

УДК 629.4.027

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.139.2013.87051>

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 роликових підшипників істотно полегшує процеси проведення монтажно-демонтажних робіт і технічного обслуговування, оскільки підшипник поставляється у складі готової букси. В результаті скорочуються витрати матеріальних і трудових ресурсів на проведення монтажно-демонтажних робіт;

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

- використання касетних роликових підшипників дозволяє принципово змінити систему ремонту і технічного обслуговування роликових 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 γ -відсотковий ресурс при $\gamma=90\%$. В той же час відомо, що середній ресурс підшипників перевищує γ -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 сьогодишньої 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 τ 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 ε_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

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

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 $u = \sum_{i=1}^3 \frac{t_i}{T} v_i$ 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.