

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВСТАНОВЛЕННЯ ДЕМПФЕРА В СТІЛОВОЇ СИСТЕМІ САМОХІДНИХ КРАНІВ

### 1. Актуальність роботи

Під час роботи стрілових самохідних кранів виникають повздовжні коливання в металоконструкції і канатах стрілової системи, що приводить до зменшення втомлювальної міцності і погіршує умови нормальної експлуатації крана. Найбільших значень коефіцієнт динамічності набуває при підйомі вантажу з жорсткої основи.

### 2. Огляд опублікованої літератури

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 гасіння коливань стрілових самохідних кранів присвячено замало уваги а дослідження іноді носять суперечливий характер.

### 3. Мета статті

Знайти закономірності які впливають на процес гасіння коливань під час підйому вантажу. Теоретично обґрунтувати місце встановлення демпфера в стріловій системі самохідних кранів.

### 4. Основна частина

Визначимо ефективність гасіння коливань стрілової системи при установці демпферу в системі підвіски вантажу і в металоконструкції.

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

Тут  $m_n$  – наведена до канатів маса обертових частин приводу підйому вантажу, кг;  $m_c$  – наведена маса стріли, кг;  $m_2$  – 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 поліспасти, Н/м;  $c_n$  – коефіцієнт жорсткості вантажного поліспасти, Н/м;  $k_D$  – коефіцієнт загасання коливань (демпфірування) металоконструкції, Н·с/м;  $k'_D$  – коефіцієнт загасання коливань (демпфірування) канатів, Н·с/м;  $\mathcal{Q}_c, \mathcal{Q}_2$  – коефіцієнти гідравлічного тертя демпферів у стріловій системі і системі

підвіски вантажу;  $P_{\partial q}$  – наведена до канатів сила двигуна, Н;  $y_{\Pi}$ ,  $y_c$ ,  $y_{\Gamma}$  – шляхи, пройдені відповідно масами  $m_{\Pi}$ ,  $m_c$ ,  $m_{\Gamma}$  від початку координат.

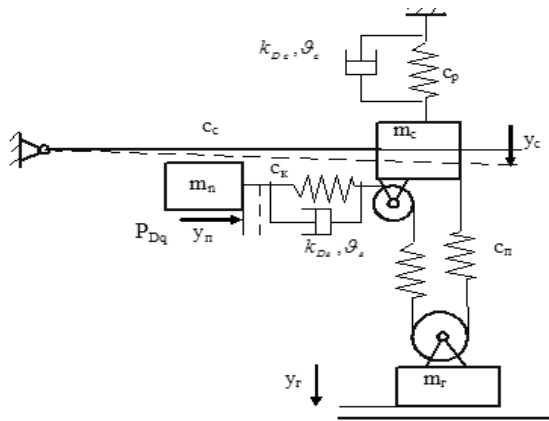


Рис. 1 – Динамічна модель механізму підйому стрілового самохідного крану

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 обертових частин приводу  $m_n$  під впливом сили приводу  $P_{\partial q}$  вибирає сумарний зазор  $\Delta_k$  у канатах і приводі; другий етап – розвиток навантаження в канатах до зусилля в них, рівному вазі вантажу  $Q$ , причому маса  $m_c$  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  $\Delta_k$  у канатах і приводі, а динамічні навантаження в металоконструкції і у канатах відсутні.

Другий етап руху описується рівняннями

$$\begin{aligned} m_{\Pi} \cdot \frac{d^2 y_{\Pi}}{dt^2} + P_{K2} - P_{\partial q} &= 0; \\ m_c \cdot \frac{d^2 y_c}{dt^2} - P_{K2} + k_D \cdot \frac{dy_c}{dt} + c_c \cdot y_c &= 0. \end{aligned} \quad (1)$$

Закінчується другий етап руху при натягу вантажних канатів

$$P_{K2} = c_c (y_{\Pi} - y_c) + (k'_D + g_2) \cdot (\dot{y}_{\Pi} - \dot{y}_c) = Q.$$

Третій етап руху описується рівняннями:

$$\begin{aligned} m_{\Pi} \cdot \frac{d^2 y_{\Pi}}{dt^2} + P_{K3} - P_{\partial q} &= 0, \\ m_c \cdot \frac{d^2 y_c}{dt^2} - P_{K3} + k_D \cdot \frac{dy_c}{dt} + c_c \cdot y_c &= 0, \\ m_{\Gamma} \cdot \frac{d^2 y_{\Gamma}}{dt^2} - P_{K3} + m_{\Gamma} \cdot g &= 0, \end{aligned} \quad (2)$$

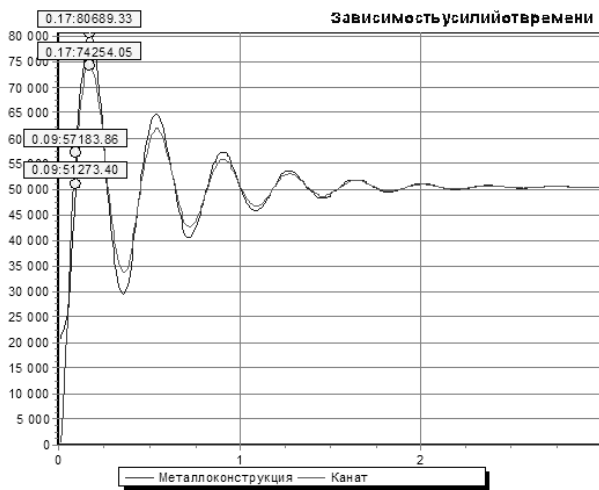
де  $P_{K3} = c_c (y_{\Pi} - y_c - y_{\Gamma}) + (k'_D + g_2) \cdot (\dot{y}_{\Pi} - \dot{y}_c - \dot{y}_{\Gamma})$  – натяг у канатах на третьому етапі руху.

Розрахунок коефіцієнтів диференціальних рівнянь руху виконаємо аналогічно розрахунку представленому в роботі [3].

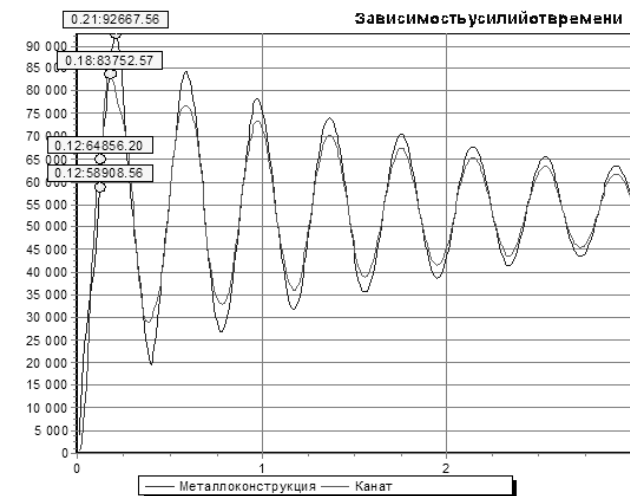
Процес гасіння коливань стрілової системи гідравлічними демпферами досліджувався для крана ДЕК – 251. Числовий експеримент проводився при зміні вильоту стріли і ваги вантажу.

Вирішивши системи диференціальних рівнянь на ПЕВМ знайдені залежності  $F(t)$ , при встановленні демпфера в системі підвіски вантажу (рис. 2).

Розглянемо рух стрілової системи при установці демпфера в металоконструкції стрілової системи (рис. 3).



**Рис. 2** – Процес формування зусиль при підніманні вантажу з основи вагою 5 т (демпфер встановлений в системі підвіски вантажу)



**Рис. 3** – Процес формування зусиль при підніманні вантажу з основи вагою 5 тонн (демпфер встановлений в металоконструкції стрілової системи)

Запишемо другий етап руху системи

$$m_{II} \cdot \frac{d^2 y_{II}}{dt^2} + P_{K2} - P_{dq} = 0; \tag{3}$$

$$m_c \cdot \frac{d^2 y_c}{dt^2} - P_{K2} + (k_D + \mathcal{G}_c) \cdot \frac{dy_c}{dt} + c_c \cdot y_c = 0.$$

Закінчується другий етап руху при натягу вантажних канатів

$$P_{K2} = c_e (y_{II} - y_c) + k'_D \cdot (\dot{y}_{II} - \dot{y}_c) = Q.$$

Запишемо третій етап руху:

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

$$m_c \cdot \frac{d^2 y_c}{dt^2} - P_{K3} + (k_D + \mathcal{G}_c) \cdot \frac{dy_c}{dt} + c_c \cdot y_c = 0, \tag{4}$$

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

де  $P_{K3} = c_e (y_{II} - y_c - y_{\Gamma}) + k'_D \cdot (\dot{y}_{II} - \dot{y}_c - \dot{y}_{\Gamma})$  – натяг у канатах на третьому етапі руху.

### Висновки

Рішення отриманих диференціальних рівнянь дозволяє визначити динамічні навантаження в механізмі підйому стрілового крана при підйомі вантажу із жорсткої основи

з урахуванням зовнішньої сили приводу і демпферів з пружно – в'язким зв'язком. Як видно з рисунків 2 і 3, найбільш ефективним є встановлення демпфера в систему підвіски вантажу, при цьому коефіцієнт динаміки зменшується до 1,4, а час загасання коливань до 1 секунди.

**Список використаних джерел:**

1. 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 : зб. наук. пр. / Харк. держ. акад. залізн. трансп. – Х., 1999. – № 36. – С. 3–11.
2. Будиков Л. Я. Многопараметрический анализ динамики грузоподъемных кранов мостового типа: монографія / Л. Я. Будиков. – 2-е вид. – Луганськ: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2003. – 210 с.
3. Демідас С. В. Мінімізація динамічних навантажень в елементах баштового крана на основі оптимізації режиму рухові механізму підйому: дис. ... канд. техн. наук / С. В. Демідас – К., 2000. – 193 с.
4. Солтус А. П. Теорія експлуатаційних властивостей автомобіля / А. П. Солтус. – К. : Арістей, 2006. – 175 с.

*Подольак О.С., Семенко К.В., Циплухін Д.С., Осетров І.С.* «Дослідження ефективності встановлення демпфера в стріловій системі 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:** стріла, демпфер, самохідний кран, коефіцієнт динамічності.

*Podolyak O.S., Semenko K.V., Cypluhin D.S., Osetrov I.S.* «Исследования эффективности установки демпфера в стреловой системе 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:** стрела, демпфер, самоходный кран, коэффициент динамичности.

*Podolyak O.S., Semenko K.V., Cypluhin D.S., Osetrov I.S.* “The research of efficiency of damper mounting in the boom system of mobile crane”.

In the article the regularities that influence at the antihunting process by load lifting are founded. The placement location of damper in the boom system of mobile crane is theoretically justified.

**Key words:** boom, damper, mobile crane, dynamic factor.

Стаття надійшла до редакції 12 листопада 2013 р.