

ВПЛИВ РЕЙКОВИХ СТИКІВ НА ДИНАМІЧНІ ЗУСИЛЛЯ, ЯКІ ВИНИКАЮТЬ ПІД ЧАС ПЕРЕСУВАННЯ ХОДОВИХ КОЛІС МОСТОВИХ КРАНІВ

Фідровська Н. М., Перевозник І. А., Щербак О. В.
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. У статті розглянуті динамічні навантаження, які виникають під час пересування вантажних візків і кранів мостового типу. Основні динамічні навантаження з'являються під час переходних процесів. Поганий стан рейкових колій призводить до появи додаткових динамічних навантажень. Особливо на це впливають відхилення підкранових рейок, зокрема вибоїни на рейках і поганий стан стиків.

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

Вступ

Під час пересування вантажних візків і кранів виникають додаткові динамічні навантаження, оскільки кранові шляхи та ходові колеса мають різні відхилення до норм встановлення – поганий стан стиків, наявність вибоїв на рейках і поверхні кочення ходових коліс та нерівностей на бокових поверхнях рейок та ребордах, наявність ум'ятин тощо.

Аналіз публікацій

Перевірка технічного стану підкранових шляхів різних промислових підприємств продемонструвала, що досить часто рейкові стики мають незадовільний стан. Зазори в стиках досягають величини 20–30 мм, перепад за висотою дорівнює 5–10 мм, іноді навіть зустрічаються вибоїни з глибиною до 10–12 мм на довжині 30–40 мм. Такі стики є причиною досить значних динамічних навантажень. Експеримент, проведений П. Є. Богуславським, [1] довів, що під час проходження мостовим краном крізь перепону, висотою $h = 5$ мм, коефіцієнт перевантаження дорівнює 1,85.

Великі динамічні перевантаження кранів у випадку проходження стиками пояснюються як жорсткістю самого шляху, так і жорсткістю ходової частини самого крана.

У простому випадку ця задача розв'язується за допомогою двохмасової розрахункової системи з урахуванням тільки податливості мосту. С. А. Казак [2] досліджував три види стику рейки: зустрічна і попутна сходинки, а також зазор на стику. Під час розв'язання цієї задачі були прийняті такі припущення: під час розрахунку зустріч коліс з перепону на лівому і правому боках

крана відбувається одночасно; колеса, рейки, рейсові опори і кінцеві балки мосту є абсолютно жорсткими; затухання коливань і змінення швидкості руху крана в момент проходження перепони не встигають вплинути на динаміку системи. Ці припущення призводять до підвищення розрахункових навантажень, тому такий розрахунок дає деяке наближення.

Під час розрахувань була врахована конструкція ходової частини за допомогою передаточного числа балансирної підвіски ходових коліс. Це передаточне число є відношенням висоти сходинки, яка долається парой коліс одночасно у вертикальній складовій відповідного переміщення центра тяги всього крана. Якщо прийняти, що весь кран є абсолютно жорстким, а вантажний візок знаходиться в середині прогону, то це і буде і вертикальне переміщення вантажу.

Розрахунки демонструють приблизно однакову функціональну залежність динамічних навантажень у разі зустрічної та попутної сходинки. Динамічні навантаження залежать від висоти сходинки, швидкості пересування і жорсткості ходової системи.

Мета і постановка завдання

У процесі створення робочих органів динамічної дії з ґрунтовиносними лопатками виникає необхідність мінімізації енергетичних витрат, зокрема на проходження частинок ґрунту вздовж ґрунтовиносних лопаток.

Тому актуальною проблемою є дослідження питань, спрямованих на підвищення технологічних характеристик робочих органів за рахунок вибору оптимальної форми ґрунтовиносних лопаток.

Метою роботи є аналітичне дослідження руху частинок ґрунту, який виноситься ґрунтовиносними лопатками робочих органів динамічної дії. Результати дослідження дозволять проектувати робочі органи з заданими параметрами лопаток та необхідними режимами роботи, мінімізуючи шлях проходження частинок ґрунту вздовж них.

Визначення динамічних зусиль у ходових колесах

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

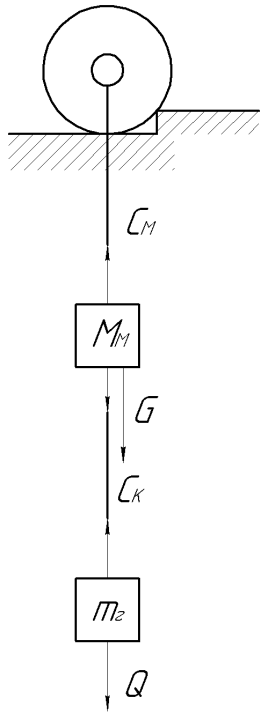


Рис. 1. Розрахункова схема

Рівняння руху під час піднімання коліс на сходинку:

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

Вертикальні переміщення x_0 ведучої маси мосту, яка зведена до ходової частини крана, визначається за такою формулою:

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

де $\cos \alpha = 1 - \frac{h}{r}$; h – висота сходинки; r – радіус колеса; i_b – передаточна кількість балансирної підвіски ходових коліс; $\omega = \frac{v}{r}$ – кутова швидкість обертання коліс; v – швидкість пересування крана.

Систему (1) можна подати записати як

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

З другого рівняння системи знаходимо

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

Підставляємо це значення x_1 до першого рівняння системи (2) і отримуємо диференціальне рівняння четвертого ступеня:

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

Знаходимо розв'язок цього рівняння:

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

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

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

Оскільки $\frac{a_1^2}{4} \gg a_2$, то більш значним є ко-

рінь $k_1 = -\frac{a_1}{2} - \sqrt{\frac{a_1^2}{4} - a_2}$.

Тоді рівняння (4) має такий вид вид:

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

знаходимо

$x_{2\text{hast}}$:

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

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:

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

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

Висновки

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

Література

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

References

1. Lobov N. A. Dinamika gruzopodemnyh kranov. Moscow: Mashinostroenie, 1987. 160 s.
2. Kazak S. A. Dinamika mostovyh kranov. Moscow: Mashinostroenie, 1968. 332 s.

Фідровська Наталія Миколаївна, д.т.н., професор, +380(99) 790-55-34, nfidrovskay@ukr.net,

Перевозник Ігор Анатолійович, аспірант, +380(67)094-05-61, igorperevoznyk1970@gmail.com,

Щербак Олег Віталійович, к.т.н., доцент, +380(97) 23-33-083, olegcherbak@gmail.com, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

The effect of rail joints on dynamic effort resulting from movement of bridge cranes wheels

Abstract. Deviation of crane tracks from the regulatory requirements leads to the situation that when the crane running wheel moves on the rail there are significant shocks in the mechanism of movement, which negatively affect the strength and durability of not only the mechanism of movement, but also the metal structure of the crane. The article deals with the dynamic loads that arise when moving trucks and cranes of the bridge type. Basic dynamic loads occur during transients. Poor track conditions cause additional dynamic loads. The poor work is especially

affected by such defects of crane rails as potholes on the rails and poor condition of the joints. The studies show that rail joints are in poor condition. A solution has been obtained which allows to determine the forces in elastic coupling, oscillation frequency and amplitude, which will significantly help to make more accurate calculations when designing cranes.

Keywords crane bridge; cargo cart; running wheel; dynamic loads; rail joint; oscillation frequency; stiffness factor.

Fidrovskay Natalia, PhD, Professor, tel. +380(99) 790-55-34, nfidrovskay@ukr.net,

Perevoznyk Igor, postgraduate, tel +380(67)094-05-61, igorperevoznyk1970@gmail.com,

Shcherbak Oleg, PhD, Associate Professor tel.+380(97) 23-33-083, olegcherbak@gmail.com. Kharkiv National Highway University

Влияние рельсовых стыков на динамические усилия, которые возникают при передвижении ходовых колес мостовых кранов

Аннотация. Отклонение крановых путей от нормативных требований приводит к тому, что при прохождении кранового ходового колеса рельсовым путем в механизме передвижения возникают значительные толчки и удары, которые негативно влияют на прочность и долговечность не только механизма передвижения, но и металлоконструкции крана. В статье рассмотрены динамические нагрузки, возникающие при передвижении грузовых тележек и кранов мостового типа. Основные динамические нагрузки возникают при переходных процессах. Плохое состояние рельсовых путей приводит к появлению дополнительных динамических нагрузок. Особенно влияют такие отклонения подкрановых рельсов, как выбоины на рельсах и плохое состояние стыков. Проведенные исследования показывают, что рельсовые стыки находятся в неудовлетворительном состоянии. Получено решение, которое позволяет определить усилия в упругих связях, частоту колебания и амплитуду, что существенно поможет проводить более точные расчеты при проектировании кранов.

Ключевые слова: кран мостовой, тележка грузовая, колесо ходовое, динамические нагрузки, рельсовый стык, частота колебаний, коэффициент жесткости.

Фидровская Наталья Николаевна, д.т.н., профессор, +380(99) 790-55-34, nfidrovskay@ukr.net,

Перевозник Игорь Анатольевич, аспирант, +380(67)094-05-61, igorperevoznyk1970@gmail.com,

Щербак Олег Витальевич, к.т.н., доцент, +380(97) 23-33-083, olegcherbak@gmail.com. Харьковский национальный автомобильно-дорожний университет