

УДК 629.4.027.11

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.173.2017.118200>

ОГЛЯД СУЧАСНИХ ВБУДОВАНИХ ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ БУКСОВИХ ВУЗЛІВ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ ДЛЯ ШВИДКІСНОГО РУХУ

Канд. техн. наук В. М. Петухов, асп. Н. С. Кладько, магістрант І. В. Регент

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ВСТРОЕННЫХ УСТРОЙСТВ КОНТРОЛЯ БУКСОВЫХ УЗЛОВ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ ДЛЯ СКОРОСТНОГО ДВИЖЕНИЯ

Канд. техн. наук В. М. Петухов, асп. Н. С. Кладько, магистрант И. В. Регент

INSPECTION OF MODERN BUILT-IN DEVICES FOR CONTROL AXLEBOX UNIT OF PASSENGER WAGONS FOR HIGH-SPEED TRAFFIC

Ph. D. V. M. Petuhov, postgraduate N. S. Kladko, master I. V. Regent

У статті визначені критерії, за якими потрібно оцінювати та проводити вибір вбудованих засобів контролю. Виконано огляд сучасних вбудованих пристроїв контролю технічного стану буксових вузлів пасажирського вагона для швидкісного руху. Розглядаються системи контролю букс вітчизняних і зарубіжних країн, а також провідних виробників буксових вузлів для залізничного транспорту. Запропоновано заходи щодо вдосконалення вітчизняної вбудованої системи контролю букс.

Ключові слова: пасажирський вагон, буксовий вузол, вбудована система контролю, підшипник, безпека.

В статье определены критерии, по которым требуется оценивать и проводить выбор встроенных средств контроля. Выполнен обзор современных встроенных устройств контроля технического состояния буксовых узлов пассажирского вагона для скоростного движения. Рассматриваются системы контроля букс отечественных и зарубежных стран, а также ведущих производителей буксовых узлов для железнодорожного транспорта. Предложены мероприятия для совершенствования отечественной встроенной системы контроля букс.

Ключевые слова: пассажирский вагон, буксовый узел, встроенная система контроля, подшипник, безопасность.

The article defines the criteria for which it is necessary to evaluate and select the built-in monitoring tools. The review of modern built-in devices for monitoring the technical condition of the passenger compartment of the passenger car for high-speed traffic has been performed. The systems of control of the bookshops of domestic and foreign countries, as well as leading manufacturers of axle boxes for railway transport are considered. The main purpose of the new

technology is to identify in the passing trains of safety-related malfunctions, take measures to immediately stop all available means, prevent further tracing of faulty cars with eliminating defects or disconnecting them from trains. The measures are proposed to improve the domestic integrated control system of the boxes. The article proposes the implementation of an automated system for monitoring the heating of the axle boxes, a diagnostic analysis of the technical condition of the axle boxes. The built-in control systems of the boxes most adapted for operation in the conditions of the Ukrainian railways are offered.

Key words: railway carriage, the axle boxes, built-in control system, parameters, bearing, safety.

Вступ. До вбудованих систем контролю буксових вузлів відносяться пристрої, що розташовуються в кожному буксовому вузлі та сигналізують про його несправність. Міжнародні правила, такі як критерії, розроблені Міжнародним союзом залізничників (МСЗ) для пасажирських вагонів, і інструкції TSI (Технічна специфікація сумісності високошвидкісних поїздів у Європі), вимагають постійного контролю температури букс.

Останніми роками у світі для пасажирських вагонів з'явився ряд нових систем контролю букс. Ці системи здатні не тільки стежити за температурою підшипників, але можуть визначати й інші технічні параметри елементів буксових вузлів і ходових частин. Також такі системи стали інтелектуальними, тобто здатні обробляти інформацію, що надійшла від датчиків, і виробляти керуючі впливи. Оснащення такими системами вагонів для швидкісного руху, безумовно, підвищує в першу чергу безпеку руху, а також підвищує довіру пасажирів до швидкісних поїздів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Огляд і аналіз робіт щодо методів та засобів контролю технічного стану буксових вузлів пасажирських вагонів в експлуатації [1-3, 8-12] показали, що як критерій оцінювання таких систем розглядається лише точність вимірювання температурних параметрів.

При цьому значна частина робіт спрямована на вирішення проблем визначення кращих алгоритмів теплового контролю [6, 7]. Розгляду питань

вбудованих систем контролю присвячені роботи, спрямовані на вдосконалювання елементної бази вбудованих засобів контролю пасажирських вагонів [2, 5].

Таким чином, підкреслюючи значимість робіт, що розглядаються, можна зробити висновок, що всі ці роботи присвячені лише температурному параметру без урахування інших чинників [7, 10, 11].

Також проблеми створення універсальних критеріїв оцінювання діагностичного забезпечення букс вагонів залишаються неопрацьованими, незважаючи на значний прогрес у створенні нових засобів контролю.

Визначення мети та завдання дослідження. Метою дослідження є визначення критеріїв, за якими можливо оцінювати та проводити вибір вбудованих засобів контролю букс пасажирських вагонів для швидкісного руху для підвищення достовірності контролю.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі завдання:

- визначити критерії оцінювання вбудованих засобів контролю з точки зору достовірності визначення аварійного стану букс;
- проаналізувати існуючі системи контролю технічного стану буксових вузлів пасажирських вагонів;
- зробити висновок, які системи контролю технічного стану вагонів є перспективними та найкращими для використання в буксах вітчизняних пасажирських вагонів.

Основна частина дослідження.

Основним діагностичним параметром буксового вузла є температура, тому що вона характеризує технічний стан підшипників.

При цьому температура різних зон корпусу букси через неоднорідність елементів огороження і умов теплообміну різна.

Найбільш високу температуру мають ролики й сепаратори, потім (у порядку убутання) внутрішні й зовнішні кільця, шийка осі, корпус букси й маточина колеса. Теоретичні та експлуатаційні дослідження серійних підшипників показують, що різниця температур нагрівання роликів і зовнішніх кілець може досягати 60...70°C. У букс з касетними підшипниками різниця температур між конічним роликом і зовнішнім кільцем може досягати 96 ... 120 °C.

У цих умовах достовірність оцінки технічного стану букси залежить від зв'язку між температурою контрольної точки

(точки на буксовому вузлі, де встановлені датчики) і фактичною температурою підшипника.

Коефіцієнт зв'язку K_3 буде визначатися таким виразом:

$$K_3 = \pi k_i, \quad (1)$$

де $k_i = \frac{t_i}{t_n}$ – відношення температури елемента букси до температури підшипника.

При цьому достовірність контролю буде тим вище, чим більше коефіцієнт зв'язку K_3 .

При застосуванні вбудованих засобів контролю, на відміну від дистанційних, стає можливим використовувати більш інформативну ознаку розпізнавання – залежність температури букси від частоти обертання колісної пари.

Як відомо, температура букси безпосередньо залежить від частоти обертання колісної пари (рис. 1).



Рис. 1. Діаграма залежності температури букси від частоти обертання колісної пари:
1 – для завантажених вантажних вагонів; 2 – для пасажирських вагонів; $(T_b - T_{zn})$ – різниця температур між буксою та зовнішнім повітрям

Це підтверджується температурною моделлю буксового вузла, що враховує не швидкість руху поїзда, а частоту обертання

колісної пари, тобто дозволяє використовувати дану модель для різних типів підшипників та діаметрів коліс:

$$\frac{dT}{dt} = \frac{P \cdot N \cdot \pi \cdot D \cdot f}{\sum_{i=1}^n c_i \cdot p_i} - \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot F_i \cdot (T_i - T_3)}{\sum_{i=1}^n c_i \cdot p_i}, \quad (2)$$

де P – навантаження на буксу, H ;

N – частота обертання колісної пари c^{-1} ;

D – діаметр підшипника, m ;

f – наведений коефіцієнт тертя, що враховує сумарне тертя кочення і ковзання робочих поверхонь підшипників, опір змащення і тертя роликів із сепаратором;

c_i – питома теплоємність елементів букси й колісної пари, $Дж/кг \cdot K$;

p_i – маса елементів букси й колісної пари, $кг$;

dt – час роботи підшипника, c ;

α_i – коефіцієнт тепловіддачі, $Вт/м^2 \cdot K$;

F_i – площа зовнішніх поверхонь букси, $м^2$;

T_i , T_3 – відповідно температури зовнішніх поверхонь корпусу букси та зовнішнього повітря, K .

Таким чином, контрольні точки буксового вузла повинні мати якомога більший коефіцієнт зв'язку. Тому для достовірної оцінки технічного стану букси бажано розміщувати датчики температури безпосередньо на елементах підшипника. А також наявність датчика частоти обертання повинна з максимальною точністю характеризувати технічний стан букси.

За таких умов буде зроблено огляд сучасних засобів контролю буксових вузлів пасажирських вагонів.

У розробленій НВП "Хартрон-Експрес" вітчизняній системі контролю нагрівання букс СКНБ-К для пасажирських візків моделей 68-7007 і 68-7012 застосовані напівпровідникові термодатчики, внутрішній опір яких змінюється залежно від зміни температури [7]. Ці термодатчики працюють із блоками формування даних, які у свою чергу працюють із блоком обробки даних. Схема системи СКНБ-К зображена на рис. 2.

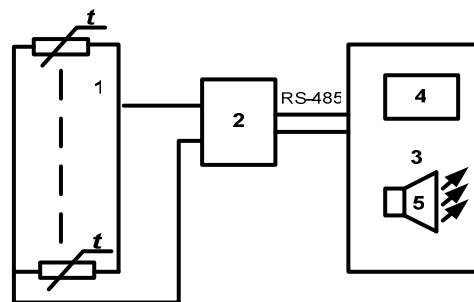


Рис. 2. Структурна схема СКНБК

Відповідно до цієї схеми вимірювальні датчики 1 підключені до мікропроцесорного блоку обробки 2. Отримані в результаті виміру параметри через стандартну шину RS-485 подаються в систему автоматизованого керування, контролю й діагностики (САККД) 3 вагона, що включає дисплей 4 і звуковий сигналізатор 5.

Використання даної схеми й мікропроцесорних блоків дозволяє виявляти й фіксувати перегрів букс, обрив ланцюга термодатчиків і блоків формування даних, коротке замикання ланцюгів. Система продовжує функціонування при виході з ладу одного або декількох датчиків або блоків формування даних.

Важливою особливістю даної схеми є можливість попередження аварійної ситуації – при досягненні температури буксового вузла, що становить 70...75 % від критичної (65...70⁰C), формується сигнал "Увага!", який подається на основний екран дисплея ШР САККД (шафа розподільна системи автоматичного керування, контролю й діагностики) і супроводжується переривчастим звуковим сигналом. На дисплеї при цьому вказується конкретний буксовий вузол, у якому є тенденція до підвищення температури. Даний сигнал має попереджувальний характер.

При досягненні встановленого порога температури (94±4⁰C) СКНБ видає текстове повідомлення на екран дисплея такого змісту: "Перегрів букси" і постійний звуковий сигнал.

Вся інформація про роботу СКНБ реєструється бортовим реєстратором для можливості проведення аналізу, а також доступу для поїзної автоматизованої інформаційно-діагностичної системи ПАІДС.

Науково-виробниче підприємство НВП "Мікролог" (м. Хмельницький) розробила пристрої контролю нагрівання букс МЛ 520 і МЛ 521.

Конструктивний пристрій складається з послідовно з'єднаних (до 8 шт.) датчиків нагрівання букс (ДНБ) мод. МЛ 110, які встановлюються безпосередньо на буксах, і приладу контролю й сигналізації (ПКС) мод. МЛ 520, що встановлюється в пульті керування. ПКС підключається до існуючої системи електропостачання вагона й елементів контролю й керування на передній панелі пульта керування.

Датчики забезпечують безперервний контроль температури шляхом зміни електричного опору чутливого елемента. Конструктивно датчики складаються із двох частин: чутливого елемента з кабелем, що закінчується наконечниками під гвинт, і кріпильної гайки з ущільненням. Така конструкція датчика дозволяє спростити заміну візків, тому що не потрібно від'єднання датчиків від клемної коробки.

ПКС забезпечує оперативний контроль температури букс і видачу сигналів керування на пристрої світлової й звукової сигналізації вагона. Конструктивно ПКС виконаний у вигляді окремого блоку. Крім того, прилад виробляє переривчастий сигнал керування звуковою й світловою сигналізацією "несправність" у таких випадках: при обриві ланцюга датчиків, при замиканні на корпус датчиків або сполучних проводів, при короткому замиканні датчиків або сполучних проводів, при попаданні в ланцюг сторонньої напруги. Прилад знімає сигнал "несправність" після усунення ушкодження.

Пристрій МЛ521 для нового типу пасажирських вагонів забезпечує вимір

поточного значення температури по кожній буксі з одночасним відображенням обмірюваних значень на рідкокристалічному індикаторі або передачу інформації з інтерфейсу RS-485 на систему керування вагона.

Для пасажирських вагонів ВАТ "Российские железные дороги" останнім часом впроваджується система моніторингу температурних режимів (СМТР) підшипникових вузлів вагонів пасажирських поїздів як компонент системи контролю безпеки й зв'язку пасажирського поїзда виробництва компанії ЗАТ "Аерокосмічні технології" (РФ).

СМТР забезпечує дистанційний контроль поточної температури підшипникових вузлів вагона пасажирського поїзда, виведення інформації на блок контролю й керування й передачу аварійного сигналу у випадку перевищення критичної температури й інших несправностей у систему контролю безпеки й зв'язку пасажирського поїзда.

У процесі роботи СМТР забезпечується контроль абсолютної температури буксових вузлів вагона й редуктора генератора в місці установлення радіодатчиків температури з виведенням інформації на блок контролю й керування.

В основі роботи СМТР покладено принцип дистанційного знімання інформації про поточну температуру букс пасажирського вагона за допомогою радіодатчиків температури й подальшого виведення інформації на блок контролю керування.

Пристрій відображення є центральною частиною системи дистанційного контролю стану буксових вузлів і встановлюється в службовому купе провідника пасажирського вагона. На пристрій відображення надходить оперативна інформація про параметри підшипників. Вся отримана інформація аналізується й обробляється мікропроцесором пристрою відповідно до робочої програми й діючих установок, після чого дані виводяться на вбудований дисплей.

Компанією Siemens SGP Verkehrstechnik розроблена система контролю технічного стану пасажирського поїзда. Одним з компонентів цієї розробки є система для виміру температури з метою виявлення букс, що гріються. У ній застосовуються датчики, що являють собою термопари, запресовані в спеціальні поглиблення, висвердлені в болтах кріплення кришки (патент SGP). Сигнали, що знімаються з основних і резервних датчиків температури, контролюються з метою перевірки на перевищення граничних значень. Результати такої обробки даних у вигляді коду несправності по інформаційній вагонній шині надходять

на пульт машиніста й у систему діагностики, а також передаються у два запам'ятовувальні пристрої (для створення архіву й виявлення тенденцій зміни параметрів) у системі контролю й діагностики ходової частини. Інформація з обох запам'ятовувальних пристроїв може зчитуватися комп'ютером системи технічного обслуговування. Для забезпечення можливості негайного реагування при виявленні букси, що гріється, система контролю й діагностики ходової частини може діяти автоматично, шляхом втручання в контур екстреного гальмування (рис. 3).

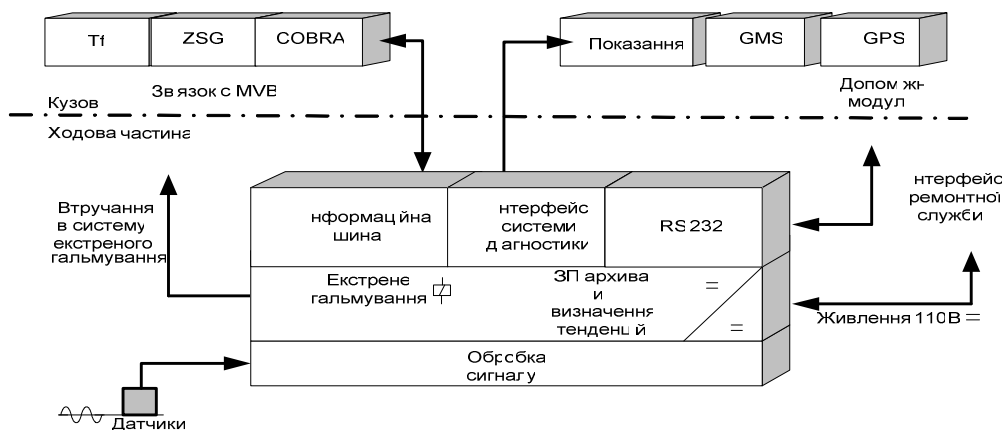


Рис. 3. Функції й інтерфейси блоку обробки сигналів діагностичної системи компанії Siemens Verkehrstechnik

Система датчиків SKF, що інтегровані в буксові підшипникові вузли, дає можливість виміряти такі важливі параметри:

- швидкість оберту колеса, яка використовується системою;
- температуру всередині підшипника для її передачі в бортову систему;
- напрям руху;
- місцеположення для Європейської системи управління руху поїздів (European Train Control System: ETCS);
- вертикальні і/або поперечні прискорення.

Інтелектуальні підшипники FAG оснащені сенсорною системою контролю,

яка дає змогу передавати дані по радіоканалу в пристрій моніторингу більш високого рівня інформації про стан буксового підшипника. В підшипниковому вузлі FAG інтегрований сенсор з незалежним джерелом енергії визначає температуру поверхні підшипників.

Компанія Timken розробила самотестувальну сенсорну систему, яка встановлюється всередині букси вагона і в процесі руху поїзда здійснює безпроводну передачу даних про стан підшипника, колеса і завчасно попереджає про наявність потенційно небезпечних ситуацій до виникнення відмови. Для вимірювання

параметрів і передачі інформації на бортовий приймач використовуються датчики на базі технології RF. Інформація через інтелектуальний інтерфейс направляється в комп'ютер, встановлений в кабіні управління ведучого локомотива, а також у зовнішню мережу для аналізу одержуваних даних. Комплект датчиків, розташований безпосередньо на підшипнику, а не в корпусі букси або в місці посадки, забезпечує максимальну достовірність.

Висновки. Таким чином, проведені дослідження доводять, що датчики температури буксового вузла повинні бути розміщені якомога ближче до підшипників.

А наявність в системі датчика частоти обертання дозволяє більш точно визначати технічний стан букси.

Огляд вбудованих засобів контролю букс показав, що сучасні системи фірм SKF, FAG та Timken контролюють широкий спектр параметрів цього вузла, тобто мають високу достовірність визначення технічного стану буксового вузла.

Проведений аналіз дозволяє зробити висновок, що вітчизняна система контролю букс пасажирських поїздів, що розроблена НВП "Хартрон-Експрес" має великий потенціал для подальшого її удосконалення шляхом встановлення додаткових датчиків до систем і контролю.

Список використаних джерел

1. Демин, Р. Ю. Компьютерная система контроля состояния ходовых частей пассажирских вагонов [Текст] / Р. Ю. Демин, Ю. В. Демин, Д. В. Дмитриев // Залізничний транспорт України. – 2003. – № 5. – С. 4-6.
2. Усовершенствование системы контроля нагрева букс пассажирского вагона / В. И. Приходько, О. А. Шкабров, Г. С. Игнатов [и др.] // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – Д.: Вид-во Дніпропетров. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2005. – Вип.7. – С. 57-60.
3. Мартынов, И. Э. Натурные испытания встроенной системы контроля технического состояния буксовых узлов [Текст] / И. Э. Мартынов, В. М. Петухов // Мир транспорта. – 2013. – № 2. – С. 180-182.
4. Системы обнаружения перегретых букс и заклиненных тормозов для высокоскоростных линий [Текст] // Железные дороги мира. – 1993. – № 3. – С. 10-15.
5. Буксовые узлы с датчиками компании SKF для современного подвижного состава [Текст] // Железные дороги мира. – 2008. – № 4. – С. 47-51.
6. Подшипники качения // Каталог фирмы FAG, Schaeffler Group Industrial. Изд. Schaeffler KG. – 2009. – С. 1640.
7. Приборы и системы автоматизированного контроля, регулирования и управления. [Электронный ресурс] // Каталог фирмы НПП «Микролог» – 2017. – Режим доступа: <http://microlog.km.ua/?ct=detail&prod=25&parent=69>, свободный. – Загл. с экрана. (05.10.2017).
8. Fee, M. Optimierungspotenziale bei der Stationierung von Hei l uferortungsanlagen. ETR — Eisenbahntechnische Rundschau Preventive medicine for bearings [Text] / M. Fee, G. Anderson // Railway Age. – 1995. – № 54. – P. 70-73.
9. Мекеев, А. Б. Исследование математических моделей систем контроля букс [Текст] / А. Б. Мекеев // Молодой учёный. – 2015. – № 8. – С. 266-269.
10. Eisenbrand, E. Ph nix MB — die neue Hei laufenortungsanlage [Text] / E. Eisenbrand // Signal&Draht. – 1998. – № 12. – P. 9-11.
11. M. Schmeja. Glasers Annalen, 2002, 126 Tagungsband, P. 258 – 266.

12. Schobel, A. Hot box detection systems as part of automated train observation in austria [Text] / A. Schobel, M. Pisek, J. Karner // Towards the competitive rail systems in Europe. – 2006. – P. 157-161.
13. Eisenbrand, E. Hot box detection in European railway networks [Text] // RTR Special. – 2011. – P. 2-11.
14. Lunus, O. Investigation on features and tendencies of axle-box heating [Text] / O. Lunys, S. Dailydka, G. Bureika // Transport problems. – 2015. – № 10. – P. 10-114.

Петухов Вадим Михайлович, канд. техн. наук, доцент кафедри вагонів Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.+38 (057) 730-10-35. E-mail: hiitwagen@gmail.com.

Кладько Надія Сергіївна, аспірант Українського державного університету залізничного транспорту. Тел. +38(098) 435-41-41. E-mail: kladkonadiia@gmail.com.

Регент Ілона Вікторівна, магістрант ІППК (Проект ТЕМПУС IV) Українського державного університету залізничного транспорту. Тел. +38(098)746-90-61. E-mail: ilbelloheart24@gmail.com.

Petukhov Vadim, Ph. D. V., Associate Professor at the department of railway cars of the Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.+38 (057) 730-10-35. E-mail: hiitwagen@gmail.com.

Kladko Nadiia, postgraduate student of the Ukrainian State University of Railway Transport. Tel. +38(098) 435-41-41. E-mail: kladkonadiia@gmail.com.

Regent Ilona, gs of ESIRAT (project TEMPUS IV) Ukrainian State University of Railway Transport. Tel. +38(098) 746-90-61. E-mail: ilbelloheart24@gmail.com.

Стаття прийнята 06.10.2017 р.