УДК 629.4.027 DOI: https://doi.org/10.18664/1994-7852.160.2016.70391

АНАЛІЗ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ, ДІЮЧИХ НА ХОДОВІ ЧАСТИНИ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ

Асп. В.О. Шовкун

АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА ХОДОВЫЕ ЧАСТИ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

Асп. В.А. Шовкун

ANALYSIS OF THE DYNAMIC LOADS ACTING ON THE RUNNING GEAR OF FREIGHT CARS

Graduate V.A. Shovkun

Розглянуто результати ходових динамічних випробувань та проаналізовано випадкові процеси зміни коефіцієнта вертикальної та горизонтальної динаміки. В результаті були отримані відповідні статичні характеристики, побудовані кореляційні функції для всіх процесів і отримані апроксимуючі залежності.

***Ключові слова**: буксовий вузол, підшипникові вузли, напіввагон, колісна пара.*

Рассмотрены результаты ходовых динамических испытаний и проанализированы случайные процессы изменения коэффициента вертикальной динамики. В результате были получены соответствующие статические характеристики, построены корреляционные функции для всех процессов и получены аппроксимирующие зависимости.

***Ключевые слова**: буксовый узел, подшипниковые узлы, полувагон, колесная пара.*

The results of dynamic tests are considered, and the casual processes of change the coefficient of vertical dynamics. Obviously, this depends obtained are the random process with sinusoidal component whose properties inherent significant scattering. Therefore, his research is necessary to use methods of probability theory and the theory of random functions. Loading axle unit is a random process. Experimental studies indicators of the dynamic quality cars performed using measuring equipment laboratory car-using strain gauges methods. For measuring and recording the dynamic processes in the course of running dynamic tests used mobile measuring-car computer system laboratory. The proper static descriptions were as a result got, and cross-correlation functions are built for all processes and approximating dependences are got.

***Keywords**: axle box, bearing assemblies, a pair of wheels.*

Вступ. Буксовий підшипниковий вузол є одним з найважливіших елементів ходових частин вагона, від технічного стану якого значною мірою залежить надійність вагона в цілому. Важливим завданням, що стоїть перед науковцями у сфері вагонобудування, є підвищення експлуатаційної надійності рухомого складу з метою забезпечення безпеки руху поїздів, поліпшення габаритно-масових характеристик, підвищення безремонтних пробігів вагонів.

Аналіз попередніх досліджень. Вагон як одиниця рухомого складу складається з великої кількості елементів. З аналізу причин відчеплень видно, що значна частина потрапляння вагонів у поточний ремонт відбувалась через

несправність буксових вузлів [2, 3]. Окрім статичних навантажень, що діють постійно від маси вагона брутто, буксовий вузол зазнає значних ударів при проходженні коліс по стиках рейок, від поштовхів під час гальмування поїзда, від дії відцентрової сили при проходженні кривих ділянок колії [1]. Також буксовий вузол вантажного вагона жорстко сприймає динамічні навантаження, що виникають при русі вагона. Це пов'язано, головним чином, з конструктивними особливостями ходових частин вантажних вагонів та наявністю навантажень, що діють уздовж осі колісної пари, які виникають під час експлуатації рухомого складу [4, 5].

Методи оцінки та прогнозування надійності роботи буксових вузлів не досконалі [6] і не повністю враховують природу дії всіх сил [9], вони базуються на досить простих положеннях, що в епоху сучасного розвитку обчислювальної техніки вимагає роботи над їх удосконаленням. Авторами в роботі [7] виконано аналіз динамічних навантажень, діючих на вагон, проте при розрахунках були враховані лише вертикальні динамічні сили. Підшипниковий вузол вантажного вагона являє собою складну механічну систему, на яку діють радіальні і осьові динамічні сили, і дія осьових сил викликає значні напруження в елементах підшипника. Тому при розрахунках довговічності слід враховувати їх сумісну дію.

Мета роботи. Метою роботи є дослідження характеристик випадкових процесів зміни вертикальних та горизонтальних динамічних навантажень, які діють на колісні пари та буксові вузли вантажних вагонів під час руху поїзда.

Виклад основного матеріалу. Під час руху на колісну пару діють динамічні горизонтальні та вертикальні сили, дія яких враховується коефіцієнтами вертикальної та горизонтальної динаміки.

Для визначення характеристик випадкових процесів навантажень, діючих на буксові підшипникові вузли, ДП УкрНДІВ були проведені динамічні випробування напіввагонів моделі 12-7023.

Експериментальні дослідження показників, що характеризують динамічні якості вагонів, виконувалися за допомогою вимірювального обладнання вагона-лабораторії з використанням методів тензометрії. Для вимірювань та реєстрації динамічних процесів під час проведення ходових динамічних випробувань застосовувався мобільний вимірювально-обчислювальний комплекс вагона-лабораторії ДП УкрНДІВ.

Обробка результатів динамічних випробувань здійснювалася методами математичної статистики. Залежність зміни коефіцієнтів вертикальної та горизонтальної динаміки необресорених мас для колісної пари в завантаженому режимі показана на рис 1.

Очевидно, що ці отримані залежності являють собою випадковий процес із синусоїдальною складовою, параметрам якого властиве значне розсіювання. Тому для його дослідження необхідно застосовувати методи теорії імовірності і теорії випадкових функцій. Процес навантаження буксових вузлів являє собою випадковий процес.

Для стаціонарних випадкових процесів визначальними є математичне сподівання та дисперсія процесу. При цьому основні статистичні характеристики суми двох випадкових процесів зміни вертикальних та горизонтальних навантажень x_1 і x_2 відповідно будуть дорівнювати:

$$\overline{y} = \overline{x_1} + \overline{x_2}; \qquad (1)$$

де $\overline{y}, \overline{x_1}, \overline{x_2}$ – математичне сподівання відповідно сумарного, вертикального та горизонтального випадкових процесів.

$$D_y = D_{x_1} + D_{x_2} + 2r\sqrt{D_{x_1} D_{x_2}}; \qquad (2)$$

де D_y, D_{x_1}, D_{x_2} – дисперсії відповідно сумарного, вертикального та горизонтального випадкових процесів;

r – коефіцієнт кореляції процесів x_1 і x_2.

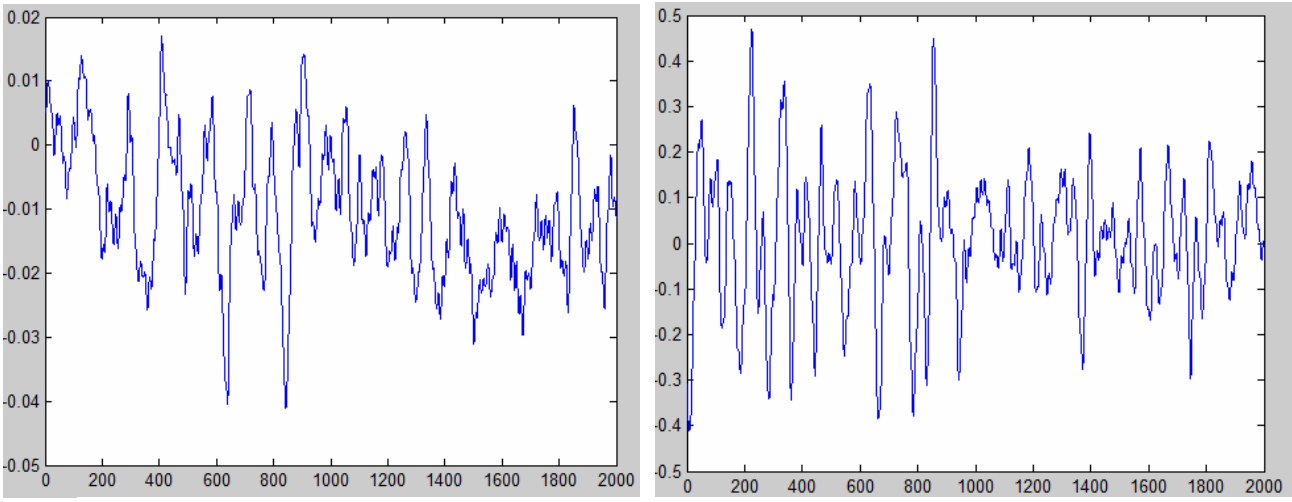

Рис. 1. Залежність зміни коефіцієнта вертикальної та горизонтальної динаміки для колісної пари на прямій ділянці колії при швидкості 120 км/год

Однією з найважливіших характеристик випадкових процесів зміни динамічних навантажень є кореляційна функція.

$$R_{(y)} = R_{x_1} + R_{x_2} + 2R_{x_1x_2}; \qquad (3)$$

де R_y, R_{x_1}, R_{x_2} - кореляційні функції відповідно сумарного, вертикального та горизонтального випадкових процесів;

$R_{x_1x_2}$ - взаємна кореляційна функція процесів x_1 і x_2.

За допомогою програмного комплексу «MATLAB» обчислені кореляційні функції для випадкових процесів, що характеризують сумісну дію зміни коефіцієнтів вертикальної та горизонтальної динаміки вагона (рис. 2). Побудовані кореляційні функції дають змогу виконати оцінку надійності буксового вузла.

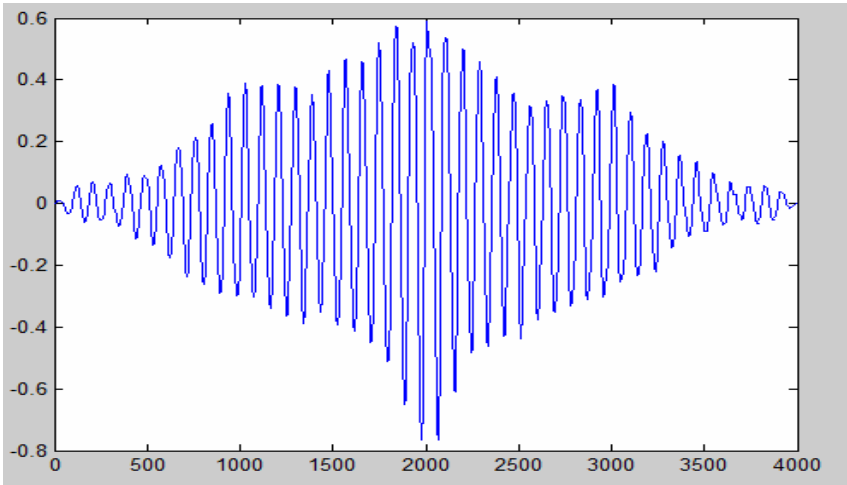

Рис. 2. Сумарні кореляційні функції для випадкових процесів зміни навантажень

Висновки. Доведено, що цей процес має стаціонарний та ергодичний характер. Проведений аналіз дав можливість стверджувати, що випадковий процес зміни коефіцієнтів вертикальних та горизонтальних динамічних навантажень необресорених мас підкоряється нормальному закону розподілення. Визначені основні параметри, що характеризують ці процеси залежно від швидкості та режиму руху.

Список використаних джерел

1. Конструирование и расчет вагонов [Текст]: учебн. для вузов ж.-д. трансп. / В.В. Лукин [и др.]. – М.: УМК МПС России, 2000. – 731 с.
2. Мартынов, И.Э. Анализ опыта эксплуатации цилиндрических роликоподшипников букс грузовых вагонов [Текст] / И.Э. Мартынов // Вісник Східноукраїнського державного університету. – Луганськ, 2000. – №5 (27). – С. 157-159.
3. Цюренко, В.Н. Опыт эксплуатации вагонов с буксовыми узлами на подшипниках качения [Текст] / В.Н. Цюренко // Пути совершенствования конструкций буксовых узлов вагонов с подшипниками качения: труды ВНИИЖТ. – М.: Транспорт, 1982. – Вып. 654. – С. 4-26.
4. Цюренко, В.Н. Особенности работы крупногабаритных цилиндрических ролико-подшипников под действием осевых сил [Текст] / В.Н. Цюренко, И.Г. Цуркан, А.Н. Мирза // Вестник машиностроения. – 1974. – № 11. – С. 52-55.
5. Результати динамічних випробувань вагонів з дослідними роликопідшипниками [Текст] / А.В. Донченко [та ін.] // Зб. наук. праць Київського університету економіки і технологій транспорту. Сер. Транспортні системи і технології. – К., 2003. – Вип. 4. – С. 106-110.
6. Нормы для расчета и проектирования новых и модернизируемых вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) [Текст]. – М., 1983. – 258 с.
7. Дослідження динамічних навантажень, що діють на буксові вузли вантажних вагонів [Текст] / А.В. Донченко [та ін.] // Зб. наук. праць – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – Вип. 119. – С. 106-110.
8. Болотин, В.В. Применение методов теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений [Текст] / В.В. Болотин. – М.: Стройиздат, 1971. – 256 с.
9. Мартинов, І.Е. Результати експлуатаційних випробувань здвоєних касетних циліндричних підшипників в буксах вантажних вагонів [Текст] / І.Е Мартинов, А.В. Труфанова, Є.Р. Можейко, В.М. Ільчишин, В.О. Шовкун // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – №7 (73). – С. 1-6.
10. Failure investigation of a taper roller bearing [Text] / K. Gurumoorthy, Arindam Ghosh // Case Studies in Engineering Failure Analysis, Volume 1, Issue 2, April 2013, P. 110-114.
11. Analyzing the load distribution of four-row tapered roller bearing with. [Text] / Xia Yang, Qingxue Huang, Chuang Yan // Engineering Analysis with Boundary Elements, Volume 56, July 2015, P. 20-29.

Рецензент д-р техн. наук, професор І.Е. Мартинов

Шовкун Вадим Олександрович, аспірант кафедри вагонів Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (057)730-10-35.

Shovkun Vadim, graduate department wagons The Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-35.

Прийнята 25.03.2016 р.