1б); 3) підйом вантажу, що супроводжується рухом усіх трьох приведених мас (рис. 1в). В той же час, проведені нами дослідження показали, що в деяких випадках максимальні динамічні навантаження в канатах і металоконструкції козлового крану виникають після спрацювання колодкового гальма в період гальмування вантажу, що піднімається (четвертий етап, рис. 1г).

Запишемо диференціальні рівняння, що описують рух динамічної моделі козлового крану. На першому етапі вибирається проміжок Δk в канатах і приводі, а динамічні навантаження в металоконструкції козлового крану і в канатах відсутні.

Другий етап руху динамічної моделі описується диференціальними рівняннями:

$$m_{\Pi} \cdot \frac{d^2 y_{\Pi}}{dt^2} + S_{K2} - P_{dq} = 0;$$

$$m_M \cdot \frac{d^2 y_M}{dt^2} - S_{K2} + k_D \cdot \frac{dy_M}{dt} + c_M \cdot y_M = 0.$$
(1)

Закінчується другий етап руху при досягненні зусилля в канатах сили тяжіння вантажу

$$S_{K2} = c_K (y_{\Pi} - y_M) + k'_D (\dot{y}_{\Pi} - \dot{y}_M) = Q \cdot g.$$

Третій етап руху динамічної моделі описується диференціальними рівняннями:

$$m_{\Pi} \cdot \frac{d^2 y_{\Pi}}{dt^2} + S_{K3} - P_{dq} = 0,$$

$$m_M \cdot \frac{d^2 y_M}{dt^2} - S_{K3} + k_D \cdot \frac{dy_M}{dt} + c_M \cdot y_M = 0,$$

$$m_{\Gamma} \cdot \frac{d^2 y_{\Gamma}}{dt^2} - S_{K3} + m_{\Gamma} \cdot g = 0,$$
(2)

де $S_{K3} = c_K (y_{\Pi} - y_M - y_{\Gamma}) + k'_D (\dot{y}_{\Pi} - \dot{y}_M - \dot{y}_{\Gamma})$ – зусилля в канатах на третьому етапі руху; m_{Π} – приведена до канатів маса частин приводу підйому вантажу, що обертаються, кг; m_M – приведена до середини прольоту маса головних балок з майданчиками і маса візка, кг; m_{Γ} – маса вантажу, кг; c_M – коефіцієнт жорсткості металоконструкції крану, Н/м; c_K – коефіцієнт жорсткості вантажних канатів, Н/м; k_D – коефіцієнт загасання коливань металоконструкції, Н·с/м; k'_D – коефіцієнт загасання коливань канатів, Н·с/м; P_{dq} – приведена до канатів сила електроприводу підйому при роботі на q-й механічній характеристиці, Н; y_{Π} , y_M , y_{Γ} – шляхи, що проходять маси, відповідно, m_{Π} , m_M , m_{Γ} від початку координат.

Інтегрування диференціальних рівнянь (1 - 2) здійснювалося чисельним методом Рунге-Кутти за розробленою програмою в середовищі Delphi [3].

На рис. 2 - 4 представлені графіки зміни приведеної сили електроприводу підйому P_{dq} , зусилля S_M в металоконструкції козлового крану вантажопідйомністю 10т, а також зусилля в канатах S_K при підйомі номінального вантажу по першій, третій та шостій механічним характеристикам електроприводу підйому.

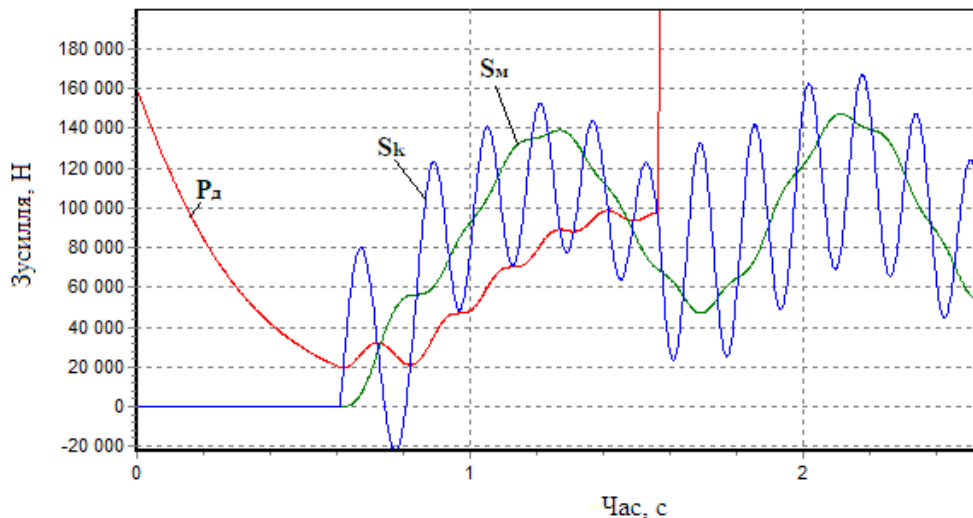


Рис. 2. Зусилля P_{dq} , S_M і S_K при підйомі вантажу козловим краном вантажопідйомністю 10т по 1-й механічній характеристиці електроприводу підйому

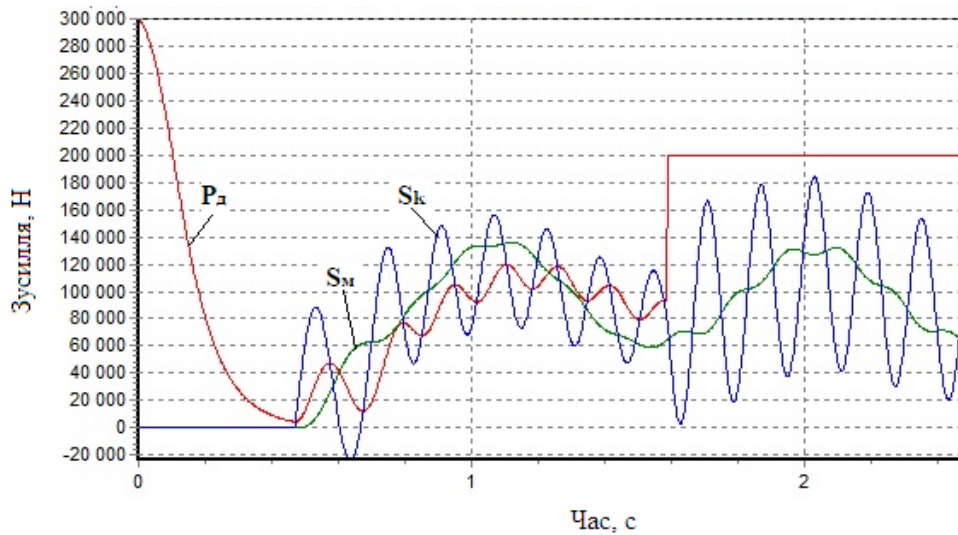


Рис. 3 Зусилля P_{dq} , S_m і S_k при підйомі вантажу козловим краном вантажопідйомністю 10т по 3-ій механічній характеристиці електроприводу підйому

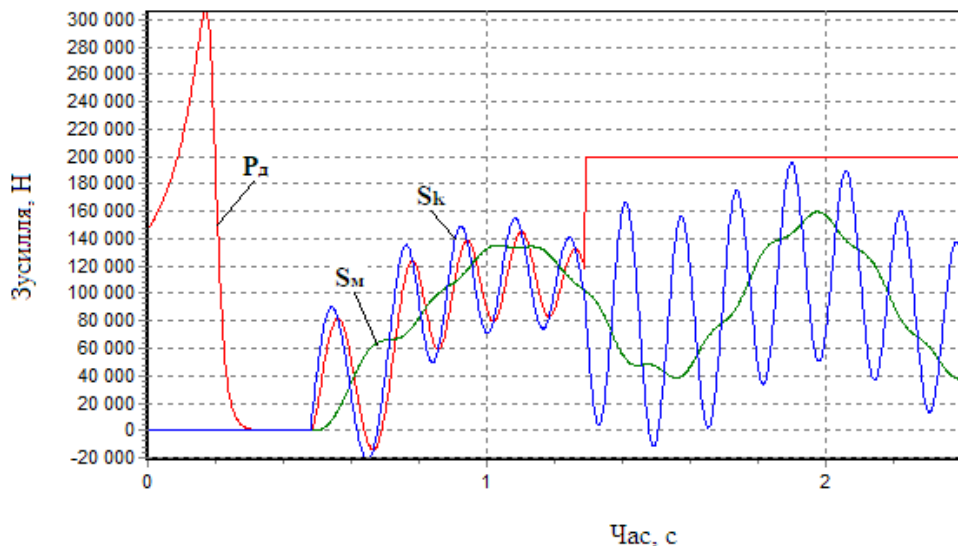


Рис. 4. Зусилля P_{dq} , S_m і S_k при підйомі вантажу козловим краном вантажопідйомністю 10т по 6-ій механічній характеристиці електроприводу підйому

За результатами проведених досліджень можна зробити такі висновки: зусилля в металоконструкції крана $S_m(\max)$ і в канатах $S_k(\max)$ на четвертому етапі можуть перевищувати відповідні зусилля на третьому етапі. Наприклад, динамічні коефіцієнти в металоконструкції k_m на четвертому етапі перевищують вказані коефіцієнти на третьому етапі на 4% - 11%, а динамічні коефіцієнти в канатах k_k на четвертому етапі перевищують відповідні коефіцієнти на третьому етапі на 6% - 14%. Таким чином, в подальшому необхідно дослідити залежність зусиль в канатах $S_k(\max)$ і металоконструкції $S_m(\max)$ на третьому та четвертому етапах від різних факторів: висоти підйому вантажу, номера механічної характеристики та ін.

Список використаних джерел

1. Неженцев О.Б. Динамічні навантаження мостового крана при гальмуванні вантажу, що піднімається / О.Б. Неженцев, С.М. Аветисян // *Materialy X Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Europejska nauka XXI rowieka - 2014»*. Volume 31. Techniczne nauki.: Przemysł. Nauka i studia, 2014. – S. 29–33.
2. 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.
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.