

УДК 629.4.027

*Здобувач В.М. Ільчишин (ДП «Укррефтранс»)*

*Researcher V.M. Ilchyshyn*

**ДО ПИТАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ  
КАСЕТНИХ ПІДШИПНИКІВ БУКСОВИХ ВУЗЛІВ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ**

**QUESTIONS TO INCREASE USE CASSETTE BEARINGS AXLE  
UNIT FREIGHT CARS**

*Представив д-р техн. наук, професор І.Е. Мартинов*

Постановка проблеми у загальному вигляді, її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями. Одним з шляхів підвищення ефективності

залізничного транспорту є зменшення експлуатаційних витрат. Впровадження вагонів нового покоління дозволяє за рахунок підвищеної надійності не лише

збільшити безпеку руху, але й зменшити собівартість перевезення вантажів.

Однією з ознак вагона нового покоління є використання підшипників касетного типу. Їх поширення на залізницях зумовлене такими перевагами:

- застосування конічних касетних роликів підшипників істотно полегшує процеси проведення монтажних робіт і технічного обслуговування, оскільки підшипник поставляється у складі готової букси. В результаті скорочуються витрати матеріальних і трудових ресурсів на проведення монтажних робіт;

- від потрапляння забруднень ззовні підшипникові вузли надійно захищені комбінованими ущільненнями;

- використання касетних роликів підшипників дозволяє принципово змінити систему ремонту і технічного обслуговування роликів букс.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Вимоги до ресурсу буксових підшипників сформульовані у діючому нормативному документі [1] і складають для вантажних вагонів не менше 1,5 млн км пробігу. Але в [1] під ресурсом розуміють так званий  $\gamma$ -відсотковий ресурс при  $\gamma=90\%$ . В той же час відомо, що середній ресурс підшипників перевищує  $\gamma$ -відсотковий ресурс в 2-3 рази. Тобто для вантажних вагонів строк служби буксових підшипників повинен складати десятки років, що абсолютно не відповідає дійсності і доведено в роботах [2-4].

В нормативному документі [5] встановлено, що гарантійний термін експлуатації касетних підшипників повинен складати не менше 800 тис. км пробігу. В той же час необхідно зазначити, що це дуже узагальнене значення, яке не враховує особливості сьогоденної експлуатації вантажних вагонів: вагони мають власника, який відповідає за їх технічний стан. Капітальний та деповський ремонт вагонів здійснюється на базовому підприємстві, а не у

випадковому депо (тобто відходимо від знеособленої експлуатації). Крім того, навантаження, наприклад, на критий вагон і напіввагон, дуже відрізняються і мають імовірнісний характер.

**Метою дослідження** є оцінка працездатності буксового вузла (БВ) з урахуванням зовнішніх впливів, які можуть набувати випадкових значень під час експлуатації вагонів, й визначення імовірності безвідмовної роботи буксового вузла в залежності від швидкості та режиму руху.

**Основна частина.** Припустимо, що буксовий вузол вагона має певний ресурс, який був вкладений у буксу при її виготовленні. Оскільки конструктивно всі буксові вузли однакові, можна вважати, що вони саме на момент виготовлення мають однаковий ресурс. А закономірності витрачання цього ресурсу залежатимуть від режиму експлуатації конкретного буксового підшипникового вузла, який пов'язаний з режимом експлуатації конкретного вагона та має випадковий характер. Таким чином, граничний ресурс  $R$  буксових вузлів можна інтерпретувати як випадкову величину з розмірністю часу (або пробігу).

Припустимо, що кожному  $i$ -му вузлу відповідає граничний ресурс  $R_i \geq 0$ . Значення  $R_i$  утворюють послідовність взаємно незалежних однаково розподілених випадкових величин. Таким чином, граничний ресурс  $R$  БВ, що розглядаються, можна інтерпретувати як випадкову величину з розмірністю часу (або пробігу).

Як показник надійності, який підлягає перерахунку, використовуємо імовірність безвідмовної роботи, що залежить від часу  $t$  і режиму експлуатації  $\varepsilon(x)$  вузла

$$R\{t > t\} = p(t, \varepsilon), \quad (1)$$

де  $t$  - напрацювання вузла до відмови;

$$\varepsilon = \varepsilon(x), \text{ де } 0 \leq x \leq t.$$

У цьому випадку допускаємо адитивний характер витрачання ресурсу. Тоді модель витрачання  $t$  ресурсу в процесі експлуатації матиме такий вигляд:

$$R_\varepsilon(t) = \int_0^t v[\varepsilon(x)] dx, \quad (2)$$

де  $v[\varepsilon(x)]$  - швидкість витрачання ресурсу, що залежить від режиму експлуатації.

Момент відмови  $\tau$  конструкції визначається з умови

$$R = R_\varepsilon(t) \equiv \int_0^\tau v[\varepsilon(x)] dx. \quad (3)$$

Однією з ознак ресурсних випробувань є стабільність режимів навантаження, тобто  $\varepsilon(x) \equiv \varepsilon_0$ . Це цілком справедливо для умов експлуатації

вагонів у замкнутих маршрутах, оскільки порожній пробіг і простій вагонів мінімальні, а профіль колії і кліматичні умови практично не змінні.

Припустимо, що в постійному режимі експлуатації проводяться випробування  $N$  абсолютно однакових вузлів. Моменти їх відмов  $\tau_1(\varepsilon_0), \tau_2(\varepsilon_0), \dots, \tau_N(\varepsilon_0)$  вважатимемо значеннями граничних ресурсів

$$\tau(\varepsilon_0) = R_i. \quad (4)$$

Таким чином, випробування в режимі  $\varepsilon_0$  дадуть можливість одержати закон розподілення напрацювання вузлів до граничного ресурсу  $R$ . Надалі позначимо через  $p_0(t)$  імовірність події, яка полягає в тому, що за час  $t$  ресурс  $R$  не вичерпається

$$p_0(t) = P\{R > t\}. \quad (5)$$

Функція  $R_\varepsilon(t)$  монотонно зростає. Тоді

$$p(t) = P\{\tau > t\} = P\{R > R_\varepsilon(t)\} = p_0(R_\varepsilon(t)) \quad (6)$$

Якщо середнє напрацювання конструкції істотно більше за оборот вагона, можна допустити, що випадковий процес  $v(t)$  буде ергодичним, тобто при

$t \rightarrow \infty$  інтегральне середнє  $v(t)$  буде сходитися за імовірністю до деякої константи:

$$\frac{1}{t} \int_0^t v(t) dt \rightarrow u, \quad (7)$$

де  $u$  — середня швидкість витрачання ресурсу.

Випадковий процес  $v(t)$  є ергодичним в тому сенсі, що для граничного переходу (7) справедливий закон великих чисел. Тоді справедливе рівняння

$$\lim P\{\alpha\tau > t\} = p_0(ut). \quad (8)$$

Якщо час життєвого циклу букси ( $ut$ ) у багато разів більший за час використання вагона  $t$ , то можна застосувати наближене правило перерахунку

$$p(t) \cong p_o(ut). \quad (9)$$

Критий вантажний вагон може послідовно знаходитися в трьох станах: простій, якому відповідає швидкість ви-

трачання ресурсу  $v_1$  і час перебування в цьому стані  $t_1$ , порожній пробіг (відповідно  $v_2$  та  $t_2$ ) і пробіг в навантаженому стані (відповідно  $v_3$  та  $t_3$ ).

Тоді для інтервалу часу, що складається з  $n$  циклів обороту вагона, інтегральне середнє процесу  $v(t)$  буде мати такий вигляд:

$$\frac{1}{t} \int_0^t v(t) dt = \frac{v_1 \frac{t_1^1 + t_1^2 + \dots + t_1^n}{n} + v_2 \frac{t_2^1 + t_2^2 + \dots + t_2^n}{n} + v_3 \frac{t_3^1 + t_3^2 + \dots + t_3^n}{n}}{\frac{t_1^1 + t_1^2 + \dots + t_1^n + t_2^1 + t_2^2 + \dots + t_2^n + t_3^1 + t_3^2 + \dots + t_3^n}{n}}. \quad (10)$$

При  $t \rightarrow \infty$  ліва частина формули (10) наближатиметься до  $u$ . Права частина формули (10), у свою чергу згідно з

законом великих чисел, наближатиметься до такого значення:

$$C = \frac{v_1 \cdot t_1 + v_2 \cdot t_2 + v_3 \cdot t_3}{T}, \quad (11)$$

де  $T = t_1 + t_2 + t_3$  - оборот вагона.

Для розрахунку інтегрального середнього  $u$  в роботі запропоновано як показник технологічного циклу використовувати оборот вагона.

Тоді  $u = \sum_1^3 \frac{t_i}{T} v_i$  і можна знайти швидкість витрачання ресурсу. При цьому в першому режимі (простій) швидкість витрачання ресурсу  $v_1$  дорівнює 0, а у третьому (навантажений режим)  $v_3$  дорівнює 1.

Але, розглядаючи навантажений режим експлуатації вагона, необхідно зазначити, що він теж складається з випадкових складових: статичного завантаження вагона, яке залежить від роду вантажу, що в ньому перевозиться, та

середньої дальності перевезення вантажу. Розрахунки проводились у відповідності до даних, що характеризують режим експлуатації вагонів на Одеській залізниці. Було встановлено, що при середньому статичному навантаженні на вагон 62 т та дальності завантаженого рейсу 376 км швидкість витрачання ресурсу у критих вагонів на 13% менше, ніж у напіввагонів. Це дозволяє збільшити ресурс підшипників до 832 тис. км пробігу.

**Висновки.** Проведені розрахунки свідчать, що ресурс буксових підшипників залежить від режиму експлуатації вагона. Це дає можливість відійти від знеособленого режиму експлуатації та встановлювати ресурс буксових підшипників у залежності від типу вагона.

### Список літератури

1. Нормы для расчета и проектирования новых и модернизируемых вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) [Текст]. – М., 1983. – 258 с.

2. Костеева, Т.Н. Работоспособность подшипников в буксах грузовых вагонов с нагрузкой от оси рельсы 250 кН [Текст] / Т.Н. Костеева // Пути совершенствования конструкций буксовых узлов вагонов с подшипниками качения: Труды ВНИИЖТ. – М.: Транспорт, 1982. – Вып. 654. – С. 26-31.

3. Цюренко, В.Н. Надежность роликовых подшипников в буксах вагонов [Текст] / В.Н. Цюренко, В.А. Петров. – М.: Транспорт, 1982. – 96 с.

4. Мартинов, І.Е. Технічний стан буксових роликопідшипників вантажних вагонів [Текст] / І. Е. Мартинов // Зб. наук. праць. – Харків: ХарДАЗТ, 2000. – Вип. 41. – С. 38-42.

5. Інструктивні вказівки "Підшипники вагонні дворядні касетного типу. Норми безпеки" [Текст]: ЦВ-0125. – К.: Укрзалізниця, 2011. – 27 с. – (Відомчий нормативний документ Державної адміністрації залізничного транспорту України).

**Ключові слова:** буксовий вузол, підшипник, надійність, режим експлуатації, ресурс.

### *Анотації*

Виконана оцінка працездатності буксового вузла з урахуванням зовнішніх впливів, які можуть набувати випадкових значень під час експлуатації вагонів. Запропоновано визначати ресурс буксового вузла в залежності від рівня завантаженості та дальності вантажного рейсу.

Выполнена оценка работоспособности буксового узла с учетом внешних воздействий, которые могут принимать случайные значения во время эксплуатации вагонов. Предложено определять ресурс буксового узла в зависимости от уровня загрузки и дальности грузового рейса.

The estimation of serviceability of the axle-box site, with consideration of external impacts that may take random values during operation of the cars. Proposed to define resource axle-box site, depending on the level of activity and range of cargo flight.