

УДК 629.4.027

**ВИЗНАЧЕННЯ ПОРЯДКУ ДІАГНОСТУВАННЯ БУКСОВИХ ВУЗЛІВ ЕЛЕКТРОВОЗІВ НА ОСНОВІ ДАНИХ ПРО ЇХ ПОШКОДЖЕННЯ В ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

Канд. техн. наук Ю.М. Дацун, магістрант Г.О. Колесніченко

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРЯДКА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ БУКСОВЫХ УЗЛОВ ЭЛЕКТРОВОЗОВ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ПРО ИХ ПОВРЕЖДЕНИЯ В ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Канд. техн. наук Ю.Н. Дацун, магистрант Г.О. Колесниченко

**THE DETERMINATION OF THE PROCEDURE OF DIAGNOSTICS OF THE AXLE NODES OF LOCOMOTIVES ON THE BASIS OF DATA ABOUT THEIR DAMAGE IN MAINTENANCE**

Cand. of techn. sciences Y. Datsun, master student G. Kolesnichenko

*Проведено дослідження статистичних даних пошкоджень буксових вузлів електровозів ЧС-2 в експлуатації. Виявлено найбільш характерні пошкодження буксових вузлів і ймовірні причини їх виникнення. Визначено характеристики закону розподілу пошкоджень буксових вузлів. Розраховано момент проведення першого діагностування буксових вузлів після ремонту за критерієм безвідмовної роботи. Розглянуто основні методи вібродіагностики підшипникових вузлів. Сформовано напрямки підвищення надійності буксових вузлів.*

**Ключові слова:** буксовий вузол, пошкодження, діагностика, вібрація, пробіг.

*Проведено исследование статистических данных повреждений буксовых узлов электровозов ЧС-2 в эксплуатации. Выявлены наиболее характерные повреждения буксовых узлов и вероятные причины их возникновения. Определены характеристики закона распределения повреждений буксовых узлов. Рассчитан момент проведения первого диагностирования буксовых узлов после ремонта по критерию безотказной работы. Рассмотрены основные методы вибродиагностики подшипниковых узлов. Сформированы направления повышения надежности буксовых узлов.*

**Ключевые слова:** буксовый узел, повреждения, диагностика, вибрация, пробег.

In the article the damage of the axle boxes of locomotives CHS-2 in operation are analyzed. The most frequently in use bearings of axle nodes are damaged (their rings and separators). On the basis of histograms is determined that the distribution obeys the Weibull law. Based on the analysis of the nature of the damage the main directions of improving the reliability of axle nodes of locomotives in maintenance are determined. To determine the technical condition of axle boxes the usage of the methods and technical systems based on the analysis of parameters of vibration is proposed. The article presents a short analysis of existing methods of diagnostics of the bearings of nodes. As a result of the calculation according to the criterion of uptime the time of first diagnosis of axle equipment after repair is defined.

To further determine the frequency of diagnosis the criterion of change of parameters of the technical state of the node is proposed to use. For the current conditions of the maintenance of locomotives the introduction of diagnostic systems that have the functions of anticipating and shaping the future recommendations according to the previous diagnostics would be as the most acceptable option.

**Keywords:** axle node, damage, diagnostics, vibration, mileage.

**Постановка проблеми.** Складна економічна ситуація в країні та залізничній галузі висуває на перший план питання економії всіх видів ресурсів. Вона змушує розробляти та впроваджувати заходи з підвищення ефективності експлуатації

рухомого складу залізниць. Відомо, що основними факторами, які визначають ефективну роботу тягового рухомого складу, є його безпека та надійність. Одними з вузлів, що обумовлюють безпеку руху та надійність тягового рухомого складу, є буксові вузли

локомотивів. Отже підвищення надійності буксових вузлів локомотивів в експлуатації є актуальним завданням.

**Аналіз досліджень і публікацій.**

Активний розвиток методів, заснованих на аналізі параметрів вібрації, дав потужний поштовх до розроблення технічних систем та обладнання для моніторингу та діагностики підшипникових вузлів [1, 2]. Однак у рамках існуючої системи технічних обслуговувань і ремонтів (ТОР) рухомого складу [3] не визначено чіткого порядку застосування засобів вібродіагностування буксових вузлів, що потребує додаткових досліджень.

**Мета статті.** На основі статистичних даних пошкоджень буксових вузлів в експлуатації виявити доцільність впровадження діагностичного обладнання, визначити порядок його застосування.

**Виклад матеріалу.** Для виявлення характеру виникнення пошкоджень буксових вузлів у локомотивному депо збирали відповідну статистичну інформацію. Отримані дані оброблялись відповідним чином, будувались гістограми розподілу пошкоджень.

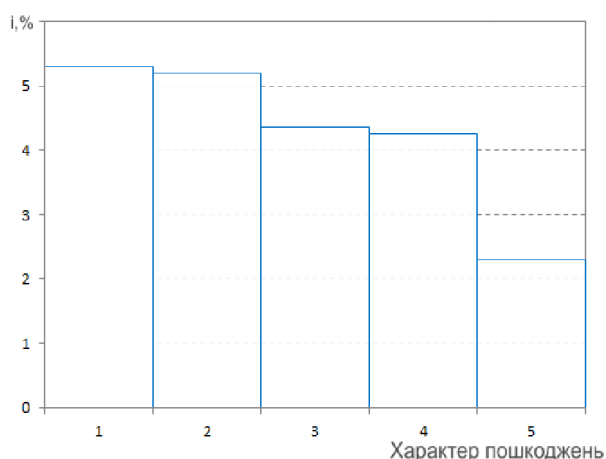
За даними локомотивного депо, найчастіше в експлуатації виникають тріщини в кільцях підшипників, руйнування сепаратора, пошкодження торцевого кріплення підшипника та повне руйнування підшипника (рис. 1, а). На рисунку 1 – тріщини в кільцях; 2 – руйнування сепаратора; 3 – пошкодження торцевого

кріплення підшипника; 4 – руйнування підшипника; 5 – деформація та пошкодження роликів.

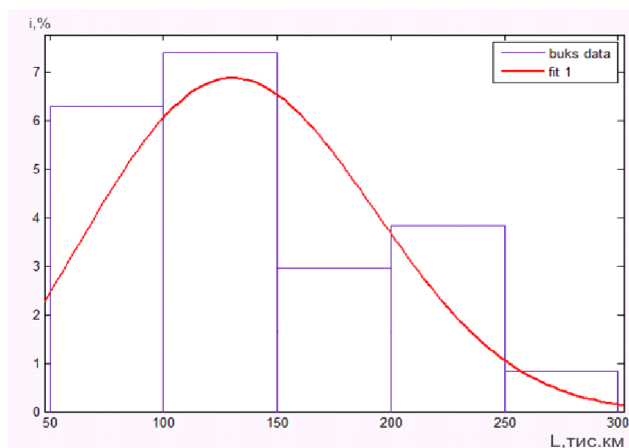
Тріщини в кільцях підшипників (рис. 2, а) виникають у результаті динамічних навантажень, ударів і порушень технології монтажу.

Руйнування сепараторів підшипників (рис. 2, б), як правило, є результатом недостатнього змазування та деформації зовнішніх кілець. Це призводить до виникнення нерівномірних сил до тіл кочення та впливу руйнуючих сил на сепаратор [4].

Розподіл пошкоджень буксових вузлів за пробігом дозволяє зазначити, що значна кількість подій виникає в інтервалі пробігу 50-100 тис. км. Найбільших значень кількість пошкоджень сягає в інтервалі 100-150 тис. км (рис. 2, б). Експлуатація електровозів з пробігами більше 150 тис. км після ремонту характеризується зменшенням кількості пошкоджень буксових вузлів до рівня 3-3,5 % і подальше зниження до рівня 0,8 % в інтервалі 250-300 тис. км. У результаті розрахунку була визначена відповідність побудованої гістограми теоретичному закону розподілення Вейбулла з математичним очікуванням 137,9 тис. км. Отримане значення математичного очікування значно менше встановлених пробігів електровозів ЧС2 для проведення ПР-2 (150 тис. км).



а



б

Рис. 1. Розподіли пошкоджень буксових вузлів електровозів ЧС2: а – за характером пошкодження; б – за пробігом

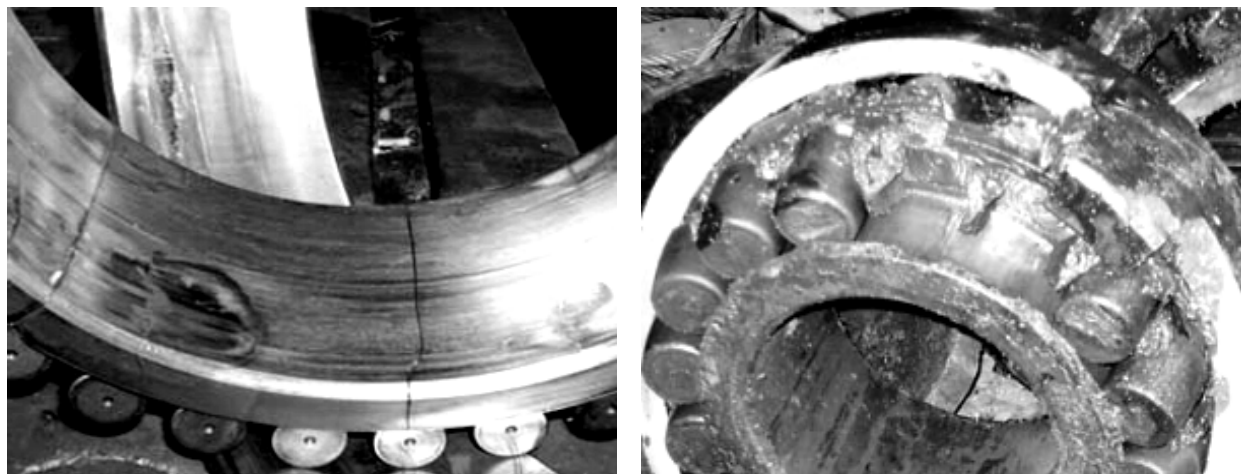


Рис. 2. Пошкодження підшипників буксових вузлів електровозів:  
а – тріщини кільця підшипника; б – руйнування сепаратора

Проведений аналіз дозволяє відзначити недостатню надійність буксових вузлів електровозів ЧС2 в експлуатації. Основними причинами цього є порушення технології ремонту і монтажу підшипникових вузлів, збирання буксового вузла та закладання мастила при проведенні поточних і капітальних ремонтів. Отже для підвищення надійності буксових вузлів разом з впровадженням діагностичного обладнання слід усувати невідповідності ремонтного виробництва за такими напрямками: документація, технологічне обладнання і технологічна дисципліна, персонал, матеріали та запасні частини [5].

На сьогоднішній день існує велика кількість готових рішень для здійснення діагностики підшипникових вузлів, заснованих на аналізі параметрів вібрації. Так, прилади, що застосовують акустичний метод, оцінюють інтенсивність звукового тиску, що генерується підшипниковим вузлом у процесі роботи [6].

Широке розповсюдження отримав метод діагностики за загальним рівнем вібрації, коли в якості діагностичних приладів використовують найпростіші віброметри [7]. Однак цей метод дозволяє визначати дефекти лише на останній стадії їхнього розвитку, коли вони призводять або вже призвели до руйнування вузлів.

При діагностиці за спектрами вібросигналів, критерієм наявності й ступенем розвитку дефекту служать характерні складові

спектра на несучих частотах елементів вузла («піки»), їхня інтенсивність і періодичність.

Такий метод діагностики дозволяє виявляти дефекти підшипникових вузлів значно раніше, ніж акустичним методом чи при діагностиці за загальним рівнем вібрації [8].

Одним з методів, що дозволяє виявляти дефекти підшипників на ранній стадії, є діагностика за обвідними спектрами. Однак його реалізація вимагає застосування досить складних і дорогих збирачів даних і пакетів, що аналізують, прикладних програм. У підсумку діагностичний прилад перетворюється в комплекс, що містить окремо збирачів даних і персональний комп'ютер із програмою, що аналізує [1].

При застосуванні методу ударних імпульсів виконується аналіз взаємного узагальненого кількісного співвідношення двох характерних величин: середнього рівня вібрації – фону й максимального значення – «піка» ударного віброприскорення змушеної високо-частотної вібрації на частотах 30...32 кГц. Використання узагальненого кількісного співвідношення двох величин «середній рівень – пік» дозволяє виявляти дефекти підшипникових вузлів на досить ранніх стадіях їхнього розвитку. Однак через особливості вимірювальних процесів у вузькосмуговій області й співвідношення їх з параметрами вібрації метод не є ефективним для визначення якості змащення вузлів [9].

Метод акустичної емісії заснований на реєстрації й аналізі акустичних сигналів

ультразвукового діапазону, що супроводжують зародження й розвиток мікро- і макродефектів контролюваного об'єкта при його роботі [10].

Впровадження діагностичного обладнання локомотивів повинно супроводжуватись застосуванням нової системи, що буде передбачати періодичність проведення діагностувань, порядок зберігання та використання діагностичної інформації.

Для визначення оптимальної періодичності ремонтів локомотивів найчастіше застосовуються такі критерії [11]:

- мінімуму сумарних витрат на планові та непланові ремонти елементів з урахуванням збитків від псування локомотивів на лінії та зниження економічності;

- забезпечення заданої ймовірності безвідмовної роботи в міжремонтний період;

- максимуму коефіцієнта технічного використання.

Визначення оптимальних міжремонтних періодів для вузлів, відмови яких впливають на безпеку руху, проводять із застосуванням критерію безвідмовності

$$L_{p.o.} = \nu_{p.o.} \cdot L_{cp}, \quad (1)$$

де  $\nu_{p.o.}$  – відносний міжремонтний пробіг

$L_{cp}$  – напрацювання вузла на відмову.

Для отриманих експериментальних даних (рис. 1) і допустимої ймовірності безвідмовної роботи 0,95 розрахована періодичність ремонту буксових вузлів склала 48,2 тис. км, що добре узгоджується з експериментальними даними (рис. 1), за якими перше пошкодження буксового вузла після ремонту зареєстровано при пробігу 50 тис. км. У цей момент доцільно провести діагностування вузла, а подальше використання цього підходу не має сенсу. Діагностичні операції не змінюють технічний стан вузла, а інтенсивність відмов від точки  $L_{p.o.}$  до  $L_{cp}$  різко зростає. Для визначення

періодичності діагностування на відрізьку  $L > L_{p.o.}$ , що характеризується збільшенням кількості пошкоджень, доцільно використовувати методи, засновані на закономірності зміни параметрів технічного стану [12]. Отримання таких даних по буксових вузлах можливе тільки з застосуванням діагностичного обладнання. Найбільш прийнятним варіантом у такому випадку є впровадження комплексів, що мають функції прогнозування та формування подальших рекомендацій за даними попередніх діагностувань [13].

**Висновки.** У результаті проведених робіт було визначено:

- буксові вузли електровозів ЧС2 характеризуються низькою надійністю в експлуатації. Розподіл пошкоджень буксових вузлів добре описується законом розподілення Вейбулла з математичним очікуванням 137,9 тис. км;

- підвищення надійності буксових вузлів можливе тільки за умови комплексного підходу: впровадження діагностичного обладнання, усунення порушень технології та невідповідностей ремонтного виробництва;

- застосування критерію безвідмовної роботи дозволило виявити початковий післяремонтний пробіг 48,2 тис. км, що може бути використаний при визначенні порядку проведення діагностувань. Періодичність діагностування вузлів протягом всього терміну експлуатації доцільно проводити на основі методів, заснованих на закономірності зміни параметрів технічного стану;

- в умовах зниження якості запасних частин, зменшення обсягів перевезень, збільшення нерівномірності роботи локомотивів доцільним є застосування діагностичних комплексів, що мають функції прогнозування та формування подальших рекомендацій за даними попередніх діагностувань.

#### Список використаних джерел

1. Кривной, А.М. Комплексная оценка средств вибродиагностики [Текст] / А.М.Кривной, А.Т. Осаяев // Локомотив. – 2005. – № 1. – С. 28-31.
2. Тэттер, В.Ю. Анализ развития систем вибродиагностики и тенденции их развития [Текст] / В.Ю. Тэттер, В.И. Щедрин // Омский научный вестник. – 2000. – Март. – С. 35-41.

3. Положення про планово-попереджувальну систему ремонту та технічного обслуговування тягового рухомого складу [Текст]: Затв. наказом Укрзалізниці №093-Ц від 30.06.2010 р. – К., 2010. – 43 с.
4. Классификация повреждений подшипников [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://eam.su/klassifikaciya-povrezhdenij-podshipnikov.html>. – Загл. с экрана.
5. Тартаковский, Э. Применение экспертных методов для оценки организационно-технического уровня локомотиворемонтных предприятий [Текст] / Э. Тартаковский, В. Пузырь, Ю Дацун // TRANSPORT PROBLEMS. – 2014. – Vol. 4. – P. 215-220.
6. Костюков, В.Н. Практические основы виброакустической диагностики машинного оборудования [Текст] // В.Н. Костюков, А.П. Науменко. – Омск: ОмГТУб, 2002. – 108 с.
7. LV-2 Лазерный вибропреобразователь [Текст]: техническое описание. – Новосибирск, 2002. – 10 с.
8. Русов, В.А. Диагностика дефектов вращающегося оборудования по вибрационным сигналам [Текст] // В.А. Русов. – Пермь, 2012. – 200 с.
9. Li Zhen. Bearing condition monitoring based on shock pulse method and improved redundant lifting scheme [Текст] / Li Zhen, He Zhengjia, Zi Yanyang, Chen Xuefeng // Mathematics and Computers in Simulation. – 2008. – Vol. 79. Issue 3, December. – P. 318-338.
10. Федоров, Д.В. Акустико-эмиссионный метод диагностики технического состояния подшипниковых узлов локомотивов [Текст] / Д.В. Федоров // Приборы и системы. Управление. Контроль. Диагностика. – 2004. – № 4. – С. 58-63.
11. Галкин, В.Г. Надежность тягового подвижного состава. [Текст]: учеб. пособие // В.Г. Галкин, В.П. Парамзин, В.А. Четвертаков. – М.: Транспорт. – 1981. – 183 с.
12. Кузнецов, Е.С. Техническая эксплуатация автомобилей [Текст] / Е.С. Кузнецов. – М.: Транспорт. – 1991. – 416 с.
13. Інструкція з використання комплексу оперативної діагностики «Прогноз» [Текст]: затв. наказом Укрзалізниці № 174-ЦЗ/од від 31.07.2013 р. – К., 2013. – 28 с.

Рецензент д-р техн. наук, професор В.Г. Пузир

---

Дацун Юрій Миколайович, канд. техн. наук, доцент, кафедра експлуатації та ремонту рухомого складу, Український державний університет залізничного транспорту, тел.: (057) 730-20-79.  
E-mail: [datsun.hiit@rambler.ru](mailto:datsun.hiit@rambler.ru).

Колесниченко Г.О., магістрант, кафедра експлуатації та ремонту рухомого складу Український державний університет залізничного транспорту. E-mail: [datsun.hiit@rambler.ru](mailto:datsun.hiit@rambler.ru).

Datsun Yurii, cand. of techn. sciences, lecturer of department of maintenance and repair of rolling stock, Ukrainian State University of Railway Transport, tel.: (057) 730-20-79. E-mail: [datsun.hiit@rambler.ru](mailto:datsun.hiit@rambler.ru).  
Kolesnichenko Georgy, master student of department of maintenance and repair of rolling stock, Ukrainian State University of Railway Transport, tel.: (057) 730-20-79. E-mail: [datsun.hiit@rambler.ru](mailto:datsun.hiit@rambler.ru).

Наукова праця здана до друку 07.09.2015 р.