

ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРМУВАННЯ ВІБРАЦІЙНИХ ОЗНАК
У ОСЬОВОМУ НАПРЯМІ НА ШТАТНИХ ХОДОВИХ
КОЛЕСАХ ВАНТАЖНОГО ВІЗКА МОСТОВОГО КРАНА¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет;²Національний університет цивільного захисту України, Харків

Проведено експериментальні дослідження формування віброприскорень у осьовому напрямі в осі з веденими та приводними штатними циліндричними дворебордними ходовими колесами. Дослідження формувань вібраційних ознак проводилось під час руху вантажного візка мостового крана, як без вантажу так і з вантажем різної маси. Найшвидше зношуваними елементами мостового крана є ходові колеса. Зменшення часу їх експлуатації призводить до збільшення грошових витрат на ремонтні роботи з відновлення ходових коліс або їхньої заміни. Тому, для сучасного кранобудування досить актуальною задачею є підвищення терміну роботи кранових ходових коліс за рахунок їхньої модернізації. Конструкції кранових ходових коліс на сьогодні досить жорсткі та не сприймають перекося і поштовхи, які виникають у разі відхилення рейкового шляху від рекомендованих значень. Це приводить до значного зносу рейок, а також реборд кранових ходових коліс.

Для перевірки отриманих раніше теоретичних даних, проведено експериментальне дослідження на мостовому крані з такими технічними характеристиками: вантажопідйомність 5 т; прогін 22,5 м; висота підйому вантажу 8 м; режим роботи 7К. Дослідження формування вібраційних ознак у осьовому напрямі проведене стосовно осі ведених та приводних штатних ходових коліс вантажного візка крана.

Проаналізовано також закономірності формування вібраційних ознак під час руху вантажного візка мостового крана на різних швидкостях та в різних його робочих режимах.

Встановлено, що для приводних коліс мостового крана середнє квадратичне значення віброприскорення зменшується зі зменшенням маси вантажу (на 30 % менше між перевезенням 0,5 тону та 2,0 тону вантажу).

Ключові слова: колесо ходове, вібрація, вантажний візок, мостовий кран, вантаж.

Вступ

В різних галузях промисловості для виконання вантажно-розвантажувальних робіт широко використовують мостові крани [1]. Як показує практика, в деяких випадках типове кранове обладнання не забезпечує необхідної довговічності роботи. Досить значні змінні навантаження сприймає металоконструкція крана [2], [3]. Коливальні процеси навантаження спричиняють циклічність в роботі мостового крана [4], [5]. Це потребує чіткого визначення всіх статичних і динамічних силових факторів, які впливають на роботу мостового крана [6], [7]. Тому забезпечення надійної та безперебійної роботи мостових кранів, є досить актуальною задачею [8], [9].

Можливість модернізувати механізм пересування вантажного візка мостового крана шляхом заміни триступінчастого вертикального циліндричного редуктора на двоступінчастий і окремо винесену зубчасту передачу розглянута в роботі [10]. Ходове колесо при цьому безпосередньо встановлено на валу колісної пари візка. Автори стверджують, що така структурна схема зменшить втрати енергії і підвищить надійність. Але при цьому не досліджено, на скільки зменшуються динамічні навантаження.

В роботі [11] запропоновано метод розв'язання задачі оптимізації пересування вантажного візка мостового крана на задану відстань, що усуває некеровані коливання вантажу на канатному підвісі. Але залишилися невирішеними питання впливу конструкції механізму пересування.

Результати експериментальних досліджень появи бокових сил в мостовому крані, які змінюються в процесі руху викладені в роботі [12]. Встановлено, що експериментальні значення бокових сил менші, ніж визначені теоретично. Було б доцільним розглянути колеса не тільки з циліндричним профілем, але і з конічним, що забезпечить менші бокові сили.

Оптимальний хімічний склад сталі і технологію технічної обробки для ходових коліс шахтних вагонеток запропоновано в роботі [13]. Автори запевняють що це має підвищити зносостійкість коліс, але зменшення динамічних зусиль не розглядається. Було б доцільним провести теоретичні дослідження, які б дозволили точніше оцінювати зносостійкість коліс.

Результати чисельного експерименту з використанням гібридного підходу методу скінченних елементів і моделювання системної динаміки мостового крана під час підйому вантажу подані в роботі [14]. На меті було вивчення впливу навантаження на конструкцію крана, одночасно піднімаючи вантаж і вимірюючи вібрації в вибраних областях конструкції крана. Дія динамічних зусиль на ходові колеса не розглядається, незважаючи на те, що робота механізму пересування має значний вплив на динамічні процеси у всіх механізмах крана і навіть у металоконструкції. Це дає підстави стверджувати, що проведення дослідження формування вібраційних ознак у осьовому напрямі на штатних ходових колесах вантажного візка мостового крана є доцільним.

Метою дослідження є обґрунтування доцільності модернізації конструкції ходового колеса на основі вібраційних ознак, що виникають в ходовому колесі.

Для досягнення мети поставлене таке завдання:

– провести експериментальне дослідження формування віброприскорень у осьовому напрямі в колесах штатної конструкції.

Результати дослідження

Для експериментального дослідження формування віброприскорень у осьовому напрямі в штатних колесах використовувався комплекс «Ультра-В-І» (рис. 1).

Програмне забезпечення, яке входить до складу вібровимірювального комплексу, дозволяє в реальному часі будувати залежності віброприскорень від часу, а також визначати спектральний склад сигналу.

Експериментальне дослідження проводилося на діючому мостовому крані. Вібровимірювальний комплекс розташовувався безпосередньо на об'єкті досліджень. Датчики встановлювались в контрольних точках вантажного візка крана та за допомогою дротів, які розміщалися на балці крана, з'єднувались з аналого-цифровим перетворювачем. Це дозволило здійснити безпосередній контроль режимів роботи крана.

Дослідження формування віброприскорень у вертикальному напрямі проводилось на осі веденого та приводного штатного ходового колеса вантажного візка мостового крана. Та на різних швидкостях руху візка по мосту крана, а також в різних його робочих режимах без вантажу та з вантажем різної маси.

За підсумками експериментальних досліджень формування віброприскорень у осьовому напрямі проведено узагальнення результатів.

На рис. 2 показані зареєстровані сигнали та їхній спектральний аналіз для осьових вібрацій на осі штатних ходових коліс, приводного та веденого, під час холостого ходу (без вантажу) вантажного візка мостового крана.

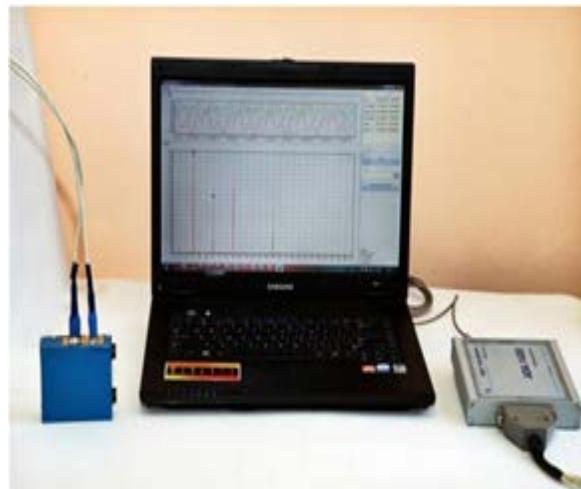


Рис. 1. Загальний вигляд вібровимірювального комплексу «Ультра-В-І»

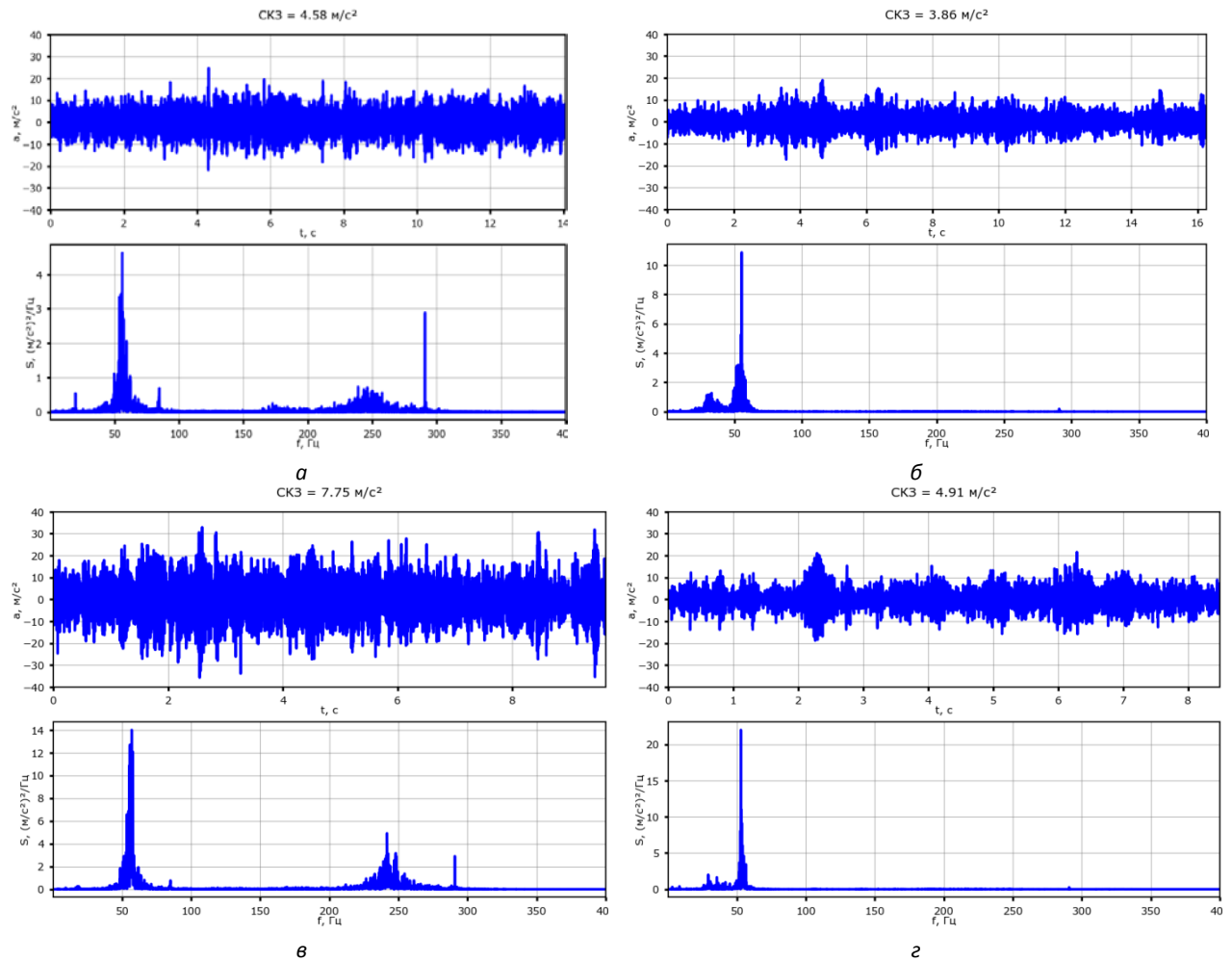


Рис. 2. Віброприскорення у осьовому напрямі на колесах під час холостого ходу візка на: а, б — 1-й; в, г — 4-й швидкостях руху; а, в — приводне колесо; б, г — ведене колесо

Незважаючи на суттєвіший вібраційний відгук на ведених колесах, рівень віброприскорень у вертикальному напрямі на холостому ході майже в 1,5 рази менший за рівень віброприскорень на приводному колесі. Ситуація є якісно однаковою на двох зареєстрованих швидкостях руху. Зі збільшенням швидкості руху спостерігається збільшення рівня вібрацій в межах 30 %.

Також під час холостого ходу вантажного візка (без вантажу), вібрації у осьовому напрямі на веденому колесі, майже бігармонічні з частотами навколо 35 Гц та 55 Гц. На приводному колесі окрім цих гармонік, є ще шумоподібна складова з частотами в діапазоні від 220...270 Гц, а також є додаткова локалізована гармоніка на частоті 280 Гц.

Дослідження вібрацій також проведено для руху візка, який переміщує вантажі різної маси. Розглядалось два окремих випадки перевезення вантажу з масою 0,5 тони та 2,0 тони.

Результати випробувань на вібрації під час перевезення вантажу 0,5 тони на осі коліс показані на рис. 3.

Рівень осьової вібрації під час руху візка з вантажем масою 0,5 тони більший ніж під час холостого руху на 50...70 %.

Під час руху вантажного візка з вантажем масою 0,5 тони, бачимо тенденцію щодо зменшення віброприскорень у осьовому напрямі на веденому колесі порівняно з приводним у межах 20 %.

Результати експериментального дослідження формування віброприскорень у осьовому напрямі на осі штатних ходових коліс під час перевезення вантажу масою 2 т, показано на рис. 4.

Для осьових вібрацій чітко виражені на спектрі вузькочастотні, майже гармонічні вібрації з частотою 290 Гц лише для приводного ходового колеса.

Разом з тим, вібрації на веденому колесі мають вузькочастотні вібрації на частоті 60 Гц, які хоч і з меншою потужністю але представлені також і у спектрі вібрацій приводного колеса.

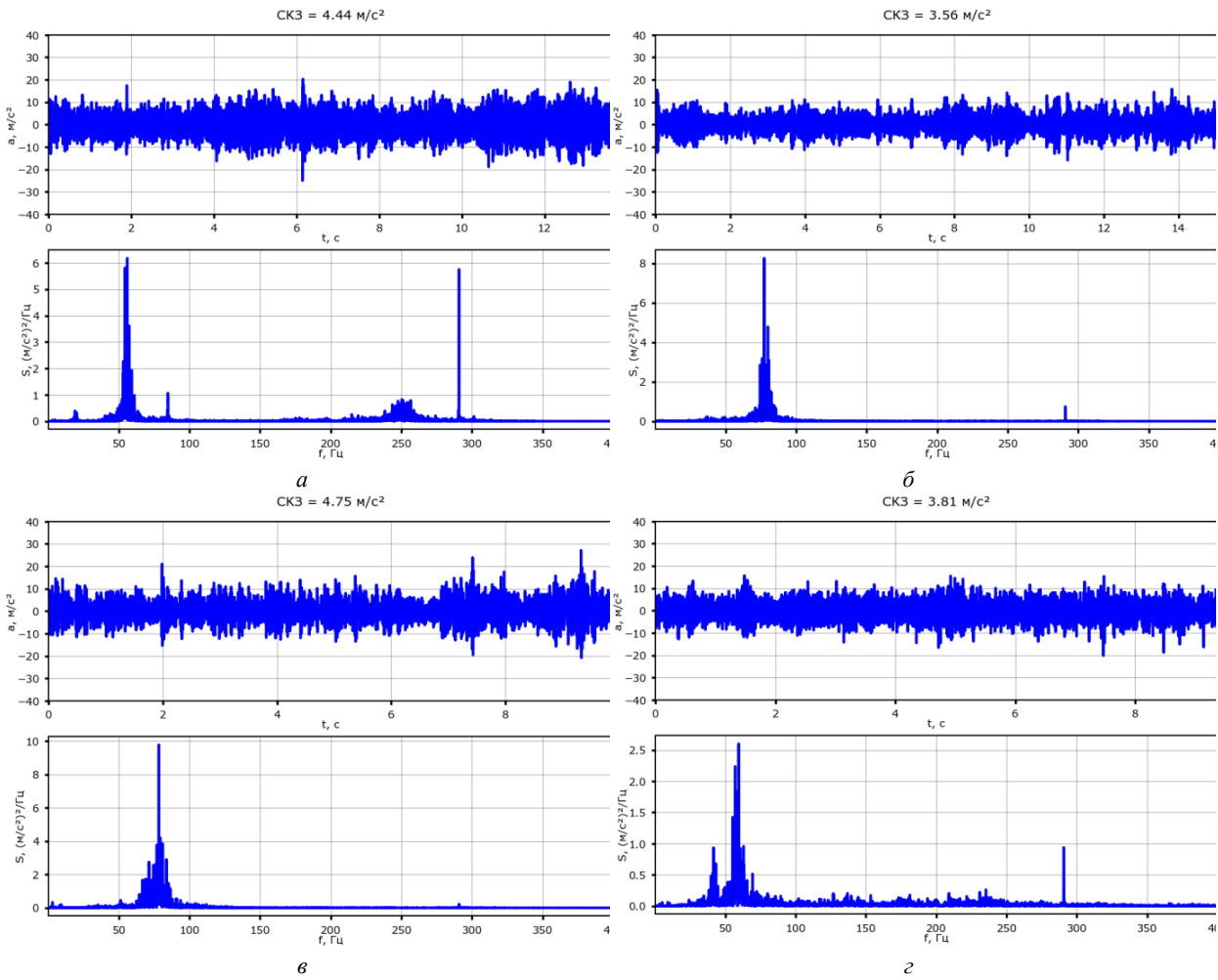


Рис. 3. Віброприскорення у осьовому напрямі на колесах під час перевезення вантажу 0,5 тони на:
а, б — 1-й; *в, г* — 4-й швидкостях руху; *а, в* — привідне колесо; *б, г* — ведене колесо

Результати проведеного експериментального дослідження формування вібраційних ознак у осьовому напрямі з штатними ходовими колесами, вказують на доцільність модернізації коліс за рахунок еластичної вставки.

В подальшому потрібно провести експериментальне дослідження формування вібраційних ознак у вертикальному напрямі в осі штатних ходових коліс вантажного візка мостового крана.

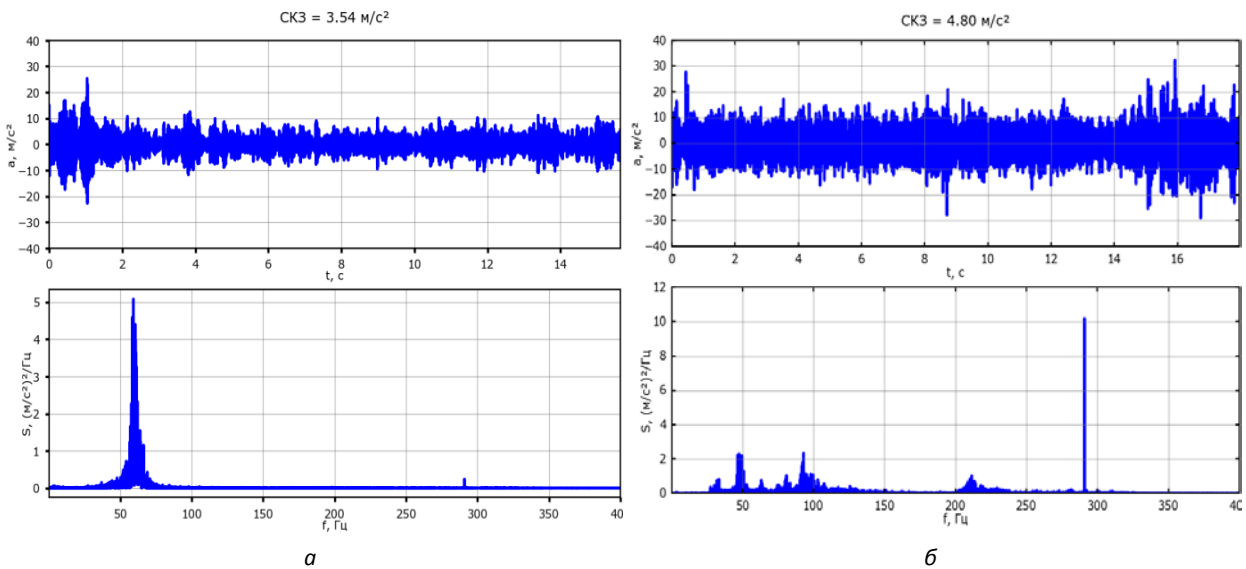
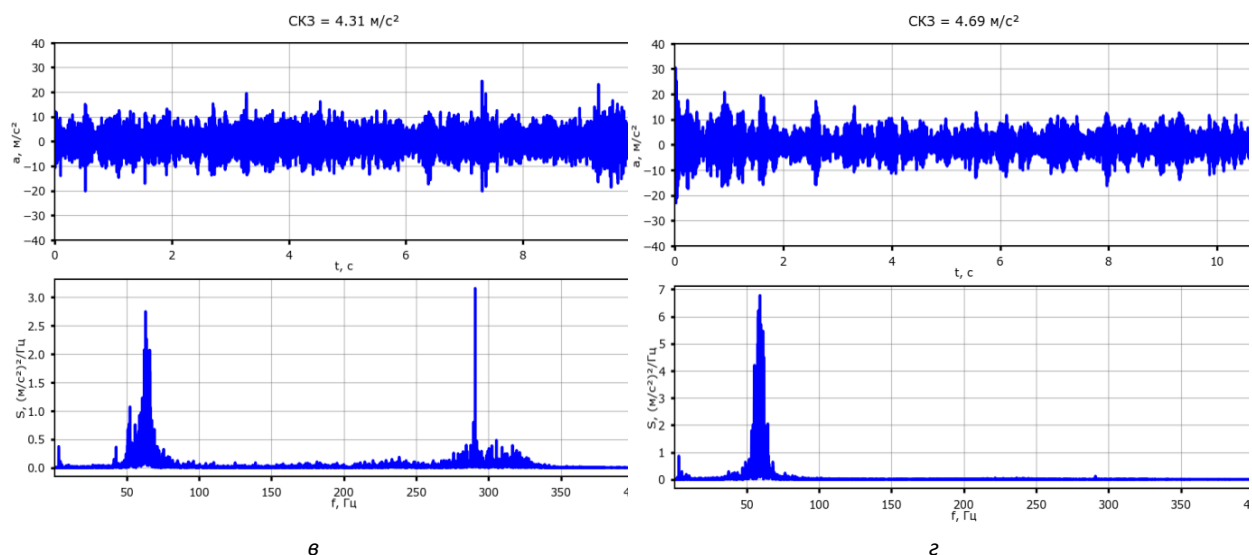


Рис. 4. Віброприскорення у осьовому напрямі на колесах під час перевезення вантажу 2,0 тони на 1-й швидкості руху: *а* — привідне колесо; *б* — ведене колесо



Продовження рис. 4. Віброприскорення у осьовому напрямі на колесах під час перевезення вантажу 2,0 тони на 4-й швидкості руху: ν – привідне колесо; z – ведене колесо

Висновки

Вимірювально-реєструвальне обладнання, програмне забезпечення, що входить до складу вібримірювального комплексу дозволяє в реальному часі будувати залежності віброприскорень від часу, а також визначати спектральний склад сигналу. Сигнал, що надходить від датчиків також може бути записаний в файл для подальшої обробки експериментальних даних.

Рівень віброприскорень у осьовому напрямі на осях коліс зі збільшенням маси вантажу демонструє різноспрямовані тенденції. Для приводного колеса середнє квадратичне значення віброприскорень спадає, у порівнянні з випадком перевезення меншого вантажу (на 30 % між перевезенням 0,5 тони та 2,0 тони), і є близьким до рівня вібрацій на холостому ході. Для веденого колеса ситуація чіткіше виражена. Тенденція до збільшення рівнів віброприскорень зі збільшенням вантажу, що перевозиться, зберігається. У порівнянні з випадком перевезення вантажу з масою 0,5 тони спостерігається підвищення середнього квадратичного значення осьових віброприскорень. На веденому колесі середнє квадратичне значення підвищується на 25 % і це в 2 рази більше значення, ніж середнє квадратичне значення віброприскорень на холостому ході. Ситуація є якісно однаковою на всіх зареєстрованих швидкостях руху. Зі збільшенням швидкості руху в цілому спостерігається збільшення рівня вібрацій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] С. Д. Слепужніков, і Н. М. Фідоровська, «Використання кранів мостового типу в сучасній промисловості,» *Tendenze attuali della moderna ricerca scientifica: der Sammlung wissenschaftlicher Arbeiten «ЛОГОС» zu den Materialien der internationalen wissenschaftlich-praktischen Konferenz*, Stuttgart, Deutschland, 2020, p. 96-97. <https://doi.org/10.36074/05.06.2020.v3.40>.
- [2] Y. Qin, J. Jiang, and H. Yang, “High precision analysis of stress concentration in girder structure of casting crane,” *International Journal of Science and Qualitative Analysis*, vol. 2, no. 2, pp. 14-18, 2016. <https://doi.org/10.11648/j.ijsqa.20160202.11>.
- [3] L. Kutsenko et. al., “Modeling the resonance of a swinging spring based on the synthesis of a motion trajectory of its load,” *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, vol. 3/7, no. 99, pp. 53-64, 2019. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.168909>.
- [4] L. Kutsenko et. al., “Development of a method for computer simulation of a swinging spring load movement path,” *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, vol. 1/7, no. 97, pp. 60-73, 2019. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.154191>.
- [5] L. Kutsenko et. al., “Synthesis and classification of periodic motion trajectories of the swinging spring load,” *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, vol. 2/7, no. 98, pp. 2-37, 2019. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.161769_
- [6] W. Meng, Z. Yang, X. Qi, and J. Cai, “Reliability analysis-based numerical calculation of metal structure of bridge crane,” *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2013/1, no. 5, pp. 1-5, 2013. https://doi.org/10.1155/2013/260976_
- [7] T. Haniszewski, “Strength analysis of overhead traveling crane with use of finite element method,” *Transport problems*, vol. 9, no. 1, pp. 19-26, 2014.
- [8] T. Haniszewski, “Modeling the dynamics of cargo lifting process by overhead crane for dynamic overload factor estimation,” *Journal of vibroengineering*, vol. 19, no. 1, pp. 75-86, 2017. <https://doi.org/10.21595/jve.2016.17310>.
- [9] J. C. Castro, E. H. Palafox, L. H. Gómez, G. S. Mendoza, Y. L. Grijalba, and P. R. López, “Analysis of the structural girders of a crane for the license renewal of a BWR Nuclear Power Plant,” *Procedia Structural Integrity*, vol. 17, pp. 115-122, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2019.08.016>.
- [10] Д. Н. Артамонов, и А. М. Петров, «Модернизация механизма передвижения тележки мостового крана,» *Молодой исследователь*, № 5, с. 12-16, 2017.

- [11] М. С. Корытов, «Перемещение грузовой тележки мостового крана в режиме подавления неуправляемых колебаний груза,» *Проблемы управления*, № 2, с. 10-16, 2017.
- [12] A. Zelic, N. Zuber, and R. Sostakov, “Experimental determination of lateral forces caused by bridge crane skewing during travelling,” *Eksploatacja i Niezawodnosc*, vol. 20, no. 1, pp. 90-99, 2018. <https://doi.org/10.17531/ein.2018.1.12>.
- [13] V. F. Gankevich, L. V. Gryaznova, and A. G. Lisnyak, “Ways to enhance the reliability of wheel pairs of locomotive transport,” *Naukovyi Visnyk NHU*, № 5, pp. 76-79, 2012.
- [14] T. Haniszewski, “Hybrid analysis of vibration of the overhead travelling crane,” *Transport problems*, vol. 9, no. 2, pp. 89-99, 2014.

Рекомендована кафедрою автомобілів та транспортного менеджменту ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 21.12.2020

Фідровська Наталія Миколаївна — д-р техн. наук, професор, професор кафедри будівельних і дорожніх машин.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків;

Слепузніков Євген Дмитрович — канд. техн. наук, викладач кафедри спеціальної хімії та хімічної технології, e-mail: ors2011@ukr.net ; slepuzhnikov@nuczu.edu.ua ;

Національний університет цивільного захисту України, Харків

N. M. Fidrovska¹
Ye. D. Slepuzhnikov²

Study the Formation of Vibration Signs in the Axial Direction on the Standard Running Wheels of the Overhead Crane Truck

¹Kharkiv National Automobile and Road University;

²National University of Civil Defense of Ukraine, Kharkiv

The article discusses experimental studies of the formation of vibration accelerations in the axial direction on axles with driven and driven standard cylindrical double-flange travel wheels. The study of the formation of vibration signs was carried out during the movement of the cargo carriage of an overhead crane, both without load and with a load of various weights. Traveling wheels are the fastest wearing parts of an overhead crane. A decrease in the time of their operation leads to an increase in the monetary costs of repair work to restore the running wheels or replace them. Therefore, for modern crane construction, a very urgent task is to increase the service life of crane traveling wheels due to their modernization. The designs of crane traveling wheels are currently quite rigid and do not perceive distortions and shocks that arise when the rail track deviates from the recommended values. This leads to significant wear on the rails, as well as on the flanges of the crane traveling wheels.

To check the previously obtained theoretical data, an experimental study was carried out on an overhead crane with a lifting capacity of 5 tons, a span of 22,5 m, a lifting height of 8 m, an operating mode of 7 K. drive standard running wheels of the overhead crane trolley.

Also, the analysis of the regularity of the formation of vibration signs during the movement of the cargo trolley of an overhead crane at various speeds, as well as in its various operating modes, is carried out.

The level of vibration accelerations in the axial direction on the axles of the wheels with an increase in the weight of the load demonstrates multidirectional tendencies. For the drive wheel, the RMS vibration is reduced compared to a smaller load case (30% between 0,5 tones and 2,0 tones), and approaches the value of vibration levels at idle speed.

Keywords: running wheel, vibration, cargo truck, overhead crane, cargo.

Fidrovska Nataliia M. — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Chair of Construction and Road Machinery;
Slepuzhnikov Evhen D. — Cand. Sc. (Eng.), Lecturer at the Chair of Special Chemistry and Chemical Technology;
e-mail: ors2011@ukr.net ; slepuzhnikov@nuczu.edu.ua

Н. Н. Фидровская¹
Е. Д. Слепужников²

Исследование формирования вибрационных признаков в осевом направлении на штатных ходовых колесах грузовой тележки мостового крана

¹ Харьковський національний автомобільно-дорожній університет;

² Національний університет громадянської захисти України, Харків

Проведены экспериментальные исследования формирования виброускорений в осевом направлении на оси с ведомыми и приводными штатными цилиндрическими двухребордными ходовыми колесами. Исследование формирования вибрационных признаков проводилось во время движения грузовой тележки мостового крана, как без груза, так и с грузом различной массы. Наиболее быстро изнашиваемым элементом мостового крана являются ходовые колеса. Уменьшение времени их эксплуатации ведет к увеличению денежных затрат на ремонтные работы по восстановлению ходовых колес или их замены. Поэтому, для современного краностроения весьма актуальной задачей является повышение срока работы крановых ходовых колес за счет их модернизации. Конструкции крановых ходовых колес в настоящее время достаточно жесткие и не воспринимают перекосы и толчки, возникающие при отклонении рельсового пути от рекомендуемых значений. Это приводит к значительному износу рельсов, а также реборд крановых ходовых колес.

Для проверки полученных ранее теоретических данных, проведено экспериментальное исследование на мостовом кране грузоподъемностью 5 т, пролетом 22,5 м, высотой подъема 8 м, режимом работы 7 К. Исследования формирования вибрационных признаков в осевом направлении проведено в оси ведомых и приводных штатных ходовых колес грузовой тележки мостового крана.

Проанализированы также закономерности формирования вибрационных признаков во время движения грузовой тележки мостового крана на различных скоростях и в различных его рабочих режимах.

Установлено, что для приводных колес мостового крана среднее квадратическое значение виброускорения уменьшается с уменьшением массы груза (на 30 % меньше между перевозками 0,5 тонны и 2,0 тонны груза).

Ключевые слова: колесо ходовое, вибрация, грузовая тележка, мостовой кран, груз.

Фидровская Наталья Николаевна — д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры строительных и дорожных машин;

Слепужников Евгений Дмитриевич — канд. техн. наук, преподаватель кафедры специальной химии и химической технологии, ors2011@ukr.net ; slepuzhnikov@nuczu.edu.ua