

УДК 629.4.027.11:681.518.5

doi:10.20998/2413-4295.2020.01.03

**ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БУКСОВИХ ВУЗЛІВ ВАГОНІВ ВБУДОВАНИМИ СИСТЕМАМИ КОНТРОЛЮ****I. Е. МАРТИНОВ<sup>1\*</sup>, В. М. ПЕТУХОВ<sup>1</sup>, А. В. ТРУФАНОВА<sup>1</sup>, А. О. БАБЕНКО<sup>2</sup>, В. О. ШОВКУН<sup>1</sup>**<sup>1</sup>кафедра Вагони, Український державний університет залізничного транспорту, Харків, УКРАЇНА<sup>2</sup>кафедра нарисної геометрії та комп'ютерної графіки, Український державний університет залізничного транспорту, Харків, УКРАЇНА

\*e-mail: martinov.hiit@gmail.com

**АНОТАЦІЯ** В роботі розглянуті конструктивні особливості вбудованої системи контролю технічного стану буксових вузлів для вагонів нового покоління. Наведена загальна будова системи, яка складається з бортових і наземних модулів. Бортовий модуль БДС монтується на торець осі колісної пари і, таким чином, датчик температури має безпосередній контакт з шийкою осі. Наземні модулі можуть бути як стаціонарні, які розташовуються безпосередньо на перегоні, так і мобільні - у вигляді ручних терміналів. Представлені результати натурних і експлуатаційних випробувань в рамках науково-дослідної роботи для УЗ на вагонах Полтавського гірничо-збагачувального комбінату. Експлуатаційні випробування показали, що система підвищує достовірність контролю, а на основі отриманих даних можна проводити аналіз технічного стану буксових вузлів. Також було підтверджено, що система здатна надійно функціонувати в реальних умовах експлуатації на залізницях. За результатами аналізу випробувань було запропоновано три технології застосування вбудованих систем: технологія використання на контрольних постах, як окремо, так і спільно з існуючими системами дистанційного контролю; технологія збору даних під час стоянки вагонів при технічному обслуговуванні; комбінована технологія - об'єднання перших двох в одну: оперативні мінімально необхідні дані знімаються на пунктах контролю, а об'ємні дані для аналізу - при стоянці вагону. Зроблено висновки, що в даний час вбудовані системи в поєднанні з дистанційними підвищують достовірність і оперативність контролю. А також інтеграція вбудованих систем в існуючу інфраструктуру дистанційних систем дозволить значно скоротити вартість контролю, а також час розгортання і адаптації системи. Запропоновані три способи контролю технічного стану буксових вузлів в експлуатації, в кінцевому підсумку, дозволять не тільки з великою вірогідністю виявляти перегріті букси в поїздах, але також не допускати постановки в состав вагонів з потенційно аварійними буксами за рахунок аналізу динамічних даних, отриманих від вбудованих засобів контролю. Це, в свою чергу, підвищить безпеку перевезень і їх ритмічність.

**Ключові слова:** буксовий вузол; вбудований засіб контролю; контрольований параметр; контроль технічного стану; технологія контролю технічного стану; автоматизована система контролю технічного стану

**INNOVATIVE TECHNOLOGIES FOR MONITORING THE TECHNICAL CONDITION OF BOXING UNITS OF CARS BY THE BUILT-IN CONTROL SYSTEM****I. MARTYNOV<sup>\*1</sup>, V. PETUKHOV<sup>1</sup>, A. TRUFANOVA<sup>1</sup>, A. BABENKO<sup>2</sup>, V. SHOVKUN<sup>1</sup>**<sup>1</sup>Department of Wagons, Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, UKRAINE<sup>2</sup>Department of descriptive geometry and computer graphics, Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, UKRAINE

**ABSTRACT** The paper considers an integrated system for monitoring the technical condition of axle boxes for new car generation. The general structure of the system, which consists of onboard and ground modules, is considered. The OBD onboard module is mounted on the end face of the wheelset axle and, thus, the temperature sensor has direct contact with the axle journal. BDS ground modules can be both stationary, which are located directly on the stretch, and mobile - in the form of hand-held terminals. The results of full-scale and operational tests in the framework of scientific research work on the cars of the Poltava mining and processing plant for Ukrainian Railways are presented. Operational tests have shown that the system increases the reliability of control, and on the basis of the data obtained, it is possible to analyze the technical condition of the axle boxes. It has also been confirmed that the system is capable of operating reliably under operating conditions. Analyzing the test results, three technologies for the use of embedded systems were proposed: the technology of use at control posts, both separately and in conjunction with existing remote control systems; data collection technology during the parking of cars in maintenance; combined technology - combining the first two into one: operational minimum necessary data is collected at control points, and volumetric data for analysis - when the car is parked. It is concluded that embedded systems, in combination with remote ones, increase the reliability and efficiency of control. As well as the integration of embedded systems into the existing infrastructure of remote systems, it will significantly reduce the cost of control, as well as the time of deployment and adaptation of the system. The proposed three methods for monitoring the technical condition of axle boxes in operation, ultimately, will allow not only with high reliability to identify overheated axle boxes in passing trains, but also prevent the installation of cars with potentially emergency axle boxes by analyzing dynamic data obtained from built-in control tools. This one, in turn, will increase the safety of transportation and their rhythm.

**Keywords:** axle boxes unit; built-in test equipment; test parameter; technical state inspection; technical condition monitoring technology; computer-aided test system

**Вступ**

Безупинна експлуатація вантажних вагонів при високих швидкостях руху та збільшених пробігах

багато в чому залежить від надійної роботи буксових вузлів, основним елементом яких є підшипники. Крім того, перспективи входження України у Європейську

спільноту вимагають, щоб характеристики перспективних букс вагонів відповідали не лише національним, але і світовим стандартам.

Історія використання підшипників кочення в буксових вузлах вагонів та локомотивів налічує вже понад 100 років. Переваги підшипників кочення загальновідомі та неодноразово висвітлювалися як у навчальній, так і науковій літературі. Але з підвищенням швидкостей руху загострилось питання забезпечення контролю технічного стану елементів буксових вузлів в умовах експлуатації (особливо під час руху) [1], що є важливою складовою забезпечення безпеки руху. Існуючі засоби безконтактного контролю не дозволяють однозначно та безпомилково визначити технічний стан букс вагона [2]. Це обумовлено тим, що існуюча технологія контролю рівня нагріву букс була розроблена ще в середині минулого століття і була розрахована на буксові вузли вагонів, обладнаних так званими типовими циліндричними роликівими підшипниками. Принцип дії сучасних безконтактних засобів теплового контролю (СТК) контролю полягає в оцінці теплового випромінювання (температури), яке надходить від буксових вузлів вагонів, що рухаються, на датчики польових камер, встановлених по обидва боки від колії. Камери передають дані про температуру букс на перегінні пристрої, а далі інформація надходить до лінійного пункту контролю (ЛПК) [3].

Різноманітні бортові системи контролю стають невід'ємною частиною рухомого складу завдяки стрімкому розвитку мікроелектроніки [4-6]. У теперішній час провідні світові виробники підшипників для залізничного рухомого складу успішно застосовують вбудовані системи контролю. Основна перевага вбудованих систем – безпосередній контроль, тобто розміщення датчиків безпосередньо на контрольованих підшипникових вузлах, що забезпечує достовірність і оперативність контролю [7-10].

Лідерами в цій технології є компанії FAG і SKF [11-13]. Букси, які вони виготовляють, є мехатроніками системами з декількома опціями, такими як вимір температури підшипника, частоти обертання колісної пари, передавання даних і так далі. До того ж, букси компанії FAG здатні працювати в автономному режимі без зовнішнього джерела електроенергії, що особливо актуально для вантажних вагонів [12,13].

В Україні вбудовані системи контролю букс розробляються і виготовляються НВП "Хартрон-ЕКСПРЕС ЛТД" (ТОВ). Однак їх розробки призначені для використання лише у пасажирських вагонах [14].

Для вітчизняного вантажного рухомого складу фахівцями кафедри «Вагони» УкрДУЗТ у співдружності з ПАТ УЗ була розроблена буксова діагностична система (БДС). Ця система пройшла успішні стендові, а також експлуатаційні випробування в умовах Полтавського гірничозбагачувального комбінату [15]. Відповідно, виникає

потреба в розробці технології їх застосування та адаптації в умовах наших залізниць.

### Мета роботи

Визначити основні характеристики технології застосування сучасних вбудованих систем контролю буксових вузлів, які повинні незабаром впроваджуватися на вітчизняному рухомому складі, для їх використання в вагонах нового покоління, а також для вдосконалення системи моніторингу ходових частин іншого рухомого складу.

### Виклад основного матеріалу

Система БДС складається з бортових модулів, які встановлюються у кожній буксі вагона, та наземних модулів. Структура системи представлена на рис. 1.

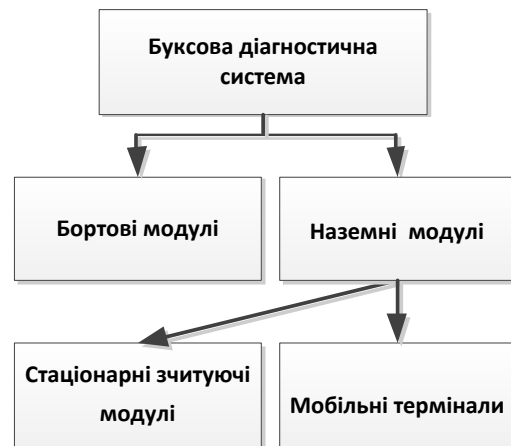


Рис. 1 – Структурна схема БДС

Бортовий модуль БДС монтується на торець осі колісної пари. Таким чином датчик температури має безпосередній контакт з шийкою осі, стан якої і є показником справності вузла. Також він передає дані контролю по безпроводному каналу за запитом наземного модулю. Модуль має у своєму складі мікроконтролер, модуль пам'яті, датчики температури та частоти обертання, радіомодуль та джерело живлення.

Наземні модулі БДС можуть бути як стаціонарними, які розташовуються безпосередньо на перегоні, так і мобільними – у вигляді ручних терміналів. Їх завданням є отримання даних від бортових модулів і передача інформації в систему контролю або її зберігання в пам'яті пристрою.

В рамках науково-дослідної роботи для Державної адміністрації залізничного транспорту України згідно з програмою-методикою випробувань на вагонах-думпкарах Полтавського гірничозбагачувального комбінату (ГЗК) були проведені експлуатаційні випробування БДС.

Основні завдання програми-методики випробувань наведені на рис. 2.



Рис. 2 – Схема програми експлуатаційних випробувань БДС

Вісім бортових модулів БДС були змонтовані в буксах вагона-думпкара, який курсував між кар'єром та збагачувальним комбінатом.

Зчитування результатів контролю відбувалося двома стаціонарними модулями, які були розташовані по обидва боки від колії. А також довготривалі дані для аналізу знімалися під час стоянки при технічному обслуговуванні вагона за допомогою мобільного терміналу (рис. 3).



Рис. 3 – Зчитування даних від бортового модуля за допомогою ручного терміналу під час випробувань

Експлуатаційні випробування показали, що система підвищує достовірність контролю, а на основі отриманих даних можна проводити аналіз технічного стану буксових вузлів. Також було підтверджено, що система здатна надійно функціонувати в умовах експлуатації.

Аналізуючи результати випробувань можна запропонувати наступні три технології застосування вбудованих систем.

1 Технологія використання на контрольних постах окремо або спільно з існуючими системами дистанційного контролю. Дана технологія дозволяє отримувати оперативну інформацію про стан

контрольованої букси, причому, виявляти дефекти підшипників в фазі їх зародження. Також це створює передумови для процедури прогнозування ресурсу несправної букси для прийняття рішення про режим руху поїзда з несправним буксовим вузлом.

При такій технології контролю на наземний модуль буде надходити такі дані:

- ідентифікаційний номер букси;
- поточна температура вузла;
- максимальна температура між пунктами контролю;
- частота обертання колісної пари;
- цілісність торцевого кріплення.

Ідентифікаційний номер букси містить інформацію про тип застосовуваних в ній підшипників і типі мастила. Це дозволить однозначно визначити нормальність температурного режиму даної букси і позбавить від необхідності її класифікації.

Значення максимальної температури між пунктами контролю дає можливість не пропустити аварійну буксу, якщо через зупинки на перегоні вона встигла охолонути.

Порівняння частот обертання колісних пар одного вагона виявляє найбільш поширену несправність механічної частини гальмівної системи вагону – загальмованість однієї з осей.

До того ж існуюча інфраструктура дистанційного теплового контролю (перегінні і станційні системи, а також системи передачі даних) дозволить прискорити впровадження цієї технології (рис. 4).

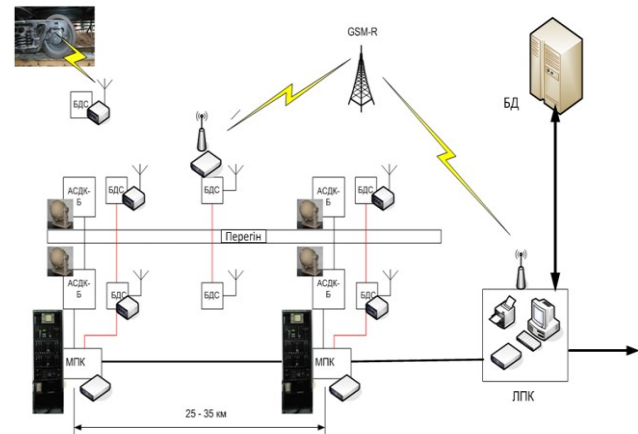


Рис. 4 – Технологія використання БДС окремо та спільно з існуючими системами дистанційного контролю: АСДК-Б – існуюча система теплового дистанційного контролю букс; МПК – мікропроцесорний комплект; БД – база даних; ЛПК – лінійний пункт контролю

2 Наступна технологія являє собою збір даних під час стоянки вагонів при технічному обслуговуванні, наприклад на ПТО вагонів. Оскільки бортовий модуль системи має пам'ять, в яку записуються всі результати контролю, це дає

можливість отримувати дані на ПТО за допомогою бездротового ручного терміналу ОРВ (рис. 5). Обсяг пам'яті розрахований для зберігання даних на протяжці 45 діб. При необхідності отримана інформація може передаватися в ЦОД, де вона буде оброблятися і архівуватися.

Програмний аналіз інформації, що надійшла, дозволить уникнути раптових відмов, а також не допустити експлуатацію вагонів з несправними буксовими вузлами.

Також накопичення цих статистичних даних в ЦОД буде давати реальну інформацію про фактичний пробіг вагона і, відповідно, про вичерпаний ресурс буксових підшипників для працівників вагонного господарства.

Застосування комбінованої технології дозволить поєднати всі переваги вищезгаданих варіантів: оперативність, можливість аналізу, прогнозування залишкового ресурсу і виявлення прихованих дефектів. Тобто оперативні мінімально необхідні дані знімаються на пунктах контролю, а об'ємні дані для аналізу – при стоянці вагону. Схема отримання, зберігання та передавання даних при комбінованій технології наведена на рисунку 5.

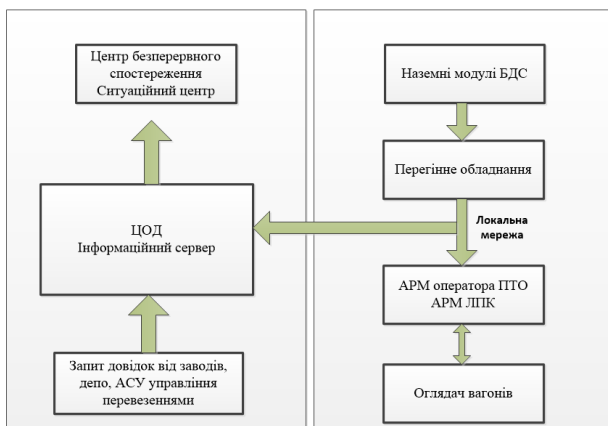


Рис. 5 – Схема отримання, зберігання та передавання даних при комбінованій технології контролю букс за допомогою БДС

## Висновки

У підсумку можна зазначити, що вбудовані системи в даний час в поєднанні з дистанційними підвищують достовірність і оперативність контролю технічного стану буксових вузлів. Інтегрування вбудованих систем в існуючу інфраструктуру дистанційних систем дозволити значно скоротити вартість контролю, а також час розгортання і адаптації системи.

При цьому також необхідно враховувати, що алгоритми виявлення і розпізнавання технічного стану букс вбудованими засобами контролю, а також структура і діагностична модель буксового вузла вже розроблені [16].

Запропоновані способи контролю технічного стану буксових вузлів в експлуатації в підсумку

дозволять не тільки виявляти букси з надмірним нагрівом в поїздах, що рухаються, але також не допускати постановки в состав поїзду вагонів з потенційно аварійними буксами за рахунок аналізу динамічних даних, отриманих від вбудованих засобів контролю. Що, в свою чергу, підвищить безпеку перевезень і їх ритмічність.

## Список літератури

1. Lunys O., Bureika G. Heating processes of the axle-boxes of rolling-stock on railway track curves. Riedmenų ašidėžių šilumokaitos procesai važiuojant geležinkelio kreivėmis. *Mokslas – Lietuvos Ateitis. Science – Future of Lithuania*, 2013. 5(5). P. 552-557. doi:10.3846/mla.2013.87.
2. Constantine M. Tarawneh, Arturo A. Fuentes, Javier A. Kypuros, Lariza A. Navarro, Andrei G. Vaipan, Brent M. Wilson. Thermal Modeling of a Railroad Tapered-Roller Bearing Using Finite Element Analysis. *J. Thermal Sci. Eng. Appl.* 2012. 4(3). P. 031002. doi: 10.1115/1.4006273.
3. Миронов А., Павлюков А. Средства реализации автоматизированной системы контроля и мониторинга нагрева буксовых узлов. *Control Engineering Россия*. 2016. 3 (63). С. 53-59.
4. Gray Robert, Watson Jeff. Onboard Detection of Rail Friction Conditions. *Proceedings of the ASME 2013 Rail Transportation Division Fall Technical Conference. ASME 2013 Rail Transportation Division Fall Technical Conference (October 15–17, 2013)*. Altoona, Pennsylvania, USA. 2013. V001T01A013. doi:10.1115/RTDF2013-4721.
5. Ваганов О. І., Добровольська С. В., Возикова Л. М., Першочергові завдання розробки і впровадження сучасних засобів контролю та діагностики стану рухомого складу. *Збірник наукових праць Одеської державної академії технічного регулювання та якості*. 2017. 2(11). С. 81-84. doi:10.32 684/2412-5288-2017-2-11-81-84.
6. Борзилов І. Д., Калуга Г. А. Впровадження сучасних засобів технічного діагностування буксових вузлів рухомого складу залізниць. *Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Серія: Машинознавство та САПР*. 2018. 25 (1301). С. 36-39.
7. Kypuros Javier A., Tarawneh Constantine M., Zagouris Andoni, Woods Sean, Wilson Brent M., Martin Andrew. Implementation of Wireless Temperature Sensors for Continuous Condition Monitoring of Railroad Bearings. *Proceedings of the ASME 2011 Rail Transportation Division Fall Technical Conference. ASME 2011 Rail Transportation Division Fall Technical Conference (September 21–22, 2011)*. Minneapolis, Minnesota, USA. 2011. P. 97-105. doi: 10.1115/RTDF2011-67017.
8. Wilson Brent M., Martin Andrew. Bearing Condition Monitoring Using Wireless Technology to Reduce the Risk of Bearing Failure. *Proceedings of the ASME 2012 Rail Transportation Division Fall Technical Conference. ASME 2012 Rail Transportation Division Fall Technical Conference (October 16–18, 2012)*. Omaha, Nebraska, USA. 2012. P. 213-222. doi:10.1115/RTDF2012-9441.
9. Edwards Mark C., Donelson John, Zavis Wayne M., Prabhakaran Anand, Brabb David C., Jackson Allen S. Improving Freight Rail Safety with On-Board Monitoring and Control Systems. *Proceedings of the ASME/IEEE 2005 Joint Rail Conference. Joint Rail (March 16–18, 2005)*. Pueblo, Colorado, USA. 2005. P. 117-122. doi: 10.1115/RTD2005-70047.

10. Myhrea B., Petersena S., Ugarellib R. Using Wireless Vibration Monitoring to Enable Condition-Based Maintenance of Rotating Machinery in the Water and Wastewater Industries. *Procedia Engineering*. 2014. 89. P. 1397-1403. doi:10.1016/j.proeng.2014.11.465.
11. Axlebox solutions for reliable railway operations in any conditions. URL: <https://www.skf.com/in/industries/railways/solutions/axlebox-solutions> (дата звернення 04.07.2020).
12. FAG Wheelset Bearings with an Integrated Generator. URL: [https://www.schaeffler.com/remotemedien/media/\\_shared\\_media/08\\_media\\_library/01\\_publications/schaeffler\\_2/publication/downloads\\_18/wl\\_07518\\_de\\_en.pdf](https://www.schaeffler.com/remotemedien/media/_shared_media/08_media_library/01_publications/schaeffler_2/publication/downloads_18/wl_07518_de_en.pdf) (дата звернення 04.07.2020).
13. Axlebox Rolling Bearing Arrangements. URL: [https://www.schaeffler.co.id/remotemedien/media/\\_shared\\_media/08\\_media\\_library/01\\_publications/schaeffler\\_2/tpi/downloads\\_8/tpi\\_256\\_de\\_en.pdf](https://www.schaeffler.co.id/remotemedien/media/_shared_media/08_media_library/01_publications/schaeffler_2/tpi/downloads_8/tpi_256_de_en.pdf) (дата звернення 04.07.2020).
14. Комплект электрооборудования автоматизированной информационно-диагностической системы "ВИД" ААОТ.421417.106. URL: <https://www.hartron-express.com.ua/ru/page/cat> (дата звернення 04.07.2020).
15. Петухов В. М., Варницький М. І. Удосконалення технічного обслуговування буксових вузлів за допомогою вбудованих засобів контролю. *Збірник наукових праць УкрДАЗТ*. 2014. вип. 147. С. 9-13.
16. Петухов В. М. Разработка структуры диагностического обеспечения и диагностической модели буксовых узлов современных вагонов. *Международный технический журнал «Технологический аудит и резервы производства»*. 2015. №5/3(25). С. 26-29. doi: 10.15587/2312-8372.2015.51923.
6. Borzilov I. D., Kaluga G. A. Vprovadzheniya suchasnih zasobiv tehničnogo dīagnostuvannya buksovih vuzliv ruhomogo skladu zaliznits. *Visnik Natsionalnogo tehničnogo universitetu "HPI". Seriya: Mashinoznavstvo ta SAPR*, 2018, 25 (1301), pp. 36-39.
7. Kypuros Javier A., Tarawneh Constantine M., Zagouris Andoni, Woods Sean, Wilson Brent M., Martin Andrew. Implementation of Wireless Temperature Sensors for Continuous Condition Monitoring of Railroad Bearings. *Proceedings of the ASME 2011 Rail Transportation Division Fall Technical Conference. ASME 2011 Rail Transportation Division Fall Technical Conference (September 21–22, 2011)*. Minneapolis, Minnesota, USA, 2011, pp. 97-105, doi: 10.1115/RTDF2011-67017.
8. Wilson Brent M., Martin Andrew. Bearing Condition Monitoring Using Wireless Technology to Reduce the Risk of Bearing Failure. *Proceedings of the ASME 2012 Rail Transportation Division Fall Technical Conference. ASME 2012 Rail Transportation Division Fall Technical Conference (October 16–18, 2012)*. Omaha, Nebraska, USA, 2012, pp. 213-222, doi: 10.1115/RTDF2012-9441.
9. Edwards Mark C., Donelson John, Zavis Wayne M., Prabhakaran Anand, Brabb David C., Jackson Allen S. Improving Freight Rail Safety with On-Board Monitoring and Control Systems. *Proceedings of the ASME/IEEE 2005 Joint Rail Conference. Joint Rail (March 16–18, 2005)*. Pueblo, Colorado, USA, 2005, pp. 117-122, doi: 10.1115/RTD2005-70047.
10. Myhrea B., Petersena S., Ugarellib R. Using Wireless Vibration Monitoring to Enable Condition-Based Maintenance of Rotating Machinery in the Water and Wastewater Industries. *Procedia Engineering*, 2014, 89, pp. 1397-1403, doi:10.1016/j.proeng.2014.11.465.

#### References (transliterated)

1. Lunys, O., Bureika, G. Heating processes of the axle-boxes of rolling-stock on railway track curves. Riedmenų sąsidėžių šilumokaitos procesai važiuojant geležinkelio kreivėmis. *Mokslas – Lietuvos Ateitis. Science – Future of Lithuania*, 5(5), 2013, pp. 552-557, doi: 10.3846/mla.2013.87.
2. Constantine M. Tarawneh, Arturo A. Fuentes, Javier A. Kypuros, Lariza A. Navarro, Andrei G. Vaipan, Brent M. Wilson. Thermal Modeling of a Railroad Tapered-Roller Bearing Using Finite Element Analysis. *J. Thermal Sci. Eng. Appl.*, 2012, 4(3), p. 031002, doi: 10.1115/1.4006273.
3. Mironov A., Pavlyukov A. Sredstva realizatsii avtomatizirovannoy sistemyi kontrolya i monitoringa nagevra buksovyyih uzlov. *CONTROL ENGINEERING Rossiya*, 2016, 3 (63), pp. 53-59.
4. Gray Robert, Watson Jeff. Onboard Detection of Rail Friction Conditions. *Proceedings of the ASME 2013 Rail Transportation Division Fall Technical Conference. ASME 2013 Rail Transportation Division Fall Technical Conference (October 15–17, 2013)*. Altoona, Pennsylvania, USA, 2013, V001T01A013, doi: 10.1115/RTDF2013-4721.
5. Vaganov O. I., Dobrovolska S. V., Vozikova L. M. Pershochergovi zavdannya rozrobki i vprovadzheniya suchasnih zasobiv kontrolyu ta diagnostiki stanu ruhomogo skladu. *Zbirnik naukovih prats Odeskoyi derzhavnoyi akademiyi tehničnogo regulyuvannya ta yakosti*, 2017, 2 (11), pp 81-84, doi: 10.32 684/2412-5288-2017-2-11-81-84.
11. Axlebox solutions for reliable railway operations in any conditions. Available at: <https://www.skf.com/in/industries/railways/solutions/axlebox-solutions> (accessed 04.07.2020).
12. FAG Wheelset Bearings with an Integrated Generator. Available at: [https://www.schaeffler.com/remotemedien/media/\\_shared\\_media/08\\_media\\_library/01\\_publications/sc\\_haeffler\\_2/publication/downloads\\_18/wl\\_07518\\_de\\_en.pdf](https://www.schaeffler.com/remotemedien/media/_shared_media/08_media_library/01_publications/sc_haeffler_2/publication/downloads_18/wl_07518_de_en.pdf) (accessed 04.07.2020).
13. Axlebox Rolling Bearing Arrangements. Available at: [https://www.schaeffler.co.id/remotemedien/media/\\_shared\\_media/08\\_media\\_library/01\\_publications/schaeffler\\_2/tpi/downloads\\_8/tpi\\_256\\_de\\_en.pdf](https://www.schaeffler.co.id/remotemedien/media/_shared_media/08_media_library/01_publications/schaeffler_2/tpi/downloads_8/tpi_256_de_en.pdf) (accessed 04.07.2020).
14. Komplekt elektrooborudovaniya avtomatizirovannoy informatsionno-diagnosticheskoy sistemyi "VID" ААОТ.421417.106. Available at: <https://www.hartron-express.com.ua/ru/page/cat> (accessed 04.07.2020).
15. Petuhov V. M., Varnitskiy M. I. Udoskonalennya tehničnogo obslugovuvannya buksovih vuzliv za dopomogoyu vbudovanih zasobiv kontrolyu. *Zbirnik naukovih prats UkrDAZT*, 2014, 147, pp. 9-13.
16. Petuhov V. M. Razrabotka strukturyi diagnosticheskogo obespecheniya i diagnosticheskoy modeli buksovyyih uzlov sovremennyih vagonov. *Mezhdunarodnyiy tehnichestkiy zhurnal «Tehnologicheskii audit i rezervyi proizvodstva»*, 2015, 5/3(25), pp. 26-29. doi: 10.15587/2312-8372.2015.51923.

#### Відомості про авторів (About authors)

**Мартинів Ігор Ернстович** – доктор технічних наук, професор, Український державний університет залізничного транспорту, завідувач кафедри вагонів; м. Харків, Україна; ORCID: 0000-0002-0481-3514; e-mail: martinov@kart.edu.ua.

**Igor Martynov** – Dr. Sc. (Tech.), professor, department of wagons, Ukrainian State University of Railway Transport; ORCID: 0000-0002-0481-3514; e-mail: martinov.hiit@gmail.com

**Петухов Вадим Михайлович** – кандидат технічних наук, доцент, Український державний університет залізничного транспорту, доцент кафедри вагонів; м. Харків, Україна; ORCID: 0000-0003-4781-9956; e-mail: petuhov@kart.edu.ua.

**Vadym Petukhov** – PhD (Tech), associate professor, department of wagons, Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine; ORCID: 0000-0003-4781-9956; e-mail: petuhov@kart.edu.ua.

**Труфанова Альона Володимирівна** – кандидат технічних наук, доцент, Український державний університет залізничного транспорту, доцент кафедри вагонів; м. Харків, Україна; ORCID: 0000-0003-1702-1054; e-mail: alena.hiit.vagons@gmail.com

**Alena Trufanova** – PhD (Tech), associate professor, department of wagons, Ukrainian State University of Railway Transport; Kharkiv, Ukraine; ORCID: 0000-0003-1702-1054; e-mail: alena.hiit.vagons@gmail.com

**Бабенко Андрій Олександрович** – кандидат технічних наук, доцент, Український державний університет залізничного транспорту, доцент кафедри нарисної геометрії та комп'ютерної графіки; ORCID: 0000-0002-6486-468X; e-mail: babenko\_spprm@ukr.net

**Andrey Babenko** – PhD (Tech), associate professor, Ukrainian State University of Railway Transport, department of descriptive geometry and computer graphics; ORCID: 0000-0002-6486-468X; e-mail: babenko\_spprm@ukr.net

**Шовкун Вадим Олександрович** – кандидат технічних наук, Український державний університет залізничного транспорту, старший викладач кафедри вагонів; ORCID: 0000-0003-1826-6053; e-mail: adimshovkun@kart.edu.ua

**Vadym Shovkun** – PhD (Tech), department of wagons, Ukrainian State University of Railway Transport.; Kharkiv, Ukraine; ORCID: 0000-0003-1826-6053; e-mail: adimshovkun@kart.edu.ua

*Будь ласка, посилайтеся на цю статтю наступним чином:*

Мартинов І. Е., Петухов В. М., Труфанова А. В., Бабенко А. О., Шовкун В. О. Інноваційні технології моніторингу технічного стану буксових вузлів вагонів вбудованими системами контролю. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». 2020. № 3 (5). С. 22-27. doi:10.20998/2413-4295.2020.01.03.

*Please cite this article as:*

Martynov I., Petukhov V., Trufanova A., Babenko A., Shovkun V. Innovative technologies for monitoring the technical condition of boxing units of cars by the built-in control system. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: New solutions in modern technology*. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2020, no. 3 (5), pp. 22-27, doi:10.20998/2413-4295.2020.01.03.

*Пожалуйста, ссылайтесь на эту статью следующим образом:*

Мартынов И. Э., Петухов В. М., Труфанова А. В., Бабенко А. А., Шовкун В. А. Инновационные технологии мониторинга технического состояния буксовых узлов вагонов встроенной системой контроля. *Вестник Национального технического университета «ХПИ»*. Серия: Новые решения в современных технологиях. – Харьков: НТУ «ХПИ». 2020. № 3 (5). С. 22-27. doi:10.20998/2413-4295.2020.01.03.

**АННОТАЦІЯ** В роботі розглянута вбудована система контролю технічного стану буксових вузлів для вагонів нового покоління. Розглянуто загальне пристрій системи, яка складається з бортових і наземних модулів. Бортовий модуль БДС монтується на торець осі колісної пари і, таким чином, датчик температури має безпосередній контакт з шейкою осі. Наземні модулі БДС можуть бути як стаціонарними, які розташовані безпосередньо на перегоні, так і мобільними - в вигляді ручних терміналів. Представлені результати натурних і експлуатаційних випробувань в рамках науково-дослідницької роботи для УЗ на вагонах Полтавського гірсько-обогатительного комбінату. Експлуатаційні випробування показали, що система підвищує достовірність контролю, а на основі отриманих даних можна проводити аналіз технічного стану буксових вузлів. Також було підтверджено, що система здатна надійно функціонувати в умовах експлуатації. Аналізуючи результати випробувань, було запропоновано три технології застосування встрайованих систем: технологія використання на контрольних постах, як окремо, так і спільно з існуючими системами дистанційного контролю; технологія збору даних в час стоянки вагонів при технічному обслуговуванні; комбінована технологія – об'єднання перших двох в одну: оперативні мінімальні необхідні дані знімаються на пунктах контролю, а об'ємні дані для аналізу – при стоянці вагона. Сделані висновки, що вбудовані системи в даний час в поєднанні з дистанційними підвищують достовірність і оперативність контролю. А також інтеграція вбудованих систем в існуючу інфраструктуру дистанційних систем дозволить значно скоротити вартість контролю, а також час розгортання і адаптації системи. Предложені три способи контролю технічного стану буксових вузлів в експлуатації, в кінцевому підсумку, дозволять не тільки з високою достовірністю виявляти перегреті букси в проїждячих поездах, але також не допускати постановки в склад вагонів з потенційно аварійними буксами за рахунок аналізу динамічних даних, отриманих від вбудованих засобів контролю. Це, в свою чергу, підвищить безпеку перевезень і їх ритмічність.

**Ключові слова:** буксовий вузол; вбудоване засіб контролю; контролюваний параметр; контроль технічного стану; технологія контролю технічного стану; автоматизована система контролю; технічне стану

Надійшла (received) 30.08.2020