

УДК 629.463.65
DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2024.1.2/29>

Фомін О.В.

Державний університет інфраструктури та технологій

Козинка О.С.

Державний університет інфраструктури та технологій

Безлуцький В.О.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Литвиненко А.С.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

ЗОВНІШНІ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТЕМПЕРАТУРНИХ РЕЖИМІВ СКЛАДОВИХ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ

У цій статті розглянуті зовнішні системи контролю температурних режимів складових рухомого складу залізниць. Роль буксових вузлів у рухомому складі. Експлуатаційні умови та зовнішні фактори, що впливають на буксовий вузол колісної пари рухомого складу. Важкі експлуатаційні умови і зовнішні фактори, температурні та погодні умови навколишнього середовища призводять до того, що букси повинні забезпечувати мінімальний опір обертанню колісних пар, високу надійність роботи та безпека руху вагона в цілому. Розглянуто вітчизняне обладнання та засоби контролю перегріву букс. Автоматизовані системи контролю стану буксових вузлів (ПВНАБ, ДІСК, КТСМ). Загальний принцип роботи таких систем полягає у сприйнятті чутливими елементами (приймачами) імпульсів інфрачервоної енергії, перетворенні їх в електричні сигнали, а також формуванні інформації про наявність та розташування незадовільних букс у рухомому складі. Також розглянуте закордонне обладнання світових компаній для моніторингу небезпеки на залізниці (TADS, PEGASUS, AGUILA, FUES-EPOS). Компанія ITSS (Іспанія) є провідним виробником і постачальником обладнання для моніторингу небезпеки на залізниці. Компанії Progress Rail Inspection, Information Systems та Voestalpine Signaling Siershahn (Німеччина), які спеціалізуються на технологіях діагностики та моніторингу залізничних споруд та рухомого складу залізниць. Компанія Infrared Materials Incorporated (США) є виробником високоефективних інфрачервоних детекторів. Система виявлення нагріву букс, що використовується в Австрії компанією Österreichische Bundesbahnen (ÖBB) Infrastruktur Betrieb AG. Контроль різними системами дозволяє здійснювати інтелектуальний моніторинг рухомого складу відповідно до індивідуальних вимог. Також нами були розглянуті промислові прилади, як спосіб вимірювання нагріву букс.

Ключові слова: буксовий вузол, перегонні системи контролю, контроль технічного стану, автоматизовані системи контролю.

Постановка проблеми. Одна з основних проблем, пов'язаних із надійністю рейкового транспорту, це експлуатаційний ресурс підшипників, що використовуються у візках, тягових двигунах і редукторах. Підвищення надійності буксового вузла є пріоритетним завданням, як підвищення безпеки руху поїздів, так і поліпшення економічних показників використання рухомого складу. За експлуатаційних умов виникають різні несправності букс, найчастіше викликані впливом зовнішніх умов, механічними деформаціями, забрудненням, порушенням технології виготовлення, обслуговування та ремонту вантажного рухомого складу. Технічний

стан та працездатність буксових вузлів визначаються головним чином температурою нагріву підшипників. Від технічного стану буксового вузла залежить температура шийки осі, внутрішні зазори, в'язкість мастила.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Технічна діагностика є складовою технічного обслуговування. Основним завданням технічного діагностування є забезпечення безпеки, функціональної надійності та ефективності роботи технічного об'єкта, а також скорочення витрат на його технічне обслуговування та зменшення втрат від простоїв внаслідок відмов та передчасних висновків у ремонті з метою повнішого

задоволення потреб країни у перевезеннях вантажів і пасажирів. Успішне вирішення цього завдання на залізничному транспорті значною мірою залежить від технічного стану рухомого складу та насамперед вагонного парку. Для підтримки вагонів та локомотивів у постійній справності на залізницях України знайшла застосування планово-попереджувальна система ремонту. При ремонті та технічному обслуговуванні вагонів застосовуються засоби технічної діагностики та системи контролю. Ці засоби служать для об'єктивного виявлення як видимих, і прихованих дефектів вагонів у стаціонарних умовах і під час руху поїзда.

Метою роботи є аналіз зовнішніх систем контролю температурних режимів складових рухомого складу залізниць. Для досягнення поставленої мети, треба виконати ряд завдань:

- експлуатаційні умови, що впливають на буксовий вузол;
- вітчизняне обладнання та засоби контролю перегріву букс;
- закордонне обладнання для моніторингу небезпеки на залізницях;
- промислові прилади, як спосіб вимірювання нагріву букс;
- роль буксових вузлів у рухомому складі.

Виклад основного матеріалу. Існуючі засоби безконтактного контролю не дозволяють однозначно та безпомилково визначати технічний стан букс вагона [2, с. 22; 8, с. 238]. 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 полягає в оцінці теплового випромінювання (температури), яке надходить від буксових вузлів вагонів, що рухаються, на датчики контролю, встановлених по обидва боки від колії. Камери передають дані про температуру букс на перегінні пристрої, а далі інформація надходить до лінійного пункту контролю.

На залізницях світу широкого поширення набули напольні системи безконтактного контролю перегрітих буксів, т.з. детектори гарячих букс (Hot Box Detector, HBD) з використанням приймачів ІЧ-випромінювання. Детектори нагрітих букс встановлюються на коліях з інтервалом 25–40 км і служать для виявлення перегрітих букс на ходу поїзда. У статті розглянуто автоматизовані системи контролю та моніторингу нагріву буксових вузлів.

Експлуатаційні умови та зовнішні фактори, що впливають на буксовий вузол колісної пари рухомого складу, є відповідальним вузлом у ходовій частині рухомого складу і служать для передачі статичних та динамічних навантажень на вісь колісної пари та забезпечення обертання колісної пари під час руху вантажного вагона [1, с. 219]. Букси сприймають і передають колісним парам вагу кузова, а також динамічні навантаження, що виникають при русі вагона та при проходженні кривих ділянок колії, стрілочних переводів, стикових з'єднань, при гальмуванні колеса, за наявності дефектів на поверхні катання коліс. Шийку осі колісної пари від забруднення та пошкодження оберігають буксові вузли. Вони також є резервуаром для мастила та місцем розміщення підшипників.

Важкі експлуатаційні умови і зовнішні фактори, температурні та погодні умови навколишнього середовища призводять до того, що букси повинні забезпечувати мінімальний опір обертанню колісних пар, високу надійність роботи та безпека руху вагона в цілому. Тому до їх конструкції та розрахунків при проектуванні, а також до технологічного процесу ремонту надаються особливі вимоги [6, с. 156].

Вітчизняне обладнання та засоби контролю перегріву букс.

Під час руху поїзда через тертя підшипника о вісь виділяється тепло, яке розсіюється кількома шляхами: через шийку осі на колесо і вісь, і через підшипник на корпус букси. При несправності підшипників температура підвищується. Тому працездатність буксових вузлів визначається головним чином температурою нагрівання підшипників та шийки осі. Отже, для забезпечення нормальної роботи та контролю працездатності необхідний розрахунок температурного режиму буксових вузлів за різних умов теплопередачі [3, с. 81; 4, с. 36]. Це питання можна вирішити за допомогою автоматизованої системи контролю стану буксових вузлів (ПВНАБ, ДІСК, КТСМ). Загальний принцип роботи таких систем полягає у сприйнятті чутливими елементами (приймачами) імпульсів інфрачервоної енергії, перетворенні їх в електричні сигнали, а також формуванні інформації про наявність та розташування незадовільних букс у рухомому складі.

Перший прилад для автоматичного безконтактного виявлення перегрітих букс поїздів, що проходять. ПВНАБ – був створений та випробуваний у 1950-х роках компанією Servo Corporation і одразу став широко застосовуватися на залізницях

різних країн. ПВНАБ (прилад виявлення нагрітих букс), автоматичний прилад для виявлення нагрітих букс, які загрожують руйнуванням або пожежею на залізниці (рис. 1). Вивчення технічного стану вагонів в експлуатації виявило необхідність розробки спеціальних пристроїв для виявлення в першу чергу букс, що гріються, дефектів поверхні катання коліс, заклинювання колісних пар, деталей, що волочатся. Ці пристрої досить широко застосовуються на залізницях України [5, с. 9].

Принцип дії приладів виявлення нагрітих букс полягає в тому, що нагріті букси випускають інфрачервоне випромінювання, яке сприймається чутливими елементами, що знаходяться в спеціальних камерах, розташованих по обидва боки шляху. За інтенсивністю випромінювання можна будувати висновки про ступень нагрівання букси. У камерах відбувається перетворення випромінювання на електричний сигнал, який посилюється і передається на реєструючу апаратуру. Апаратура ПВНАБ складається з перегінного та станційного обладнання, пов'язаного між собою лінією зв'язку. До складу перегінного обладнання входять напольне та постове обладнання. Напольне обладнання включає в себе приймальні камери інфрачервоного випромінювання. Якщо гріється букса, значить, нагрівається і вісь колісної пари, в результаті чого може статися її злам або заклинювання колісної пари.



Рис. 1. Прилад виявлення нагрітих букс ПВНАБ (ДИСК-Б)

Пристрої КТЗМ – це комплекс технічних засобів модернізований напольний (рис. 2) для контролю за станом рухомого складу. Система може виконувати наступні функції: виявлення перегрітих букс, виявлення загальмованих колісних пар, виявлення обірваних деталей, виявлення дефектів коліс по колу катання, виявлення відхилень верхнього габарита рухомого складу, виявлення перевантаження вагона [7, с. 38].

Засоби контролю на кожному пункті їх установки включають в себе перегонне і станційне обладнання, пов'язане між собою кабельною лінією зв'язку. Перегінне обладнання, в свою чергу, підрозділяється на напольне і постове,

а станційне на реєструюче і сигналізуюче. Напольне обладнання засобів контролю встановлюється безпосередньо на шляху і призначене для зчитування інформації з рухомого складу. Сигнали від напольного обладнання надходять по кабелю до постового обладнання, розміщеного в спеціальному приміщенні.



Рис. 2. Комплекс технічних засобів КТЗМ

Комплекс технічних засобів (КТЗМ) призначений для модернізації апаратури виявлення перегрітих букс типу ПВНАБ і ДИСК-Б шляхом заміни електронних блоків у стійці перегінної на технічні засоби КТЗМ.

Додатково КТЗМ здійснює: визначення нагріву шківів у пасажирських вагонах, контроль стану кожного з датчиків рахунку осей, визначення типу рухомої одиниці (локомотив, пасажирський чи вантажний вагон), визначення швидкості кожного вагона на контрольній ділянці, підрахунок загальної кількості осей у поїзді, автоматичну та дистанційну діагностику роботи всіх складових частин комплексу та напольного обладнання. На (рис. 3) зображена модель, яка демонструє зону огляду букси приймачем ІЧ-випромінювання за нової орієнтації напольної камери в КТЗМ.

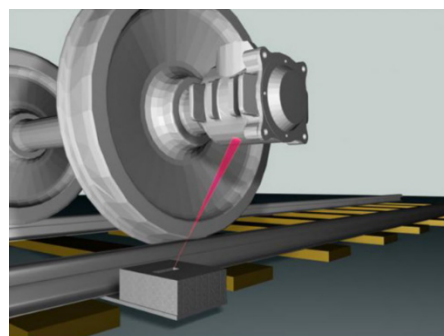


Рис. 3. Зона огляду букси приймачем ІЧ-випромінювання в КТЗМ

Закордонне обладнання для моніторингу небезпеки на залізниці. 1. Наприклад в Америці більш складні, дорогі мережеві пости точної ранньої

діагностики забезпечують, спільно з системою прогнозування, контроль поїздів у зоні обслуговування одного поста в кілька тисяч кілометрів за вартості комплексу засобів акустичного контролю підшипників, наприклад системи TADS (рис. 4), яка приблизно коштує 500 тис. дол.



Рис. 4. Система акустичного виявлення колії (TADS)

2. Компанія ITSS (Іспанія) є провідним виробником і постачальником обладнання для моніторингу небезпеки на залізниці. Системи компанії PEGASUS і AGUILA використовують найсучасніші інфрачервоні та волоконно-оптичні технології, що робить ці системи надзвичайно надійними навіть у найскладніших умовах експлуатації. Системи ITSS (рисунок 5) оснащені функціями самоконтролю та прогнозного аналізу, які можуть завчасно виявити потенційні проблеми. Системи також побудовані на основі резервних і відмовостійких компонентів для мінімізації помилкових сповіщень. Витрати на технічне обслуговування зазвичай невеликі, оскільки системи є модульними, автоматично калібруються та можуть обслуговуватися дистанційно. Компоненти системи можна замінити на місці за кілька хвилин.



Рис. 5. Система PEGASUS Hot Box Detection ITSS (Іспанія)

Сканери використовують кілька променів для підвищення надійності. Відскановані значення для окремих осей і гальм кожного вагона поїзда обробляються електронним обладнанням, встановлени біля колії і передаються в диспетчерську.

Система PEGASUS має вбудовану запатентовану технологію інтелектуального контролю вібрації (IVC), яка використовує спеціальні датчики прискорення. PEGASUS пропонує засоби

для додавання систем автоматичної ідентифікації транспортних засобів (AVI) і систем виявлення транспортного засобу (DED) із вбудованими системами відеоспостереження.

Система AGUILA використовує точну волоконно-оптичну технологію. На додаток до стану коліс AGUILA також може повідомляти про стан баласту, вагу поїзда та перевантаження. AGUILA можна встановити протягом кількох годин, а датчики можна замінити протягом п'яти хвилин. Система повідомляє всі виміряні значення та сповіщення в диспетчерську. Усі звітні дані архівуються та можуть бути отримані для кожного поїзда, осі чи колеса. Дані коліс і осей також можна відображати у вигляді 2D і 3D теплових зображень і діаграм.

3. Компанія Progress Rail Inspection та Information Systems у Німеччині. Виробляє системи виявлення нагрітих буксів FUES-EPOS (рис. 6).

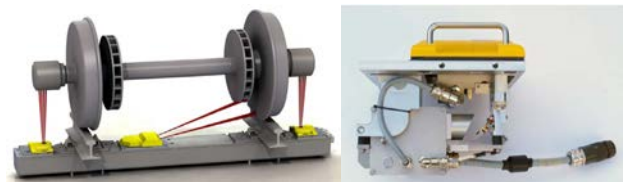


Рис. 6. Система FUES-EPOS (Німеччина)

Понад 1000 систем встановлено у складних умовах пасажирських залізничних перевезень у Європі. FUES працює у широкому діапазоні швидкостей, від 3 км/год до 500 км/год (1,86 миль/год до 310 миль/год) і повністю сумісний з різними типами поїздів, вагонів, підшипників та існуючими гальмами, що використовуються на залізницях.

4. Компанія Infrared Materials Incorporated (США) є виробником вискоєфективних інфрачервоних детекторів. Інфрачервоні детектори зазвичай класифікуються як теплові або фотонні (квантові).

5. Компанія Voestalpine Signaling Siershahn (Німеччина) спеціалізується на технологіях діагностики та моніторингу залізниці. Дозволяє здійснювати інтелектуальний моніторинг рухомого складу відповідно до індивідуальних вимог.

6. Система виявлення нагріву букс, що використовується в Австрії компанією Österreichische Bundesbahnen (ÖBB) Infrastruktur Betrieb AG, складається з наступних елементів: колійне постове обладнання (сканери) – (блок оцінки та контролю, апаратура передачі даних, блок візуального відображення).

В даний час існує безліч конструкцій детекторів гарячих букс, різниця між якими полягає в типі застосовуваних приймачів ПЧ-випромінювання, пристрої та розміщення робочих камер з обладнанням, способах обробки та передачі інформації [3, с. 82; 4, с. 37].

Промислові прилади, як спосіб вимірювання нагріву букс. Широкого поширення пірометри (інфрачервоні термометри) в промисловості набули завдяки можливості безконтактного вимірювання температури на технологічному обладнанні та продукції, що випускається. Також важливим фактором є можливість вимірювання високих температур при обробці металу з безпечною для оператора дистанції або контролю режиму роботи силового обладнання, що знаходиться під напругою. Крім діапазону вимірювання та точності, найважливішою характеристикою пірометрів є фокусування оптики. Саме цей параметр впливає на діаметр області вимірювань пірометра і на точність вимірів зі збільшенням відстані до об'єкта що вимірюється.

Компанія «HORIBA» (Японія) – пропонує широкий спектр приладів та систем для різних сфер застосування. Від автомобільних досліджень та розробок, моніторингу процесів та навколишнього середовища, виробництва напівпровідників та метрології до широкого спектру наукових досліджень та вимірювань контролю якості.

Роль буксових вузлів у рухомому складі полягає [3, с. 82]: 1. Зниження тертя: Буксові вузли дають змогу зменшити силу тертя між колесами і рейками, що покращує рух вагона і дає змогу знизити енерговитрати на переміщення поїзда. 2. Пом'якшення ударів: Букси також виконують роль амортизаторів, поглинаючи удари і вібрації

під час руху нерівностями шляху і підвищуючи комфорт пасажирів. 3. Збільшення терміну служби: Використання буксових вузлів сприяє зменшенню зносу коліс і рейок, що підвищує термін служби всього рухомого складу і зменшує витрати на обслуговування і ремонт. 4. Забезпечення безпеки: Буксові вузли, які правильно функціонують, забезпечують стабільність і надійність руху поїзда, що є важливою умовою безпеки на залізничних коліях.

Висновки. Основним напрямом удосконалення засобів контролю та діагностики вагонів є їх максимальна автоматизація. Максимальна автоматизація передбачає повну відмову від роботи оглядачів вагонів шляхом використання автоматизованих систем неруйнівного контролю, які визначають визначення дефектів вагонів на ходу поїзда при підході до станції. При цьому відбраковування вузла або деталі вагона здійснюється автоматично без участі оператора.

Нами були розглянуті автоматизовані діагностичні системи контролю технічного стану вагона на ходу поїзда, які повинні виявляти такі несправності вагонів: контроль температури буксового вузла і загальмованих коліс; контроль волочиння; контроль габаритних розмірів вагонів; контроль дефектів колеса по колу катання; контроль геометричних параметрів колеса; контроль параметрів ударно-тягового механізму; контроль нерівномірності завантаження вагонів; контроль сповзання букси з шийки осі.

Застосування комплексних систем рухомого складу дає змогу підвищити безпеку руху завдяки виробленню рекомендацій про індивідуальні обсяги ремонту кожної одиниці рухомого складу з урахуванням дійсного технічного стану, плюс важливий економічний ефект.

Список літератури:

1. Сосунов Н. Н. Підвищення ефективності процесів експлуатації та технічного обслуговування рухомого складу у системі ремонтних підприємств галузі. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля*. Луганск, 2006. С. 219–223.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. 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.

6. Равлюк В. Г. Вагоноремонтні машини та обладнання : конспект лекцій. Харків : УкрДАЗТ, 2014. Ч. 3. 156 с.
7. Равлюк В. Г. Передовий досвід технічного утримання вагонів: конспект лекцій. Харків : УкрДУЗТ, 2018. Ч. 1. 58 с.
8. Петухов В. М. Використання енергозберігаючих технологій при контролі буксових вузлів. *Зб. наук. праць Укр. держ. ун-ту залізнич. трансп.* Харків : УкрДУЗТ, 2015. Вип. 153. С. 238–243.
9. Равлюк В. Г. Вібродіагностика та методи діагностування підшипників кочення буксових вузлів вагонів. *Зб. наук. праць Донец. ін-ту залізнич. трансп.* Донецьк, 2010. Вип. 21. С. 177–189.

Fomin O.V., Kozynka O.S., Bezlutskyi V.O., Lytvynenko A.S. EXTERNAL CONTROL SYSTEMS OF THE TEMPERATURE MODES OF RAILWAY ROLLING STOCK

This article discusses external temperature control systems for railway rolling stock components. The role of axle assemblies in rolling stock. Operational conditions and external factors affecting the axle unit of a rolling stock wheelset. Difficult operating conditions and external factors, temperature and weather conditions of the environment lead to the fact that axle boxes must provide minimal resistance to rotation of wheel sets, high reliability of operation and safety of the car movement as a whole. Domestic equipment and means of controlling axle box overheating are considered. Automated systems for monitoring the condition of axleboxes (PVNAB, DISC, KTSM). The general principle of operation of such systems is to perceive infrared energy pulses by sensitive elements (receivers), convert them into electrical signals, and generate information on the presence and location of unsatisfactory axle boxes in rolling stock. The article also considers foreign equipment from global companies for monitoring railroad hazards (TADS, PEGASUS, AGUILA, FUES-EPOS). ITSS (Spain) is a leading manufacturer and supplier of equipment for monitoring railroad hazards. Progress Rail Inspection, Information Systems and Voestalpine Signaling Siershahn (Germany), which specialize in diagnostic and monitoring technologies for railway structures and rolling stock. Infrared Materials Incorporated (USA) is a manufacturer of high-performance infrared detectors. Axle box heating detection system used in Austria by Österreichische Bundesbahnen (ÖBB) Infrastruktur Betrieb AG. Control by various systems allows for intelligent monitoring of rolling stock in accordance with individual requirements. We also considered industrial devices as a way to measure the heating of axle boxes.

Key words: *axle box assembly, distillation control systems, technical condition control, automated control systems.*