

УДК 621.874.04

**ДИНАМІЧНІ ЗУСИЛЛЯ, ЯКІ ВИНИКАЮТЬ
ПРИ ПРОХОДЖЕННІ ХОДОВИМ КОЛЕСОМ КРАНА ЧЕРЕЗ РЕЙКОВИЙ СТИК**©Фідровська Н. М.¹, Перевозник І. А.²*Українська інженерно-педагогічна академія¹**Харківський державний автомобільно-дорожній коледж²***Інформація про авторів:**

Фідровська Наталія Миколаївна: ORCID: 0000-0002-5248-273X; mot@uipa.edu.ua; доктор технічних наук; професор кафедри металоріжучого обладнання і транспортних систем; Українська інженерно-педагогічна академія; вул. Університетська, 16, м. Харків, 61003, Україна.

Перевозник Ігор Анатолійович: ORCID: 0000-0002-4278-523X; mot@uipa.edu.ua; викладач циклової комісії бухгалтерського обліку; Харківський державний автомобільно-дорожній коледж; вул. Котельниківська, 3, м. Харків, 61051, Україна.

В статті розглянуті динамічні навантаження, які виникають при пересуванні вантажних візків і кранів мостового типу. Основні динамічні навантаження виникають під час перехідних процесів. Поганий стан рейкових колій приводить до появи додаткових динамічних навантажень. Особливо впливають такі відхилення підкранових рейок, як вибоїни на рейках і поганий стан стиків. Проведені дослідження показують, що рейкові стики знаходяться в незадовільному стані.

Отримано рішення, яке дозволяє визначити зусилля у пружних зв'язках, частоту коливання і амплітуду, що суттєво допоможе проводити розрахунки при проектуванні кранів більш точними.

Ключові слова: кран мостовий; візок вантажний; колесо ходове; динамічні навантаження; рейковий стик; частота коливань.

Фидровская Н. Н., Перевозник И. А. «Динамические усилия, которые возникают при прохождении ходовым колесом крана через рельсовый стик».

В статье рассмотрены динамические нагрузки, которые возникают при передвижении кранов мостового типа. Основные динамические нагрузки появляются во время переходных процессов. Плохое состояние рельсового пути приводит к появлению дополнительных динамических нагрузок. Особенно влияют такие отклонения подкрановых рельс, как выбоины на рельсах и плохое состояние рельсовых стыков. Проведенные исследования показывают, что рельсовые стики находятся в очень плохом состоянии.

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 мостовой; тележка грузовая; колесо ходовое; динамические нагрузки; рейковый стик; частота колебаний.

Fidrovskaya N., Perevoznik I. “Dynamic loadings, which arise at walk wheel walk the crane over joint of rail”.

In this article it is considered dynamic loadings arise in the time of movement cargo carts of cranes bridge type. Essential dynamic loadings arise during transitional processes. Bad conditions

Динаміка та міцність машин

of rail bring for appearance additional dynamic loadings. Especially influence such deflexions of crane rail as beat out on rails and bad condition of joint rail. Conduct research show what joint of rails are in very bad condition.

Receive decision which allow to define efforts in elastic bonds, frequency of oscillations and amplitude, what essentially help to do calculate of crane more exactly.

Key words: bridge crane, cargo carts, wheel walk, dynamic loading, joint of rail, frequent of vibrations.

1. Вступ

При пересуванні вантажних візків і кранів виникають додаткові динамічні навантаження внаслідок того, що кранові шляхи і ходові колеса мають різні відхилення до норм установки – поганий стан стиків, наявність вибоїн на рейках і поверхні кочення ходових коліс, нерівностей на бокових поверхнях рейок і на ребордах, вм'ятин і т. інш.

2. Аналіз досліджень

Перевірка технічного стану підкранових шляхів різних промислових підприємств показує, що дуже часто рейкові стики знаходяться в незадовільному стані. Зазори в стиках досягають величини 20-30 мм, перепад по висоті бувають до 5-10 мм, іноді навіть зустрічаються вибоїни глибиною 10-12 мм на довжині 30-40 мм. Такі стики являються причиною досить значних динамічних навантажень. В експерименті, проведеному П. Є. Богуславським [1] отримано, що при проходженні мостовим краном через перепону висотою $h=5$ мм коефіцієнт перевантаження 1,85.

Великі динамічні перевантаження кранів при проходженні по стикам пояснюються як жорсткістю самого шляху так і жорсткістю ходової частини самого крану.

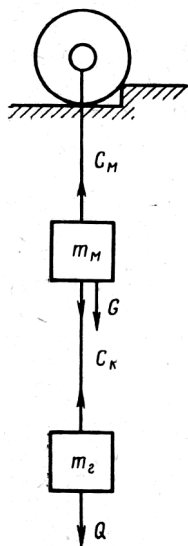
У простому випадку ця задача вирішується за допомогою двох масової розрахункової системи з урахуванням тільки податливості мосту. С. А. Казак [2] досліджував три види стику рейки: зустрічна і попутна сходинки і зазор в стику. При вирішенні цієї задачі були прийняті наступні допущення: при розрахунку зустріч коліс з перепону на лівій і правій сторонах крана проходить одночасно; колеса, рейки, рейсові опори і кінцеві балки мосту являються абсолютно жорсткими; затухання коливань і змінення швидкості руху крана в момент проходження перепони не встигають проявити свій вплив на динаміку системи. Ці допущення приводять до підвищення розрахункових навантажень, тому такий розрахунок дає деяку наближеність.

В розрахунку були враховані конструкція ходової частини за допомогою передаточного числа балансірної підвіски ходових коліс. Це передаточне число є відношення висоти сходинки, яка долається парою коліс одночасно у вертикальній складовій відповідного переміщення центра тяги всього крану. Якщо прийняти, що весь кран являється абсолютно жорстким, а вантажний візок знаходиться в середині прогону, то це буде і вертикальне переміщення вантажу.

Розрахунки показали приблизно однакову функціональну залежність динамічних навантажень і при зустрічній і при попутній сходинках. Динамічні навантаження залежать від висоти сходинки, швидкості пересування і жорсткості ходової системи.

2. Викладення основного матеріалу

Для вирішення цієї задачі була розглянута наступна схема (рис. 1.), в якій є дві пружні зв'язки і дві маси, де m_1 – маса мосту, яка приведена в середині прогону і маса візка, m_2 – маса вантажу, C_1, C_2 – коефіцієнти жорсткості мосту і канатної підвіски, Q – вага вантажу, G – приведена вага.



Рівняння руху під час підйому коліс на сходинок

$$\begin{cases} m_1 \ddot{x}_{11} = F_{11} - F_{k1} - G \\ m_{21} \ddot{x}_{21} = F_{k1} - Q \\ F_{11} = G + Q + C_1 (x_0 - x_{11}) \\ F_{21} = Q + C_2 (x_{11} - x_{21}) \end{cases} \quad (1)$$

Вертикальні переміщення x_0 ведучої маси мосту, яка приведена до ходової частини крана, визначається наступною формулою

$$x_0 = \frac{r [\cos(\alpha - \omega t) - \cos \alpha]}{i_b},$$

де $\cos \alpha = 1 - \frac{h}{r}$; h – висота сходинок; r – радіус колеса; i_b – передаточне

Рис. 1 – Схема

число балансірної підвіски ходових коліс; $\omega = \frac{v}{r}$ – кутова швидкість

обертання коліс; v – швидкість пересування крана

Представимо систему (1) у вигляді

$$\begin{cases} m_1 \ddot{x}_1 = C_1 (x_0 - x_1) - C_2 (x_1 - x_2) \\ m_2 \ddot{x}_2 = C_2 (x_1 - x_2) \end{cases} \quad (2)$$

З другого рівняння системи знаходимо

$$x_1 = \frac{m_2 \ddot{x}_2 + C_2 x_2}{C_1}$$

Підставляємо це значення x_1 у перше рівняння системи і отримуємо диференційне рівняння четвертого ступеню

$$\ddot{\ddot{x}}_2 + a_1 \ddot{x}_2 + a_2 x_2 = \frac{C_1^2}{m_1 m_2} x_0 \quad (3)$$

Рішення цього рівняння знаходимо у вигляді

$$x_2 = K_{11} \cos k_1 t + L_{11} \sin k_1 t + K_{21} \cos k_2 t + L_{21} \sin k_2 t + x_{2\text{hast}} \quad (4).$$

де

$$k_{1,2} = -\frac{a_1}{2} \pm \sqrt{\frac{a_1^2}{4} - a_2};$$

$$a_1 = \frac{C_2 m_1 + (C_1 + C_2) m_2}{m_1 m_2}; \quad a_2 = \frac{C_2^2}{m_1 m_2},$$

Вважаючи на те, що $\frac{a_1^2}{4} \gg a_2$, то більш суттєвим являється корінь $k_1 = -\frac{a_1}{2} - \sqrt{\frac{a_1^2}{4} - a_2}$.

Тоді рівняння (4) приймає вигляд

Динаміка та міцність машин

$$x_2 = K_{11} \cos k_1 t + L_{11} \sin k_1 t + x_{2\text{hast}} \quad (5)$$

$x_{2\text{hast}}$ знаходимо у вигляді

$$x_{2\text{hast}} = A \cos(\alpha - \omega t) - B \cos \alpha \quad (6)$$

де

$$A = \frac{C_1^2 r}{i_b} \frac{1}{C_2^2 + \omega^4 m_1 m_2 - \omega^2 [C_2 m_1 + (C_1 + C_2) m_2]}, \quad (7)$$

$$B = \frac{C_1^2 r}{m_1 m_2 i_b}, \quad (8)$$

Коефіцієнти K_{11}, L_{11} отримаємо з початкових умов:

$$x_2(0) = 0, \dot{x}_2(0) = 0.$$

Тоді отримаємо

$$K_{11} = (B - A) \cos \beta; \quad L_{11} = \frac{A \omega \cos \alpha}{k_1}.$$

Висновки

Отримано рішення, яке дозволяє отримати значення динамічних сил, які виникають в металоконструкції крана під час проходження ходового колеса через стик рейки з урахуванням висоти стику і геометричних параметрів коліс.

Список використаних джерел:

1. Лобов Н. А. Динамика грузоподъемных кранов / Н. А. Лобов. – М. : Машиностроение, 1987. – 160 с.
2. Казак С. А. Динамика мостовых кранов / С. А. Казак. – М. : Машиностроение, 1968. – 332 с.

References

1. Lobov, N 1987, *Dinamika gruzopodyemnykh kranov*, Mashinostroyeniye, Moskva.
2. Kazak, S 1968, *Dinamika mostovykh kranov*, Mashinostroyeniye, Moskva.

Стаття надійшла до редакції 6 грудня 2017 р.