

ВПЛИВ КОНСТРУКЦІЇ КОРПУСА БУКСИ НА РЕСУРС ПІДШИПНИКІВ ВАГОНІВ

*I. E. МАРТИНОВ, А. В. ТРУФАНОВА, Н. С. АУЛОВА**

*Кафедра «вагонів», Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків, УКРАЇНА
email: nadezhdaaulova@gmail.com

АНОТАЦІЯ Багаторічний досвід експлуатації на залізницях України циліндричних буксових підшипників свідчить, що вони мають недостатню надійність. Фактична довговічність залізничних буксових підшипників суттєво менше за розрахункову. Однією з причин є нерівномірне розподілення навантаження як між тілами кочення, так і уздовж твірної роликів. Перспективним напрямком розв'язання цієї проблеми може бути забезпечення раціонального розподілення навантаження на підшипники буксового вузла шляхом створення змінної жорсткості корпусу букси в різних напрямках та надання можливості самовстановлення колісної пари під час руху вагона, особливо на кривих ділянках колії.

Ключові слова: буксовий вузол; вантажний вагон; циліндричний підшипник; надійність; довговічність; корпус

INFLUENCE OF A DESIGN OF AN AXLE BOX ON THE RESOURCE OF BEARINGS

I. E. MARTYNOV, A. V. TRUFANOVA, N. S. AULOVA

Department of wagons, Ukraine State University of Railway Transport, Kharkiv, UKRAINE

ABSTRACT Long experience of exploitation of cylindrical axle bearings on Ukrainian railways shows that reliability of these bearings is low. Real durability of these bearings is much lower than a calculated durability. One of the reasons is an uneven load distribution, both between rolling elements and along a generatrix. A promising way to solve this problem is to ensure a rational load distribution on the bearings by creating an axle box housing with a variable hardness in different directions and granting to a wheelset an ability of self-alignment during the movement of the wagon, especially on track transition curves. Improvement of safety the Railways in Ukraine can be achieved through the modernization less reliable elements of cars in order to eliminate failures in operation. In this article issues of improving axle boxes of wagon. Analysis of international experience of design and operation of the axle unit bearings suggests that one way to improve the reliability roller bearings may be changing the body of the box. The article analyses scientific publications relevant to the forces acting on the bearing of rolling stock and focuses on the axle-box heating process. The purpose of the research is to determine reasons for a change in the heating temperatures variations and tendencies a depending of the of different axle-boxes of rolling stock.

Keywords: axle unit; goods wagon; cylindrical axle; reliability; durability; housing

Вступ

Забезпечення конкурентоспроможності залізничного транспорту в умовах корінної перебудови економіки країни є важливим завданням науковців та фахівців вітчизняних залізниць. Одним з шляхів вирішення цієї задачі є зниження витрат на утримання вантажних вагонів в експлуатації з метою зменшення собівартості перевезень. З урахуванням того, що переважна більшість вантажних вагонів вже вичерпала свій ресурс і використовується з подовженим терміном експлуатації, витрати матеріальних та трудових ресурсів на підтримання вагонного парку у працездатному стані досягають суттєвих величин.

Постановка проблеми

Безперебійне постачання вантажів споживачам залежить від багатьох факторів, найголовнішим з яких є надійна робота рухомого складу. Не останню роль в забезпеченні надійності відіграє безвідмовна робота буксових вузлів з підшипниками кочення.

Буксовий вузол є одним із найбільш відповідальних елементів ходових частин вагонів, несправність або відмова якого загрожує безпеці руху поїздів. Проблемою сучасних буксових вузлів залишається виникнення їх надмірного нагріву на шляху прямування [1,2,3]. В різні роки на українських залізницях частка відчеплень вагонів на шляху прямування через надмірний нагрів буксових вузлів досягала 60-70 % від загальної кількості відчеплень. До цієї кількості необхідно додати також тисячі випадків відмов буксових вузлів, своєчасно виявлених засобами технічного контролю або оглядачами вагонів за зовнішніми ознаками [4].

Це досить переконливо свідчить про те, що існуюча конструкція буксового вузла з двома циліндричними роликівими підшипниками на гарячій посадці, яка експлуатується на протязі багатьох років на залізницях країн СНД, має недостатню надійність та не забезпечує сучасні умови експлуатації [5,6]. Тому підвищення надійності буксових вузлів залишається вкрай актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Багато вчених на протязі десятиліть приділяли увагу надійності буксових вузлів. Так, основи теорії розрахунку довговічності підшипників кочення були запропоновані В. Вейбуллом [7] в 1939 р. і одержали подальший розвиток в дослідженнях А. Пальмгрена і Г. Лундберга [8]. Але застосування цієї теорії стосовно залізничних буксових циліндричних підшипників дає результати, які суттєво відрізняються від даних експлуатації. Так, згідно [9] середній строк служби підшипників повинен перевищувати 40 років, а фактично він не перевищує 10 років [10].

Довговічність підшипників кочення залежить від величини контактних напружень, що виникають в зоні контакту роликів та доріжок кочення. Особливість конструкції буксового вузла і сполученої зоні з бічної рамою візка полягає в тому, що при експлуатації неминучим є знос корпусу букси, буксового прорізу бокових рам візка і появи при цьому значних зазорів. При русі вагона це призводить до виникнення додаткових коливань візків, забігання бокових рам одна відносно іншої, перенавантаження однієї з букс, що може викликати нерівномірне навантаження на корпус буксового вузла, перекошування кілець буксових підшипників та інші несправності [11]. Відповідно при експлуатаційному перекошуванні кілець контактний тиск розподіляється по доріжкам кочення нерівномірно [12]. Комбіноване (радіальне та осьове) навантаження буксового вузла суттєво впливає на кінематику та динаміку його елементів: вздовж лінії контакту роликів з доріжками кочення кілець підшипника з'являється концентрація радіального навантаження через не співвісність кілець, а по торцях роликів, контактуючих з бортами кілець, виникають значні осьові сили тертя [13, 14, 15]. За умов сприймання такого навантаження найбільші значення напруження виникають на кінцях твірної ролика [16]. Існуюча методика визначення еквівалентного навантаження на буксовий вузол не враховує особливості передачі та розподілення навантаження, умов експлуатації вантажних вагонів, а також тип вантажного вагону та особливості його конструкції.

Згідно з [17] розрахунковий ресурс роликів підшипників залежить від базової динамічної вантажопідйомності та еквівалентного навантаження, що діє на підшипники. Для уточнення результатів запроваджують ряд поправочних коефіцієнтів, які враховують вплив мастильних матеріалів та умов роботи буксового вузла.

Величина динамічної вантажопідйомності встановлюється на підставі розрахунків або випробувань виробниками підшипників.

Еквівалентне навантаження, що діє на підшипники, визначається за наступною формулою:

$$P_e = (X \cdot V \cdot F_r + Y \cdot F_a) K_T K_G \quad (1)$$

де X , Y – коефіцієнти відповідно радіального і осьового навантажень; V – коефіцієнт обертання; F_r – радіальне навантаження, кН; F_a – осьове навантаження, кН; K_T – температурний коефіцієнт; K_G – коефіцієнт безпеки (динамічний).

У роботі [10] для розрахунку еквівалентного навантаження пропонується прийняти припущення, що в експлуатації осьові сили відсутні і на буксові вузли вони не діють, тому формула для визначення еквівалентного навантаження матиме наступний вигляд:

$$P_e = F_r \cdot K_T \cdot K_G \quad (2)$$

При цьому вважається, що буксовий вузол завантажений по класичній схемі: найбільш навантаженим є верхній ролик, центр якого розташований у напрямку радіального навантаження, що діє на підшипник, а навантаження на інші ролики зменшується пропорційно косинусу кута між напрямними сили та прямою, що з'єднує центр ролика з центром підшипника.

Але стосовно залізничних буксових підшипників така схема не відповідає дійсності [18, 19]. Радіальне навантаження, що діє на буксовий вузол, розподіляється між підшипниками нерівномірно. Неоднакове навантаження рядів роликів знижує загальний строк служби підшипників та підвищує частоту їх заміни у ремонтах. На нерівномірність розподілу радіального навантаження між парними підшипниками впливають перш за все особливості конструкції букси (або пристроїв, що передають зусилля від рами візка на підшипники), деформації шийки осі колісної пари, жорсткість ресорного підвішування, точність виготовлення та монтажу елементів і осьові навантаження колісної пари.

З підвищенням швидкостей руху та особливостей його завантаженості, існуючий буксовий вузол не відповідає умовам забезпечення надійного та безперебійного перевезення вантажів. Це може призвести до вибору вантажовласниками іншого виду перевезень. Саме тому вагомою задачею працівників залізничного транспорту є проведення досліджень щодо модернізації рухомого складу та безпосередньо удосконалення буксових вузлів вагонів.

Треба зазначити, що при розгляді питань підвищення довговічності буксових підшипників основна увага приділялася безпосередньо удосконаленню конструкції та технології виготовлення самих підшипників. Питання оптимізації конструкції корпусів букс для забезпечення рівномірного розплавлення навантажень приділялось недостатньо уваги.

Основна мета та задача дослідження

Метою даної роботи є аналіз впливу різних конструкцій корпусів букс на довговічність буксових підшипників.

Основна частина дослідження

Напрямки досліджень оптимізації розподілу радіального навантаження на тіла кочення в підшипниках букс вантажних вагонів можна поділити таким чином:

- вибір раціональної форми контакту бокової рами візка та корпусу букси;
- вибір раціональної форми безпосередньо корпусу букси;
- внесення змін в конструкцію тіл кочення та кільця підшипників.

У подальшому будемо розглядати питання удосконалення конструкції корпусу букси, які, в свою чергу, можна поділити на такі основні напрямки:

- придання зводу корпусу у середній частині більшої жорсткості;
- зменшення відстані між приливами;
- застосування зводу зі змінним перетином.

Так, одним з шляхів удосконалення конструкції корпусу букси є введення у його конструкцію отворів та порожнин різної конфігурації.

Прикладом такої модернізації є буксовий вузол з проточками у корпусі (адаптері), що виконані похилими відносно його повздовжньої осі та рівномірно розташовані від центра прикладення навантаження (рис.1). Здатність металу пружно деформуватись призводить до виникнення у опорного сидла пружних властивостей, що зменшує динамічну взаємодію на підшипники та покращує умови їх роботи [20].

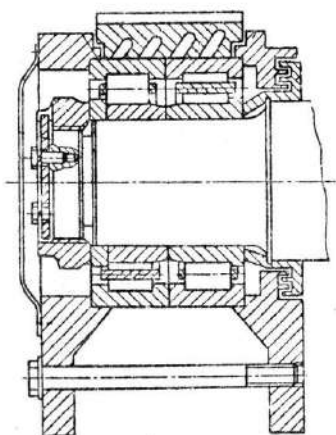


Рис. 1 – Буксовий вузол з проточками

До цього ж напрямку відноситься буксовий вузол з двома повздовжніми прорізами у верхньому

зводі корпусу букси (рис. 2). Ролики за кожен оборот потрапляли у навантажену зону та отримані навантаження зростають від нуля до максимального значення і далі знову знижуються до нуля. Додаткові прорізи забезпечують більш сприятливе навантаження роликів [21].

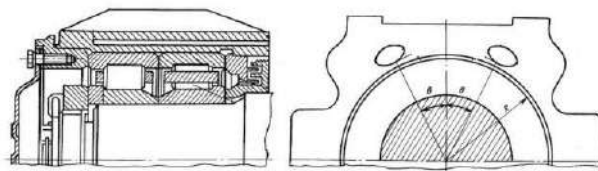


Рис. 2 – Буксовий вузол з прорізами у верхньому зводі корпусу

Запропонована конструкція букси з арочним сприйманням вертикального навантаження (рис. 3) відрізнялася тим, що у суцільнометалевому корпусі у зоні навантаження підшипників була виконана ділянка у вигляді отвору, що відділяла звід корпусу від навантаженої арки.

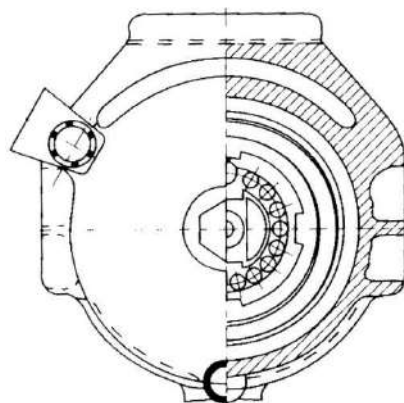


Рис. 3 – Буксовий вузол з вільною ділянкою у верхньому зводі корпусу

Арка у цій буксі виконує роль адаптера, сприймає статичні та динамічні навантаження та передає їх на бокові стінки букси. Звід корпусу охоплює зовнішні кільця за рахунок чого у роботі задіяне більше число роликів. При таких умовах відбувається плавний вхід роликів у зону навантаження, яке рівномірно розподіляється між роликками. Зовнішнє навантаження не передається безпосередньо на звід корпусу, що виключає крайове навантаження роликів при маятниковому коченні бокових рам візків [22].

Але ці пропозиції щодо зміни в конструкціях буксових вузлів не дістали подальшого розвитку. Недоліком цих конструкцій є збільшена трудомісткість виготовлення. Крім того, такі проточки можуть стати джерелом концентрації напружень.

Іншим напрямом удосконалення конструкції буксового вузла є використання пружних елементів.

На початку 80-х років ХХ сторіччя була запропонована конструкція буксового вузла з еластичною прокладкою, розташованою між адаптером та зовнішнім кільцем [23]. Передбачалось, що ця прокладка забезпечує суттєве поліпшення силових режимів роботи, більш рівномірне розподілення навантаження як між роликами підшипників, так і вздовж твірної. Крім того відбувалась компенсація відхилення від геометрії опорних поверхонь буксового вузла (рис. 4).

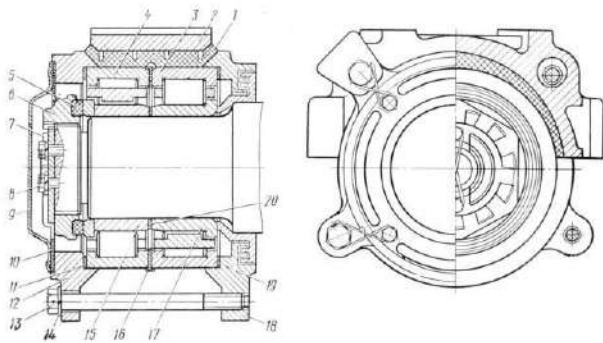


Рис. 4 – Буксовий вузол з еластичною прокладкою

Подібний ефект забезпечував й буксовий вузол з пружним елементом, що встановлювався у отворі на корпусі. У такому буксовому вузлі пружний елемент міг виконуватись з почергово розташованих гумових та металевих пластин (рис. 5). Навантаження від рами візка на буксовий вузол передавалося через пружний елемент, причому елемент деформувався за довжиною та шириною під час експлуатації, сприяючи тим самим оптимальному розподіленню навантажень по елементам буксових вузлів [24].

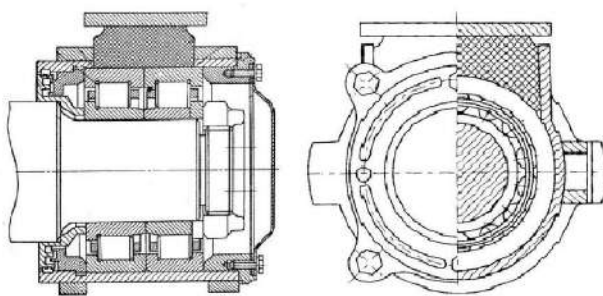


Рис. 5 – Буксовий вузол з пружною прокладкою

Розглядалася ще одна конструкція буксового вузла, в якій між опорною подушкою букси та підшипниками була розміщена пружна еластична прокладка для компенсації непаралельності опорних поверхонь підшипників при пружно зігнутій осі колісної пари (рис. 6) [25].

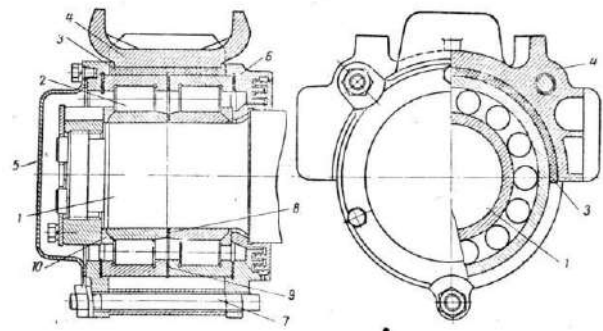


Рис. 6 – Буксовий вузол з пружною еластичною прокладкою

Але експлуатаційні випробування буксових вузлів з пружними елементами показало, що під час експлуатації низька міцність гуми та нестабільність її властивостей суттєво впливали на працездатність буксового вузла та його теплові режими. Часта заміна гумових елементів у буксових вузлах виявилась економічно недоцільною та від застосування буксових вузлів з пружними гумовими елементами відмовились.

Під час експлуатації вагону передача навантаження від бічної рами візка на буксовий вузол здійснюється через плоский контакт рами та букси. Це впливає на нерівномірне розподілення навантаження між тілами кочення у буксовому вузлі. Тому іншим напрямом підвищення довговічності буксових підшипників є застосування в конструкції буксового вузла ребер жорсткості, приливів та змінного перетину самого зводу.

Використання букси з корпусом у вигляді полого циліндру, верхній звід якого (адаптер) має змінну товщину (20-28 мм), а вертикальні сили передаються на бокові ребра (рис. 7), призвело до більш рівномірного розподілення навантаження між роликами. Такий корпус має бокові та вертикальні приливи для обмеження зміщень відносно бокової рами візка [22].

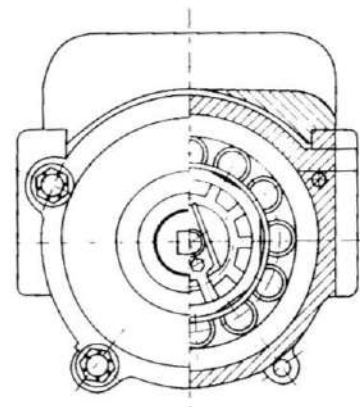


Рис. 7 – Буксовий вузол з корпусом у вигляді полого циліндру

Між корпусом адаптера і верхнім зводом корпусу букси є зазор, що попереджає деформацію зводу. Верхня опорна поверхня адаптера була виконана плоскою, що забезпечувало сприятливі умови взаємодії з плоскою опорою буксового отвору бокової рами у візку моделі 18-100.

Інша конструкція, представлена на рис. 8, виконана з двома прямокутними приливами по краях зводу в зоні навантаження роликів. Ці приливи розташовуються за всією довжиною корпусу і є опорними поверхнями для передачі навантаження від бокової рами. По бокам букса оснащена приливами, що взаємодіють зі щелепними напрямними бокової рами візка.

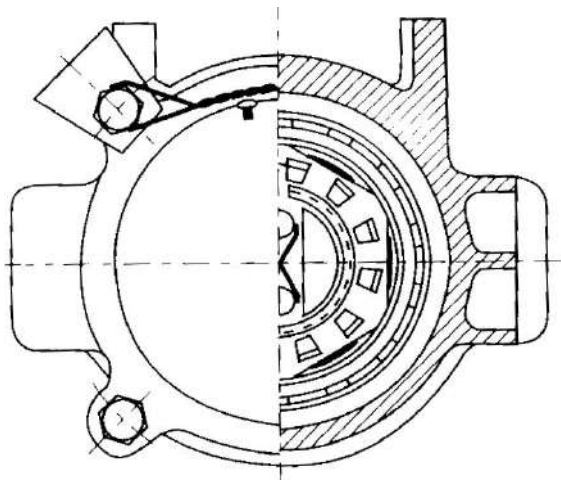


Рис. 8 – Буксовий вузол, що має корпус з прямокутними приливами

Для придання зводу корпусу букси однакової жорсткості за його довжиною над лабіринтовою частиною була виконана виточка. Дослідженнями встановлено, що у такому корпусі ролик, що знаходиться у центрі дії радіального навантаження, навантажені менше, ніж суміжні з ним. При цьому навантаження, що приходить на розташований в цьому місці ролик, було на 12-16 % менше в порівнянні з розрахунковим [22].

Істотним недоліком даної конструкції є забезпечення раціонального розподілення лише радіального навантаження між роликами підшипника. Крім того, при русі підшипника ролик спочатку входить в зону навантаження під дією великої сили, після чого навантаження зменшується, потім знову сягає максимуму і потім падає до нуля. Пульсуюче навантаження призводить до проковзування підшипників та спричиняє більш інтенсивне зношування кілець підшипників і сепаратора.

Висновки

Фактична довговічність залізничних буксових підшипників суттєво менше за розрахункову. Однією з причин є нерівномірне розподілення навантаження як між тілами кочення, так і уздовж твірної роликів. Перспективним напрямком розв'язання цієї проблеми може бути забезпечення раціонального розподілення навантаження на підшипники буксового вузла шляхом створення змінної жорсткості корпусу букси в різних напрямках та надання можливості самовстановлення колісної пари під час руху вагона, особливо на кривих ділянках колії.

Список літератури

- 1 **Deshmukh, B. D.** Study of Failure Modes of Rolling Bearings: A Review / **B. D. Deshmukh, N. D. Moundecar** // *Journal of Modern Engineering Research*. – 2014. – № 1. – P. 139-145.
- 2 **Lunys, O.** Investigation on features and tendencies of axle-box heating / **O. Lunys, S. Dailydka, G. Bureika** // *Transport Problems*. – 2015. – № 1. – P. 105-114.
- 3 **Lunys, O.** Riedmenų ašidėžių kaitimo temperatūrų kitimo tendencijos / **O. Lunys, R. Subačius** // *Mokslas – Lietuvos Ateitis. Transportas*. – 2012. – № 4. – P. 361-365. doi: 10.3846/2000-M
- 4 **Мартинов, І. Е.** Технічний стан буксових роликпідшипників вантажних вагонів / **І. Е. Мартинов** // *Харківська державна академія залізничного транспорту. Зб. наук. праць*. – Харків, 2000. – Вип. 41. – С. 38-42
- 5 **Мотовилов, К. В.** Эксплуатационная надежность буксовых узлов вагонов. / **К. В. Мотовилов, С. В. Перов, И. Э. Мартынов.** // *Проблемы повышения безопасности движения на железнодорожном транспорте. Межвуз. сб. науч. тр.* – М.: МИИТ. – 1988. – С. 92-99.
- 6 **Weibull, W.** A Statistical Theory of the Strength of Materials / **W. Weibull** // *Acta Polytechnica, Mechanical Engineering Series*. – Proc. Royal Swedish Academy of Engineering Sciences – 1939. – № 151. – P. 45.
- 7 **Мартынов, И. Э.** Анализ опыта эксплуатации цилиндрических роликпідшипников букс грузовых вагонов / **И. Э. Мартынов** // *Вісник Східноукраїнського державного університету*. – 2000. – № 5 (27). – С. 157-159.
- 8 **Цюренко, В. Н.** Опыт эксплуатации вагонов с буксовыми узлами на подшипниках качения / **В. Н. Цюренко** // *Пути совершенствования конструкций буксовых узлов вагонов с подшипниками качения: Труды ВНИИЖТ*. – М.: Транспорт, 1982. – Вып. 654. – С. 4-26.
- 9 **Цюренко, В. Н.** Надежность роликпідшипников в буксах вагонов / **В. Н. Цюренко, В. А. Петров** – М.: Транспорт, 1982. – 96 с.
- 10 **Lundberg, G.** Palmgren A. Dynamic Capacity of Rolling Bearings / **G. Lundberg, A. Palmgren** // *Acta Politechnica, Mechanical Engineering Series*. – 1947. – № 3.
- 11 **Lunys, O.** Reiedmenu asideziu šilumokatio procesal vaziuojant gelezinkelio kreivemis / **O. Lunys, G. Bureika** // *Mokslas – Lietuvos ateitis* – 2013. – № 5. – P. 552-557. – doi: 10.3846/mla.2013.87
- 12 **Матюшин, С. И.** Влияние перекоса роликпідшипников на расчетную долговечность буксовых подшипников /

- С. И. Матюшин** // *Повышение надежности и эффективности эксплуатации и ремонта вагонов: Труды ВНИИЖТ.* – М.: ВЗИИТ, 1984. – Вып. 122. – С. 39-47.
- 13 **Мартинов, І. Е.** Технічний стан буксових роликотідшипників вантажних вагонів / **І. Е. Мартинов** // *Харківська державна академія залізничного транспорту. Зб. наук. праць.* – 2000. – Вип. 41. – С. 38-42.
- 14 **Гайдамака, А. В.** Проблемы повышения долговечности роликотідшипників буксових вузлів / **А. В. Гайдамака** / *Залізничний транспорт України.* – 2001. – №1. – С. 17-18.
- 15 **Гайдамака, А. В.** Надійність циліндричних роликотідшипників букс вагонів і локомотивів / **А. В. Гайдамака** // *Зб. наук. праць УкрДАЗТ.* – Харків, 2013. – Вип. 139. – С. 103-111.
- 16 **Ільчишин В. М.** Аналіз напруженого стану зведеного касетного циліндричного підшипника буксового вузла вантажного вагона / **В. М. Ільчишин** // *Вісник Східноукраїнського державного університету. Науковий журнал.* – 2014. – №3 (210). Ч. 1 – С. 156-159.
- 17 ГОСТ 18855-94. Подшипники качения. Динамическая расчётная грузоподъёмность и расчётный ресурс (долговечность). Введ. 01 – 01 – 1997. – Изд-во стандартов 1996. – 19 с.
- 18 **Ioannides, E.** The SKF formula for rolling bearing life / **E. Ioannides, E. Berling, A. Gabelli** // *Evolution.* – 2001. – №1. – P. 25-28.
- 19 **Shimizu, S.** Fatigue Limit Concept and Life Prediction Model for Rolling Contact Machine Elements / **S. Shimizu** // *Tribology Transactions.* – 2002. – №1. – P. 39-46.
- 20 Пат. 1574502 СССР, МПК В 61 F 15/12 Буксовый узел рельсового транспортного средства / **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.
- 21 Пат. 1444206 СССР, МПК В 61 F 15/12 Роликовая букса железнодорожного транспортного / **О. М. Савчук, Н. А. Пастернак, В. В. Сборническая** [и др.]; заявитель и патентообладатель Днепропетровский институт инженеров железнодорожного транспорта. – № 4133118/27 – 11; заявл. 09.10.86; опубл. 15.12.88, Бюл. № 46. – 3 с.
- 22 **Морчиладзе, И. Г.** Совершенствование и модернизация буксовых узлов грузовых вагонов / **И. Г. Морчиладзе, А. М. Соколов** // *Железные дороги мира.* – 2006. №10 – С. 59-64.
- 23 Пат. 547372 СССР, МПК² В 61 F 15/12 Буксовый узел железнодорожного вагона / **В. В. Абашкин, Г. Г. Попов**; заявитель и патентообладатель Всесоюзный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта. – № 1464795/11; заявл. 03.08.70; опубл. 29.07.77, Бюл. № 7. – 4 с.
- 24 Пат. 685537 СССР, МПК² В 61 F 15/12 Буксовый узел / **А. Т. Головатый, Б. З. Акбашев, Н. Д. Ершов** [и др.]; заявитель и патентообладатель Проектно-конструкторское бюро Главного управления вагонного хозяйства Министерства путей сообщения СССР и Всесоюзный научно-исследовательский институт вагоностроения. – № 2583934/27 – 11; заявл. 23.02.78; опубл. 15.09.79, Бюл. № 34. – 3 с.
- 25 Пат. 241496 СССР, МПК² В 61 F 15/12 Буксовый узел для железнодорожных вагонов / **В. В. Абашкин, П. И. Травин**; заявитель и патентообладатель Всесоюзный научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта. – № 820131/27 – 11; заявл. 12.11.63; опубл. 21.09.72, Бюл. № 28. – 3 с.

Bibliography (transliterated)

- 1 **Deshmukh, B. D., Maundekar N. D.** Investigation of rolling bearing failure modes: review. *Journal of Modern Engineering Research*, 2014, **1**, 139-145.
- 2 **Lunis, O., Dalidka, S., Bureika, G.** Investigation of the features and tendencies of heating of axial boxes. *Problems of transport*, 2015, **1**, 105-114.
- 3 **Lunys, O., Subacius R.** Riedmenų asidėžių kaitimo temperatūrų kitimo tendencijos [Analysis of tendencies towards changes in temperatures of railway vehicle axle-boxes] *Mokslas – Lietuvos Ateitis. Transportas [Science – Future of Lithuania. Transport Engineering]*, 2012, **4**, 361-365, doi: 10.3846/2000-M
- 4 **Martynov, I. E.** Tekhnichniy stan buksovikh rolikotidshpnikov vantazhnikh vagoniv [Technical condition of cylindrical roller bearings of freight cars]. *Kharkivs'ka derzhavna akademiya zaliznichnogo transportu. Zb. nauk. prats' [Kharkiv State Academy of Railway Transport. Collection of scientific papers]*, 2000, **41**, 38-42.
- 5 **Motovilov, K. V., Perov, S. V., Martynov, I. E.** Eksploatatsionnaya nadezhnost' buksovykh uzlov vagonov [Operational reliability in axle boxes]. *Problemy povysheniya bezopasnosti dvizheniya na zheleznodorozhnom transporte. Mezhevuz. sb. nauch. tr. [Problems of improving traffic safety in railway transport. Interuniversity. Col. Scientific. Papers]*, Moscow: MIET, 1988, 92-99.
- 6 **Weibull, V.** Statistical theory of the strength of materials *Acta Polytechnica, Machine building series, Proc. Royal Swedish Academy of Engineering Sciences*, 1939, No. **151**, Stockholm.
- 7 **Martynov, I. E.** Analiz opyta eksploatatsii tsilindricheskikh rolikotidshpnikov buks gruzovykh vagonov [Analysis of the operational experience of cylindrical roller bearings of boxes of freight wagons]. *Visnik Shkhdnoukrains'kogo derzhavnogo universitetu [Herald of East-Ukrainian State University]*, 2000, **5 (27)**, 157-159.
- 8 **Tsyurenko, V. N.** Opyt eksploatatsii vagonov s buksovyimi uzlamy na podshpnykakh kacheniya [Experience in operating wagons with axle assemblies on rolling bearings]. *Puti sovershenstvovaniya konstruktivnykh buksovykh uzlov vagonov s podshpnykami kacheniya: Trudy VNIIZhT [Ways to improve the construction of axle boxes of wagons with rolling bearing: URIRT]*, 1982, **654**, 4-26.
- 9 **Tsyurenko V. N., Petrov V. A.** Nadezhnost' rolikovykh podshpnykov v buksakh vagonov [Reliability of roller bearings in carriages of carriages]. *Transport [Transport]*, 1982, 96.
- 10 **Lundberg G., Palmgren A.** Dynamic capacity of rolling bearings. - *Acta Polytechnica, machine building series.* - Vol. 1, №3. -1947.
- 11 **Lunys, O.** Reiedmenu asideziu šilumokatio procesal vaziuojant gelezinkelio kreivemis *Mokslas – Lietuvos ateitis*, 2013, **5**, 552-557, doi: 10.3846/mla.2013.87

- 12 **Matyushin, S. I.** Vliyaniye perekosa rolikov na raschetnyuyu dolgovechnost' buksovykh podshipnikov [Influence of skewing of rollers on the estimated life of bearing boxes]. *Povyshenie nadezhnosti i effektivnosti ekspluatatsii i remonta vagonov: Trudy VNIIZhT [Increase of reliability and efficiency of operation and repair of wagons: Proceedings of VNIIZhT]*, 1984, **122**, 39-47.
- 13 **Martynov, I. E.** Tekhnichniy stan buksovykh rolkopidshipnikov vantazhnykh vagoniv [Technical condition of cylindrical roller bearings of freight cars]. *Kharkivs'ka derzhavna akademiya zaliznichnogo transportu. Zb. nauk. prats' [Kharkiv State University of Railway Transportation. Collection of Scientific Papers]*. 2000, **41**, 38-42.
- 14 **Gaidamaka, A. V.** Problemy povysheniya dolgovechnosti rolkopodshipnikov buksovykh uzlov [Problems of Increasing the Durability of Roller Bearings of Axle Units]. *Zaliznichniy transport Ukraini [Railway transport of Ukraine]*, 2001, **1**, 17-18.
- 15 **Gaidamaka, A. V.** Nadiynist' tsilindrichnykh rolkopidshipnikov buks vagoniv i lokomotiviv [Reliability of cylindrical roller bearings of wagons and locomotives]. *Zb. nauk. prats' UkrDAZT [A collection of scientific works of the Ukrainian State Academy of Railway Transport]* 2013, **139**, 103-111.
- 16 **Il'chishin, V. M.** Analiz napruzhenogo stanu zdvoenogo kasetnogo tsilindrichnogo pidshipnika buksovogo vuzla vantazhnogo vagona [Analysis of the stressed state of the double cylindrical bearing of the axle box of the freight car]. *Visnik Skhidnoukrains'kogo derzhavnogo universitetu. Naukoviy zhurnal [Herald of East-Ukrainian State University. Scientific journal]*, 2014, **3(210)**, 156-159.
- 17 GOST 18855-94. Podshipniki kacheniya. Dinamicheskaya raschetnaya gruzopodemnost' i raschetnyy resurs (dolgovechnost') [Rolling bearings. Dynamic design load-carrying capacity and design life (durability)]. 01 - 01 - 1997. - *Izdatelstvo standartov [Publishing House of Standards]*, 1996, 19.
- 18 **Ioannides, E.** SKF formula for determining the service life of rolling bearings. *Evolution*, 2001, **1**, 25-28.
- 19 **Shimizu, S.** Fatigue Limit Concept and Life Prediction Model for Rolling Contact Machine Elements. *Tribology Transactions*, 2002, **1**, 39-46.
- 20 Pat. 1574502 SSSR, MPK V 61 F 15/12 Buksovyi uzel rel'sovogo transportnogo sredstva / **I. E. Martynov**; zayavitel' i patentoobladatel' Moskovskiy institut inzhenerov zheleznodorozhnogo transporta. – № 4427863/27-11; zayavl. 19.05.88; opubl. 30.06.90, Byul. № 24. – 3 s.
- 21 Pat. 1444206 SSSR, MPK V 61 F 15/12 Rolikovaya buksa zheleznodorozhnogo transportnogo / **O. M. Savchuk, N. A. Pasternak, V. V. Sobornitskaya** [i dr.]; zayavitel' i patentoobladatel' Dnepropetrovskiy institut inzhenerov zheleznodorozhnogo transporta. – № 4133118/27 – 11; zayavl. 09.10.86; opubl. 15.12.88, Byul. № 46. – 3 s.
- 22 **Morchiladze, I. G., Sokolov, A. M.** Sovershenstvovanie i modernizatsiya buksovykh uzlov gruzovykh vagonov [Improvement and modernization of axle boxes in freight cars]. *Zheleznye dorogi mira [Railways of the World]*, 2006, **10**, 59-64.
- 23 Pat. 547372 SSSR, MPK2 V 61 F 15/12 Buksovyi uzel zheleznodorozhnogo vagona / **V. V. Abashkin, G. G. Popov**; zayavitel' i patentoobladatel' Vsesoyuznyy ordena Trudovogo Krasnogo Znameni nauchno-issledovatel'skiy institut zheleznodorozhnogo transporta. – № 1464795/11; zayavl. 03.08.70; opubl. 29.07.77, Byul. № 7. – 4 s.
- 24 Pat. 685537 SSSR, MPK2 V 61 F 15/12 Buksovyi uzel / **A. T. Golovaty, B. Z. Akbashev, N. D. Ershov** [i dr.]; zayavitel' i patentoobladatel' Proektno-konstruktorskoe byuro Glavnogo upravleniya vagonnogo khozyaystvo Ministerstva putey soobshcheniya SSSR i Vsesoyuznyy nauchno-issledovatel'skiy institut vagonostroeniya. – № 2583934/27 – 11; zayavl. 23.02.78; opubl. 15.09.79, Byul. № 34. – 3 s.
- 25 Pat. 241496 SSSR, MPK2 V 61 F 15/12 Buksovyi uzel dlya zheleznodorozhnykh vagonov / **V. V. Abashkin, P. I. Travin**; zayavitel' i patentoobladatel' Vsesoyuznyy nauchno-issledovatel'skiy institut zheleznodorozhnogo transporta. – № 820131/27 – 11; zayavl. 12.11.63; opubl. 21.09.72, Byul. № 28. – 3 s.

Відомості про авторів (About authors)

Мартинів Ігор Ернстович – доктор технічних наук, професор, Український державний університет залізничного транспорту, завідувач кафедри вагонів, м. Харків, Україна; e-mail: martinov.hiit@rambler.ru.

Igor Ernstovych Martynov – Doctor of Technical Sciences, professor, Ukraine State University of Railway Transport, head of the department of wagons, Kharkiv; e-mail: martinov.hiit@rambler.ru.

Труфанова Альона Володимирівна – кандидат технічних наук, доцент, Український державний університет залізничного транспорту, доцент кафедри вагонів, м. Харків, Україна; e-mail: alena.hiit@rambler.ru.

Alena Vladimirovna Trufanova – Candidate of Technical Sciences, Docent, Ukraine State University of Railway Transport, Docent of the department of wagons, Kharkiv, Ukraine; e-mail: alena.hiit@rambler.ru.

Аулова Надія Сергіївна – аспірант, Український державний університет залізничного транспорту, аспірант кафедри вагонів, м. Харків, Україна; e-mail: nadezhdaaulova@gmail.com.

Nadia Sergiivna Aulova – Postgraduate, Ukraine State University of Railway Transport, Postgraduate student of the department of wagons, Kharkiv, Ukraine; e-mail: nadezhdaaulova@gmail.com.

Будь ласка, посилайтеся на цю статтю наступним чином:

Мартинів, І. Е. Вплив конструкції корпусу букси на ресурс підшипників вагонів / **І. Е. Мартинів, А. В. Труфанова, Н. С. Аулова** // *Вісник НТУ «ХПІ»*, Серія: Нові рішення у сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2017. – № 7 (1229). – С. 73-80. – doi:10.20998/2413-4295.2017.07.10.

Please cite this article as:

Martynov, I. E., Trufanova, A. V., Aulova, N. S. Influence of a design an axle box on the resource of bearings. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies.* – Kharkiv: NTU "KhPI", 2017, **7** (1229), 73–80, doi:10.20998/2413-4295.2017.07.10.

Пожалуйста, ссылайтесь на эту статью следующим образом:

Мартынов, И. Э., Труфанова, А. В., Аулова, Н. С. Влияние конструкции корпуса буксы на ресурс подшипников вагонов / **И. Э. Мартынов, А. В. Труфанова, Н. С. Аулова** // *Вестник НТУ «ХПИ», Серия: Новые решения в современных технологиях.* – Харьков: НТУ «ХПИ» – 2017. – № 7 (1229). – С. 73-80. – doi:10.20998/2413-4295.2017.07.10.

АННОТАЦИЯ Многолетний опыт эксплуатации на железных дорогах Украины цилиндрических буксовых подшипников свидетельствует, что они имеют недостаточную надежность. Фактическая долговечность железнодорожных буксовых подшипников существенно меньше расчетной. Одной из причин является неравномерное распределение нагрузки как между телами качения, так и вдоль образующей роликов. Перспективным направлением решения этой проблемы может быть обеспечение рационального распределения нагрузки на подшипники буксового узла путем создания переменной жёсткости корпуса буксы в разных направлениях и предоставление возможности самоустановки колесной пары при движении вагона, особенно на кривых участках пути.

Ключевые слова: буксовый узел; грузовой вагон; цилиндрический подшипник; надёжность; долговечность; корпус

Поступила (received) 13.03.2017