

8. Буксовый узел рельсового транспортного средства [Текст]: пат. 1574502 СССР, МПК В 61 F 15/12 / И. Э. Мартынов; заявитель и патентообладатель Московский институт инженеров железнодорожного транспорта. – № 4427863/27-11; заявл. 19.05.88; опубл. 30.06.90, Бюл. № 24. – 3 с.

9. Буксовый узел железнодорожного вагона [Текст]: пат. 547372 СССР, МПК<sup>2</sup> В 61 F 15/12 / В. В. Абашкин, Г. Г. Попов;

заявитель и патентообладатель Всесоюзный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт ж.-д. трансп. – № 1464795/11; заявл. 03.08.70; опубл. 29.07.77, Бюл. № 7. – 4 с

10. Морчиладзе, И. Г. Совершенствование и модернизация буксовых узлов грузовых вагонов [Текст] / И. Г. Морчиладзе, А. М. Соколов // Железные дороги мира. – 2006. – №10 – С. 59-64.

УДК 629.4.027

*В. О. Шовкун*

### РОЗРОБКА ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ВАНТАЖНОГО ВАГОНА З МЕТОЮ ОТРИМАННЯ ОЦІНКИ ДИНАМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

*V. Shovkun*

#### DEVELOPMENT OF SIMULATION MODEL OF FREIGHT CAR WITH THE AIM OF OBTAINING ESTIMATES OF DYNAMIC PARAMETERS

Залізничний транспорт є головною транспортною артерією України. Він виконує переважну більшість вантажних та пасажирських перевезень як в Україні, так і у міждержавному сполученні.

Безпека перевезень є пріоритетним напрямком діяльності залізниць країн СНД. Її забезпечення залежить від злагодженої роботи всіх структурних підрозділів, але одним з найважливіших чинників є надійна робота вагонів. Відмови елементів конструкції вагонів не лише викликають затримку доставки вантажів споживачам через відчеплення вагонів на шляху прямування, але й призводять до суттєвих додаткових втрат на відновлення працездатності.

Одним з найвідповідальніших елементів конструкції вантажного вагона є буксові вузли з роликівими підшипниками. Як свідчить багаторічний досвід експлуатації парку вантажних вагонів, саме буксові вузли за період 2005-2016 рр. спричинили

2339 випадків відчеплень вагонів на шляху прямування через надмірний нагрів. При цьому щорічно додатково приладами дистанційного контролю колісних пар та оглядачами вагонів за зовнішніми ознаками виявляється до 1000 випадків відмов буксових вузлів, які створювали загрозу безпеці руху.

Основним конструктивним елементом буксового вузла є підшипники. На залізницях країн СНД вже понад 50 років використовуються циліндричні роликіві підшипники. Розрахунки довговічності виконувались за методиками, запропонованими ще у першій половині ХХ сторіччя. Фактична довговічність циліндричних роликівих підшипників виявилась значно менше розрахункової.

Забезпечення довговічності підшипника, що працює в умовах динамічного радіального і осьового навантаження, є досить складним завданням. При розрахунку на міцність і надійність

елементів конструкції БВ використовуються спрощені схеми, які не враховують ряд діючих чинників. Так, еквівалентне навантаження на підшипники складається зі статичного та динамічного навантажень. Величина та характер прикладання статичного навантаження вивчені досить повно. Величина динамічного навантаження визначається як додатак до статичного навантаження за допомогою певного пересічного емпіричного коефіцієнта.

Недосконалість існуючих методів розрахунку призвела до значних похибок при визначенні показників надійності буксових підшипникових вузлів і розбіжності з фактичними результатами експлуатації.

Очевидно, що питання підвищення надійності буксових вузлів є складним і вимагає комплексного підходу для свого розв'язання. Тому необхідно досліджувати різні напрямки удосконалення існуючих та створення нових конструкцій буксового вузла. Одним із завдань для підвищення показників надійності є визначення імовірнісних навантажень, що діють на елементи ходових частин вантажних вагонів.

Для моделювання динамічного процесу навантаження буксового вузла вантажного вагона під час руху з різними швидкостями використовувався комплекс «УМ Универсальный механизм», розроблений Брянським державним технічним університетом. Розроблена за допомогою «УМ» імітаційна модель «вагон-залізнична колія» включає в себе кузов напіввагона з можливістю імітувати різний ступінь завантаженості, візки моделі 18-100 з можливістю змінювати їх характеристики, а також модель пружної колії, що дозволяє змінювати профіль та макрогеометрію колії.

Побудова моделі виконувалась шляхом об'єднання у модель підмодулів, які несуть в собі складові частини моделі: кузов, візки, колісні пари та пружну колію. Всі елементи моделі пов'язані спеціальними зв'язками та системою координат.

Моделювання здійснювалось з використанням "s"-подібного відрізка колії та стрілочного перевою.

Для імітування макрогеометрії та нерівностей колії використовувався файл з бібліотеки програмного комплексу.

При цьому модель дозволяє отримати:

- коефіцієнти динамічних складових вертикальних сил, що діють на буксовий підшипниковий вузол;
- коефіцієнти динамічних складових вертикальних сил, що діють на надресорну балку візка;
- горизонтальні (поперечні рамні) сили, які діють від колісної пари на бічні рами візка.

Деякі з отриманих реалізацій, які характеризують зміну коефіцієнта вертикальної та горизонтальної динаміки для набігаючої колісної пари у завантаженому режимі при швидкості руху 100 км/год, зображено на рисунку.

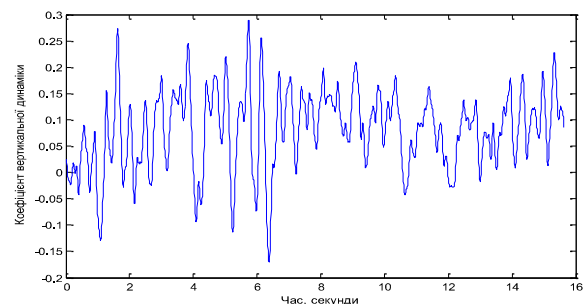


Рис. Осцилограма зміни коефіцієнта вертикальної динаміки при швидкості 100 км/год на прямій ділянці колії

Аналогічні реалізації були отримані для коефіцієнтів вертикальної та горизонтальної динаміки в діапазоні швидкостей руху від 40 до 120 км/год як в прямих, так і в кривих ділянках колії. Очевидно, що вони являють собою випадковий процес.

На наступному етапі роботи проводилась математична обробка отриманих даних методами математичної статистики. При цьому визначались такі параметри: величина математичного

очікування, дисперсія, а також мінімальні та максимальні значення зусиль. Результати досліджень свідчать, що випадкові процеси, які характеризують зміну коефіцієнтів вертикальної та горизонтальної динаміки, розподілені за нормальним законом.

В подальшому, використовуючи отримані дані, обчислені кореляційні функції для випадкових процесів, що характеризують сумісну дію зміни коефіцієнтів вертикальної та горизонтальної динаміки вагона.

Побудовані кореляційні функції дозволяють виконати оцінку надійності буксового вузла.

Моделювання динамічних навантажень що діють на ходові частини вантажних вагонів, показало достатню збіжність з результатами ходових випробувань. Тому запропонована модель може бути використана для оцінки збурюючих навантажень при розрахунках надійності буксових вузлів вантажних вагонів. Доведено, що цей процес має стаціонарний та ергодичний характер. Отримані результати моделювання підпорядковуються нормальному закону розподілення. Визначені основні параметри, що характеризують ці процеси в залежності від швидкості та режиму руху.

### Список використаних джерел

1. Донченко, А. В. Результати динамічних випробувань вагонів з дослідними роликотіпшипниками [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.

2. Болотин, В. В. Применение методов теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений [Текст] / В. В. Болотин. – М.: Стройиздат, 1971. – 256 с.

3. Мартинов, І. Е. Результати експлуатаційних випробувань здвоєних касетних циліндричних підшипників в буксах вантажних вагонів [Текст] / І. Е. Мартинов, А. В. Труфанова, Є. Р. Можейко [и др.] // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – №7 (73).

4. Gurumoorthy, K. Failure investigation of a taper roller bearing [Text] / K. Gurumoorthy, A. Ghosh // Case Studies in Engineering Failure Analysis. – 2013. – Vol. 1, Iss. 2. – P. 110-114.

5. Yang, Xia. Analyzing the load distribution of four-row tapered roller bearing with [Text] / Xia Yang, Qingxue Huang, Chuang Yan // Engineering Analysis with Boundary Elements. – 2015. – Vol. 56. – P. 20-29.

УДК 629.463.004.4:[656.211.7+656.073.235]

*А. О. Ловська*

## ДОСЛІДЖЕННЯ НАВАНТАЖЕНОСТІ НЕСУЧОЇ КОНСТРУКЦІЇ ВАГОНА-ПЛАТФОРМИ ЗЧЛЕНОВАНОГО ТИПУ ПРИ КОМБІНОВАНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ

*А. А. Lovskaya*

### RESEARCH OF THE LOADS OF FLAT WAGON BEARING STRUCTURE OF COUPLED TYPE FOR COMBINED TRANSPORTATION

Розвиток конкурентного середовища на ринку транспортних послуг зумовлює необхідність введення в експлуатацію

комбінованих транспортних систем. Географічне положення України на стику міжнародних транспортних коридорів між