

Динамические нагрузки при передвижении грузовой тележки

Фидровская Наталья Николаевна, доктор технических наук, профессор;

Слепужников Евгений Дмитриевич, аспирант

Национальный университет гражданской защиты Украины (г. Харьков)

Чернышенко Александр Вячеславович, кандидат технических наук, старший преподаватель;

Варченко Иван Сергеевич, кандидат технических наук, ассистент

Украинская инженерно-педагогическая академия (г. Харьков)

В статье рассмотрены динамические нагрузки, которые возникают при передвижении грузовых тележек кранов мостового типа. Получено решение, позволяющее определить усилия в упругих связях, частоту колебаний и амплитуду, что существенно поможет сделать расчеты при проектировании крана более точными.

Ключевые слова: кран, тележка грузовая, колесо ходовое, нагрузка, динамика, колебания, усилия.

In this article it is considered dynamic loadings arise in the time of movement cargo carts of cranes bridge type. Receive decision this allow to define efforts in elastic bonds, frequency of oscillations and amplitude, what essentially help to do calculate of crane more exactly.

Key words: crane, cargo carts, wheel walk, loading, dynamic, oscillations, efforts.

Динамические загрузки, возникающие при передвижении грузовых тележек и мостовых кранов имеют достаточно большие значения и нельзя не учитывать их при проектировании кранов. Особенно они проявляются во время износа колес и рельс и возникновения перекосов на кранах, которые имеют значительный ресурс.

Вопросами динамики передвижения грузовых тележек и мостовых кранов занимались такие известные ученые как Б. С. Ковальский [1], С. А. Казак [2], Н. А. Лобов [3], В. Ф. Гайдамака [4], В. Н. Пискунов [5] и другие.

Изложение основного материала. Привод механизма передвижения грузовой тележки установлен, как правило, посредине рельсового пути тележки. Движение на ведущие колеса передается с помощью трансмиссионного вала. При исследовании динамики механизма передвижения можно использовать расчетную схему с тремя массами и двумя упругими связями. Можно привести все параметры к ходовой части тележки и груза, тогда мы получим схему поступательного движения (рис.1), где m_1 - масса частей, которые вращаются (масса ротора двигателя и других частей, в основном моторной муфты и тормозного шкива), m_2 - приведенная масса частей, которые поступательно движутся, m_3 - масса груза, C_1 — коэффициент жесткости тихоходного трансмиссионного вала, C_2 — жесткость другой упругой связи.

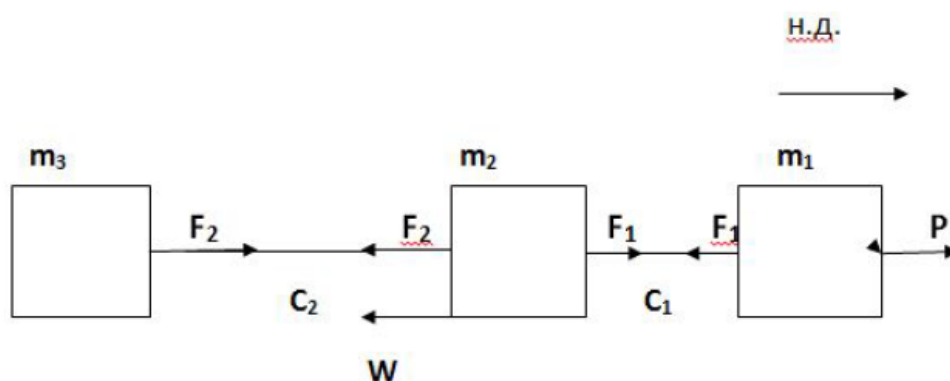


Рис. 1. Эквивалентная расчетная схема механизма передвижения с гибкой подвеской груза

Уравнение движения запишем в виде

$$\begin{aligned} m_1 \ddot{x}_1 &= P - F_1 \\ m_2 \ddot{x}_2 &= F_1 - F_2 - W \\ m_3 \ddot{x}_3 &= F_2 \end{aligned} \quad (1)$$

где усилия в упругих связях

$$\begin{aligned} F_1 &= W + C_1(x_1 - x_2); \\ F_2 &= C_2(x_2 - x_1). \end{aligned}$$

После подстановки получим

$$\begin{cases} m_1 \ddot{x}_1 = P - W - C_1(x_1 - x_2) \\ m_2 \ddot{x}_2 = C_1(x_1 - x_2) - C_2(x_2 - x_3) \\ m_3 \ddot{x}_3 = C_2(x_2 - x_3) \end{cases}; \quad (2)$$

После решения системы (2) получим дифференциальное уравнение

$$\ddot{x}_1 + a_1 \dot{x}_1 + a_2 x_1 = a_3 \quad (3)$$

где

$$\begin{aligned} a_1 &= \frac{m_1}{2} \left(\frac{C_1}{m_1} + \frac{C_1 + C_2}{m_2} \right) + \frac{m_1(C_1 + C_2)}{2m_2}; \\ a_2 &= \frac{C_1}{2} \left(\frac{2C_1}{m_1} + \frac{2C_2 + C_1}{m_2} \right); \\ a_3 &= \frac{P - W}{2} \left(\frac{C_1 + C_2}{m_2} - \frac{C_1}{m_1} \right) \end{aligned}$$

Решение уравнения (3) будем искать в виде

$$x_1 = A_1 \sin k_1 t + A_2 \cos k_2 t + A_3 \sin k_3 t + A_4 \cos k_4 t + x_{1\text{hast}} \quad (4)$$

где

$$\begin{aligned} x_{1\text{hast}} &= \frac{a_3}{a_2}; \\ k_{1,2} &= \pm \sqrt{-\frac{a_1}{2} + \sqrt{\frac{a_1^2}{4} - a_2}}; \end{aligned}$$

$$k_{3,4} = \pm \sqrt{-\frac{a_1}{2} - \sqrt{\frac{a_1^2}{4} - a_2}}.$$

Коэффициенты A_1, A_2, A_3, A_4 определяем, используя начальные условия

$$x_1(0) = 0, \dot{x}_1(0) = 0, \ddot{x}_1(0) = 0, \dddot{x}_1(0) = 0.$$

Тогда получим $A_1 = A_3 = 0$;

$$A_2 = -\frac{a_3 k_4^2}{a_2 (k_4^2 - k_2^2)};$$

$$A_4 = \frac{a_3 k_2^2}{a_2 (k_4^2 - k_2^2)}.$$

После этого уравнение (4) принимает вид

$$x_1 = \frac{a_3}{a_2} \left[1 - \left(1 + \frac{\omega_2^2}{\omega_2^2 - \omega_1^2} \right) \cos \omega_1 t + \frac{\omega_1^2}{\omega_2^2 - \omega_1^2} \cos \omega_2 t \right] \quad (5)$$

где $\omega_1 = k_2, \omega_2 = k_4$.

Уравнение движения для второй и третьей масс будут иметь вид

$$x_2 = \frac{a_3}{a_2} \left[\begin{aligned} & 1 + \left(1 + \frac{\omega_1^2}{\omega_2^2 - \omega_1^2} \right) \left(\frac{m_1 \omega_1^2}{C_1} - 1 \right) \cos \omega_1 t - \\ & - \frac{\omega_1^2}{\omega_2^2 - \omega_1^2} \left(1 + \frac{m_1 \omega_2^2}{C_1} \right) \cos \omega_2 t \end{aligned} \right] - \frac{P - W}{C_1}; \quad (6)$$

$$x_3 = \frac{a_3}{a_2} \left\{ \begin{aligned} & 1 + \left(1 + \frac{\omega_1^2}{\omega_2^2 - \omega_1^2} \right) \left[\left(\frac{m_1 \omega_1^2}{C_1} - 1 \right) \left(1 - \frac{m_2 \omega_1^2}{C_2} \right) + \frac{m_1 \omega_1^2}{C_2} \right] \cos \omega_1 t + \\ & + \frac{\omega_1^2}{\omega_2^2 - \omega_1^2} \left[\left(1 + \frac{m_1 \omega_2^2}{C_1} \right) \left(\frac{m_2}{C_2} - \frac{C_1}{C_2} - 1 \right) - \frac{C_1}{C_2} \right] \cos \omega_2 t \end{aligned} \right\} - \\ - \left(\frac{C_1}{C_2} + 1 \right) \frac{P - W}{C_1} \quad (7)$$

Круговые частоты собственных колебаний ω_1, ω_2 .

Определяем усилия в упругих связях в виде

$$F_i = B_1 \cos \omega_1 t + B_2 \cos \omega_2 t + D ;$$

где B_1, B_2 - амплитуды низкочастотной и высокочастотной составляющей;
 D — частное решение

$$F_1 = 2W - P + \frac{a_3 C_1}{a_2} \left\{ \left[\frac{\omega_1^2}{\omega_2^2 - \omega_1^2} \left(\frac{m_1 \omega_1^2}{C_1} - 2 \right) - 1 \right] \cos \omega_1 t + \right. \\ \left. + \frac{\omega_1^2 \omega_2^2 m}{C_1 (\omega_2^2 - \omega_1^2)} \cos \omega_2 t - \frac{m_1}{C_1} \right\} \quad (8)$$

$$F_2 = P - W + C_2 \frac{a_3}{a_2} \left[\left(1 + \frac{\omega_1^2}{\omega_2^2 - \omega_1^2} \right) \left(\frac{m_1 \omega_1^2}{C_1} - 1 \right) (m_2 - m_1) \frac{\omega_1^2}{C_2} \cos \omega_1 t - \right. \\ \left. - \frac{\omega_1^2 \omega_2^2 m_1}{C_1 C_2 (\omega_2^2 - \omega_1^2)} (m_2 - 2C_1) \cos \omega_2 t \right] \quad (9)$$

Выводы. Полученное решение трехмассовой системы дает возможность точно определить параметры динамических составляющих нагрузок при перемещении ходовых колес грузовых тележек кранов мостового типа.

Литература:

1. Ковальский, Б. С. Вопросы передвижения мостовых кранов/Б. С. Ковальский — Луганск, ВГУ, 1998 — 39 с.
2. Казак, С. А. Динамика мостовых кранов/С. А. Казак — М.: Машиностроение, 1968. — 332 с.
3. Лобов, Н. А. Динамика передвижения кранов по рельсовому пути/Н. А. Лобов — М. — Из-во МГТУ., 2003. — 232 с.
4. Гайдамака, В. Ф. Грузоподъемные машины/В. Ф. Гайдамака.-К.: Висш. шк., 1989.—208 с.
5. Будівельна механіка металевих конструкцій дорожньо-будівельних, підйомних і транспортних машин: Підручник/В. Д. Шевченко, В. Г. Піскунов, Ю. М. Федоренко та ін.; За ред. В. Г. Піскунова, В. Д. Шевченка. — К.: Вища шк., 2004. — 438 с.