

УДК 621.873.11

©Подоляк О.С., Родіонов Л.А.

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ЗУСИЛЬ ПРИ ВСТАНОВЛЕННІ ДЕМПФЕРА В МЕХАНІЗМІ ПІДЙОМУ СТРІЛОВИХ САМОХІДНИХ КРАНІВ

1. Постановка проблеми

Під час роботи стрілових самохідних кранів виникають поздовжні коливання в металоконструкції і канатах механізму підйому, що приводить до зменшення втомлювальної міцності і погіршує умови нормальної експлуатації крана ефективною протидією цьому є уведення в систему елементів в'язкого опору (демпферів).

Проблемі зменшення коливань металоконструкцій вантажопідйомних машин присвячено багато робіт. В роботі Н.А. Лобова [1] пропонується використовувати демпфер в системі підвіски вантажу, в роботі В.Ф. Семенюка [2] говориться про ефективність встановлення гідравлічного демпфера в металоконструкцію козлового крана. З огляду видно, що проблемі загасання коливань стрілових самохідних кранів присвячено замало уваги, а дослідження загасань іноді носять суперечливий характер.

2. Мета дослідження

Знайти закономірності, які впливають на процес загасання коливань під час підйому вантажу з урахуванням в'язкого опору. Теоретично обґрунтувати місце встановлення демпфера в механізмі підйому стрілових самохідних кранів.

3. Хід досліджень

1. Визначимо ефективність загасання коливань механізму підйому при установці демпфера в системі підвіски вантажу і в стріловій системі.

На рисунку 1 показана динамічна модель механізму підйому стрілового самохідного крана [3] з гідравлічним демпфером в системі підвіски вантажу і в стріловій системі.

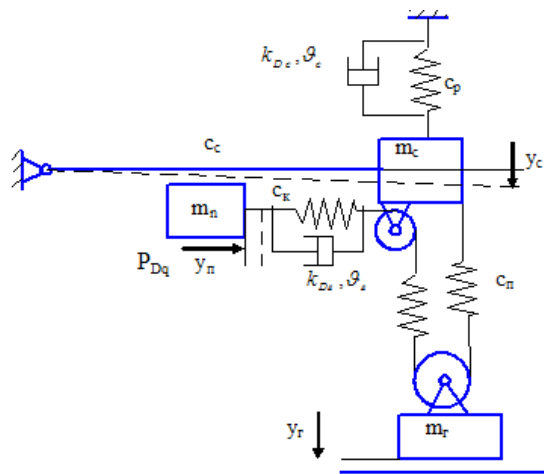


Рис. 1 – Динамічна модель механізму підйому стрілового самохідного крану

Тут m_n – зведена до канатів маса обертальних частин приводу підйому вантажу, кг; m_c – зведена маса стріли, кг; m_z – маса вантажу, кг; c_c – коефіцієнт жорсткості стріли крана, Н/м; c_p – коефіцієнт жорсткості стрілового каната, Н/м; c_k – коефіцієнт жорсткості вантажного каната на ділянці від барабана до поліспада, Н/м; c_n – коефіцієнт жорсткості вантажного поліспада, Н/м; k_D – коефіцієнт загасання коливань (демпфірування) металоконструкції, Н·с/м; k'_D – коефіцієнт загасання коливань (демпфірування) канатів, Н·с/м; $\mathcal{G}_n, \mathcal{G}_a$ – коефіцієнти гідравлічного тертя демпферів у стріловій системі і системі підвіски вантажу; P_{dq} – зведена до канатів сила двигуна, Н; y_n, y_c, y_z – шляхи, пройдені відповідно масами m_n, m_c, m_z від початку координат.

Відомо, що максимальні динамічні навантаження в кранах виникають при підйомі вантажу із жорсткої основи (підйом з підхватом), що включає три етапи: перший - етап холостого ходу, коли маса обертальних частин приводу m_n під впливом сили приводу P_{dq} вибирає сумарний зазор Δ_k у канатах і приводі; другий етап - розвиток навантаження в канатах до зусилля в них, рівному вазі вантажу Q , причому маса m_n протягом другого етапу перебуває в стані спокою; третій етап – спільний рух всіх пружно зв'язаних мас системи.

Розглянемо рух стрілової системи при установці демпфера в системі підвіски вантажу.

На першому етапі вибирається зазор Δ_k у канатах і приводі, а динамічні навантаження в металоконструкції і у канатах відсутні.

Другий етап руху описується рівняннями

$$\begin{aligned} m_{\bar{i}} \cdot \frac{d^2 y_{\bar{i}}}{dt^2} + P_{K2} - P_{\bar{a}q} &= 0; \\ m_{\bar{n}} \cdot \frac{d^2 y_{\bar{n}}}{dt^2} - P_{K2} + k_D \cdot \frac{dy_{\bar{n}}}{dt} + c_{\bar{n}} \cdot y_{\bar{n}} &= 0. \end{aligned} \quad (1)$$

Закінчується другий етап руху при натягу вантажних канатів

$$P_{K2} = c_{\bar{a}}(y_{\bar{i}} - y_{\bar{n}}) + (k'_D + \mathcal{G}_{\bar{a}}) \cdot (\dot{y}_{\bar{i}} - \dot{y}_{\bar{n}}) = Q.$$

Третій етап руху описується рівняннями:

$$\begin{aligned} m_{\bar{i}} \cdot \frac{d^2 y_{\bar{i}}}{dt^2} + P_{K3} - P_{\bar{a}q} &= 0, \\ m_{\bar{n}} \cdot \frac{d^2 y_{\bar{n}}}{dt^2} - P_{K3} + k_D \cdot \frac{dy_{\bar{n}}}{dt} + c_{\bar{n}} \cdot y_{\bar{n}} &= 0, \\ m_{\bar{A}} \cdot \frac{d^2 y_{\bar{A}}}{dt^2} - P_{K3} + m_{\bar{A}} \cdot g &= 0, \end{aligned} \quad (2)$$

де $P_{K3} = c_{\bar{a}}(y_{\bar{i}} - y_{\bar{n}} - y_{\bar{A}}) + (k'_D + \mathcal{G}_{\bar{a}}) \cdot (\dot{y}_{\bar{i}} - \dot{y}_{\bar{n}} - \dot{y}_{\bar{A}})$ – натяг у канатах на третьому етапі руху.

Процес загасання коливань стрілової системи гідравлічними демпферами досліджувався для крана ДЕК – 251. Числовий експеримент проводився при зміні вильоту стріли і ваги вантажу.

Розрахунок коефіцієнтів диференціальних рівнянь руху аналогічний розрахунку наведеному в роботі [3].

Вирішенням системи диференціальних рівнянь на ПЕВМ знайдені залежності $F(t)$, при встановленні демпфера в системі підвіски

вантаж (див. рис. 2).

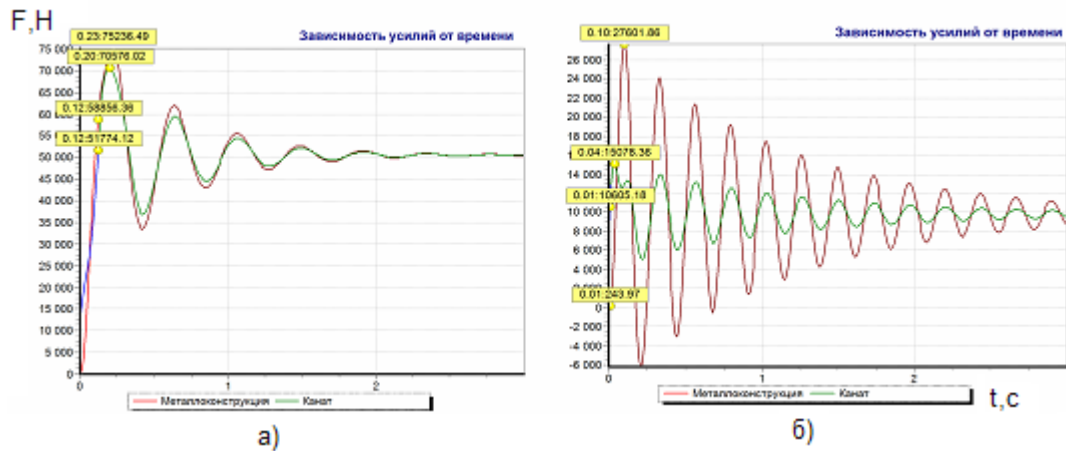


Рис. 2 – Графік зміни зусилля в часі при встановленні демпфера в системі підвіски вантажу (підйом з підхватом): **а** - маса вантажу більша приведеної маси стріли (5т); **б** - маса вантажу менша зведеної маси стріли (1,5т)

2. Розглянемо рух стрілової системи при установці демпфера в металокопструкції стрілової системи.

для другого етапу руху системи

$$\begin{aligned}
 m_{\bar{y}} \cdot \frac{d^2 y_{\bar{y}}}{dt^2} + P_{K2} - P_{\bar{a}q} &= 0; \\
 m_{\bar{n}} \cdot \frac{d^2 y_{\bar{n}}}{dt^2} - P_{K2} + (k_D + \mathcal{G}_{\bar{n}}) \cdot \frac{dy_{\bar{n}}}{dt} + c_{\bar{n}} \cdot y_{\bar{n}} &= 0.
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

Закінчується другий етап руху при натягу вантажних канатів

$$P_{K2} = c_{\bar{a}}(y_{\bar{y}} - y_{\bar{n}}) + k'_D \cdot (\dot{y}_{\bar{y}} - \dot{y}_{\bar{n}}) = Q.$$

на третьому етапі руху:

$$m_I \cdot \frac{d^2 y_I}{dt^2} + P_{K3} - P_{\ddot{a}q} = 0,$$

$$m_{\bar{n}} \cdot \frac{d^2 y_{\bar{n}}}{dt^2} - P_{K3} + (k_D + \mathcal{G}_{\bar{n}}) \cdot \frac{dy_{\bar{n}}}{dt} + c_{\bar{n}} \cdot y_{\bar{n}} = 0, \quad (4)$$

$$m_{\bar{A}} \cdot \frac{d^2 y_{\bar{A}}}{dt^2} - P_{K3} + m_{\bar{A}} \cdot g = 0,$$

де $P_{K3} = c_a(y_I - y_{\bar{N}} - y_{\bar{A}}) + k'_D \cdot (\dot{y}_I - \dot{y}_{\bar{N}} - \dot{y}_{\bar{A}})$ – натяг у канатах на третьому етапі руху.

Результати вирішення систем (2) і (3) представлені на рис. 3.

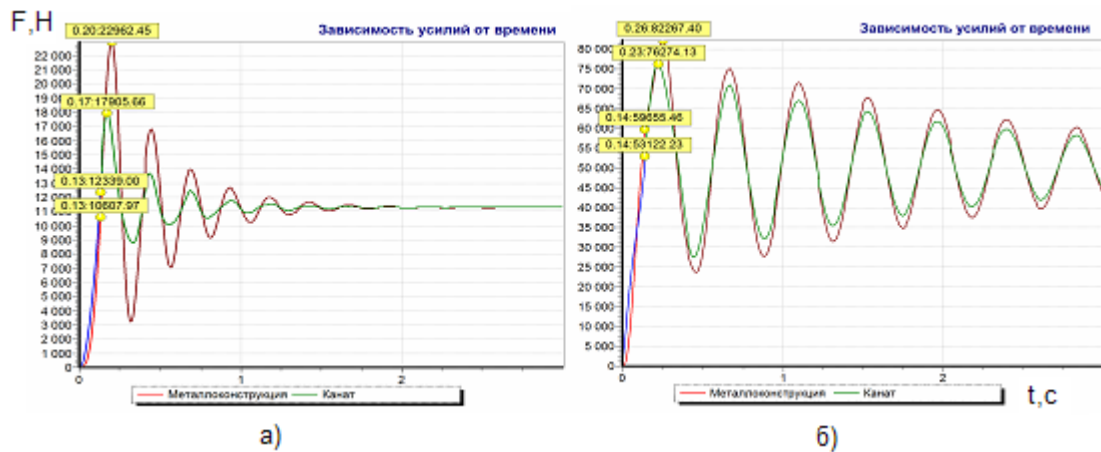


Рис. 3 – Графік зміни зусилля в часі при встановленні демпфера в металоконструкції стрілової системи (підйом з підхватом): а - маса вантажу менша приведеної маси стріли (1,5т); б - маса вантажу більша за зведену масу стріли (5т)

4. Обговорення результатів числового експерименту

На рис. 2 і 3 показана зміна зусилля $F(t)$ в металоконструкції (стрілі) і вантажних канатах. З рисунку 2 видно, що в випадку

встановлення демпферу в систему підвіски вантажу ефективність загасання досягається, якщо, маса вантажу більша зведеної маси стріли (див. рис. 2а). При цьому коефіцієнт динамічності металокопструкції становить $k = 1,4$; час загасання коливань $t_3 = 2,5$ с; відрив вантажу здійснюється за $t_6 = 0,12$ с. Якщо, маса вантажу менша зведеної маси стріли, то ефективність загасання зменшується (див. рис. 2б); коефіцієнт динамічності металокопструкції при цьому становить $k = 1,9$; час загасання коливань $t_3 = 6$ с; відрив вантажу здійснюється за $t_6 = 0,04$ с. В випадку встановлення демпферу в металокопструкцію стрілової системи (див. рис.3) ефективність загасання коливань досягається, якщо, маса вантажу менша зведеної маси стріли (див. рис. 3а). При цьому коефіцієнт динамічності металокопструкції становить $k = 1,4$; час загасання коливань $t_3 = 2$ с; відрив вантажу здійснюється за $t_6 = 0,14$ с. Якщо, маса вантажу більша зведеної маси стріли, то ефективність загасання зменшується (див. рис. 3б); коефіцієнт динамічності металокопструкції при цьому становить $k = 1,7$; час загасання коливань $t_3 = 7$ с; відрив вантажу здійснюється за $t_6 = 0,1$ с.

Висновки

Аналіз досліджень дозволяє зробити наступні висновки:

1. В процесі загасання коливань металокопструкції механізму підйому за допомогою демпферів існує закономірність яка по`в'язує масу вантажу і зведену масу стріли;

2. При масі вантажу більшої за зведену масу стріли ефективним є встановлення демпферу в систему підвіски вантажу. При масі вантажу меншої за зведену масу стріли ефективним є встановлення демпферу в стрілову систему.

3. Некоректне встановлення демпферу приводить до збільшення коефіцієнта динамічності в 1,5 – 2 рази, часу загасання коливань в 3-4 рази, зменшення часу відриву вантажа до 0,04 с.

Список використаних джерел

1. Лобов Н. А. Динамика грузоподъемных кранов / Н. А. Лобов. – М.: Машиностроение, 1987. – 160с.
2. Семенюк В. Ф. Математическая модель процесса гашения колебаний металлоконструкции козлового крана / В. Ф. Семенюк, А. П. Марцинкевич // Підвищення ефективності технології та техніки для виконання вантажно-розвантажувальних, будівельних і колійних робіт на залізничному транспорті / Харк. держ. акад. залізн. трансп. – Х., 1999. – № 36. – С. 3–11.
3. Подоляк О. С. Исследование динамических нагрузок при подъеме груза с жесткого основания автомобильным краном / О. С. Подоляк // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2009. – №1/5(37). – С.43–47.

Подольак О.С. Родионов Л.А. «Исследование динамических усилий при установке демпфера в механизм подъема стреловых самоходных кранов».

В статье найдены закономерности, которые влияют на процесс гашения колебаний при подъеме груза. Теоретически обосновано место установки демпфера в стреловой системе самоходных кранов.

Ключевые слова: динамические усилия, демпфер, механизм подъема, самоходный кран, колебания.

Подольак О.С., Родіонов Л.А. «Дослідження динамічних зусиль при встановленні демпфера в механізмі підйому стрілових самохідних кранів».

В статті знайдені закономірності які впливають на процес гасіння коливань під час підйому вантажу. Теоретично обґрунтовано місце встановлення демпфера в стріловій системі самохідних кранів.

Ключові слова: динамічні зусилля, демпфер, механізм підйому, самохідний кран, коливання.

Podolyak O.S., Rodionov L.A. «Researching of the dynamics by dampener installation in the hoisting mechanism of mobile crane».

In the article the regularities which have influence on vibration damping process by load lifting are found. The place of dampener installation in the boom system of mobile crane is theoretically grounded.

Key words: dynamic efforts, dampener, hoisting mechanism, mobile crane, vibration.

Стаття надійшла до редакції 28 травня 2009 р.