

DOI: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2021-265-1-128-132>

УДК 629.4.083:629.45

БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ХОДОВИХ ЧАСТИН ВАГОНІВ В ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Фомін О.В., Ловська А.О., Скуріхін Д.І., Бондаренко В.В.

MULTI-FUNCTIONAL DEVICE FOR MONITORING OF THE TECHNICAL CONDITION OF RUNNING GEARS OF WAGONS DURING OPERATION

Fomin O.V., Lovska A.O., Skurikhin D.I., Bondarenko V.V.

В публікації подані результати дослідження впливу засобів контролю технічного стану та технічної діагностики на експлуатаційну готовність залізничного рухомого складу. В результаті показано, що для збільшення коефіцієнта готовності потрібно прагнути не тільки до збільшення напрацювання на відмову вузлів вагона, але й до скорочення часу змушеного простою вагона на операціях технічного обслуговування і ремонту. Застосування сучасних засобів контролю технічного стану ходових частин вагонів дозволяє значно скоротити час змушеного простою вагонів. З'ясовано, що важливим напрямком вдосконалення системи технічного обслуговування і ремонту вагонів є широке впровадження об'єктивних методів і автоматизованих засобів технічної діагностики і контролю. Зазначено, що під час зупинок поїздів на станціях технічне обслуговування носить суб'єктивний характер, а якість суб'єктивного діагностування або контролю технічного стану має дуже великий розкид, так як залежить від стану і досвіду оглядача, змінюється від умов погоди і пори доби, тощо. Для удосконалення технології технічного обслуговування, автоматизації та переважного виключення суб'єктивних методів контролю технічного стану запропоновано застосування багатофункціонального пристрою оглядача вагонів на основі технологій автоматизованого контролю технічного стану та ідентифікації рухомого складу залізниць під час зупинок поїздів на станціях. Відмічено, що впровадження на залізницях систем автоматичної ідентифікації рухомого складу сприяє оперативному доступу до інформації про параметри вагонів в реальному режимі часу, тому очікується, що завдяки поєднанню систем контролю технічного стану та автоматичної ідентифікації стане можливим впровадження нових концепцій системи технічного обслуговування та ремонту, підвищення експлуатаційної готовності рухомого складу залізниць.

Ключові слова: вагон, ходові частини, контроль технічного стану, пристрій оглядача вагонів, власні коливання, автоматична ідентифікація

Актуальність дослідження. Багаторічна практика експлуатації складних систем показує, що важливим завданням для підтримки працездатного або

справного стану об'єкта є організація і проведення технічного обслуговування (ТО) його елементів. Технології ТО ділять на дві групи: пасивні й активні. На сьогоднішній день у структурних підрозділах залізничного транспорту України прийнята система планово-попереджувального технічного обслуговування й ремонту, яка повинна забезпечувати безвідмовну експлуатацію рухомого складу. Досягається це шляхом заміни вузлів і деталей у строки, що установлені на підставі статистичного аналізу відмов.

Відомо, що при експлуатації рухомого складу найбільш відповідальним, з боку безпеки руху, устаткуванням є ходові частини. Викликане це тим, що останні забезпечують безпосередню взаємодію одиниць рухомого складу з верхньою будовою колії. Стикові зазори рейок, хрестовини, стрілки, нерівномірний знос рейок, пучини, розширення колії, нерівномірність твердості земляного полотна, а також негативні атмосферні впливи обумовлюють тяжкі умови експлуатації ходових частин рухомого складу [1, 2]. Збільшення жорсткості баласту колії й застосування більш потужних профілів рейок ведуть до збільшення динамічних навантажень виникаючих при взаємодії РС і колії.

Теоретичний аналіз дослідження. В публікаціях [3, 4] та дисертаційному дослідженні [5] запропоновано альтернативний підхід до контролю технічного стану ходових частин під час руху вагона, в основі якого лежить реєстрація пружних коливань колісної пари через повітря датчиками, які розташовані на рамі вагона. Принцип дії пристрою акустичного контролю колісних пар проілюстровано у відеоматеріалі [6]. Недоліками цієї системи є неможливість проводити контроль технічного стану рухомого складу під час зупинок поїздів на станціях.

Мета статті. Запропонувати спосіб та пристрій контролю технічного стану ходових частин вагонів в експлуатації, а саме під час зупинок на станціях.

Задачі дослідження. Дослідити вплив засобів контролю технічного стану та технічного діагностування на експлуатаційну готовність рухомого складу залізниць, проаналізувати існуючі способи контролю технічного стану вагонів під час зупинок, запропонувати новий спосіб і концепт пристрою оглядача вагонів.

Викладення основного матеріалу дослідження. Важливою характеристикою експлуатаційної надійності ходових частин вагонів є витрати часу на технічне обслуговування і поточний ремонт. Тому одними із основних показників, що характеризують надійність ходових частин у експлуатації є коефіцієнт готовності (A) та коефіцієнт простою (U). Коефіцієнти готовності та простою показують безпосередній зв'язок між показниками безвідмовності та ремонтпридатності і широко використовуються у загальній теорії надійності машин. Позначення комплексних показників надійності прийнято згідно [7].

Стационарні значення коефіцієнтів готовності та простою для відновлюваних об'єктів визначаються за виразами 1 та 2:

$$A = \frac{T_c}{T_c + T_e} = \frac{\mu}{\mu + \lambda}, \tag{1}$$

де T_c - середній напрацювання на відмову;
 T_e - середній час відновлення;
 μ - інтенсивність відновлення ($\mu=1/T_e$);
 λ - інтенсивність відмов.

$$U = \frac{T_e}{T_c + T_e} = \frac{\lambda}{\mu + \lambda} \tag{2}$$

З виразу 1 видно, що для збільшення коефіцієнта готовності потрібно прагнути не тільки до збільшення напрацювання на відмову вузлів вагона, але й до скорочення часу змушеного простою вагона на операціях ТО і Р. Застосування сучасних засобів контролю технічного стану ходових частин вагонів дозволяє значно скоротити час змушеного простою вагонів.

Для ілюстрації впливу засобів контролю технічного стану на експлуатаційну готовність приведено складові середнього часу відновлення ходових частин на прикладі заміни колісної пари на шляху прямуювання наведено в (табл. 1). Складові приведені у виразі:

$$T_e = t_3 + t_o + t_{n.o}, \tag{3}$$

Відомо, що основі діагностування лежать три види завдань: діагноз, прогноз і генезис. Поняття діагноз означає розпізнавання, визначення. Таким чином, діагностування вагонів або їх складових частин вирішує завдання по визначенню технічного стану, в якому знаходиться об'єкт зараз. За результатами діа-

гностування визначається якість виготовлення або ремонту вагонів.

Таблиця 1

Аналіз складових середнього часу відновлення

Позначення	Загальнотехнічне визначення	Модифіковане визначення	Чисельне значення, хв
t_3	активний час заміни елементу конструкції	час заміни колісної пари	42 - 54
t_d	час, що витрачається на доставку запасних частин від місця зберігання до місця ремонту об'єкту	час на маневрові роботи	20-40
t_o	організаційний час, тобто час, обумовлений витратами на виклик фахівців до місця експлуатації об'єкту, діагностув. технічного стану	час обробки рухомого складу	15 - 30
$t_{п.д.}$	додатковий час простою у зв'язку з відсутністю запасних частин в наявності	затримка в зв'язку з відсутністю потрібної колісної пари	не нормується

Завданнями другого типу є прогнозування технічного стану, в якому виявиться вагон через деякий період експлуатації. Ці завдання постійно вирішуються на пунктах технічного обслуговування вагонів (ПТО), де не тільки визначається технічний стан вагонів, а й оцінюється можливість їх проходження до наступного ПТО без виникнення відмов.

До третього типу відносяться завдання визначення технічного стану вагона в певний момент часу в минулому. За аналогією такі завдання називають генезом. Завдання генезису постійно виникають, наприклад, коли необхідно встановити причину несправності, відмови, тобто визначити технічний стан рухомого складу перед транспортною подією.

Всі перераховані завдання в експлуатації рухомого складу залізниць вирішуються різними методами. Діагностування вагонів на шляху прямуювання виконує оглядач вагонів (рис. 1) за допомогою органів чуття (органолептичне діагностування):

- оглядом визначають тріщини, ослаблення кріплення, зміщення;
- обмацування - нагріву, ослаблення кріплення;
- по запаху - замикання, перегріву, витоки і т. д.
- на слух (при русі поїзда) - дефекти на поверхні кочення коліс, деталі що волочаться, несправності буксових вузлів та ін.
- на слух (при простукуванні молотком) - тріщини, ослаблення кріплення, обриви деталей.

Якість суб'єктивного діагностування або контролю технічного стану має дуже великий розкид, так як залежить від стану і досвіду оглядача, змінюється від умов погоди і пори доби, а головне, визначається

тільки явний прояв відмови об'єкта. Виявлення же прихованих дефектів, визначення граничних станів об'єкта органолептичним методом фактично неможливо, особливо у складних конструкцій.



Рис. 1. Органолептичне діагностування вагонів оглядачем під час зупинки

Для удосконалення технології технічного обслуговування, автоматизації та переважного виключення суб'єктивних методів контролю технічного стану пропонується застосування багатофункціонального пристрою оглядача вагонів на основі технологій автоматизованого контролю технічного стану та ідентифікації рухомого складу залізниць під час зупинок поїздів на станціях.

Поставлена задача вирішується тим, що у комплект контролю рейкового рухомого складу під час зустрічі з ходу та зупинки на станції входять наступні складові:

- багатофункціональний пристрій оглядача вагонів, який складається з акустичного сенсора (мікрофона), пірометра, лазерного дальноміра, світлодіодного ліхтаря, зчитувача RFID, зчитувача штрих-коду, модему цифрового радіозв'язку, GPS-приймача, дисплея, клавіатури, акумуляторної батареї та usb-порту, які підключені до мікропроцесорного блоку управління і відповідного програмного забезпечення;

- АРМ диспетчера, яке складається з серверу системи дистанційного контролю рейкового рухомого складу до якого підключений модем цифрового радіозв'язку та відповідного програмного забезпечення;

- віддаленого клієнта, який складається з ПК клієнта до якого підключений модем та відповідного програмного забезпечення;

- об'єкт контролю;
- збуджувач власних коливань.

Суть процедури контролю технічного стану пояснюється ілюстрацією (рис. 2) де зображено взаємодію об'єкту контролю 27, збуджувача власних коливань 28, багатофункціонального пристрою оглядача вагонів 26, АРМа диспетчера та віддаленого клієнта.

Для забезпечення операцій контролю технічного стану та ідентифікації одиниць рухомого складу пристрій оглядача містить в собі: акустичний сенсор (мікрофон) 10, пірометр 11, лазерний дальномір 9, світлодіодний ліхтар 8, зчитувач RFID 12 та штрих-коду 13, модем цифрового радіозв'язку 20, антену 5, GPS-приймач 19, антену 6, дисплей і клавіатуру 15, акумуляторну батарею 17 та USB-порт 18, які підключені до мікропроцесорного блоку управління 7.

Для підвищення готовності одиниць рухомого складу багатофункціональний пристрій оглядача вагонів підключений за допомогою технології цифрового радіозв'язку 1 до АРМ диспетчера 29, який складається з серверу системи дистанційного контролю рейкового рухомого складу 22, модему цифрового радіозв'язку 31, антени 32 та відповідного програмного забезпечення 24, що за допомогою дротової або бездротової технології зв'язку 2 АРМ диспетчера 29 підключено до віддаленого клієнта 30, який складається з ПК клієнта (портативного або стаціонарного), модему 21 (якщо технологія зв'язку 2 бездротова до складу також входить антена 33) та відповідного програмного забезпечення 25.

Збуджувач власних коливань може використовуватися для різних деталей ходових частин вагонів: колеса, вісі, буксові вузли, поводки, деталі гальмівної важільної передачі та ін. Після збудження власних коливань у деталі утворюються звукові хвилі, які фіксуються мікрофоном і обробляються мікропроцесорним блоком управління відповідно до розроблених алгоритмів, після чого інформація про технічний стан елементів ходових частин стає доступною на дисплеї пристрою оглядача і передається до АРМ диспетчера та начальника поїзда. Пірометр потрібний для вимірювання температури буксових вузлів, лазерний дальномір для перевірки розмірів взаємного розташування, зчитувачі RFID та штрих-коду для забезпечення операцій автоматичної ідентифікації вагонів та їх деталей.

Висновки. Важливим напрямком вдосконалення системи технічного обслуговування і ремонту вагонів є широке впровадження об'єктивних методів і автоматизованих засобів технічної діагностики і контролю. В той же час впровадження на залізницях систем автоматичної ідентифікації рухомого складу сприяє оперативному доступу до інформації про параметри вагонів в реальному режимі часу. Завдяки поєднанню систем контролю технічного стану та автоматичної ідентифікації стає можливим впровадження нових концепцій системи технічного обслуговування та ремонту.

Подяка

Дані дослідження проведені в рамках наукової теми молодих вчених "Інноваційні засади створення ресурсозберігаючих конструктивів вагонів шляхом урахування уточнених динамічних навантажень та функціонально-адаптивних флеш-концептів", яка виконується за рахунок коштів державного бюджету України з 2020 р.

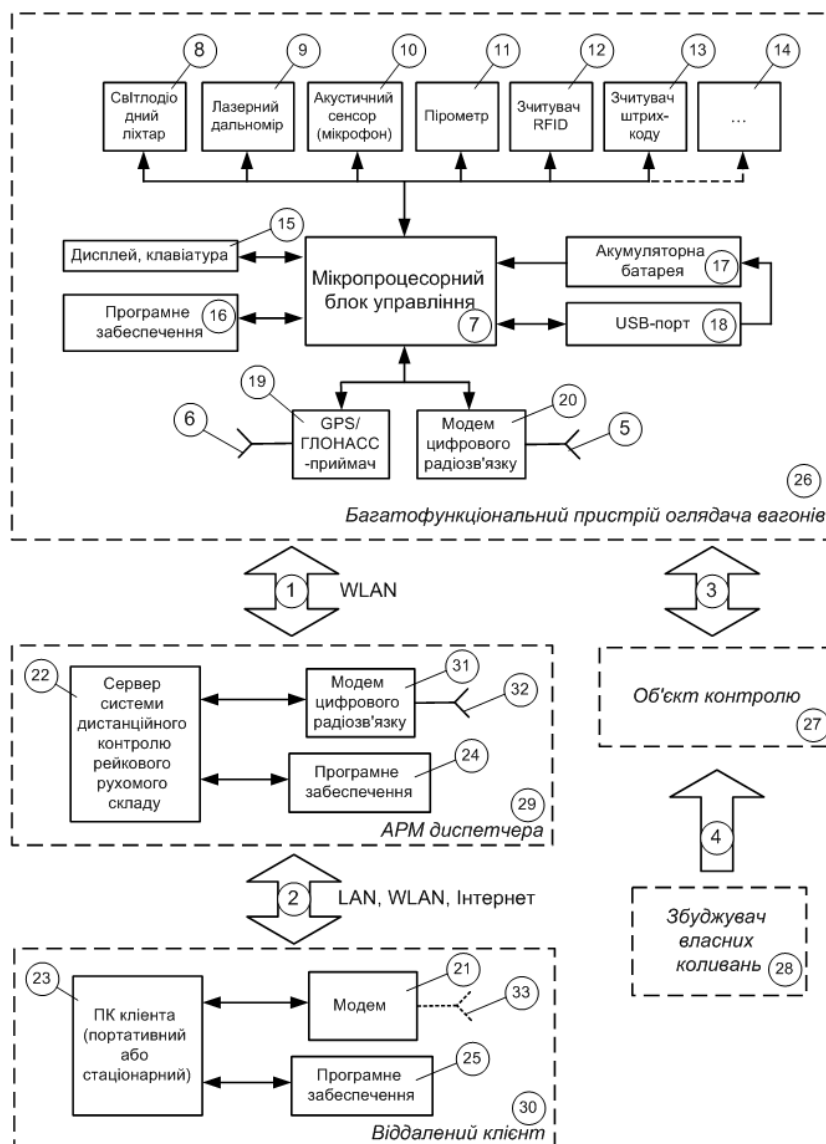


Рис. 2. Концепт багатофункціонального пристрою оглядача вагонів

Література

1. Fomin Oleksij, Lovska Alyona, Radkevych Valentyna, Horban Anatoliy, Skliarenko Inna and Gurenkova Olga The dynamic loading analysis of containers placed on a flat wagon during shunting collisions. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*. Vol. 14, No. 21, November 2019: PP 3747-3752 http://www.arnpjournals.org/jeas/research_papers/rp_2019/jeas_1119_7989.pdf
2. Fomin Oleksij, Lovska Alyona. Establishing patterns in determining the dynamics and strength of a covered freight car, which exhausted its resource. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 6, Issue 7 (108). PP. 21–29.
3. Мартинов І.Е., Бондаренко В.В., Скуріхін Д.І Підвищення експлуатаційної надійності пасажирських вагонів на основі акустичного контролю колісних пар. *Міжнародний інформаційно-технічний журнал «Вагонний парк»*. Харків. 2011. Вип. 6. С. 36–39.
4. Бондаренко В.В., Скуріхін Д.І., Мосійчук Т.В. Розроблення та випробування макетного зразка пристрою акустичного контролю колісних пар. *Збірник наукових праць УкрДАЗТ*. Харків. Вип. 141. 2013. С. 83 – 87.

5. Скуріхін Д. І. Удосконалення технології технічного обслуговування та діагностики колісних пар пасажирських вагонів на основі методу акустичного контролю: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07 / ДНДЦ УЗ Київ, 2014. 143 с.
6. Onboard Acoustic Diagnostic System of railway vehicle. URL: <https://youtu.be/hWA4xnJubH0> (дата звернення: 13.02.2021).
7. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення. [Чинний від 1996-01-01] Вид. офіц. Київ, 1994. 91 с. (Інформація та документація).

References

1. Fomin Oleksij, Lovska Alyona, Radkevych Valentyna, Horban Anatoliy, Skliarenko Inna and Gurenkova Olga The dynamic loading analysis of containers placed on a flat wagon during shunting collisions. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*. Vol. 14, No. 21, November 2019: PP 3747-3752 http://www.arnpjournals.org/jeas/research_papers/rp_2019/jeas_1119_7989.pdf
2. Fomin Oleksij, Lovska Alyona. Establishing patterns in determining the dynamics and strength of a covered

- freight car, which exhausted its resource. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. Vol. 6, Issue 7 (108). PP. 21 – 29.
- Martynov I.E., Bondarenko V.V., Skurikhin D.I. Pidvyshhennja ekspluatacijnoi' nadijnosti pasazhyr'skyh vagoniv na osnovi akustychnogo kontrolju kolisnyh par. Mizhnarodnyj informacijno-tehnichnyj zhurnal «Vagonnyj park». Harkiv. 2011. Vyp. 6. S. 36 – 39.
 - Bondarenko V.V., Skurikhin D.I., Mosijchuk T.V. Rozroblennja ta vyprobuvannja maketnogo zrazka prystroju akustychnogo kontrolju kolisnyh par. Zbirnyk nauovyh prac' UkrDAZT. Harkiv. Vyp. 141. 2013. S. 83 – 87.
 - Skurikhin D.I. Udoskonalennja tehnologii' tehnichnogo obslugovuvannja ta diagnostyky kolisnyh par pasazhyr'skyh vagoniv na osnovi metodu akustychnogo kontrolju: dys. ... kand. tehn. nauk: 05.22.07 / DNDC UZ Kyi'v, 2014. 143 s.
 - Onboard Acoustic Diagnostic System of railway vehicle. URL: <https://youtu.be/hWA4xnJubH0> (data zvernennja: 13.02.2021).
 - DSTU 2860-94. Nadijnist' tehniky. Terminy ta vyznachennja. [Chynnyj vid 1996-01-01] Vyd. ofic. Kyi'v, 1994. 91 s. (Informacija ta dokumentacija).

Фомин А.В., Ловская А.А., Скурихин Д.И., Бондаренко В.В. Многофункциональное устройство для контроля технического состояния ходовых частей вагонов в эксплуатации

В публикации представлены результаты исследования влияния средств контроля технического состояния и технической диагностики на эксплуатационную готовность железнодорожного подвижного состава. В результате показано, что для увеличения коэффициента готовности нужно стремиться не только к увеличению наработки на отказ узлов вагона, но и к сокращению времени вынужденного простоя вагона на операциях технического обслуживания и ремонта. Применение современных средств контроля технического состояния ходовых частей вагонов позволяет значительно сократить время вынужденного простоя вагонов. Выяснено, что важным направлением совершенствования системы технического обслуживания и ремонта вагонов является широкое внедрение объективных методов и автоматизированных средств технической диагностики и контроля. Отмечено, что во время остановок поездов на станциях техническое обслуживание носит субъективный характер, а качество субъективного диагностирования или контроля технического состояния имеет очень большой разброс, так как зависит от состояния и опыта осмотрщика, меняется от условий погоды и времени суток и т.д. Для усовершенствования технологии технического обслуживания, автоматизации и преимущественного исключения субъективных методов контроля технического состояния предложено применение многофункционального устройства осмотрщика вагонов на основе технологий автоматизированного контроля технического состояния и идентификации подвижного состава во время остановок поездов на станциях. Отмечено, что внедрение на железных дорогах систем автоматической идентификации подвижного состава способствует оперативному доступу к информации о параметрах вагонов в реальном режиме времени, поэтому ожидается, что благодаря сочетанию систем контроля технического состояния и автоматической идентификации станет возможным внедрение новых концепций системы технического обслуживания и ремонта, повышение эксплуатационной готовности подвижного состава железных дорог.

Ключевые слова: вагон, ходовые части, контроль технического состояния, устройство осмотрщика вагонов, собственные колебания, автоматическая идентификация

Fomin O.V., Lovska A.O., Skurikhin D.I., Bondarenko V.V. Multi-functional device for monitoring of the technical condition of running gears of wagons during operation

The publication presents the results of a study of the influence of technical condition monitoring and technical diagnostics on the operational readiness of railway rolling stock. As a result, it was shown that in order to increase the availability factor, it is necessary to strive not only to increase the mean time between failures of the car's units, but also to reduce the time of the forced downtime of the car during maintenance and repair operations. The use of modern means of monitoring the technical condition of the running gears of cars can significantly reduce the time of forced downtime of cars. It was found that an important direction of improving the system of maintenance and repair of cars is the widespread introduction of objective methods and automated means of technical diagnostics and control. It was noted that during train stops at stations, maintenance is subjective, and the quality of subjective diagnostics or monitoring of technical condition has a very wide spread, since it depends on the condition and experience of the inspector, changes from weather conditions and time of day, etc. To improve the technology of maintenance, automation and the predominant elimination of subjective methods of monitoring the technical condition, it is proposed to use a multifunctional device for a car inspector based on technologies for automated monitoring of the technical condition and identification of rolling stock during train stops at stations. A vibration monitoring system is a set of tools used to measure one or more parameters to identify changes along machinery life. Monitoring these parameters help identifying early faults like imbalance, bearing faults, looseness among others. It was noted that the introduction of automatic identification systems for rolling stock on the railways facilitates prompt access to information on the parameters of cars in real time, therefore it is expected that, thanks to a combination of technical condition monitoring and automatic identification systems, it will become possible to introduce new concepts of the maintenance and repair system, increase operational readiness of railway rolling stock.

Key words: railway car, bogies, technical condition monitoring, car inspector device, natural vibrations, automatic identification

Фомін Олексій Вікторович – д.т.н., доц., професор кафедри вагони та вагонне господарство, Державний університет інфраструктури та технологій (м. Київ), fomialeksejvictorovic@gmail.com

Ловська Альона Олександрівна – к.т.н., доц., доцент кафедри інженерія вагонів та якості продукції, Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків), alyonalovskaya.vagons@gmail.com

Скурихін Дмитро Ігорович – к.т.н., доц., доцент кафедри інженерія вагонів та якості продукції, Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків), skurikhin@kart.edu.ua

Бондаренко В'ячеслав Володимирович – к.т.н., доц., доцент кафедри інженерія вагонів та якості продукції, Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків), bondarenko@kart.edu.ua