ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
«УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ
ВАГОНОБУДУВАННЯ»

ЗБІРНИК
НАУКОВИХ ПРАЦЬ
«Рейковий рухомий склад»
«Railbound rolling stock»

ВИПУСК 26 (2023)

Кременчук 2023

УДК 656:2

Збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад» ДЕРЖАВНОГО ПІДПРИЄМСТВА «УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ ВАГОНОБУДУВАННЯ» Міністерства економіки України. - Вип. 26. - Кременчук: Вид-во ДП «УкрНДІВ», 2023. – 123 с.

Збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад» внесено до групи «Б» Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора наук і доктора філософії (кандидата наук) за спеціальністю: 273 - Залізничний транспорт (наказ МОН №1290 від 30.11.2021) та включено до пошукової системи Coogle Scholar

Збірник публікує після рецензування, редагування та перевірки на оригінальність статті, які присвячені теоретичним, методологічним та прикладним проблемам галузі залізничного транспорту. У статтях збірника розглядаються питання щодо конструкцій рухомого складу залізниць, технології та організації транспортних процесів, математичного моделювання об’єктів залізничного транспорту, екологічної безпеки на транспорті, економіки транспортного машинобудування, сертифікації та стандартизації продукції залізничного транспорту та нормативного забезпечення. Для науковців, дослідників, конструкторів та інженерно-технічних працівників транспорту та зв’язку.

Редакційна колегія:

Сафронов О.М., кандидат технічних наук, старший дослідник (головний редактор);

Сулим А.О., кандидат технічних наук, старший дослідник (заступник головного редактора);

Хозя П.О., кандидат технічних наук, старший дослідник;

Федосов-Ніконов Д.В., кандидат технічних наук;

Багров О.М., кандидат технічних наук;

Vaclav PÍŠTĚK – професор, доктор технічних наук (Брноський технологічний університет, Чеська Республіка);

Pavel Kučera – кандидат технічних наук (Брноський технологічний університет, Чеська Республіка);

Juraj Gerlici - професор, доктор технічних наук (Словакія);

Гладких І.В., відповідальний секретар;

Брусило Д.О., комп’ютерна верстка.

Збірник наукових праць зареєстрований в Державній реєстраційній службі України Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації серії КВ № 23892-13732 Р, дата реєстрації 19.04.2019 р.

Рекомендовано до друку Редакційною колегією (протокол № 1 від 27.06.2023 р.) та Науково-технічною радою ДП «УкрНДІВ» (протокол № 1 від 27.06.2023 р.).
Засновник і видавець - Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
E-mail: office@ukrndiv.com.ua
www.ukrndiv.com.ua

ISSN 2304-6309
e-ISSN 2709-3018
© ДП «УкрНДІВ», м. Кременчук, 2023

STATE ENTERPRISE
"UKRAINIAN SCIENTIFIC RAILWAY CAR BUILDING RESEARCH INSTITUTE"

COLLECTION OF RESEARCH PAPERS

“Railbound rolling stock”

ISSUE 26 (2023)

Kremenchuk 2023

UDC 656:2

Collection of research papers "Railbound rolling stock" of the STATE ENTERPRISE "UKRAINIAN RESEARCH INSTITUTE" of the Ministry of Economy of Ukraine. - Issue 26. - Kremenchuk: SE UkrNDIV Publishing House, 2023. - 123 p.

The Collection of research papers "Railbound Rolling Stock" is included in group "B" of the List of scientific professional periodicals of Ukraine, which may publish the results of dissertations for the degree of Doctor of Science and Doctor of Philosophy (PhD) in specialty: 273 - Railway transport (order of the Ministry of Education and Science of Ukraine No.1290 dated November 30, 2021) and indexed in the search engine «Google Scholar».

The Collection is published after reviewing, editing and verifying the originality of articles on theoretical, methodological and applied problems of the railway industry. The articles of the Collection deal with issues of railway rolling stock construction, technology and organization of transport processes, mathematical modeling of railway transport facilities, environmental safety in transport, economics of transport engineering, certification and standardization of railway transport products and regulatory support. “Railbound rolling stock” is aimed at scientists, researchers, constructors and engineers of transport and communications.

Editorial Board:
Safronov O.M., Ph. D in Engineering (Editor-in-Chief);
Sulym A.O., Ph. D in Engineering (Deputy Editor-in-Chief);
Khozia P.O., Ph. D in Engineering, Senior Researcher;
Fedosov-Nikonov D.V., Ph. D in Engineering;
Bahrov O.M., Ph. D in Engineering
Vaclav PÍŠTĚK - Professor, Doctor of Engineering Science (Brno University of Technology, Czech Republic);
Pavel Kučera - Ph. D in Engineering (Brno University of Technology, Czech Republic);
Juraj Gerlici - Professor, Doctor of Engineering Science (Slovakia);
Gladkykh I.V., Executive Secretary;
Brusylo D.O., computer typesetting.

The collection of scientific works is registered in the
State Registration Service of Ukraine
Certificate of state registration of the print media: series
KV № 23892-13732 P, date of registration is 19 April, 2019

Recommended for publication by the Editorial Board (Minutes No. 1 dated June 27, 2023) and Scientific and Technical Council of SE «UkrNDIV” (Minutes No. 1 dated June 23, 2023).
Founder and publisher is the State Enterprise
"Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute"
E-mail: office@ukrndiv.com.ua
www.ukrndiv.com.ua

ISSN 2304-6309
e-ISSN 2709-3018 © SE "UkrNDIV", Kremenchuk, 2023

ЗМІСТ
РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Сафронов О.М., Водяніков Ю.Я., Сулим А.О., Багров О.М. Оцінка залишкового ресурсу залізничного рухомого складу…….. 7

Павленко Ю.С., Войтенко О.І., Полулях С.М. Питання модернізації маневрових тепловозів ТГМ6 в Україні……..… 25

Фомін О. В., Козинка О. С. Засоби ремонту типових і композитних кришок люків напіввагонів ……...……. 40

Мартинов І. Е., Труфанова А. В., Шовкун В. О., Шарий О. Л. Дослідження розподілення навантажень в циліндричному підшипнику буксового вузла вантажного вагона……...…… 56

Герко Н. П., Семко Ж. О. Перспективні напрямки розвитку сертифікації на залізничному транспорті…… 67

Семко Ж. О. Застосування технічних специфікацій інтероперабельності на залізничному транспорті України…….. 79

Федосов-Ніконов Д.В., Стринжа А.М., Федоров В.В., Шушмарченко В.О. Удосконалення процедури виконання робіт з технічного діагностування вантажних вагонів…….. 102

Вимоги до оформлення статей……... 111

CONTENTS
«RAILBOUND ROLLING STOCK»

O.M. Safronov, Yu.Ya. Vodiannikov, A.O. Sulym, O.M. Bahrov Evaluation of the remaining lifetime of railway vehicles…….. 7

Yu.S. Pavlenko, O.I. Voitenko, S.M. Poluliakh Concerning the modernization of shunting locomotives TGM6 in Ukraine…… 25

O.V. Fomin, O. S. Kozynka Funds of repair of typical and composite hatch covers of gondolas……...……...……..... 40

I. E. Martynov, A. V. Trufanova, V. O. Shovkun, O. L. Sharyi Study of load distribution in a cylindrical roller bearing of a freight car axle boxes… 56

N. P. Herko, Zh.O. Semko Prospective trends of rail transport certification development……...……...…….. 67

Zh.O. Semko Application of technical specifications for interoperability on railway transport of Ukraine…...……...……. 79

D.V. Fedosov-Nikonov, A.M. Strynzha, V.V. Fedorov, V.O. Shushmarchenko Improvement of the procedure for carrying out technical diagnostics of freight wagons…….. 102

Requirements for drawing-up of articles…… 111

УДК 629.4.014.1 *DOI: 10.47675/2304-6309-2023-26-7-24*

О.М. Сафронов
Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування», вул. І. Приходько 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-03-24, E-mail: safronov.am84@gmail.com
ORCID 0000-0002-5865-7751
Ю.Я. Водянніков
Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування», вул. І. Приходька 33, м. Кременчук, Полтавської обл., 39621, Україна
Телефон: +38 (05366) 6-20-43, E-mail: office@ukrndiv.com.ua
ORCID 0000-0002-6111-7128
А.О. Сулим
Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування», вул. І. Приходька, 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-03-54, E-mail: sulim1.ua@gmail.com
ORCID 0000-0001-8144-8971
О.М. Багров
Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування», вул. І. Приходька, 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-11-80, E-mail: anbagrov@meta.ua
ORCID 0000-0002-8984-7595

ОЦІНКА ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ ЗАЛІЗНИЧНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

В цій статті розглянуто наявні критерії оцінки залишкового ресурсу залізничного рухомого складу. Залишковий ресурс залізничного рухомого складу можливо визначати за такими критеріями: за досягненням напруження межі плинності матеріалу, за межею витривалості, за накопиченими пошкодженнями під час дії ударних навантажень. Перший критерій застосовується за низької корозійної стійкості матеріалу залізничного рухомого складу та обумовлений впливом як атмосферних опадів, так і агресивних середовищ. Другий критерій застосовується для визначення довговічності конструкції та характеризується коефіцієнтом запасу втоми. Третій критерій використовується для підтвердження заданого продовження строку служби залізничного рухомого складу. Проаналізовано методології, а також розрахункові залежності під час визначення залишкового ресурсу залізничного рухомого складу для кожного із розглянутих критеріїв оцінки. Наведено приклад оцінки залишкового ресурсу вагона-цистерни моделі 15-1404 за накопиченими пошкодженнями під час дії поздовжніх ударних навантажень.

© Сафронов О.М., Водянніков Ю.Я., Сулим А.О., Багров О.М., 2023

Викладений матеріал в цій статті сприятиме удосконаленню процедури продовження строку експлуатації залізничного рухомого складу шляхом формування комплексного підходу до оцінки його залишкового ресурсу, що в цілому дозволить підвищити безпеку перевезень на залізничному транспорті.

Ключові слова: *залізничний рухомий склад, залишковий ресурс, коефіцієнт опору втоми, корозія, ударні навантаження.*

Вступ та постановка проблеми. У зв'язку з обмеженим придбанням АТ «Укрзалізниця» нового залізничного рухомого складу за останні роки відбулось значне старіння експлуатаційного парку. Для недопущення різкого зменшення експлуатаційного парку залізничної техніки та стабільного забезпечення залізничних перевезень за умов дотримання необхідного рівня їх безпеки відбувається продовження строку служби залізничного рухомого складу замість списання. Продовження строку служби залізничного рухомого складу виконується за результатами оцінки його залишкового ресурсу

Оцінка залишкового ресурсу залізничного рухомого складу включає комплекс робіт, що охоплює обстеження технічного стану їх металоконструкцій (технічне діагностування) та проведення контрольних випробувань кузовів, рам і надресорних балок візків, та дозволяє зробити обґрунтування продовження його строку служби після виконання рекомендованого обсягу ремонтних робіт.

Аналіз останніх досліджень. Оцінка залишкового ресурсу залізничного рухомого складу з метою продовження строку служби залежно від його типу виконують відповідно до вимог [1–5] або інших затверджених нормативних документів установленим порядком.

Останнім часом питання продовження строку експлуатації залізничного рухомого складу понад призначений заводом-виробником розглядалось в роботах Мямліна С.В. [6, 7], Сапронової С.Ю., Ткаченка В.П. [8–10], Єжова Ю.В., Павленка Ю.С. [11–13], Мартинова І.Е. [14, 15], Фоміна О.В., Прокопенка П.М. [16, 17], Кари С.В., Леонця В.А., Петренка В.О. [18, 19].

В роботах Мямліна С.В. [6, 7] виконано оцінку залишкового ресурсу пасажирських вагонів, у тому числі із наявними осередками корозії хребтової балки. Роботи Сапронової С.Ю. та Ткаченка В.П. [8–10] направлені на дослідження залишкового ресурсу вантажних та пасажирських вагонів, у тому числі спеціального рухомого складу. Дослідження Єжова Ю.В. та Павленка Ю.С. [11–13] присвячено удосконаленню діючої системи продовження строку експлуатації пасажирських вагонів та дослідженню технічного стану несних металоконструкцій кузовів вагонів метрополітену. В статтях Мартинова І.Е. [14, 15] наведено аналіз технічного стану пасажирських вагонів та їх рам. Дослідження Фоміна О.В. та Прокопенка П.М. [16, 17] направлені на оцінку залишкового ресурсу вантажних вагонів. Роботи Кари С.В., Леонця В.А. та Петренка В.О. [18, 19] присвячено дослідженню несних конструкцій тепловозів.

За результатами аналізу досліджень останнього періоду встановлено, що питання продовження строку служби різного типу залізничного рухомого складу та оцінки його залишкового ресурсу останнім часом постійно розглядаються, що свідчить про важливість, актуальність та необхідність подальшого розвитку досліджень за цим напрямком.

Мета статті – проаналізувати існуючі критерії оцінки залишкового ресурсу залізничного рухомого складу, а також описати методології та розрахункові залежно-

сті під час визначення залишкового ресурсу залізничного рухомого складу для кожного критерію оцінки.

Матеріал та результати досліджень. Методика продовження строку експлуатації залізничного рухомого складу передбачає проведення цілого ряду досліджень, що включають розгляд та аналіз нормативно-технічної документації на рухомий склад, збір та первинну обробку інформації про його технічний стан, обробку та аналіз отриманої інформації в процесі технічного діагностування, визначення залежності корозійної стійкості матеріалу від часу експлуатації, оцінку залишкового ресурсу конструкції.

Головним показником оцінки залишкового ресурсу залізничного рухомого складу є втрачання конструкцією несної здатності. Втрачання несної здатності можливо визначати за такими важливими критеріями як:

– досягнення у відповідних елементах і вузлах залізничного рухомого складу межі плинності під час дії статичного навантаження з урахуванням коефіцієнта динаміки. Такі напруження виникають внаслідок зниження опору поперечного перерізу елемента конструкції через високу інтенсивність корозії матеріалу;

– межа витривалості, яку визначають за коефіцієнтом опору втомі;

– кількість циклів поздовжніх навантажень (співударянь), що характеризуються числом накопичених пошкоджень протягом встановленого строку служби.

Перший критерій застосовується для оцінки корозійної стійкості матеріалу залізничного рухомого складу, що обумовлено впливом атмосферних опадів та агресивного середовища. Метою цього дослідження є отримання функціональної залежності стоншення поперечного перерізу конструктивних елементів від часу експлуатації (строку служби). Визначення ступеня корозійного пошкодження основних несних елементів металоконструкцій вагонів здійснюється за результатами вимірювання фактичних товщин елементів. Величина корозії визначається як різниця між фактичними (виміряними) та номінальними товщинами. При цьому вимірювання фактичної товщини елементів проводиться ультразвуковими товщиномірами (рис. 1), а номінальні товщини визначають за технічною та конструкторською документацією з плюсовим допуском.

Рис. 1. **Процес заміру фактичної товщини хребтової балки вантажного вагона**

Дані замірів товщини (стоншення елементів) групуються за строком служби залізничного рухомого складу з інтервалом часу напрацювання Δt та піддаються статистичній обробці, що полягає у визначенні:

– середнього значення (математичного очікування) за формулою (1):

$$\overline{m}_{\Delta h_i} = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} h_{ij}}{N_i^{\text{ЗТ}}} \tag{1}$$

де $\overline{m}_{\Delta h_i}$ – середнє значення (математичне очікування) величини стоншення елементів рухомого складу в i-му інтервалі;

h_{ij} – значення j-ої виміряної товщини елемента вагона в i-му інтервалі;

$N_i^{\text{ЗТ}}$ – кількість замірів в i-му інтервалі;

– середньоквадратичного відхилення за формулою (2):

$$S_{\Delta h_i} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{n_i}\left(h_{ij} - \overline{m}_{\Delta h_i}\right)^2}{N_i^{\text{ЗТ}} - 1}}. \tag{2}$$

Величини замірів товщини у кожному часовому зрізі групуються на класи (інтервали) за правилом Штюргеса згідно з виразом (2.12) [20, 21]:

$$\kappa \approx 1 + 3{,}32lg(N_i^{ЗТ}) \tag{3}$$

де κ - кількість класів.

Нульова гіпотеза про рівність (однорідність) середніх значень для кожного інтервалу оцінюється за допомогою критерію Стьюдента [20–22].

Оцінкою σ^2 служить вибіркова повна (загальна) дисперсія S^2, а інтервальною оцінкою математичного очікування i_m – вибіркове загальне середнє значення $\overline{m}_{\Delta h_i}$. Довірчі інтервали для i_m і σ^2 для $p = N_i^{ЗТ} - 1$ ступенів свободи визначають з виразів (4), (5):

$$\overline{m}_{\Delta h_i} - \frac{S_i}{\sqrt{N_i^{\text{ЗТ}}}} t_{\alpha,p} < i_m < \overline{m}_{\Delta h_i} + \frac{S_i}{\sqrt{N_i^{\text{ЗТ}}}} \tag{4}$$

$$\frac{S_i^2(N_i^{\text{ЗТ}} - 1)}{\chi_{P_1}^2} < \sigma^2 < \frac{S_i^2(N_i^{\text{ЗТ}} - 1)}{\chi_{P_2}^2} \tag{5}$$

Значення $t_{\alpha,p}$, $\chi_{P_1}^2$ і $\chi_{P_2}^2$ визначаються за таблицями залежно від числа ступенів свободи і вибіркового рівня довірчої ймовірності.

За даними вимірів товщини елемента для кожного часового зрізу будуються кумулятивна лінія, гістограма і полігон розподілу, за якими проводиться вибір теоретичного закону розподілу.

Для нормального розподілу, щільність імовірності випадкової величини визначається за формулою (6):

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)} \quad (6)$$

де σ – середньоквадратичне відхилення теоретичного розподілу;

x – випадкова величина;

μ – середнє значення (математичне очікування) теоретичного розподілу.

Перевірка гіпотези нормального розподілу для класу вибірок виконується з використанням критерію Пірсона [20–22].

У разі прояву функціональної залежності величини стоншення від часу експлуатації, проводиться вирівнювання методом найменших квадратів математичних очікувань відхилень товщини елементів від номінальних значень. Як апроксимуючу функцію приймають поліном (7) щодо незалежної змінної t – часу напрацювання (обирається лінійний, квадратичний та кубічний):

$$\begin{gathered} f_1(t) = a + bt; \\ f_2(t) = a + bt + ct^2; \\ f_3(t) = a + bt + ct^2 + dt^3, \end{gathered} \quad (7)$$

де *a*, *b*, *c*, *d* – невідомі коефіцієнти.

Поліном обирають, виходячи з найменшої величини залишкової дисперсії, яка визначається за формулою (8) [21, 23]:

$$\bar{S}^2_{\text{зал}} = \frac{\sum_{i=1}^{K} \left(\bar{m}_{\Delta h_i} - m_i^*\right)^2}{K - 1 - p}, \quad (8)$$

де $\bar{m}_{\Delta h_i}$ – математичне очікування величини товщини елемента в *i*-ому інтервалі;

m_i^* – аналітичне значення цієї ж величини;

K – кількість інтервалів часу напрацювання;

p – кількість ступенів свободи,

а також максимального значення критерію Фішера за формулою (9) [20, 23]:

$$F = \frac{S^2_\Delta}{\bar{S}^2_{\text{зал}}}, \quad (9)$$

де S^2_Δ – дисперсія випадкової величини при рівні значущості 5%.

Коефіцієнти a_0, *a*, *b*, *c*, *d* визначаються з розв'язання системи алгебраїчних рівнянь (10)–(12), які мають вигляд:

– для полінома першого степеня

$$\begin{cases} a_0 + b\sum_i x_i = \sum_i y_i \\ a\sum_i x_i + b\sum_i x_i^2 = \sum_i x_i y_i \end{cases} \quad (10)$$

– для полінома другого степеня

$$\begin{cases} a_0 + b\sum_i x_i + c\sum_i x_i^2 = \sum_i y_i \\ a\sum_i x_i + b\sum_i x_i^2 + c\sum_i x_i^3 = \sum_i x_i y_i \\ a\sum_i x_i^2 + b\sum_i x_i^3 + c\sum_i x_i^4 = \sum_i x_i^2 y_i \end{cases} \quad (11)$$

– для полінома третього степеня

$$\begin{cases} a_0 + b\sum_i x_i + c\sum_i x_i^2 + d\sum_i x_i^3 = \sum_i y_i \\ a\sum_i x_i + b\sum_i x_i^2 + c\sum_i x_i^3 + d\sum_i x_i^4 = \sum_i x_i y_i \\ a\sum_i x_i^2 + b\sum_i x_i^3 + c\sum_i x_i^4 + d\sum_i x_i^5 = \sum_i x_i^2 y_i \\ a\sum_i x_i^3 + b\sum_i x_i^4 + c\sum_i x_i^5 + d\sum_i x_i^6 = \sum_i x_i^3 y_i \end{cases} \quad (12)$$

За обраним поліномом залежності стоншення елементів від строку експлуатації визначається залишковий ресурс, за якого часовий опір поперечного перерізу стане рівним мінімально допустимому за умовою досягнення межі плинності за виразом (13):

$$\sigma_{\text{пл}} = \frac{M}{W(h_{\text{кр}})} \quad (13)$$

де $\sigma_{\text{пл}}$ – межа плинності матеріалу;

M – згинальний момент від статичного навантаження з урахуванням коефіцієнта динаміки;

W – момент опору поперечного перерізу елемента або вузла;

$h_{\text{кр}}$ – критичне значення товщини стінок поперечного перерізу елемента, що визначається за формулою (14):

$$h_{\text{кр}} = h_{\text{ном}} - \lambda_{\Delta h}(t_{\text{кр}}), \quad (14)$$

де $h_{\text{ном}}$ – номінальна товщина стінок елемента або вузла рухомого складу;

$\lambda_{\Delta h}(t_{\text{кр}})$ – критичне стоншення стінок елемента або вузла рухомого складу за час експлуатації t.

Коефіцієнт стоншення в заданий момент часу визначають за формулою (15):

$$\lambda_{\Delta h} = \frac{h_{\text{факт}}}{h_{\text{ном}}} \quad (15)$$

де $h_{\text{факт}}$ – фактична товщина елемента конструкції за результатами вимірювання.

При цьому фактичне значення границі втоми з урахуванням строку експлуатації може бути визначене за виразом (16):

$$\sigma_{\text{a,N}}^{\text{факт}} = \frac{\sigma_{\text{a,N}}}{\lambda_{\Delta\text{h}}}, \tag{16}$$

де $\sigma_{\text{a,N}}$ – розрахункова границя втоми за симетричного циклу напружень, приведена до бази випробувань $N_0=10^7$.

Оскільки границя міцності пропорційна площі поперечного перерізу, то мінімальна площа ($F_{\text{кр}}$) перерізу визначається за формулою (17):

$$F_{\text{кр}} = F_{\text{ном}} \cdot \frac{\sigma_{\text{ф}}}{\sigma_{\text{пл}}}, \tag{17}$$

де $F_{\text{ном}}$ - номінальна площа поперечного перерізу елемента, що відповідає технічній документації;

$\sigma_{\text{ф}}$ - фактичне напруження в елементі конструкції.

Отримані залежності товщини елементів від часу експлуатації використовуються для визначення залишкового ресурсу за формулою (18):

$$T_{\text{зал}} = T_{\text{н}} \cdot \lambda_{\Delta h}(t)\, K_N, \tag{18}$$

де $T_{\text{н}}$ – призначений строк служби рухомого складу;

$\lambda_{\Delta h}(t)$ – залежність коефіцієнта стоншення від часу експлуатації вагона;

K_N – коефіцієнт, що враховує нелінійність коефіцієнта стоншення та запас за критичним станом.

В початковий момент експлуатації рухомого складу $\lambda_{\Delta h}(t)$=1 та K_N=1.

Перевагою такого критерію оцінювання залишкового ресурсу є врахування одного з основних критеріїв втоми – корозійного зносу. Недолік – відсутність врахування накопичених пошкоджень, викликаних порушеннями технічних вимог під час експлуатації та понаднормових навантажень.

Другий критерій. Одним із варіантів оцінки залишкового ресурсу несних елементів рухомого складу є визначення його за критерієм втомної довговічності за багатоциклового динамічного навантаження.

Вихідним співвідношенням для визначення строку служби несних елементів конструкції вагона є вираз (19) [24, 25]:

$$n = \frac{\sigma_{a,N}}{\sigma_e} \leq [n], \tag{19}$$

де n – коефіцієнт запасу опору втомі;

σ_e – еквівалентне розрахункове експлуатаційне напруження, приведене до напруження симетричного циклу і бази випробувань $N_0=10^7$;

$[n]$ – допустимий коефіцієнт запасу опору втомі.

Границя втоми натурної деталі розраховується за формулою (20) [24, 25]:

$$\sigma_{a,N} = \bar{\sigma}_{a,N}\left(1 - z_p \nu_{\sigma_{a,N}}\right) \tag{20}$$

де $\bar{\sigma}_{a,N}$ – середнє (медіанне) значення границі втоми деталі;

z_p – квантиль розподілу за імовірності P=0,95;

$\nu_{\sigma_{a,N}}$ – коефіцієнт варіації границі втоми деталі.

Для визначення границі втоми натурних деталей шляхом проведення вібраційних випробувань використовують формулу (21) [24]:

$$\bar{\sigma}_{a,N} = \sqrt[m]{\frac{1}{N_0}\sum_{i=1}^{k} \sigma_{вi}^{m} n_{вi}} \tag{21}$$

де m=4 – рекомендоване значення показника степеня кривої втоми елементів рухомого складу;

N_0 – базова кількість циклів;

$\sigma_{вi}$– величини напружень, отриманих під час вібраційних випробувань і приведених до еквівалентних симетричних;

$n_{вi}$ – кількість циклів навантаження, реалізованих на i-му інтервалі;

k – кількість інтервалів навантаження.

Згідно з нормативною документацією вплив асиметрії циклів динамічних напружень на накопичення втомних пошкоджень у конструкції не враховується, тому приймається $\sigma_{вi} = \sigma_{вa_i}$.

Разом з тим, для проведення перевірочного розрахунку коефіцієнта запасу опору втомі та оцінювання залишкового ресурсу, вплив асиметрії циклів навантаження враховують шляхом його приведення до амплітуд еквівалентних симетричних циклів із використанням ідеалізованої діаграми Гудмана граничних амплітуд циклів і приведення їх до еквівалентної амплітуди симетричного граничного циклу за подобою амплітуд за виразом (22) [26]:

$$\sigma_{e_i} = \frac{\sigma_{вa_i}}{\left(1 - \frac{\sigma_{вm_i}}{\sigma_B}\right)} \tag{22}$$

де $\sigma_{вa_i}$ – амплітуди динамічних напружень, отримані в процесі випробувань;

$\sigma_{вm_i}$ – амплітуди постійних складових напружень, реалізованих у процесі випробувань;

σ_B – границя міцності елемента дорівнює границі міцності матеріалу.

Розрахункові величини амплітуд динамічних напружень визначаються за формулою (23) [24]:

$$\sigma_e = \sqrt{\frac{T_p f_e d_e}{N_0}} \tag{23}$$

де T_p – сумарна дія експлуатаційних навантажень;

f_e – центральна (ефективна) частота процесу зміни динамічних напружень;

d_e – питоме напрацювання несної конструкції (визначає відмінність умов експлуатації однотипних несних елементів).

Величина T_p згідно з чинними нормативами обчислюється за виразом (24) [24]:

$$T_p = B \cdot T_{\text{н}} = 365 \cdot 10^3 \cdot T_{\text{н}} \cdot \frac{\bar{\xi}_c}{V} \tag{24}$$

де B – коефіцієнт переведення календарного розрахункового строку служби в роках за час безперервного руху в секундах;

$\bar{\xi}_c$ – середньодобовий пробіг рухомого складу, км/добу;

V – середня технічна швидкість руху.

Ефективна частота зміни динамічних напружень визначається за формулою (25) [24, 25]:

$$f_e = \frac{a}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{f_{\text{ст}}}} \tag{25}$$

де a – коефіцієнт, що залежить від типу рухомого складу;

$g = 9{,}81$ м/с^2 – прискорення вільного падіння;

$f_{\text{ст}}$ – статичний прогин вагона.

Питоме напрацювання d_e визначається відповідно до формули (26) [25, 27]:

$$d_e = \sum_{j=1} K_{\text{діл}_j} \sum^{N_{v_i}} T_{v_i} \sum^{N_{\sigma_i}} \sigma_{a_i}^m P_{\sigma_i} \tag{26}$$

де $K_{\text{діл}_j}$ – середня частка протяжності прямих ($j = 1$), кривих ділянок колії ($j = 2$) і стрілочних переводів ($j = 3$) у загальній довжині залізничних ліній;

N_{σ_i} та N_{v_i} - прийняті кількість розрядів амплітуд напружень i-ому інтервалі швидкостей та кількість розрядів швидкостей руху;

T_{v_i} – частка часу, що припадає на експлуатацію в i-ому інтервалі швидкостей;

σ_{a_i} – рівень (розряд) амплітуди динамічних напружень;

P_{σ_i} – частота (імовірність) появи амплітуд напружень з рівнем σ_{a_i} в i-ому інтервалі швидкостей руху вагона.

Оцінка залишкового ресурсу елемента за критерієм втомної довговічності за багатоциклового динамічного навантаження здійснюється за формулою (27) [24]:

$$T_{\text{зал}} = \frac{\left(\frac{\sigma_{a,N}}{[n]}\right) \cdot N_0}{B f_e d_e} \tag{27}$$

Основною перевагою такого методу оцінки залишкового ресурсу є достатня точність отриманого результату, оскільки враховується одночасно фактичний корозійний знос та накопичені пошкодження деталі в експлуатації. Основним недоліком є необхідність застосування спеціалізованого випробувального обладнання (стендів)

на втомне руйнування деталі, наслідком чого є висока вартість дослідження. Особливо високою є вартість проведення досліджень за критерієм втомної довговічності для габаритних несних елементів рухомого складу (хребтової балки, бічної поздовжньої рами тощо).

Під час проведення контрольних вібраційних випробувань на втому рам та надресорних балок візків рухомого складу можливо використовувати спеціалізований випробувальний стенд типу 2СО (рис. 2).

Рис. 2. **Зовнішній вигляд стенду типу 2СО**

На практиці, зазначений метод здебільшого застосовується для визначення залишкового ресурсу рам, надресорних балок візків, шворневих, кінцевих балок рухомого складу.

Третій критерій (оцінка залишкового ресурсу за результатами випробувань на співудар*).* Оцінка залишкового строку служби рухомого складу за результатами ударних ресурсних навантажень виконується за критерієм накопичених пошкоджень з урахуванням поздовжнього та вертикального динамічного навантажень, які діють на рухомий склад. У процесі експлуатації поздовжні навантаження визначають за результатами випробувань на співудар. Під час випробувань на співудар узагальнений розподіл повторюваності поздовжніх сил стиснення та розтягнення приймають як вихідний (експлуатаційний) спектр навантаження вагона [24]. Узагальнений розподіл приймають за припущення однакової пошкоджувальної дії розтягувальних та стискальних сил у кожному інтервалі їх розподілу. Вертикальні навантаження визначають за результатами статичних, динаміко-міцнісних випробувань або випробувань скиданням з клинів.

Величина еквівалентного зусилля співудару $P_{екв}$, приведена до розрахункової бази випробувань, визначається за формулою (28) [27]:

$$P_{екв} = \frac{N_{заг}^{розр}}{N_0} \cdot \sum_{i=1} F_i^m \cdot p_i = \sqrt[m]{\frac{N_{заг}^{розр}}{N_0} \sum_{i=1} F_i^m \cdot p_i}, \quad (28)$$

де $N_{заг}^{розр}$ – загальна розрахункова кількість циклів дії імпульсів поздовжніх ударних сил;

F_i^m і p_i – величини динамічних поздовжніх сил та імовірності їх виникнення, що визначаються за таблицями 5.3 і 5.4 [27].

Загальна розрахункова кількість циклів дії поздовжніх сил протягом розрахункового періоду експлуатації вагона для загальної мережі пробігу визначається за формулою (29) [27]:

$$N_{\text{заг}}^{\text{розр}} = N_{\text{заг}}^{\text{уд}} \cdot T_{\text{н}} \cdot k_{\text{реж}} \cdot k_{\text{уд}} \quad (29)$$

де $N_{\text{заг}}^{\text{уд}}$ – загальна кількість циклів ударних поздовжніх сил за один рік;

$k_{\text{реж}}$ – коефіцієнт, що враховує вплив порожнього пробігу;

$k_{\text{уд}}$ – коефіцієнт, що враховує несиметричність навантаження конструкції.

Кількість циклів за один рік експлуатації для поздовжнього навантаження визначаються за формулою (30) [27]:

$$N_C^I = N_{заг}^{уд} \cdot T_{розр} \cdot k_{реж} \cdot k_{уд} \quad (30)$$

де $T_{розр}$ – розрахунковий період експлуатації (1 рік).

Кількість циклів вертикальних коливань за один рік строку служби визначається за формулою (31) [24, 27]:

$$N_C^{II} = 365 \cdot 10^3 \cdot f_e \cdot \frac{\bar{\xi}_c}{V} \quad (31)$$

Залишковий строк служби рухомого складу визначається за формулою (32) [24]:

$$T_{\text{зал}} = \frac{\left(\frac{\sigma_{a,N}}{[n]}\right)^m \cdot N_0}{N_C^I \cdot \sum_j (\sigma_{aj}^I) \cdot P_j^I + N_C^{II} \cdot \sum_j (\sigma_{aj}^{II}) \cdot P_j^{II}} \quad (32)$$

де σ_{aj}^I, σ_{aj}^{II} - амплітуди динамічних напружень, приведених до симетричного циклу для кожного виду експлуатаційних навантажень (поздовжнього та вертикального) та їх діапазонів, МПа;

P_j^I, P_j^{II}–імовірність появи амплітуди з рівнем $\sigma_{aj}^I, \sigma_{aj}^{II}$ в j-му інтервалі швидкостей руху від дії поздовжнього та вертикального навантажень.

В якості прикладу розглянемо результати залишкового ресурсу вагона цистерни моделі 15-1404 [28] від дії поздовжніх ударних навантажень за силами накопичених пошкоджень. Вибір режиму навантаження здійснювався з урахуванням наступних вхідних даних, які характеризують умови експлуатації:

- величина еквівалентного зусилля співудару $P_{екв}$=2,5 МН;

- призначений строк служби вагона цистерни до списання 20 років;
- коефіцієнт порожнього пробігу $K_{пор}$=0,45 [27];
- загальна кількість циклів ударних поздовжніх сил за один рік $N_{заг}^{уд}$=20200 [17];
- коефіцієнт, що враховує несиметричність навантаження конструкції $k_{уд}$=0,6 [17].

Загальне розрахункове число циклів від дії поздовжнього навантаження за один рік експлуатації вагона цистерни становить:

$$N_C^I = N_{заг}^{уд} \cdot T_{розр} \cdot k_{реж} \cdot k_{уд} = 20200 \cdot 1 \cdot 0{,}55 \cdot 0{,}6 = 6666 \text{ циклів.}$$

З урахуванням $P_{екв}$=2,5 МН та за даними таблиці 5.3 [27] базова кількість циклів складе:

$$N_0 = \frac{N_{заг}^{розр}}{P_{екв}^m} \cdot \sum_{i=1} F_i^m \cdot p_i =$$

$$= \frac{6666}{2{,}5^4} \cdot (0{,}25^4 \cdot 0{,}1258 + 0{,}6^4 \cdot 0{,}2852 + 1^4 \cdot 0{,}2802 + 1{,}4^4 \cdot 0{,}1832 + 1{,}8^4 \cdot$$

0,0772+2,24·0,0359+2,64·0,0208+34·0,0023+3,44·0,0003+3,84·0,0001=661 цикл.

Враховуючи, що досліджуваний вагон не проходить сортування на гірках, експертно зменшуємо число еквівалентних сил у 2 рази, тоді остаточне розрахункове число базових циклів становить: $N_0 = 661 \cdot 0{,}5 \approx 331$ цикл.

Розрахункова сила накопичених пошкоджень за один рік становить:

$$P_{розр} = P_{екв}^m \cdot N_0 = 2{,}5^4 \cdot 331 = 12929 \text{ МН.}$$

Випробування на співудар виконувався шляхом накочування вагона-бійка на досліджувану цистерну, що стоїть в упорі (рис. 3). Гістограма розподілу сил співудару представлена на рис. 4, а суму накопичених пошкоджень представлено в табл. 1.

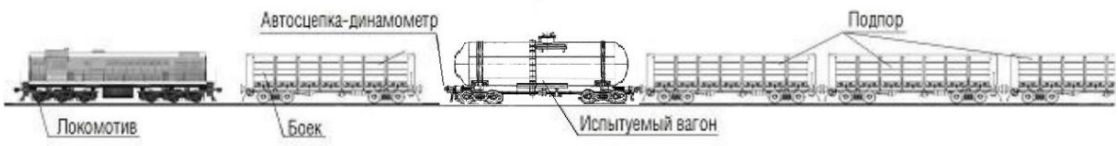


Рис. 3. **Схема розташування рухомого складу під час випробувань на співудар**

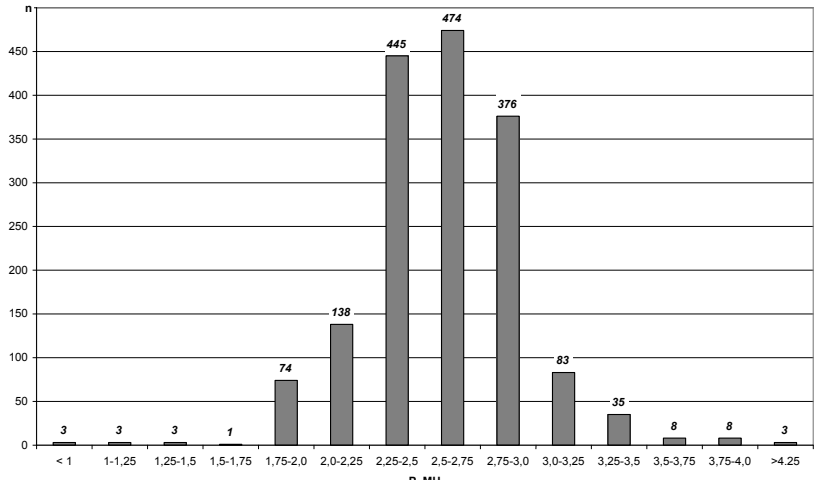


Рис. 4. **Гістограма розподілу поздовжніх сил під час випробувань на співудар, отримана експериментально в процесі випробувань**

Табл. 1. **Полігон сил, отриманих в процесі випробувань цистерни на співудар**

Інтервал сил співудару	Середина інтервалу	Частота	Накопичені пошкодження
1	2	3	4
< 1	0,5	3	3,0
1-1,25	1,13	3	4,81
1,25-1,5	1,38	3	10,72
1,5-1,75	1,63	1	6,97
1,75-2,0	1,88	74	914,61
2,0-2,25	2,13	138	2813,94
2,25-2,5	2,38	445	14158,41
2,5-2,75	2,63	474	22505,86
2,75-3,0	2,88	376	25688,53
3,0-3,25	3,13	83	7915,5
3,25-3,5	3,38	35	4541,12
3,5-3,75	3,63	8	1381,41
3,75-4,0	3,88	8	1803,75
>4.25	4,25	3	978,76
		Всього	82727,39

Час напрацювання вагона цистерни на ударні поздовжні навантаження склав:

$$T_{\text{зал}} = \frac{P_{\text{заг}}}{P_{розр}} = \frac{82727}{12929} = 6{,}4 \text{ роки.}$$

Таким чином, виконані розрахунки показують, що існує можливість гарантованого продовження строку служби вагона цистерни на 6 років.

Висновки.

Наведена методика розрахункових досліджень з продовження строку експлуатації залізничного рухомого складу дозволить:

– здійснювати диференційну оцінку його залишкового ресурсу з використанням результатів ресурсних випробувань та замірів фактичних геометричних параметрів несних елементів;

– отримати прогнозну граничну оцінку залишкового ресурсу групи рухомого складу, виходячи з фактичного ресурсу вагона-аналога та аналітичної залежності корозійного зносу несних елементів кожного рухомого складу із цієї групи, що піддається технічному діагностуванню.

Рекомендації.

В подальшому доцільно удосконалити процедуру продовження строку експлуатації залізничного рухомого складу шляхом внесення змін і доповнень в чинні програми та методики його оцінки залишкового ресурсу з урахування викладеного матеріалу, що в цілому дозволить підвищити безпеку перевезень на залізничному транспорті.

ЛІТЕРАТУРА

1. Порядок проведення комплексу діагностичних, ремонтних та реєстраційних операцій, спрямованих на продовження строку експлуатації вантажних вагонів (крім вантажних вагонів підприємств технологічного залізничного транспорту, що призначені для переміщення вантажів у виробничих цілях в межах території таких підприємств), установленого виробником, строків продовження експлуатації. Наказ Мінінфраструктури від 30.11.2021 р. № 647 [Чинний з 01.01.2022 р.] URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1677-21#Text

2. ЦЛ 0070 Методика технічного діагностування пасажирських вагонів, що вислужили призначений термін, з метою його продовження. Введено на підставі наказу Укрзалізниці від 25.06.2008 № 304-Ц. 2008. Київ, Нескінчене джерело. 60 с.

3. ВНД 32.007.123-03-2002 Положення про організацію робіт щодо продовження призначеного терміну служби тягового рухомого складу Укрзалізниці (рам візків, головних рам кузовів і несучих кузовів). К., Міністерство транспорту України, 2002. 16 с. (Нормативний документ Мінтранса України).

4. М 4.1.00740 Технічне діагностування та оцінка залишкового ресурсу несучих конструкцій тепловозів з метою подовження їх терміну служби. Методика діагностування. Кременчук, ДП «УкрНДІВ», 2018. 47 с.

5. Методика технічного діагностування вагонів метрополітену, що вислужили призначений термін, з метою його продовження. Кременчук, ДП «УкрНДІВ», 2011. 19 с.

6. Мямлін С.В., Рейдемейстер О.Г., Калашник В.О. Науково-технічне обґрунтування продовження терміну служби пасажирських вагонів після КВР. Вагонний парк. 2015. № 11-12 (104-105). С. 4 – 7.

7. Мямлін С.В., Рейдемейстер О.Г., Пуларія А.Л., Калашник В.О. Обґрунтування продовження терміну служби пасажирських вагонів із осередками корозії хребтової балки. Наука та прогрес 20ransporгту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. 2015. № 5 (59). С. 132 – 140. DOI: https://doi.org/10.15802/stp2015/55337

8. Радкевич М.М., Сапронова С.Ю., Ткаченко В.П. Дослідження залишкового ресурсу та встановлення граничного терміну експлуатації некупейних пасажирських вагонів побудови КВЗ. Збірник наукових праць ДУІТ. Серія «Транспортні системи і технології». 2020. Вип. 36. С. 54–62. DOI: https://doi.org/10.32703/2617-9040-2020-36-6

9. Радкевич М.М., Сапронова С.Ю., Ткаченко В.П. Дослідження залишкового ресурсу спеціальних вагонів. Збірник наукових праць ДУІТ. Серія «Транспортні системи і технології». 2021. Вип. 37. С. 50–58. DOI: https://doi.org/10.32703/2617-9040-2021-37-6

10. Сапронова С.Ю., Буліч Д.І., Ткаченко В.П. Продовження терміну експлуатації вантажних вагонів. Вісник Східноукраїнського національного університету імені В. Даля. 2017. № 3(233). С. 179–182.

11. Єжов Ю.В., Павленко Ю.С., Войтенко О.І. Удосконалення діючої системи продовження терміну експлуатації пасажирських вагонів. Збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад». 2018. Вип. 17. С. 46–50.

12. Єжов Ю.В., Павленко Ю.С., Войтенко О.І., Полулях С.М. Дослідження технічного стану несучих металоконструкцій кузовів вагонів метрополітену моделей 81-717/714 та їх модифікацій. Збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад». 2018. Вип. 17. С. 22–28.

13. Єжов Ю.В., Павленко Ю.С. Алгоритм відбору зразка пасажирського вагона локомотивної тяги для контрольних випробувань. Збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад». 2018. Вип. 17. С. 62–70.

14. Мартинов І.Е., Труфанова А.В., Павленко Ю.С., Сергієнко М.О. Аналіз технічного стану пасажирських вагонів. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. Транспортне машинобудування. Х.: НТУ «ХПІ». 2018. № 45 (1321). С. 41–46.

15. Мартинов І.Е., Труфанова А.В., Сергієнко М.О. До питань прогнозування залишкового ресурсу рам пасажирських вагонів. Збірник наукових праць ДУІТ. Серія «Транспортні системи і технології». 2019. Вип. 34. С. 144–154. DOI: https://doi.org/10.32703/2617-9040-2019-34-1-12

16. Фомін О.В., Прокопенко П.М., Бурлуцький О.В., Фоміна А.М. Контрольні випробування вантажного вагона з метою оцінки залишкового ресурсу несучих конструкцій. Вчені записки ТНУ 21га. В.І. Вернадського. Серія: технічні науки. 2019. Том 30 (69). Ч. 2. № 3. С. 177–182. DOI: https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.3-2/31

17. Фомін О.В., Прокопенко П.М., Швець А.О., Лахай О.І., Свідерський Р.В. Визначення залишкового ресурсу несучої здатності базової конструкції вагона-зерновоза з протермінованим строком служби. Вісник сертифікації залізничного транспорту. 2019. № 05 (57). С. 5–18.

18. Леонець В.А., Кара С.В., Прокопенко П.М. Оцінка залишкового ресурсу несучих конструкцій тепловозів серії 2ТЕ10 та визначення можливості продовження терміну їх експлуатації. Залізничний транспорт України. 2019. № 4. С. 19–28. DOI: https://doi.org/10.34029/2311-4061-2019-133-4-19-28

19. Кара С.В., Петренко В.О., Прокопенко П.М., Гордієнко Т.М. Дослідження несучих конструкцій тепловозів серії ЧМЕ3 та визначення можливості продовження терміну їх експлуатації. Залізничний транспорт України. 2019. № 3. С. 9–13. DOI: https://doi.org/10.34029/2311-4061-2019-131-2-09-13

20. Гутер Р.С., Овчинский Б.В. Элементы численного анализа и математической обработки результатов опыта (изд. 2-е перераб.). М.: Наука, 1970. 432 с.

21. Львовский Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул. М.: Высшая школа, 1988, 239 с.

22. Пасажирські вагони. Діагностування. Залишковий ресурс. Надійність / Водяніков Ю.Я., Сулим А.О., Хозя П.О., Столєтов С.О., Мельник О.О., Лашкевич І.М. : монографія. Кременчук: ДП «УкрНДІВ», 2023. 95 с.

23. Степанов М.Н. Статистические методы обработки результатов механических испытаний. Справочник. М.: Машиностроение, 1985. 232 с.

24. Нормы для расчета и проектирования 21rans и модернизируемых вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). М.: ГосНИИВ – ВНИИЖТ, 1983. 258 с.

25. ДСТУ 7774:2015. Вагони пасажирські магістральні локомотивної тяги. Загальнотехнічні норми для розрахування та проектування механічної частини вагонів. Введено на підставі наказу ДП «УкрНДНЦ» від 01.04.2016 № 61. Київ, ДП «УкрНДНЦ», 2017. 144 с.

26. Когаев В.П Расчеты на прочность при напряжениях, переменных во времени. М.: Машиностроение, 1977. 232 с.

27. РД 24.050.37.95. Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и ходовые качества : М.: ГосНИИВ, 1995. 101 с.

28. Исследования, разработка и обоснование рекомендаций по увеличению назначенного полного срока службы вагонов цистерн моделей 15-1406 15-1404, 1408 эксплуатационного парка ПО «Ангарскнефтеоргсинтез (№ ГР 01910039382): отчет о НИР (этап 2) / ГП «Украинский научно- исследовательский институт вагоностроения»; рук. Лагута В. С., исп. Донченко А. В., Водянников Ю. Я. Кременчуг, 1992. 220 с.

O.M. Safronov
State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»,
33 I. Prykhodka St., Kremenchuk, 39621, Ukraine
Tel.: (05366) 6-03-54, E-mail: safronov.am84@gmail.com
ORCID http://orcid.org/0000-0002-5865-7751
Yu.Ya. Vodiannikov
State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»,
33 I. Prykhodka St., Kremenchuk, 39621, Ukraine
Tel.: +38 (05366) 6-20-43, E-mail: office@ukrndiv.com.ua
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6111-7128
A.O. Sulym

State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»,
33 I. Prykhodka St., Kremenchuk, 39621, Ukraine
Tel.: (05366) 6-03-54, E-mail: sulim1.ua@gmail.com
ORCID http://orcid.org/0000-0001-8144-8971
O.M. Bahrov
State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»,
33 I. Prykhodka St., Kremenchuk, 39621, Ukraine
Tel.: (05366) 6-11-80, E-mail: anbagrov@meta.ua
ORCID http://orcid.org/0000-0002-8984-7595

EVALUATION OF THE REMAINING LIFETIME OF RAILWAY VEHICLES

This article deals with the existing criteria for evaluation of the remaining lifetime of railway vehicles. The remaining lifetime of railway vehicles can be determined by the following criteria: by reaching the stress the yield point of the material, by the endurance limit, by the accumulated damage during impact loads. The first criterion is used for low corrosion resistance of the railway rolling stock material and is due to the influence of both atmospheric precipitation and aggressive environments. The second criterion is used to determine the durability of the structure and is characterized by the fatigue reserve factor. The third criterion is used to confirm the specified extension of the service life of railway rolling stock. Methodologies, as well as calculation dependencies when determining the residual resource of railway rolling stock for each of the considered evaluation criteria, were analyzed. An example of estimating the residual resource of a model 15-1404 tank car based on accumulated damage during 22ransportnal impact loads is presented.

The material presented in this article will contribute to the improvement of the procedure for extending the service life of railway rolling stock by forming a comprehensive approach to the assessment of its residual resource, which in general will improve the safety of rail transport.

Key words: *railway rolling stock, residual lifetime, fatigue resistance factor, corrosion, impact loads.*

REFERENCES

1. *Poriadok provedennia kompleksu diahnostychnykh, remontnykh ta reiestratsiinykh operatsii, spriamovanykh na prodovzhennia 22ransp ekspluatatsii vantazhnykh vahoniv (krim vantazhnykh vahoniv pidpryiemstv tekhnolohichnoho zaliznychnoho 22ransport, shcho pryznacheni dlia peremishchennia vantazhiv u vyrobnychykh tsiliakh v mezhakh terytorii takykh pidpryiemstv), ustanovlenoho vyrobnykom, strokiv prodovzhennia ekspluatatsii. Nakaz Mininfrastruktury vid 30.11.2021 r. № 647 [The procedure for carrying out a complex of diagnostic, repair and registration operations aimed at extending the period of operation of freight cars (except for freight cars of technological railway transport enterprises, which are intended for the movement of goods for production purposes within the territory of such enterprises), established by the manufacturer, the period of extension of operation from November 30, 2021 No. 647*]. [2022, January 1,]. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1677-21#Text [in Ukrainian]

2. Metodyka tekhnichnoho diahnostuvannia pasazhyrskykh vahoniv, shcho vysluzhyly pryznachenyi termin, z metoiu yoho prodovzhennia. Nakaz Ukrzaliznytsi № 304-Ts. [The procedure for technical diagnosis of passenger cars that have served the appointed term, with the aim of extending it. Order of Ukrzaliznytsia]. (2008, June 25). *TsL 0070*. Kyiv: Neskinchene dzherelo [in Ukrainian]

3. Polozhennia pro orhanizatsiiu robit shchodo prodovzhennia pryznachenoho terminu sluzhby tiahovoho rukhomoho skladu Ukrzaliznytsi (ram vizkiv, holovnykh ram kuzoviv i nesuchykh kuzoviv). [Provisions on the organization of work regarding the extension of the designated service life of traction rolling stock of Ukrzaliznytsia (bogie frames, main body frames and load-bearing bodies). *VND 32.007.123-03-2002*. Kyiv: Ministerstvo transportu Ukrainy [in Ukrainian]

4. Tekhnichne diahnostuvannia ta otsinka zalyshkovoho resursu nesuchykh konstruktsii teplovoziv z metoiu podovzhennia yikh terminu sluzhby. Metodyka diahnostuvannia. [Technical diagnosis and assessment of the residual resource of the load-bearing structures of diesel locomotives in order to extend their service life. Methodology of diagnosis]. (2018). *M 4.1.00740.* Kremenchuk: DP «UkrNDIV» [in Ukrainian]

5. *Metodyka tekhnichnoho diahnostuvannia vahoniv metropolitenu, shcho vysluzhyly pryznachenyi termin, z metoiu yoho prodovzhennia [Methodology of technical diagnostics of metro cars that have served the appointed term, with the aim of extending it]*. (2011). Kremenchuk: SE «UkrNDIV» [in Ukrainian]

6. Miamlin, S.V., Reidemeister, O.H., & Kalashnyk, V.O. (2015). Naukovo-tekhnichne obhruntuvannia prodovzhennia terminu sluzhby pasazhyrskykh vahoniv pislia KVR [Scientific and technical justification for extending the service lifetime of passenger cars after the overhaul reconditioning]. *Vahonnyi park - Car park, 11-12 (104-105)*, 4-7 [in Ukrainian]

7. Miamlin, S.V., Reidemeister, O.H., Pulariia, A.L., & Kalashnyk, V.O. (2015). Obgruntuvannia prodovzhennia terminu sluzhby pasazhyrskykh vahoniv iz oseredkamy korozii khrebtovoi balky [Justification of the extension of the service life of passenger cars with corrosion centers of the backbone beam]. *Nauka ta prohres transportu. Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transport - Science and progress of transport - Bulletin of the Dnipropetrovsk National University of Railway Transport, 5 (59)*, 132 – 40 DOI: https://doi.org/10.15802/stp2015/55337 [in Ukrainian]

8. Radkevych, M.M., Sapronova, S.Iu., & Tkachenko, V.P. (2020). Doslidzhennia zalyshkovoho resursu ta vstanovlennia hranychnoho terminu ekspluatatsii nekupeinykh pasazhyrskykh vahoniv pobudovy KVZ [Research of the residual lifetime and establishment of the maximum service life of non-compartment passenger cars built by KRCBW PJSC. *Collection of scientific papers DUIT. "Transport systems and technologies" series Zbirnyk naukovykh prats DUIT. Seriia «Transportni systemy I tekhnolohii»*, 36, 54–62. DOI: https://doi.org/10.32703/2617-9040-2020-36-6 [in Ukrainian]

9. Radkevych, M.M., Sapronova, S.Iu., & Tkachenko, V.P. (2021). Doslidzhennia zalyshkovoho resursu spetsialnykh vahoniv [Research of the residual resource of special wagons]. *Zbirnyk naukovykh prats DUIT. Seriia «Transportni systemy i tekhnolohii» - Collection of scientific papers DUIT. «Transport systems and technologies» series, 37*, 50–58 [in Ukrainian]

10. Sapronova, S.Iu., Bulich, D.I., & Tkachenko, V.P. (2017). Prodovzhennia terminu ekspluatatsii vantazhnykh vahoniv [Extension of the service lifetime of freight cars]. *Visnyk Skhidnoukrainskoho natsionalnoho universytetu imeni V. Dalia - Bulletin of the Eastern Ukrainian National University named after V. Dahl, 3(233)*, pp. 179–182 [in Ukrainian]

11. Yezhov, Yu.V., Pavlenko, Yu.S., & Voitenko, O.I. (2018). Udoskonalennia diiuchoi systemy prodovzhennia terminu ekspluatatsii pasazhyrskykh vahoniv [Improvement of the current system of extending the service life of passenger cars]. *Collection of scientific works "Rail Rolling Stock" - Zbirnyk naukovykh prats «Reikovyi rukhomyi sklad», 17,* 46–50 [in Ukrainian]

12. Yezhov, Yu.V., Pavlenko, Yu.S., Voitenko, O.I., & Poluliakh, S.M. (2018). Doslidzhennia tekhnichnoho stanu nesuchykh metalokonstruktsii kuzoviv vahoniv metropolitenu modelei 81-717/714 ta yikh modyfikatsii. [Research of the technical condition of the load-bearing metal structures of the bodies of metro cars of models 81-717/714 and their modifications]. *Zbirnyk naukovykh prats «Reikovyi rukhomyi sklad» - Collection of scientific works "Railbound Rolling Stock", 17,* 22–28 [in Ukrainian]

13. Yezhov, Yu.V., & Pavlenko, Yu.S. (2018). Alhorytm vidboru zrazka pasazhyrskoho vahona lokomotyvnoi tiahy dlia kontrolnykh vyprobuvan. [Algorithm for selecting a sample of a locomotive traction passenger car for routine tests]. *Collection of scientific works "Railbound Rolling Stock" - Zbirnyk naukovykh prats «Reikovyi rukhomyi sklad», 17*, 62–70 [in Ukrainian]

14. Martynov, I.E., Trufanova, A.V., Pavlenko, Yu.S., & Serhiienko, M.O. (2018). Analiz tekhnichnoho stanu pasazhyrskykh vahoniv. [Analysis of the technical condition of passenger cars]. *Zbirnyk naukovykh prats. Seriia: Novi rishennia v suchasnykh tekhnolohiiakh. Transportne mashynobuduvannia - Bulletin of the National Technical University "KhPI". Collection of scientific works. Series: New solutions in modern technologies. Kh.: NTU "KhPI"Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu «KhPI».Transport engineering*. Kharkiv: NTU «KhPI», 45 (1321), 41–46 [in Ukrainian]

15. Martynov, I.E., Trufanova, A.V., & Serhiienko, M.O. (2019). Do pytan prohnozuvannia zalyshkovoho resursu ram pasazhyrskykh vahoniv [Concerning the prediction of the residual lifetime of passenger cars frames]. *Zbirnyk naukovykh prats DUIT. Seriia Transportni systemy i tekhnolohii - Collection of*

scientific papers DUIT. "Transport systems and technologies" series, 34, 144–154. DOI: https://doi.org/10.32703/2617-9040-2019-34-1-12 [in Ukrainian]

16. Fomin, O.V., Prokopenko, P.M., Burlutskyi, O.V., & Fomina, A.M. (2019). Kontrolni vyprobuvannia vantazhnoho vahona z metoiu otsinky zalyshkovoho resursu nesuchykh konstruktsii [Routine tests of a freight car for the purpose of assessing the residual lifetime of load-bearing structures]. *Vcheni zapysky TNU im. V.I. Vernadskoho. Seriia: tekhnichni nauky - Scientific notes of TNU named after V.I. Vernadskyi. Series: technical sciences.* (Vols. 30 (69)), Part 2, No. 3, pp. 177–182 DOI: https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.3-2/31 [in Ukrainian]

17. Fomin, O.V., Prokopenko, P.M., Shvets, A.O., Lakhai, O.I., & Sviderskyi, R.V. (2019). Vyznachennia zalyshkovoho resursu nesuchoi zdatnosti bazovoi konstruktsii vahona-zernovoza z proterminovanym strokom sluzhby [Determination of the residual resource of the load-bearing capacity of the basic structure of the grain wagon with an extended service lifetime]. *Visnyk sertyfikatsii zaliznychnoho transportu - Bulletin of railway transport certification, 05 (57),* 5–18 [in Ukrainian]

18. Leonets V.A., Kara S.V., & Prokopenko P.M. (2019). Otsinka zalyshkovoho resursu nesuchykh konstruktsii teplovoziv serii 2TE10 ta vyznachennia mozhlyvosti prodovzhennia terminu yikh ekspluatatsii. [Assessment of the residual lifetime of the load-bearing structures of the 2TE10 series diesel locomotives and determination of the possibility of extending their service life]. *Zaliznychnyi transport Ukrainy - Railway transport of Ukraine, 4,* 19–28 DOI: https://doi.org/10.34029/2311-4061-2019-133-4-19-28 [in Ukrainian]

19. Kara, S.V., Petrenko, V.O., Prokopenko, P.M., & Hordiienko, T.M. (2019). Doslidzhennia nesuchykh konstruktsii teplovoziv serii ChME3 ta vyznachennia mozhlyvosti prodovzhennia terminu yikh ekspluatatsii [Study of the load-bearing structures of the ChME3 series diesel locomotives and determination of the possibility of extending their service life]. *Zaliznychnyi transport Ukrainy - Railway transport of Ukraine, 3,* 9–13 DOI: https://doi.org/10.34029/2311-4061-2019-131-2-09-13 [in Ukrainian]

20. Guter R.S., & Ovchinskij B.V. (1970). *Elementy chislennogo analiza I matematicheskoj obrabotki rezul'tatov opyta [Elements of numerical analysis and mathematical processing of experimental results]* (2 nd. ed., rev.). Moscow: Nauka [in Russian]

21. Lvovskij E.N. (1988). *Statisticheskie metody postroeniya empiricheskih formul [Statistical methods for constructing empirical formulas]*. Moscow: Vysshaya shkola [in Russian]

22. Vodiannikov, Yu.Ia., Sulym, A.O., Khozia, P.O., Stolietov, S.O., Melnyk, O.O., & Lashkevych, I.M. (2023). Pasazhyrski vahony. Diahnostuvannia. Zalyshkovyi resurs. Nadiinist. [Passenger cars. Diagnosis. Residual lifetime. Reliability]. *Monograph.* Kremenchuk: DP «UkrNDIV» [in Ukrainian]

23. Stepanov, M.N. (1985*). Statisticheskie metody obrabotki rezul'tatov mekhanicheskih ispytanij. Spravochnik. [Statistical methods for processing the results of mechanical tests. Directory]*. Moscow: Mashinostroenie [in Russian]

24. *Normy dlya rascheta I proektirovaniya novyh I moderniziruemyh vagonov zheleznyh dorog MPS kolei 1520 mm (nesamohodnyh) [Norms for the calculation and design of new and modernized cars of railways of the Ministry of Railways of the 1520 mm gauge (non-self-propelled)]*. (1983). Moscow: GosNIIV – VNIIZHT [in Russian]

25. Vahony pasazhyrski mahistralni lokomotyvnoi tiahy. Zahalnotekhnichni normy dlia rozrakhuvannia ta proektuvannia mekhanichnoi chastyny vahoniv [Main line passenger cars of locomotive traction. General technical standards for calculating and designing the mechanical part of wagons from April 1, 2016, No. 61].

DSTU 7774:2015. (2017). Kyiv: SE "UkrNDNC" [in Ukrainian]

26. Kogaev, V.P. (1977). *Raschety na prochnost' pri napryazheniyah, peremennyh vo vremeni [Strength calculations at stresses variable in time]*. Moscow: Mashinostroenie [in Russian]

27. Vagony gruzovye I passazhirskie. Metody ispytanij na prochnost' I hodovye kachestva [Freight and passenger cars. Strength and running test methods]. (1995). *RD 24.050.37.95*. Moscow: GosNIIV [in Russian]

28. Donchenko, A. V., Vodyannikov, Yu. Ya (1992). *Issledovaniya, razrabotka I obosnovanie rekomendacij po uvelicheniyu naznachennogo polnogo sroka sluzhby vagonov cistern modelej 15-1406 15-1404, 1408 ekspluatacionnogo parka PO «Angar-sknefteorgsintez (№ GR 01910039382): otchet o NIR (etap 2) [Research, development and substantiation of recommendations for increasing the assigned full service life of tank cars of models 15-1406 15-1404, 1408 of the operational fleet of PO Angarsknefteorgsintez (GR No. 01910039382): research report (stage 2)]*. V. S. Laguta (Ed.). Kremenchug: GP „UkrNDIV" [in Russian].

УДК 629.4.014.62:001.891 ***DOI: 10.47675/2304-6309-2023-26-25-39***

Ю.С. Павленко
Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування» (ДП «УкрНДІВ»)
Вул. І. Приходька 33, м. Кременчук, Полтавської обл., 39621, Україна
+38 (05366) 6 12 57, E-mail: office@ukrndiv.com.ua
О.І. Войтенко
Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування» (ДП «УкрНДІВ»)
Вул. І. Приходька 33, м. Кременчук, Полтавської обл., 39621, Україна
+38 (05366) 6 12 57, E-mail: office@ukrndiv.com.ua
С.М. Полулях
Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування» (ДП «УкрНДІВ»)
Вул. І. Приходька 33, м. Кременчук, Полтавської обл., 39621, Україна
+38 (05366) 6 12 57, E-mail: office@ukrndiv.com.ua

ПИТАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ МАНЕВРОВИХ ТЕПЛОВОЗІВ ТГМ6 В УКРАЇНІ

Розглянуто стан парку маневрових тепловозів з гідравлічною передачею на промислових підприємства України. Встановлено, що основу парку маневрових тепловозів з гідравлічною передачею складають тепловози серій ТГМ4, ТГМ6, ТГМ23 різних модифікацій. Наведено загальні відомості щодо конструкції та технічні характеристики маневрових тепловозів з гідравлічною передачею серії ТГМ6 та їх модифікацій. Визначено основий напрямок оновлення та проаналізовано позитивний досвід модернізації тепловоза ТГМ6 та його модифікацій в Україні протягом останніх років. Встановлено, що найбільш вдалим прикладом позитивного досвіду модернізації тепловозів ТГМ6 та їх модифікацій є проекти ТОВ «Запорізький тепловозоремонтний завод» та ТОВ «Миколаївський тепловозоремонтний завод». Наведено загальний вигляд модернізованих тепловозів за цими проектами. Описано конструктивні зміни та основні технічні характеристики модернізованого тепловоза ТГМ6. Наведено приклад успішної глибокої модернізації американських шестивісних тепловозів серії С30 виробництва компанії General Electric Company (GE Transportation) естонським оператором вантажних залізничних перевезень AS Operail та чеською компанією CZLoko. Розглянуто новостворений проект модернізації тепловоза ТГМ6 та його модифікацій, що пропонує вітчизняне підприємство ТОВ «Миколаївський тепловозоремонтний завод». Описано конструктивні зміни та основні технічні характеристики тепловоза ТГМ6 за новостворeним проектом. Встановлено, що запропонований проект глибокої модернізації тепловоза ТГМ6, є начальним і вагомим кроком до початку побудови в Україні інноваційних сучасних маневрових тепловозів.

© Павленко Ю.С., Войтенко О.І., Полулях С.М., 2023

Ключові слова: *гідравлічна передача, маневровий тепловоз, модернізація.*

Вступ

Маневрові тепловози з гідравлічною передачею призначені для виконання маневрової, станційно-вивізної та господарської роботи на залізничних коліях шириною 1520 мм промислових підприємств України з виходом на станційні колії АТ «Укрзалізниця».

На даний час парк зазначених тепловозів промислових підприємств нашої країни за своїм фізичним та моральним станом знаходиться на межі використання (тобто більшість тепловозів вичерпали свій призначений термін експлуатації 25 років), що потребує його часткового або повного оновлення.

Проблему оновлення парку маневрових тепловозів з гідравлічною передачею промислових підприємств можна вирішувати або за рахунок придбання за кордоном нових сучасних локомотивів (в Україні маневрові локомотиви не виготовляються), або шляхом відновлення їх ресурсу під час проведення капітально-відновлювального ремонту (далі – КВР) з модернізацією та продовженням терміну служби.

Основний парк маневрових тепловозів з гідравлічною передачею промислових підприємств України складають тепловози серій ТГМ4, ТГМ6, ТГМ23 різних модифікацій, відомості про які наведені у відкритих інформаційних джерелах [1- 3].

Придбання нових маневрових тепловозів з гідравлічною передачею, модернізація наявного парку з продовженням терміну служби чи проведення капітальних ремонт з продовженням терміну служби та заміною всіх силових агрегатів на нові ідентичні, безумовно потребує великих фінансових витрат, але як свідчить світовий досвід це єдиний вірний шлях для стійкої, безаварійної та надійної робити будь-якого промислового підприємства. Відомі наступні дослідження з глибокої модернізації маневрових тепловозів [4-7].

Мета даної статті – надати загальні відомості щодо конструкції маневрових тепловозів з гідравлічною передачею серії ТГМ6, які на даний час експлуатуються в Україні, висвітлити позитивний досвід останніх років підприємств України з модернізації тепловозів даної серії та проаналізувати один із напрямків перспективної глибокої модернізації тепловозів ТГМ6.

Загальні відомості щодо конструкції маневрових тепловозів з гідравлічною передачею серії ТГМ6

Маневровий тепловоз серії ТГМ6 з гідропередачею виробництва Людинівського тепловозобудівного заводу (РФ) будувався в основному для використання на промислових підприємствах.

Загальний вигляд маневрового тепловоза ТГМ6 наведений на рисунку 1.

Тепловоз ТГМ6 рамний капотного типу з двовісними візками щелепного типу та карданною передачею від гідропередачі до колісних пар з редукторами. Тепловоз обладнаний 8-циліндровим V-подібним дизелем 3А-6Д49 виробництва тепловозобудівного заводу ім. Куйбишева (м. Коломна, РФ). Дизель відноситься до уніфікованого ряду ЧН26/26 – чотирьохтактний, нереверсивний з газотурбінним наддувом, діаметром циліндра та ходом поршня 260 мм. Номінальна потужність дизеля за нормальних атмосферних умов 883 кВт (1200 к.с.). Управління дизелем – електричне дистанційне з 8-ми позиціями потужності, мінімальні оберти (0 та 1 позиція контролера машиніста) – 420 об/хв., максимальні (8 позиція) - 1000 об/хв. Запуск дизеля

— електричний від електростартера ЭС-2. Напруга бортової мережі — 75 В, забезпечується акумуляторною батареєю 32ТН-450, а при робочому дизелі — допоміжним генератором КГ-12, встановленим на гідропередачі.

Рис. 1. **Загальний вигляд маневрового тепловоза ТГМ6**

На тепловозі встановлена уніфікована гідропередача в модифікації УПГ-1200. Передача складається з двох гідротрансформаторів для трогання та розгону, гідромуфти для руху на великих швидкостях та реверс-режимного редуктора для вибору режиму (маневровий чи поїзний) та напрямку руху. В поїзному режимі тепловоз має максимальну силу тяги 14 тс за швидкості 14 км/год та максимальну швидкість 80 км/год, в маневровому – 25,1 тс за швидкості 8,6 км/год та 40 км/год відповідно. Управління УГП – електричне. Реверс-режимний редуктор з осьовими редукторами внутрішніх (2-ї та 3-ї) колісних пар з'єднаний карданними валами, а внутрішні редуктора з'єднуються із зовнішніми (1-ї та 4-ї колісних пар).

Компресор ТГМ6 - 6-циліндровий V-подібний типу ПК-5,25. Привід вентилятора холодильника та компресора здійснюється від гідромуфти, що дозволяє забезпечити 2/3 продуктивності компресора на першій позиції контролера машиніста, а повна продуктивність забезпечується з 3 позиції.

Кабіна машиніста встановлена на рамі на гумових амортизаторах, з'єднана з акумуляторною камерою через гумові прокладки, що разом із застосуванням спеціальної ізоляції дозволяє знизити рівень шуму в кабіні машиніста (КМ). В КМ встановлені стаціонарний та переносний пульти управління тепловозом, шафа для електроапаратури, вентиляційна установка, калорифер, обігрівач підлоги.

Основні технічні характеристики тепловоза ТГМ6 наведені в таблиці 1.

Таблиця. 1 – **Основні технічні характеристики тепловоза ТГМ6**

Назва характеристики	Одиниця виміру	Значення характеристики
1. Тип	-	маневровий
2. Осьова формула	-	2–2
3. Ширина колії	мм	1520
4. Потужність	кВт (к.с.)	883 (1200)
5. Службова маса	т	90±3%
6. Осьове навантаження	кН (тс)	220±3% (22,5±3%)
7.Конструкційна швидкість - поїзний режим - маневровий режим	км/год.	 80 40
8. Мінімальний радіус проходження кривих	м	40
9. Діаметр колеса (нового) по колу кочення	мм	1050
10. Сила тяги - поїзний режим; - маневровий режим	кН (тс)	 218 (22,2) 293 (29,7)
11. Габарит згідно ДСТУ Б.В.2.3-29		02-ВМ з обмеженням по висоті до 4300 мм
12. Габаритні розміри: -довжина по осям автозчепу; -найбільша ширина по виступаючих частинах; -висота автозчепу від рівня головок рейок	мм	 13500 – 14300 3095 1050
13. Запас, не менше - палива; - піску	кг	 5400 1000
14. Запас мастила: - дизеля - гідропередачі	л	 520 300

Тепловоз ТГМ6 має ряд модифікацій

Після внесення в конструкцію тепловоза низки суттєвих змін, а саме збільшена довжина за осями автозчеплень з 13500 до 14100 мм, збільшена колісна база до 10100 мм, змінена компоновка розташування турбокомпресора дизеля та гідродинамічний привід вентиляторів, локомотив отримав позначення ТГМ6А. Водночас, відмінна особливість тепловоза залишилась незмінна – відсутність малого капоту.

Після заміни на тепловозі ТГМ6А візків щелепного типу на візки безщелепного типу (рис. 2) тепловоз отримав позначення ТГМ6Б.

ТГМ6В це модернізація тепловозу ТГМ6А. На ньому встановлений V-подібний дизель 7-6Д49 (який теж відноситься до уніфікованого ряду ЧН26/26) з робочими обертами 350-950 об/хв. та гідропередачею тільки з двома гідротрансформаторами.

Основною відмінністю тепловоза ТГМ6Д від його попередніх модифікацій це наявність малого заднього капота в якому розміщується акумуляторна батарея. Також під деякі тепловози даної модифікації підкочувалися візки безщелепного типу.

Рис. 2. **Візок безщелепного типу тепловоза ТГМ6Б**

Позитивний досвід модернізації тепловозів ТГМ6 та їх модифікацій сьогодні тепловозоремонтними підприємствами України

Найбільш вдалим прикладом позитивного досвіду з модернізації тепловозів ТГМ6 в Україні є проекти ТОВ «Запорізький тепловозоремонтний завод» та ТОВ «Миколаївський тепловозоремонтний завод».

Загальний вигляд модернізованих тепловозів ТГМ6 та окремих його модифікацій, наведений на рисунках 3 – 5.

Рис. 3. **Модернізований тепловоз ТГМ6**
ТОВ «Миколаївський тепловозоремонтний завод»

Рис. 4. **Модернізований тепловоз ТГМ6**
ТОВ «Запорізький тепловозоремонтний завод»

Рис. 5. **Модернізований тепловоз ТГМ6д**
ТОВ «Миколаївський тепловозоремонтний завод».

З 2017 р. тепловозоремонтні підприємства України розпочали пропонувати потенційним власникам маневрових тепловозів ТГМ6 проводити їх модернізацію із заміною конкретних вузлів та агрегатів. А з початку 2018 р. після модернізації був введений в експлуатацію перший тепловоз ТГМ6 з дизелем типу QST-30. Під час модернізації також був встановлений новий роторно-пластинчатий компресорний агрегат АКЛ 4,5РМ111J, кондиціонер, електродвигун приводу вентилятору охолодження, мікропроцесорний блок управління допоміжними агрегатами, модернізована гідропередача УГП-750.

Найбільша глибока модернізація локомотивів даної серії, яку здійснюють вітчизняні ремонтні підприємства передбачає демонтаж штатних вузлів і агрегатів та встановлення нових наступних:

- дизельного двигуна типу Cummins QST30 потужністю 735 кВт (1000 к.с.) чи потужністю 822 кВТ (1200 к.с.);
- системою передпускового обігріву двигунів «Webasto»;
- гідромеханічної передачі типу УПГ750/202М, яка відремонтована в обсязі капітально-відновлювального ремонту, або гідромеханічні передачі типу УПГ1200/212ПР чи УПГ1200/202М, або іншого типу на вимогу замовника, яка відповідає загальним характеристикам тепловоза;
- нового допоміжного генератора постійного струму з системою самовентиляції;
- компресорного агрегату блочно-модульного виконання, який включає в себе роторно-пластинчатий або гвинтовий компресор з електричним приводом, повітряохолоджувач, систему очищення із системою просушки стислого повітря, локальну систему управління, захисту та діагностики;
- нової системи управління тепловозом, яка виконує функції управління, регулювання, захисту і діагностики основного та допоміжного тепловозного устаткування;
- в кабіні машиніста встановлюють холодильник для зберігання харчових продуктів та мікрохвильову піч для їх підігріву.

Основні параметри, розміри та технічні характеристики тепловоза ТГМ6 після проведення модернізації відповідають вимогам ТУ У30.2-39471500-077-01:2018 [8] та конструкторській документації підприємства-виробника, наведені в таблиці 2.

Таблиця. 2 – **Основні технічні характеристики модернізованого тепловоза ТГМ6**

Назва характеристики	Одиниця виміру	Значення характеристики
1	2	3
1. Номінальна потужність дизеля - QST30 1.1; - QST30 1.2	кВт (к.с.)	 735(1000) 882(1200)
2. Повна потужність дизеля для приводу гідропередачі - QST30 1.1; - QST30 1.2	кВт (к.с.)	 700(1000) 840(1200)
3. Службова маса тепловоза	т	80±3%
4. Осьова формула	-	2–2
5. Осьове навантаження	кН (тс)	191,6-221,1(19,5-22,5)

Закінчення табл. 2

1	2	3
6. Конструкційна швидкість - поїзний режим; - маневровий режим	км/год	 80 40
7. Сила тяги - поїзний режим; - маневровий режим	кН (тс)	 216 (22) 259 (26.4)
8. Ширина колії	мм	1520
9. Габарит згідно ДСТУ Б.В.2.3-29		02-ВМ з обмеженням по висоті до 4300 мм
10. Мінімальний радіус проходження кривих	м	40
11. Екіпірувальний запас, не менше - палива; - піску	кг	 5400 1100
12. Габаритні розміри: -довжина по осям автозчепу; -найбільша ширина по виступаючих частинах; -висота автозчепу від рівня головок рейок	мм	 13500 – 14300 3095 1050

Водночас, кузов тепловоза під час його модернізації суттєвих змін не зазнає та залишається капотної конструкції з несучою рамою. Елементи металоконструкції рами модернізованого тепловоза ТГМ6 підлягають технічній експертизі на предмет подовження їх терміну служби, а деякі посиленню для встановлення на них нових вузлів та агрегатів. Також на рамі розміщують додатковий баласт для рівномірного розподілу маси тепловоза на колісні пари. Коефіцієнт зчеплення коліс тепловоза під час подачі піску складає 0,33, а коефіцієнт використання зчіпної маси під час рушення з місця – 0,86.

Екіпажна частина змін не зазнає. Під тепловоз підкочуються типові щелепного чи безщелепного типу двовісні візки тепловоза ТГМ6, які забезпечують нормовані величини динамічних показників та показників впливу тепловоза на колію. Слід відзначити, що за погодженням з замовником можуть бути підкочені нові візки, які відповідають загальним характеристикам тепловоза. Основною відмінністю екіпажної частини модернізованого тепловоза є те, що під тепловоз передбачено підкочувати колісні пари або з суцільнокатаними колесами або з бандажними колесами. Конструкція гальмівної важільної передачі залишилася без зміни.

Нова система управління та регулювання на модернізованому тепловозі забезпечує виконання наступних функцій:

- здійснює управління устаткуванням тепловоза за командами машиніста відповідно до заданих алгоритмів управління з виконання всіх обмежувальних і захисних функцій;
- здійснює управління допоміжними приводами;
- здійснює контроль параметрів основного силового устаткування;
- здійснює взаємодію з системою управління дизелем;
- в автоматичному режимі за допомогою засобів відображення інформації надає машиністу інформацію щодо режимів роботи та стану керованого устаткування.

Конструкція локальної системи управління, контролю та діагностики дизельного двигуна безконтактна і апаратно-програмована з використанням електронної та мі-

кропроцесорної техніки, має пристрій контролю, реєстрації витрат дизельного пального і генерованої потужності. Підсистема діагностики локальної системи управління, контролю та діагностики дизеля забезпечує передачу даних про стан і параметри її вузлів, блоків до системи управління, контролю та діагностики, а також забезпечує місцеву та дистанційну сигналізацію робочого і аварійного стану вузлів та блоків дизельного двигуна.

На сьогоднішній день не існує єдиного однотипового проекту модернізації тепловоза ТГМ6, якого дотримувалися вітчизняні тепловозоремонтні підприємства. Тому власники даного парку локомотивів, в залежності від їх фінансових можливостей та з урахуванням такого важливого чинника як технічне обслуговування в майбутньому модернізованого тепловоза ТГМ6 самі визначають в якому обсязі замовляти модернізацію даного тепловоза (заміна конкретних вузлів, агрегатів чи систем).

Перспективний шлях модернізації тепловозів ТГМ6 в майбутньому

Багато країн в сучасному світі йдуть шляхом збереження у робочому локомотивному парку тепловозів старої побудови. Один із успішних прикладів це модернізації американських шестивісних тепловозів С30 з шириною колії 1435 мм, виробництва компанії General Electric Company (GE Transportation) естонським оператором вантажних залізничних перевезень AS Operail та чеською компанією CZLoko [9]. Елементи конструкції тепловозів (капот, кабіна, блок управління, система охолодження, гальмівна система) виробляються на заводі CZLoko в Йиглаві (Чехія), дизель моделі CAT3512CHD постачається компанією Caterpillar Inc (США), тяговий генератор моделі 1FC2 631-6B029T компанії SiemensAG (Німеччина), а нові візки для експлуатації тепловоза на колії 1520 мм Bombardie (Канада). В цехах компанії Operail у місті Тапа (Естонія) старі тепловози розбирають, виконують капітальний ремонт головної рами, відбувається фінальна збірка.

Загальний вигляд модернізованого тепловоза С30 з новим позначенням С30-М наведено на рисунку 6.

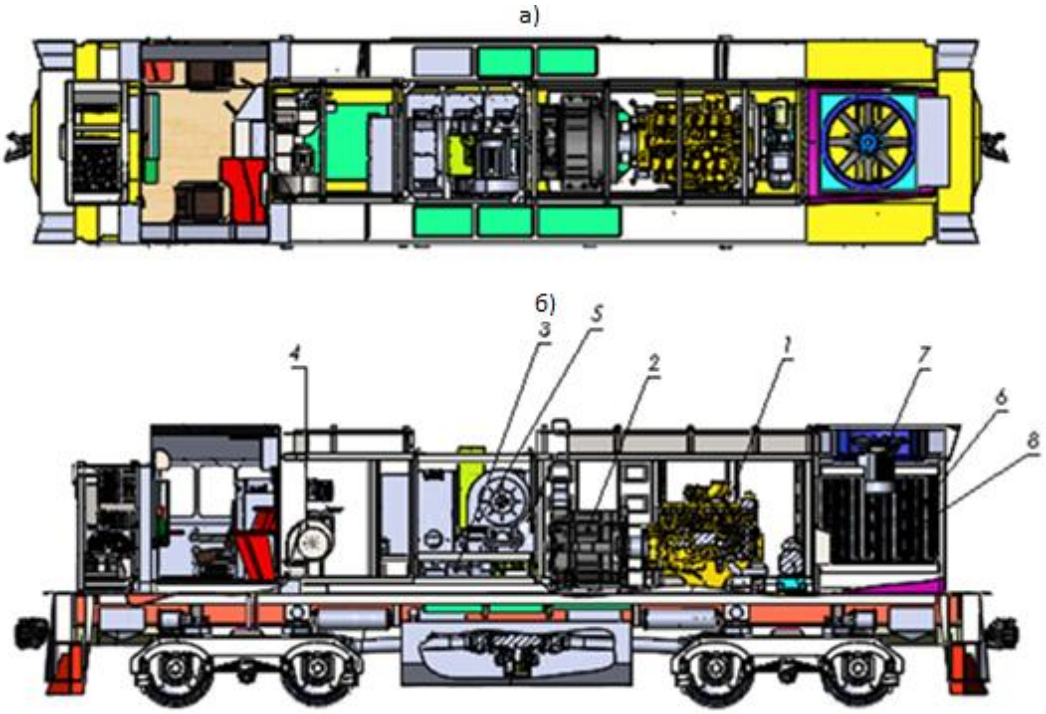
Рис. 6. **Модернізований тепловоз С30-М**

Таким шляхом ідуть і вітчизняні ремонтні підприємства які займаються ремонтом локомотивів.

На наш погляд заслуговує на особливу увагу запропонований новий проект модернізації тепловоза ТГМ6 та його модифікацій українським підприємством ТОВ «Миколаївський тепловозоремонтний завод». Зазначене підприємство виконує модернізацію тепловоза згідно з вимогами ТУ У 30.2-39471500-011:2021 [10].

Головною і суттєвою особливістю проекту є те, що після проведення глибокої модернізації, власник отримує практично нову модель тепловоза вже не з гідропередачею, а з електричною передачею.

Загальна схема модернізованого тепловоза з умовним позначенням ТГМ6ме з наявною електричною передачею наведена на рисунку 7.



1 - дизельний двигун, 2 – тяговий генератор, 3- тяговий двигун, 4- вентилятор охолодження випрямляючої установки, 5 - вентилятор охолодження тягового двигуна, 6 – охолоджувальна камера, 7 – вентилятор охолоджувальної камери, 8- секції радіатора

Рис.7. **Загальна схема модернізованого тепловоза з умовним позначенням ТГМ6ме:**
а) вид зверху; б) вид збоку

Тепловоз ТГМ6МЕ є чотирьохвісний локомотив з потужністю по дизельному двигуну 882 кВт. (1200 к.с.). з конструкційною швидкістю 60 км/год та статичним навантаженням від колісної пари на колію 22,5 т. Тепловоз має одну кабіну, пристосовану для керування однією особою, електричну передачу потужності та груповий привід колісних пар.

На головній рамі розміщено: кузов акумуляторної батареї, кабіна машиніста, відсік електрообладнання, кузов дизельного приміщення та кузов холодильної каме-

ри. Під головною рамою (по обидва кінці) розташовуються чотири бункери для сухого піску (по 155 кг в кожному), ще чотири пісочних бункери (по 125 кг піску в кожному) розташовані на майданчиках тепловозу (по обидва боки), паливний бак, вентилятор охолодження тягового електричного двигуна.

У відсіку електрообладнання розташоване електрообладнання керування тепловозом, обладнання для керування електричною передачею, мотор-вентилятор охолодження випрямляючої установки.

У відсіку акумуляторної батареї розміщена стартова акумуляторна батарея для забезпечення пуску дизельного двигуна та основна акумуляторна батарея, яка забезпечує живлення систем тепловозу без використання дизельного двигуна. Також у відсіку розташоване обладнання для рідинного охолодження тиристорів випрямної установки.

В кабіні машиніста встановлені основний та допоміжний пульти керування тепловозом, контрольно-вимірювальні прилади та пристрої, необхідні для керування тепловозом та контролю за роботою силової установки та гальмівного обладнання. Кабіна машиніста обладнана пристроями для опалення та вентиляції з ручним і автоматичним регулюванням температури повітря в ній, системою кондиціювання повітря. Для комфорту локомотивної бригади встановлені шафа для одягу та особистих речей, холодильник для зберігання харчових продуктів, мікрохвильова піч.

У кузові дизельного приміщення розміщено дизель-генераторну установку, тяговий двигун з редуктором, вентилятор охолодження тягового двигуна, компресорну установку. Дизельний двигун QST30 1.2 обладнаний автоматизованою системою життєзабезпечення, старт-стоповою системою запуску-зупинки дизеля, локальною мікропроцесорною системою управління, контролю та діагностики.

В охолоджувальній камері встановлені водоповітряні секції для охолоджувальної рідини та мотор вентилятор.

Тепловоз обладнаний електричною передачею змінно-постійного струму з тяговим генератором типу ГС532Б. Схема електропостачання бортового устаткування має дві лінії живлення постійної напруги:

- 110 В – для живлення кузовних апаратів управління, заряду акумуляторної батареї аварійного живлення кузовних апаратів управління та старт-стопових систем дизеля;
- 24 В – для живлення електрообладнання дизеля, кабіни машиніста і зовнішніх освітлювальних пристроїв, заряду акумуляторної батареї та аварійного живлення систем управління кабіни машиніста.

Система управління тепловозом (СУТ) базується на модульному принципі побудови та виконує функції управління, регулювання, захисту та діагностики основного та допоміжного локомотивного устаткування, реалізовує принцип взаємодії автономних систем управління. Апаратура СУТ виконує функції інформаційно-керуючої системи.

Під тепловоз підкочуються два двовісні уніфіковані візки з повідковими буксами. Можливо використовувати візки з буксами щелепного типу. Ресорне підвішування одноступеневе. Колісні пари, що підкочуються під тепловоз з бандажними колесами, діаметр коліс по колу кочення з новими бандажами –1050 мм. Привід колісних пар груповий, через карданні вали від тягового редуктора. Осьовий редуктор двоступеневий, з опорно-осьовим підвішуванням. Передаточне число тягового редуктора – 4,24. Коефіцієнт зчеплення коліс тепловоза під час подачі піску складає 0,34, а коефіцієнт використання зчіпної маси під час рушення з місця – 0,87.

Основні параметри, розміри та технічні характеристики тепловоза ТГМ6ме та його вузлів та агрегатів наведені в таблиці 3.

Таблиця 3 – **Основні технічні характеристики модернізованого тепловоза ТГМ6ме**

Назва характеристики	Одиниця виміру	Значення характеристики
1	2	3
1. Габарит згідно ДСТУ Б.В.2.3-29		1-Т
2. Мінім. радіус проходження кривих	м	40
3.Габаритні розміри: -довжина по осям автозчепу; -найбільша ширина по виступаючих частинах; -найбільша висота від рівня голівок рейок	мм	 14300 3095 4290
4. Осьова формула	-	2–2
5. Службова маса тепловоза	т	90±3%
6. Осьове навантаження	кН (тс)	225±3% (22,5±3%)
7.Конструкційна швидкість - максимальний (конструкційний) режим; - тривалий режим	км/год	 60 10,5
8. Сила тяги -при зрушенні з місця; -під час руху в довготривалому режимі	кН (тс)	 582 (59,4) 344 (35,0)
9. Екіпірувальний запас, не менше -палива; -піску	кг	 5400 1100
10.Тип гальма		Пневматичний автоматичний, пневматичний прямодіючий
11. Тип дизеля		QST30 1.2
12. Повна потужність дизеля	кВт (к.с.)	882(1200)
13. Паливо дизельне		Не нижче EVRO 4
14. Мастило моторне		SAE: 15W40 API CI-4/ CH-4/CG-4/CF-4/CF/CL
15. Тип тягового генератора		ГС532Б
16. Повна потужність тягового генератора	кВт	880
17. Напруга лінійна	В	2х330
18. Струм фазний	А	855
19. Тип тягового двигуна		НДТА-700
20. Повна потужність тягового двигуна	кВт	700
21. Акумуляторна батарея запуску дизеля		18КН245Р, лужна кадмій-нікелева

Закінчення табл. 3

1	2	3
22. Акумуляторна батарея загальних потреб		74КІ.70Р, лужна кадмій-нікелева
23. Агрегат компресорний		АКЛ-4,5 Р1-М111J-У2-П1
24. Тип компресора		MatteiM111J
25. Електричний двигун привода компресора		4АМУ200МУ2
26. Електричний двигун привода вентилятора шахти холодильника		4АМУ200L4АУ2
27. Електричний двигун привода вентилятора охолодження тягового двигуна		AIP180S2У2
28. Кондиціонер локомотивний		КЛ-01

Таким чином в статті наведені загальні відомості основних характеристик маневрового тепловоза з гідравлічною передачею ТГМ6 та його модифікацій промислового призначення. Описано позитивний досвід модернізації тепловоза ТГМ6 в Україні та запропоновано перспективний проект модернізації даної серії в майбутньому.

Висновки

1. На даний час парк маневрових тепловозів серії ТГМ6 в Україні за своїм фізичним та моральним станом знаходиться на межі використання, що потребує його часткового або повного оновлення (98 % тепловозів з вичерпаним терміном служби).

2. Проблему оновлення парку маневрових тепловозів можна вирішувати або за рахунок придбання за кордоном нових сучасних локомотивів (в Україні на даний час локомотиви не виготовляються), або шляхом відновлення їх ресурсу під час проведення капітального ремонту з продовженням терміну служби або капітально-відновлювального ремонту з модернізацією та продовженням терміну служби.

3. Ефективність та економічна доцільність модернізації існуючого тягового рухомого складу доведена світовою практикою. Багато країн йдуть шляхом збереження у робочому локомотивному парку тепловозів старої побудови.

4. Наведено успішний приклад спільної комплексної модернізації американських шестивісних тепловозів С30, виробництва GE естонським оператором вантажних залізничних перевезень AS Operail та чеською компанією CZLoko.

5. В Україні для підвищення ефективності тепловозів ТГМ6 у поїзній роботі, рівня безпеки їх руху, поліпшення умов праці локомотивних бригад, поліпшення екологічних показників та зниження витрат палива ТОВ «Запорізький тепловозоремонтний завод» та ТОВ «Миколаївський тепловозоремонтний завод» було розроблено проекти модернізації, які на даний час пройшли перевірку на практиці.

6. Запропонований проект глибокої модернізації тепловоза ТГМ6 ТОВ «Миколаївський тепловозоремонтний завод», в якому гідравлічна передача замінюється електричною передачею, є важливим кроком до початку побудови в Україні нових сучасних маневрових тепловозів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Тепловозы маневровые. Описание, технические характеристики [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://businessman.ru/, 03/04/2016.

2. Тепловозы промышленного транспорта. Основные технические характеристики тепловозов [Електронний ресурс]. Режим доступу: www.matrixplus.ru› index3-001, 06/03/2016.

3. Отраслевой каталог тепловозов СССР 18-5-88. М. Минтяжмаш СССР, 1988. 168 с.

4. Фалендиш А.П., Сумцов А.Л., Клименко О.В. Аналіз варіантів модернізації тепловозів серії ЧМЕ3. Збірник наукових праць ДонІЗТ. 2013. № 36. С. 162-166

5. Мельник І. В., Фалендиш А.П. Визначення варіанта модернізації тепловозів ЧМЕ3.Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. 2015. Вип. 158. Т2. С. 157-161

6. Модернизация тягового подвижного состава [Електронний ресурс]. Режим доступу: www.pkbct.ru › services ›

7. Модернизация vs закупка. Как эффективнее закрыть потребность в локомотивах [Електронний ресурс]. Режим доступу: cfts.org.ua › articles ›, 11/02/2020.

8. ТУ У 30.2-39471500-077-01:2018 «Тепловоз маневровий ТГМ-6мс. Технічні умови». 38 с.

9. Эстонский Operail и чешская CZ Loko модернизирующее 6 американских тепловозов [Електронний ресурс]. Режим доступу: cfts.org.ua › news › 14/01/2020.

10. ТУ У 30.2-39471500-011:2021 «Тепловоз маневровий ТГМ6ме. Технічні умови».50 с.

Yu.S. Pavlenko
State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»,
33 I. Prykhodka St., Kremenchuk, 39621, Ukraine
+38 (05366) 6 12 57, E-mail: office@ukrndiv.com.ua

O.I. Voitenko
State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»,
33 I. Prykhodka St., Kremenchuk, 39621, Ukraine
+38 (05366) 6 12 57, E-mail: office@ukrndiv.com.ua

S.M. Poluliakh
State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»,
33 I. Prykhodka St., Kremenchuk, 39621, Ukraine
+38 (05366) 6 12 57, E-mail: office@ukrndiv.com.ua

CONCERNING THE MODERNIZATION OF SHUNTING LOCOMOTIVES TGM6 IN UKRAINE

The state of shunting locomotives fleet with hydraulic transmission at industrial enterprises of Ukraine was considered. It was established that the basis of the fleet of shunting diesel locomotives with hydraulic transmission consists of diesel locomotives of the TGM4, TGM6, TGM23 series of various modifications. General information on the design and technical characteristics of shunting diesel locomotives with hydraulic transmission of the TGM6 series and their modifications is provided. The main focus of renovation was determined and the positive experience of modernization of the TGM6 diesel locomotive and its modifications in Ukraine during recent years was analyzed. It has been established that the most successful example of the positive experience of modernization of TGM6 diesel locomotives and their modifications are the projects of Zaporizhia Locomotive Repair Plant LLC and Mykolaiv Locomotive Repair Plant LLC. The general appearance of modernized diesel locomotives according to these projects is presented. Design changes and main technical characteristics of the modernized diesel

locomotive TGM6 are described. An example of successful in-depth modernization of American six-axle diesel locomotives of the C30 series manufactured by the General Electric Company (GE Transportation) by the Estonian freight railway operator AS Operail and the Czech company CZLoko is presented. The newly created TGM6 diesel locomotive modernization project and its modifications offered by the domestic enterprise Mykolaiv Locomotive Repair Plant LLC was considered. Design changes and main technical characteristics of the TGM6 diesel locomotive according to the newly created project are described. It has been established that the proposed project of deep modernization of the TGM6 diesel locomotive is an initial and important step towards the start of the construction of innovative modern shunting diesel locomotives in Ukraine.

Key words: hydraulic transmission, shunting locomotive, modernization

REFERENCES

1. *Teplovozy manevrovye. Opisanie, tehnicheskie harakteristiki [Shunting locomotives. Description, specifications]*. Retrieved from: https://businessman.ru/ (April, 3, 2016) [in Russian].

2. *Teplovozyi promyishlennogo transporta. Osnovnyie tehnicheskie harakteristiki teplovozov [Diesel locomotives for industrial transport. Main technical characteristics of diesel locomotives]*. Retrieved from: www.matrixplus.ru› index3-001 (March 6, 2016) [in Russian].

3. *Otraslevoy katalog teplovozov SSSR 18-5-88 [Industry catalog of diesel locomotives of the USSR 18-5-88]* (1988). Mintyazhmash SSSR. Moscow [in Russian].

4. Falendysh, A.P., Sumtsov, A.L., & Klymenko, O.V. (2013). Analiz variantiv modernizatsii teplovoziv serii ChME3 [Analysis of options for modernization of diesel locomotives of the ChME3 series]. *Zbirnyk naukovykh prats DonIZT - Collection of scientific works of DonIZT, 36*, 162-166 [in Ukrainian].

5. Melnyk, I. V., & Falendysh, A.P. (2015). Vyznachennia varianta modernizatsii teplovoziv ChME3 [Determination of the variant of modernization of diesel locomotives ChME3]. *Zbirnyk naukovykh prats Ukrainskoho derzhavnoho universytetu zaliznychnoho transport - Collection of scientific works of the Ukrainian State University of Railway Transport* (Iss. 158), (Vols. 2), (pp. 157-161) [in Ukrainian].

6. *Modernizatsiya tyagovogo podvizhnogo sostava [Modernization of traction rolling stock]*. Retrieved from: www.pkbct.ru › services ›[in Russian].

7. Modernizatsiya vs zakupka. Kak effektivnee zakryt potrebnost v lokomotivah [Modernization vs purchase. How to effectively satisfy the demand for locomotives. Retrieved from: cfts.org.ua › articles ›, (February 11, 2020) [in Russian].

8. Teplovoz manevrovyi THM-6ms. Tekhnichni umovy [Shunting locomotive TGM-6ms. Technical conditions]. (2018). *TU U 30.2-39471500-077-01:2018* [in Ukrainian].

9. Estonskiy Operail i cheshskaya CZ Loko moderniziruyuschee 6 amerikanskih teplovozov [Estonian Operail and Czech CZ Loko modernizing 6 American diesel locomotives]. Retrieved from: cfts.org.ua › news› (January 14, 2020) [in Russian].

10. Teplovoz manevrovyi THM-6me. Tekhnichni umovy [Shunting locomotive TGM-6me. Technical conditions]. (2021). *TU U 30.2-39471500-011:2021* [in Ukrainian].

УДК 629.463.65 ***DOI: 10.47675/2304-6309-2023-26-40-55***

О. В. Фомін
Державний університет інфраструктури та технологій
вул. І. Огієнка, 19, м. Київ, 03049, Україна
Телефон: +380(95)-142-90-74, E-mail: fominaleksejviktorovic@gmail.com
ORCID: 0000-0003-2387-9946
О. С. Козинка
Державний університет інфраструктури та технологій
вул. І. Огієнка, 19, м. Київ, 03049, Україна
Телефон: +380(93)-376-13-73, E-mail: kozynka1520mm@gmail.com
ORCID: 0009-0009-3012-581X

ЗАСОБИ РЕМОНТУ ТИПОВИХ І КОМПОЗИТНИХ КРИШОК ЛЮКІВ НАПІВВАГОНІВ

В цій статті розглянуті засоби ремонту типових і композитних кришок люків напіввагонів, які дозволять запобігти можливій втраті сипких вантажів та підвищити рівень безпеки руху поїздів. Щоб уникнути мінімальної кількості несправностей рухомого складу, усі вагони повинні піддаватися якісному технічному обслуговуванню в пунктах підготовки вагонів до перевезень, на станціях формування та розформування поїздів, а в дорозі – на станціях, передбачених у графіку руху поїздів. Були визначені та проаналізовані несправності розвантажувальних люків напіввагонів. Відповідальність за якість виконаного технічного обслуговування, ремонту та безпеку руху вагонів повинен покладатися як на працівників, які безпосередньо здійснюють технічне обслуговування та ремонт, так і на майстрів, начальників заводів, депо, майстерень, пунктів підготовки вагонів до перевезень та пунктів технічного обслуговування. Перевірка технічного стану розвантажувальних пристроїв та запірних механізмів кришок люків напіввагонів. Розглянуті основні технічні характеристики кришки люка та можливі несправності пристроїв напіввагонів та методи їх усунення. Також були розглянуті типові та перспективні (композитні) конструкції кришок люків. Розглянута лінія виготовлення та ремонту кришок люків напіввагонів. Робота лінії повинна бути побудована за принципом конвеєрно-потокового складання. В статті проведений розгляд сучасних установок для ремонту та контролю кришок люків напіввагонів на залізниці. Був розглянутий механізм для виправлення рамок люків універсальної вагоноремонтної машини, установка знімання-встановлення кришок люків напіввагонів, установка правки люків напіввагонів, типовий стенд для випробувань кришки люка, стенд рихтування люків напіввагонів, стенд ремонту люків та дверей вантажних вагонів, стенд обварювання кришек люка. Були запропановані прилади для вимірювання товщини металу у різних видах виробничої діяльності. Розглянутий метод на опроміненні об'єкта, обладнання для перевірки деталей із композитних матеріалів для виявлення дефектів.

© Фомін О.В., Козинка О.С., 2023

***Ключові слова**: універсальний напіввагон, кришка люка, установки для ремонту, безпека руху поїздів.*

Вступ. Одним із основних факторів успішного розвитку економіки України є злагоджене функціонування транспортної галузі. Залізничний транспорт є однією з найперспективніших складових транспортної інфраструктури. Значну частку від загального вантажообігу вантажів, що перевозяться залізницею насипні та навалочні. Перевезення таких вантажів здійснюється здебільшого у напіввагонах. При цьому одним з найбільш пошкоджуваних елементів несучих конструкцій напіввагонів є кришка люків. Така обставина зумовлює необхідність додаткових капітальних вкладень на ремонт складових напіввагонів, а відповідно викликає їх вимушений простій.

Аналіз останніх досліджень і постановка проблеми. Безпека руху поїздів - стан захищеності перевізного процесу від аварійних ситуацій у роботі, що забезпечує збереження вантажів, безпеку пасажирів та персоналу, збереження навколишнього природного середовища та безперебійне функціонування залізниць України. Одним з факторів, що забезпечують безпеку руху поїздів, є застосування різних пристроїв і приладів для технічного контролю та ремонту [1–5]. Відповідальність за якість виконаного технічного обслуговування, ремонту та безпеку руху вагонів покладається як на працівників, які безпосередньо здійснюють технічне обслуговування та ремонт, так і на майстрів, начальників заводів, депо, майстерень, пунктів підготовки вагонів до перевезень та пунктів технічного обслуговування [6–7].

Основна проблема, що виникає при експлуатації універсальних напіввагонів, це недостатнє забезпечення необхідного рівня безпеки руху поїздів і недостатнє забезпечення збереження вантажу, який перевозиться, що відбувається в результаті обриву петель, які тримають кришку люка, зрізання валиків або випадання останніх.

За результатами проведеного аналізу літературних джерел [1–12] можна зробити висновок, що питання впровадження засобів контролю та ремонту типових та композитних кришок люків напіввагонів після тривалої експлуатації приділено недостатньо уваги.

Наукова новизна та практична значимість. Наукова новизна полягає в аналізі і систематизації заходів, спрямованих на підвищення якості ремонту та безпеки залізничних перевезень. Запропонувати заходи щодо удосконалення швидкого та якісного ремонту конструкції кришки люка напіввагона, щоб заощадити час і полегшити ручну працю.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є аналіз засобів ремонту типових і композитних кришок люків напіввагонів. Для досягнення поставленої мети, треба виконати ряд завдань:

- аналіз несправностей розвантажувальних люків напіввагонів;
- типові та перспективні (композитні) конструкції кришок люків;
- розгляд сучасних установок для ремонту кришок люків напіввагонів;
- застосування приладів для металу у різних галузях промисловості;
- радіографічний контроль виробів перспективних (композитних) конструкцій;

Матеріали та методи дослідження. Усі вагони піддаються технічному обслуговуванню в пунктах підготовки вагонів до перевезень, на станціях формування та розформування поїздів, а в дорозі – на станціях, передбачених у графіку руху поїз-

дів. Правила технічної експлуатації забороняють подачу під навантаження вантажів та посадку людей без пред'явлення вагонів до технічного обслуговування та запису у спеціальному журналі про визнання їх придатними. Мета технічного обслуговування та ремонту - підтримування залізничних засобів у технічно справному стані та належному зовнішньому вигляді, забезпечення надійності, економічності, безпеки руху та екологічної безпеки.

Таблиця 1. – **Основні технічні характеристики кришки люка**

Найменування параметра	**Значення**
Маса, кг	161,5 – 191
Довжина, мм	1590
Ширина, мм	1530±2
Відстань між осями петель, мм	670±1
Товщина листа штампованого, мм	5
Матеріал	09Г2С, Сталь Ст3

Аналіз несправностей розвантажувальних люків напіввагонів

Основними несправностями кришок розвантажувальних люків і торцевих дверей напіввагонів є: випуклість, прогини, пробоїни і тріщини, а також спрацювання їх запірних механізмів.

При капітальному ремонті вагонів кришки люків і торцеві двері з напіввагона знімають і ремонтують, а при деповському ремонті – знімають тільки у разі необхідності.

Випуклість і прогин кришок люків більше 25 мм усувають правкою на пресах. При деповському і поточному ремонтах дозволяється без зняття з вагона приварювати підсилюючу планку 1 (рисунок 1) переднього косинця обв’язки і планки під запірні косинці 2, заварювати пошкоджені зварювальні шви кутових косинців 3, тріщини 4 довжиною не більше 100 мм кількістю не більше двох.

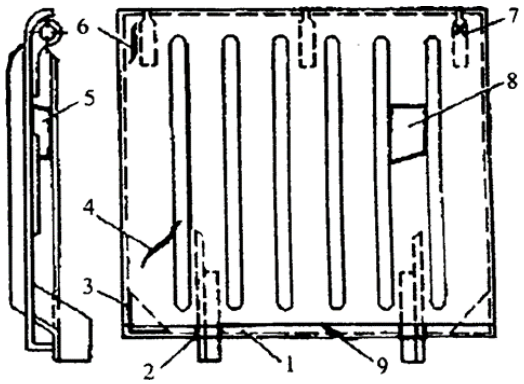


Рис. 1. **Кришка розвантажувального люка напіввагона**

Зі зняттям з вагона на кришках люків можна виконувати всі перелічені роботи і додатково такі: заварювати тріщини в гофрах і кутниках з підсиленням кутовими і плоскими накладками 5 товщиною 6 мм і довжиною 100 мм; заварювати тріщини 6 в кутах або місцях розташування зварювальних швів при нарахуванні тріщин не більше чотирьох і довжині кожної з них не більше 100 мм з обов'язковим підсилюванням накладками, що повинні перекривати тріщину не менше, як на 50 мм з усіх сторін; заварювати променеві тріщини 7 в отворах для заклепок кріплення кронштейнів, приварювати накладки 8 розміром не більше 200х400 мм в кількості не більше трьох на відстані одна від одної не менше 150 мм; приварювати скоби запірних косинців 2 і заварювати тріщини 9 в передній відбуртовці, що не виходять на полотнину кришки, з подальшим підсиленням накладкою довжиною до 100 мм. Зварювальні роботи дозволяється виконувати за умови, що товщина металу в місці накладення шва не менше 4 мм.

Спрацьовані деталі запірного механізму відновлюють наплавленням. У закритому стані сектор повинен щільно замикати закидачку (рис. 2). Величина заходу закидачки за поле кронштейна повинна бути не менше 44 мм, та зазор між пальцем сектора і скобою запірного механізму – 5-14 мм.

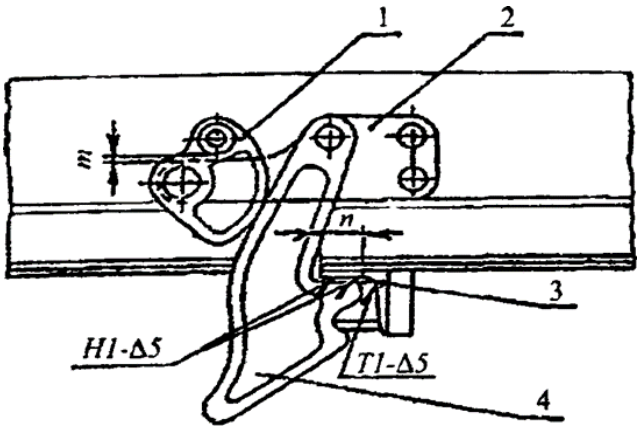


Рис. 2. **Запірний механізм кришки люка піввагона**:
1 – сектор; 2 – кронштейн; 3 – скоба; 4 –закидачка

Для усунення місцевих зазорів між кришкою люка і щільністю її прилягання здійснюють правку відповідного місця або приварюють не більше двох планок загальної товщини до 12 мм на горизонтальні полички запірних косинців. Ширина планок має бути 50 мм, а довжина –60-100 мм. Якщо у відкритому стані кришка люка спирається не на обидва упори, тоді дозволяється на один з упорів наварювати прокладку.

Типові та перспективні (композитні) конструкції кришок люків

Типова кришка люка напіввагона (рисунок 3) – це складова його кузова. Монтаж здійснюється за допомогою шарнірних петель, які підвішуються на балку хребта. Виконується з низьколегованої сталі та призначається для розвантаження сипких

вантажів, що не потребують захисту від опадів. Виготовляється з 5-ти мм листа із шістьма гофрами, поперечними вагону.

Рис. 3. **Типова кришка люка з 5-ти мм листа**

На рисунку 4 представлено запропоновану конструкцію кришки люка, яка складається з двох несівних гофрованих листів товщиною по 3 мм. При цьому гофри верхнього та нижнього листів направлені в протилежні сторони. Вузли кріплення залишаються типовими.

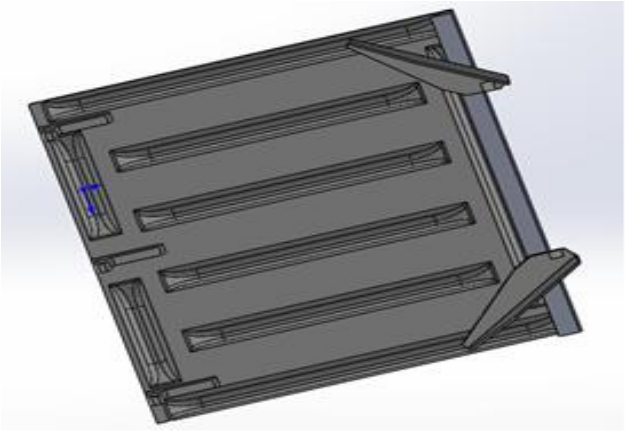


Рис. 4. **Кришка люка з двох листів по 3 мм (просторова модель)**

Розглянемо поліматеріальне каркасне виконання кришки люка напіввагона з поверхлистовим Ш-подібним обв’язуванням (рисунок 5):

– полотно кришки люка виконується з верхнього та нижнього листів, простір між якими заповнений пружною (пружно-в'язкою) речовиною;

– верхній гофрований лист товщиною 2,5 мм;

– нижній гофрований лист – 2,5 мм. Гофри відзеркалюють гофри верхнього листа на допустимих ділянках;

– за периметром верхній та нижній листи мають прямолінійну конфігурацію та взаємодіють між собою;

– жорсткості пружного елементу кришки люка у вертикальному напрямку складає не менше 20000 (Н/м)/м^2;

– обв’язування виконується з Ш-подібного профілю (рисунок 7) гнутого з листа товщиною 5 мм заповненим пружною (пружно-в'язкою) речовиною по периметру кришки люка, а також в середній частині.

Його висота адаптована для встановлення елементів стандартного кріплення до хребтової балки та нижнього обв'язування напіввагону;

– петлі кришки люка (елементи взаємодії з хребтовою балкою) кріпляться до кришки люка зварюванням (не заклепкове з’єднання);

– кронштейни кріпляться до обв'язування нижнього стін бокових типової конструкції.

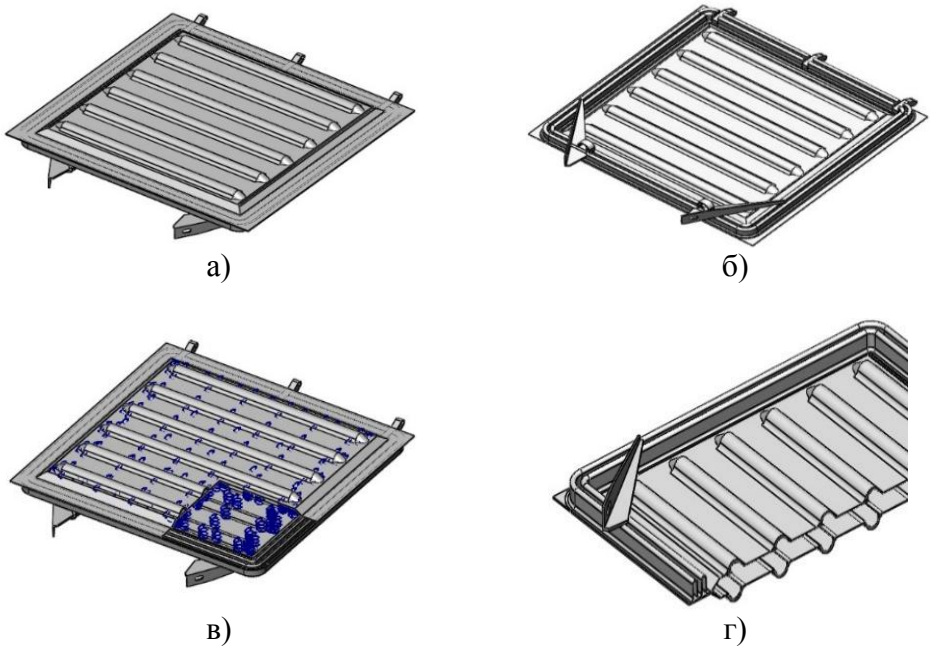


Рис. 5. **Поліматеріальне каркасне виконання кришки люка напіввагона з поверхлистовим Ш-подібним обв’язуванням**

а) вид зверху; *б)* вид знизу;
в) розміщення пружного елементу у кришці люка; *г)* поперечний переріз кришки люка

Розгляд сучасних установок для ремонту кришок люків напіввагонів

Лінія виготовлення та ремонту кришок люків напіввагонів (рисунок 6). Робота лінії побудована за принципом конвеєрно-потокового складання.

Розглянемо принцип роботи конвеєрно-потокової лінії. На початку лінії встановлено накопичувач з маніпулятором, який зі стопи заготовок (листів) по одній укладає їх на складальний кроковий конвеєр. На конвеєрі лист кришки люка проходить по черзі позиції установки петель, збирання люків, кантувача для попереднього обварювання, позицію установки кронштейнів та позицію клепки петель. З останньої позиції складального конвеєра кришка люка надходить на міжопераційний накопичувач або нижній ярус двоярусного конвеєра. З нижнього ярусу кришки люків вручну по роликах переміщуються на зварювальні пристрої-

позиціонери, встановлені по обидва боки двоярусного конвеєра. На них на кожному робочому місці проводиться повне обварювання кришок люків. Після обварювання за допомогою шарнірно-балансирних маніпуляторів, кришка укладається на верхній ярус двоярусного конвеєра. Потім подають кришки на конвеєр здачі кришок люків. На цьому конвеєрі кришка проходить позиції контролю ВТК, заварювання дефектів та правки. Принцип роботи конвеєра здавання аналогічний принципу роботи конвеєра складального. Позиції контролю ВТК, заварки дефектів та розвантажувальні обладнані поворотними столами, що дозволяють обертати кришку навколо вертикальної осі. Наприкінці лінії встановлений маніпулятор, що дозволяє укладати кришки у стопу по вісім штук. Сформовану стопу накопичувач переміщує на позицію розвантаження загальноцеховим транспортом.

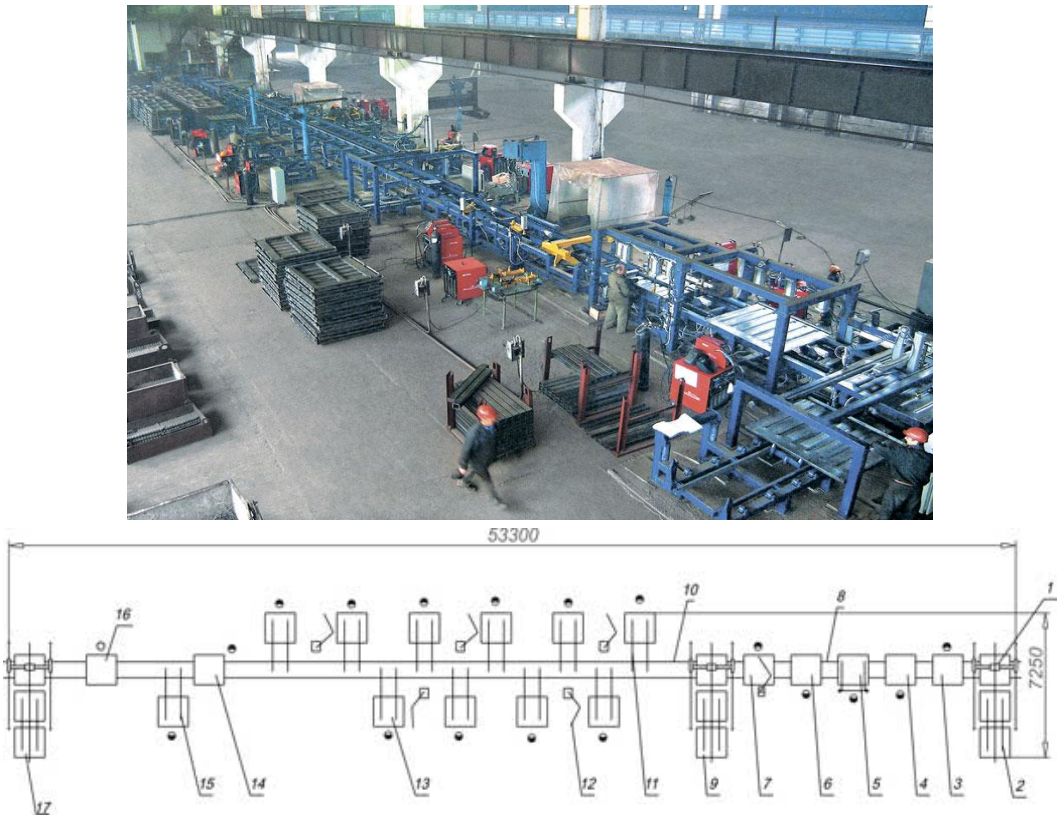


Рис. 6. **Лінія ремонту кришок люків напіввагонів**

1. маніпулятор; 2. конвеєр завантажувальний; 3. стенд складання петель та посилення 4. Стенд збирання люків; 5. стенд зварювання вертикальних швів; 6. стенд збирання кронштейнів; 7. стенд клепки петель; 8. конвеєр ланцюговий підйомний; 9. накопичувач буферний; 10. конвеєр ланцюговий двоярусний; 11. пристрій завантажувальний; 12. маніпулятор шарнірно-балансирний; 13. позиціонер зварювальний; 14. стенд здачі ВТК; 15. позиціонер для виправлення браку; 16. стенд правки люків; 17. накопичувач готових люків

Розглянемо різні сучасні мобільні установки для правки та ремонту кришок люків вагонів без їх демонтажу, стаціонарні преси для правки кришок люків при плановому ремонті вагонів в умовах депо.

Механізм для виправлення рамок люків універсальної вагоноремонтної машини (ВРМ) (рисунок 7), виправлення рамок люків напіввагона здійснюється зусиллям гідравлічного циліндра, з'єднаного з балкою. Висуванням і поворотом телескопічної балки можна здійснити виправлення в доступному місці під вагоном. Для зручності роботи оператора органи управління встановлені поруч із механізмами.

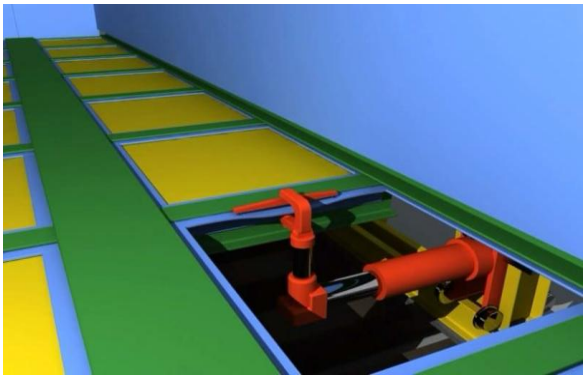


Рис. 7 **Механізм для виправлення рамок люків універсальної ВРМ**

Універсальна ВРМ призначена для виконання капітального й деповського ремонту вагонів. ВРМ випускається в декількох варіантах комплектації, залежно від виду й умов ремонту, що виконується.

Установка знімання та встановлення кришок люків напіввагонів (рисунок 11), під час проведення деповського ремонту. Основними перевагами установки є відсутність додаткових приводів та висока мобільність, що дозволяє безперешкодно проводити монтаж та демонтаж люків напіввагонів без додаткових пристроїв, здійснювати транспортування люків до місця проведення ремонту як у цехових умовах, так і на відкритих майданчиках. Так само в процесі експлуатації установки відпала необхідність використання підйомного крана при знятті та встановленні люків.

Рис. 8. **Установка знімання-встановлення кришок люків напіввагонів**

При використанні установки по зніманню-встановленню люків УЗВЛ-1 технологічні операції зняття, установки люка напіввагона, включаючи налаштування установки, займають 2-3 хвилини, а використання ручного гідронасоса та гідроциліндра в установці дозволяє працівникові в процесі зміни люків виконувати додаткові технологічні операції, що дозволяє підвищити продуктивність праці.

Установка правки люків напіввагонів (рисунок 9), призначена для виправлення кришок люків напіввагонів під час проведення ремонтно-відновлювальних робіт рухомого складу залізниць.

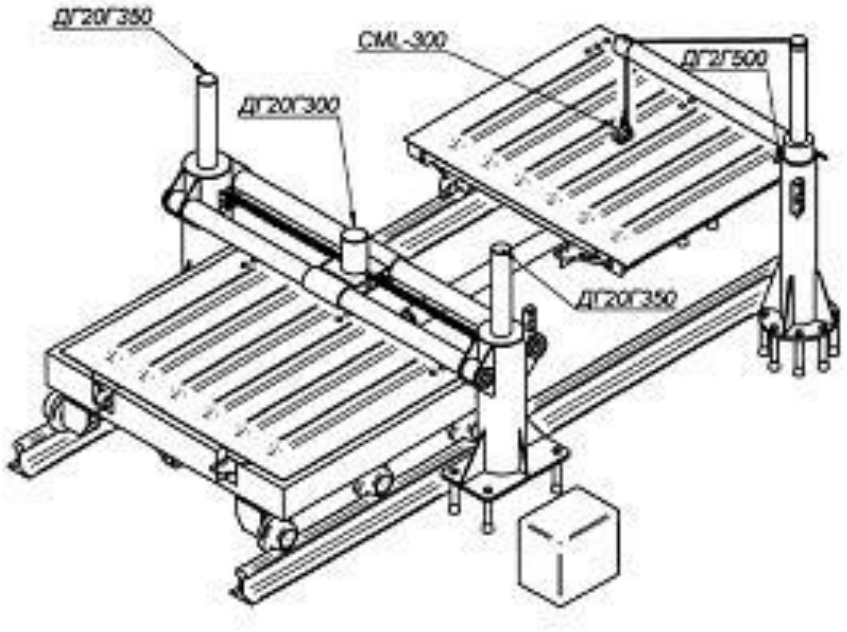
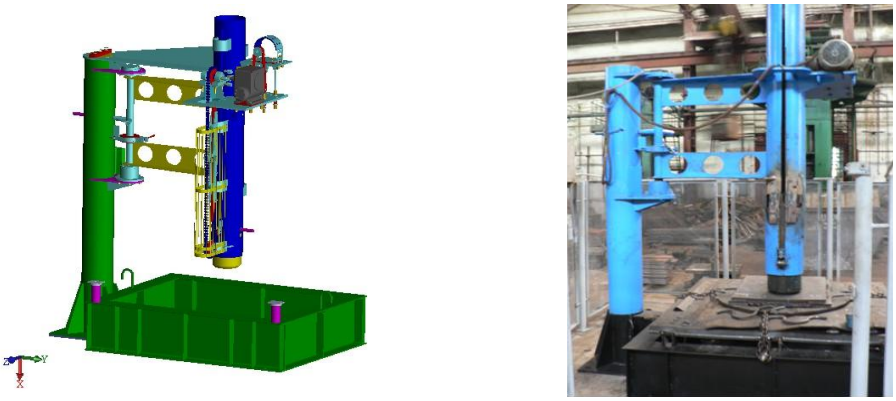


Рис. 9. **Установка правки люків напіввагонів**

Установка складається з силової рами з рейками, пересувного робочого столу, гідроциліндра переміщення робочого столу вздовж рейок, гідроциліндра управління магнітними захватами, 4-х магнітних захватів для утримання кришки люка на робочому столі, траверси, гідроциліндра приводу робочого інструменту з правильним переміщенням робочого інструменту вздовж траверси, гідроциліндра з кронштейном та магнітним вантажозахопленням для встановлення кришки на робочому столі та її зняття, гідроциліндра установки пальця в провушени кришки перед її встановленням на робочий стіл, насосної станції.

Застосування магнітних захватів для фіксації кришки люка на робочому столі та роликового правильного робочого інструменту з гідроприводом регульованого зусилля притиску дозволяє виключити відновлення пружних деформацій після зняття зусилля редагування.

Комп’ютерна модель та випробовульний стенд для проведення досліджень люків напіввагона (рисунок 10).



а) *б)*

Рис. 10. **Типовий стенд для випробувань кришки люка**
а) комп'ютерна модель; *б)* стенд

Стенд рихтування люків напіввагонів (рисунок 11) призначений для відновлення втрачених форм кришок люків та дверей напіввагонів, бортів платформ, дверей критих вагонів та інших деталей вантажних вагонів.

Рис. 11. **Стенд рихтування люків напіввагонів**

Стенд ремонту люків та дверей вантажного вагона (рисунок 12) призначений для ремонту люків та дверей залізничних вагонів, а також його можна застосовувати при ремонті стулок, дверей та бортів напіввагонів. Стенд складається з порталу, кронштейнів, притисків, столу в зборі, гідрообладнання та електрообладнання.

Стенд є звареною рамою (станиною), по якій у поздовжньому напрямку переміщається портал. Переміщення здійснюється за допомогою ланцюгової передачі з приводом електродвигуна з кнопковим дистанційним керуванням. Для поперечного переміщення вертикального гідроциліндра (щодо поздовжньої осі столу стенда) служить привід, розміщений на кронштейні (надалі текст називається

кареткою). По напрямних балках, закріпленим на столі, вручну переміщаються кронштейни з горизонтальними гідроциліндрами. Гідроциліндри служать усунення ромбовидних деформацій на кришці люка. На столі встановлені притиски, призначені для утримання кришки люка під час її редагування на станині.

Стенд обварювання кришки люка (рисунок 13) призначений для обварювання кришки люка напіввагону. Зібрану кришку люка встановлюють у стенд згідно з технологічним процесом проводиться зварювання деталей. Готовий вузол знімається зі стенду та передається на наступну позицію виготовлення передбаченим технологічним процесом.

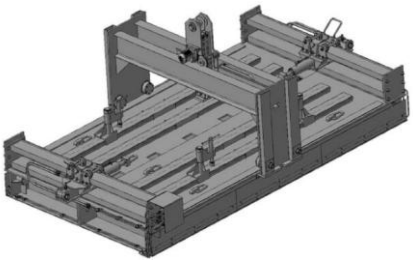


Рис. 12. **Стенд ремонту люків та дверей вантажного вагона**

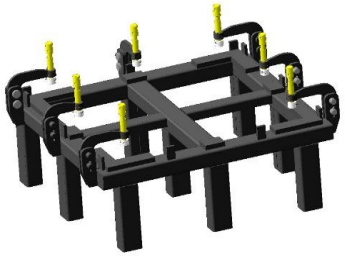


Рис. 13. **Стенд обварювання кришки люка (комп'ютерна модель)**

Різноманітні стенди, сукупність систем та сучасного обладнання, зможуть знизити участь людського фактора у процесі виробництва продукції. Такі механізми дозволяють значною мірою прискорити виробничі процеси і поліпшити якість конструкцій і деталей, що випускаються, знижуючи до мінімуму можливість браку або припущення помилок.

Прилади для вимірювання товщини металу у різних видах виробничої діяльності

Товщиномір – обов'язкове вимірювальне обладнання в автосервісних центрах та машинобудуванні. Прилади використовують для виявлення прихованих вад та товщини лакофарбового покриття кузова автомобілів. Товщиномір покриттів легко розпізнає ділянки, які були пошкоджені в результаті аварійних ситуацій і потім приховані під шаром оздоблювальних матеріалів. Прилад вкаже подібні вади та їх характеристики: наприклад, якою глибиною була вм'ятина.

У будівельній сфері товщиноміри покриттів застосовують для контролю ізолюючого та інших шарів на інженерних мережах. Без цих приладів не можна провести сертифікацію об'єктів щодо безпеки. Розрізняють різні види товщиномірів: механічні, електромагнітні, ультразвукові, магнітні,вихрострумові.

Механічні пристрої (рисунок 14) – найпростіші моделі, що мають вигляд пластини з гребінцем по краях. Розмітка на гребінці дозволяє визначити розмір шару фарби, шпаклівки, ґрунту відразу після нанесення на основу. При вимірі цілісність покриття порушується.

Електромагнітний товщиномір (рисунок 15) працює з використанням ефекту магнітної індукції, вимірюючи товщину шару на металевій поверхні за параметром

магнітного поля. призначений для вимірювання товщини стартового та фінішного покриттів (лак, ґрунт, фарба, шпаклівка тощо) на виробах з металу. Його робота дозволяє визначити тип металу, шар лакофарбового покриття, цілісність металу та наявності/відсутності шпаклівки. Основна перевага виробу – діагностика без пошкодження лакофарбового покриття. Заміри проходять без порушення покриття, точність даних дає трохи більше 3% похибки.Універсальний товщиномір ETARI ET-600 призначений для вимірювання товщини покриття на всіх типах металевих поверхонь (залізо, сталь, чавун, алюмінієві сплави, нержавіюча сталь, цинк, мідь, бронза). Для чорних металів діапазон вимірювань – до 2 000 мкм, для кольорових – 1 000 мкм.

Рис. 14. **Товщиномір механічний**

Рис. 15. **Електромагнітний товщиномір**

Зі збільшенням темпів розвитку промисловості України та країн СНД стає актуальним питання контролю якості продукції під час її виробництва та експлуатації. Для контролю за товщиною виробів широко використовується метод ультразвукової товщинометрії.

Рис. 16. **Товщиномір ультразвуковий**

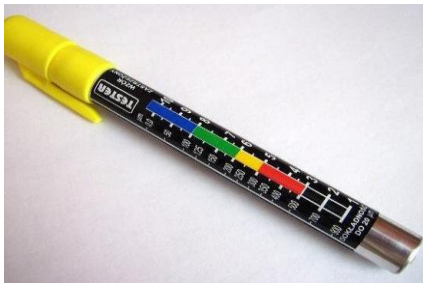


Рис. 17. **Магнітний товщиномір**

Ультразвуковий прилад (рисунок 16) для вимірювання товщини відноситься до найбільш точних і дозволяє визначити не тільки товщину шару, а й їх кількість – залежно від матеріалів. Ультразвукова хвиля проникає в об'єкт, відбивається назад і уловлюється датчиком приладу. Такі товщиноміри легко розрізнить шари шпаклівки, ґрунтовки та фарби. Використовують прилади контролю якості під час випуску різної продукції, вони вимірюють покриття будь-яких поверхнях: скляних, керамічних тощо. Водночас прилади не підходять для вимірювань покриттів на бетонних, дерев'яних та пінопластових поверхнях.

Прилади які використовують п'єзоелектричні перетворювачі дозволяють проводити вимірювання товщини в діапазоні від 0,6 до 300 мм (по сталі) з абсолютною похибкою, що допускається ±(0,1 + 0,005) мм.

Магнітні пристрої (рисунок 17) підходять для вимірювання покриттів, нанесених на металеву поверхню (чорні метали). Робочий орган приладу – постійний магніт, замір відбувається за ступенем зменшення магнітного поля, що залежить від товщини покриття.

Магнітний товщиномір покриттів призначений для контролю: товщини різних товстошарових захисних покриттів на різних металах і сплавах; товщини лакофарбових та інших діелектричних – радіопоглинаючих, мастичних, тефлонових, пластикових, анодноокисних, гальванічних покриттів на сталях; товщини гальванічних та лакофарбових покриттів на неферомагнітних сплавах та кольорових металах; товщини бітумних покриттів; вимірює точки роси, температури та вологості; вимірює глибину пазів і шорсткостей на поверхні об'єкта.

Вимірювальний прилад (товщиномір), що дозволяє з високою точністю виміряти товщину матеріалу або шару покриття матеріалу (такого як фарба, лак, грунт, шпаклівка, іржа, товщину основної стінки металу, пластмаси, скла, а також інших неметалічних з'єднань, що покривають метал).

Висока працездатність приладу у будь-яких ситуаціях. Доведено, що вимірювання виходять навіть у найнекомфортніших умовах: підвищена запиленість та загазованість місцевості, перепади температури та вологості навколишнього середовища, підвищений рівень ультрафіолету.

Контроль виробів перспективних (композитних) конструкцій

Устаткування для радіографічного контролю (нейтронна радіографія) (рисунок 18) заснована на опроміненні об'єкта контролю колімованим пучком нейтронів і реєстрації тіньового зображення об'єкта на рентгенівській плівці або іншому детекторі.

Метод використовується для найбільш відповідальних об'єктів, включаючи магістральні та технологічні нафто- і газопроводи, всілякі судини, що працюють під тиском, трубопровідну арматуру та ін. казанів. Метод успішно практикується і в авіакосмічній галузі - для обстеження відповідальних деталей з композитів.

Метод задіює радіаційне випромінювання, небезпечне організму людини. Фахівцям для роботи потрібен захист та окреме приміщення, що не завжди можна забезпечити під час перевірки великогабаритних об'єктів.

Рис. 18. **Устаткування для радіографічного контролю**

Висновки. Несправності кузовів напіввагонів, особливо кришок люка, призводять до втрат сипучих вантажів, тобто конструкція кузова напіввагона не дозволяє забезпечити збереження вантажу, що перевозиться, а це, у свою чергу, також впливає на безпеку руху поїздів. Тому нами були розглянуті елементи кузова напіввагона, а точніше конструкція кришок люків. Були розглянуті несправності люків напіввагонів та методи їх виправлення на різному виробничому устаткуванні. Випуклість і прогин кришок люків більше 25 мм усувають правкою на пресах. Величина заходу закидачки за поле кронштейна повинна бути не менше 44 мм, та зазор між пальцем сектора і скобою запірного механізму – 5-14 мм. Для усунення місцевих зазорів між кришкою люка і щільністюї прилягання на місці упорів наварюють металеву планку, шириною має бути 50 мм, а довжина – 60-100 мм.

Різні за принципом дії пристрою (товщиноміру) не можна назвати універсальними: вони є хорошими для вимірювання одних матеріалів і не підходять для інших. Єдиний виняток – ультразвукові прилади, більше можливістю виміру. У автосервісі, наприклад, можна використовувати всі типи приладів, за винятком механічного.

Як показала практика, використання нового гідравлічного обладнання та широке впроваджування товщиномірів на залізниці, які суттєво економлять час та мінімізують трудовитрати персоналу, скорочують витрати на технічне обслуговування та ремонт вантажних вагонів, а також покращують умови роботи оглядачів-ремонтників вагонів та слюсарів з ремонту рухомого складу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Fomin O., Lovska A., Pistek V., Kucera P. *Research of stability of containers in the combined trains during transportation by railroad ferry*, MM Science Journal March 2020. 3728-3733 p. DOI: 10.17973/MMSJ.2020_03_2019043,https://www.mmscience.eu/journal/issues/March%202020/articles/research-of-stability-of-containers-in-the-combined-trains-during-transportation-by-railroad-ferry

2. Okorokov A. M., Fomin O. V., Lovska A. O., Vernigora R. V., Zhuravel I. L., Fomin V. V. *Research into a possibility to prolong the time of operation of universal semi-wagon bodies that have exhausted their standard resource*, Eastern-European journal of enterprise technologies, 2018, 3/7(93). 20-26 p. (DOI: 10.15587/1729-4061.2018.131309) http://journals.uran.ua/eejet/article/view/131309

3. Fomin O., Lovska A., Píštěk V., Kučera P. *Dynamic load computational modelling of containers placed on a flat wagon at railroad ferry transportation*, Vibroengineering Procedia, November 2019, Volume 29. 118-123 p. https://doi.org/10.3390/app10165710 https://www.mdpi.com/2076-3417/10/16/5710

4. Lovska A., Fomin O., Píštěk V., Kučera P. *Dynamic Load Modelling within Combined Transport Trains during Transportation on a Railway Ferry,* Applied Sciences, 2020, 10(16):5710. https://doi.org/10.3390/app10165710 https://www.mdpi.com/2076-3417/10/16/5710

5. Мартинов І.Е., Равлюк В.Г. *Вагоноремонтні машини та обладнання*. Навч. Посібник, Харків, УкрДАЗТ, 2013. Ч.2. С. 108.

6. Калашников В.И., Подшивалов Ю.С., Демченков Г.И. *Ремонт вагонов*. Транспорт, 1985. С. 238.

7. *Руководство по деповскому ремонту грузовых вагонов железной дороги Украины колеи 1520 мм-ЦВ-0017.*

8. *Полувагон, Железнодорожный транспорт*, Энциклопедия. Гл. ред. Конарев Н.С. Большая Российская энциклопедия, 1994. С. 315.

9. Фомін О. В., Горбунов М. І., Коваленко В.В., Фляркoвська В.О. *Формалізовані описання конструкцій кришок люків напіввагонів* (частина 2), Науковий журнал – Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. СНУ ім. В.Даля, Сєвєродонецьк, 2018. № 1(242). С. 145-152.

10. Коваленко В.В. *Покращення функціонування розвантажувальних пристроїв напіввагонів шляхом удосконалення їх конструкції та методів розрахунків*. Дисертація, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля. СНУ ім. В.Даля, Сєвєродонецьк, 2019. С. 230.

11. Верютін М. В. *Використання машинного навчання для виявлення дефектів композиційних матеріалів імпедансним методом*, Магістерська дисертація. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» Київ, 2018. С. 90.

12. Горбунов М.І., Фомін О.В., Ловська А.О., Коваленко В.В. *Комплексний розрахунок виконання кришки люка напіввагона з різнотипних матеріалів із проміжним ш-подібним обв'язуванням, Наука та прогрес транспорту*. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, науковий журнал. ДНУЗТ ім. В. Лазаряна. Дніпро, 2018. Вип. 3(75). С. 138-148. DOI: 0.15802/stp2018/132863.

O. V. Fomin
State University of Infrastructure and Technologies
St. I. Ohienko, 19, Kyiv, 03049, Ukraine
Tel.: +380(95)-142-90-74, E-mail: fominaleksejviktorovic@gmail.com
ORCID: 0000-0003-2387-9946
O. S. Kozynka
State University of Infrastructure and Technologies
St. I. Ohienko, 19, Kyiv, 03049, Ukraine
Tel.: +380(93)-376-13-73, E-mail: kozynka1520mm@gmail.com
ORCID: 0009-0009-3012-581X

FUNDS OF REPAIR OF TYPICAL AND COMPOSITE HATCH COVERS OF GONDOLAS

This article discusses the funds of repairing typical and composite hatch covers of gondolas, which will prevent the possible loss of loose cargo and increase the level of train traffic safety. In order to avoid the minimum number of malfunctions of the rolling stock, all wagons must undergo high-quality maintenance at the points of preparation of wagons for transportation, at the stations of formation and disassembly of trains, and on the road - at the stations provided for in the train schedule. The malfunctions of the unloading hatches of gondolas were identified and analyzed. Responsibility for the quality of performed maintenance, repair and safety of wagons should be entrusted to both employees who directly carry out maintenance and repair, as well as on masters, heads of factories, depots, workshops, wagons preparation for transportation and maintenance points. Inspection of the technical condition of unloading devices and locking mechanisms of hatch covers of gondolas. The main technical characteristics of the hatch cover and possible malfunctions of gondola devices and methods of their elimination are considered. Typical and prospective (composite) hatch cover designs were also considered. The considered production and repair line of gondola hatch covers. The work of the line should be built according to the principle of conveyor-flow assembly. The article examines modern installations for repair and control of hatch covers of gondolas on the railway. The mechanism for correcting the hatch frames of the universal car repair machine, the unit for removing and installing gondola hatch covers, the unit for straightening gondola hatches, a typical stand for testing hatch covers, a stand for straightening gondola hatches, a stand for repairing hatches and doors of wagons, a stand for welding hatch covers was considered. Devices for measuring the thickness of metal in various types of production activities were proposed. The considered method of object irradiation, equipment for checking parts made of composite materials to detect defects.

Key words: *universal gondola, gondolas hatch cover, repair installations, safety of train movement.*

REFERENCES

1. Fomin, O., Lovska, A., Pistek, V., & Kucera, P. (2020). Research of stability of containers in the combined trains during transportation by railroad ferry, *MM Science Journal, March 2020*. 3728-3733 p. DOI: 10.17973/MMSJ.2020_03_2019043,https://www.mmscience.eu/journal/issues/March%202020/articles/research-of-stability-of-containers-in-the-combined-trains-during-transportation-by-railroad-ferry

2. Okorokov, A. M., Fomin O. V., Lovska A. O., Vernigora R. V., Zhuravel I. L., & Fomin V. V. (2018). Research into a possibility to prolong the time of operation of universal semi-wagon bodies that have exhausted their standard resource. *Eastern-European journal of enterprise technologies, 3/7(93)*, 20-26 (DOI: 10.15587/1729-4061.2018.131309) http://journals.uran.ua/eejet/article/view/131309

3. Fomin, O., Lovska, A., Píštěk, V., & Kučera, P. (2019). Dynamic load computational modelling of containers placed on a flat wagon at railroad ferry transportation. *Vibroengineering Procedia*, Vol. 29, pp.118-123, November, 2019) p. https://doi.org/10.3390/app10165710. https://www.mdpi.com/2076-3417/10/16/5710

4. Lovska, A., Fomin, O., Píštěk, V., & Kučera, P. (2020). *Dynamic Load Modelling within Combined Transport Trains during Transportation on a Railway Ferry*. *Applied Sciences, 10(16):5710*. https://doi.org/10.3390/app10165710 https://www.mdpi.com/2076-3417/10/16/5710

5. Martynov, I.E., & Ravlyuk, V.G. (2013). *Vahonoremontni mashyny ta obladnannia. Navchalnyi posibnyk. [Car repair machines and equipment. Educational manual*]. Part 2. Kharkiv: UkrDAZT [in Ukrainian].

6. Kalashnikov V.Y., Podshivalov Yu.S., Demchenkov G.Y. (1985). *Remont vagonov. Posibnik. Transport [Car repair. Manual. Transport.]*. Kharkiv: UkrDAZT [in Russian]

7. *Rukovodstvo po depovskomu remontu gruzovykh vagonov zheleznoj dorogi Ukrainy kolei 1520 mm-CzV-0017. [Guide to depot repair of gondola-cars of the Ukrainian railway gauge 1520 mm-CV-0017.]* [in Ukrainian].

8. Konarev N.S. (1994). *Poluvagon, Zheleznodorozhnyj transport, Enciklopediya. [Gondola. Railway transport. Encyclopedia*]. Bolshaya Rossiyskaya encyclopedia [in Russian].

9. Fomin O. V., Gorbunov M. I., Kovalenko V. V., Fliarkovska V. O. (2018). *Formalizovani opisannia konstrukczii kryshok liukiv napivvagoni (chastyna 2).* [Formalized descriptions of the structures of hatch covers of gondolas (part 2). *Naukovij zhurnal. Visnyk Skhidnoukrainskoho natsionalnoho universytetu imeni Volodymyra Dalia. SNU im. V.Dalia - Scientific journal - Bulletin of the Eastern Ukrainian National University named after Volodymyr Dahl, 1(242)*, 145-152. Severodonetsk [in Ukrainian]

10. Kovalenko, V.V. (2019). Pokrashhennia funkczionuvannia rozvantazhuvalnykh prystroiv napivvagoniv shliakhom udoskonalennia yikh konstrukczii ta metodiv rozrakhunkiv [Improving the functioning of gondola unloading devices by improving their design and calculation methods]. *Candidate's thesis*. Severodonetsk:Skhidnoukrainskyi natsionalnyi universytet imeni Volodymyra Dalia. SNU im. V.Dalia. [in Ukrainian]

11. Veriutin, M. V. (2018). Vykorystannia mashinnoho navchannia dlia vyiavlennia defektiv kompozytsiinykh materialiv impedansnym metodom [Using machine learning to detect defects in composite materials by the impedance method]. *Master's thesis.* Kyiv: Natsionalnyi tekhnichnyi universytet Ukrainy «Kyivskyi politekhnichnyi instytut imeni Ihoria Sikorskoho» [in Ukrainian].

12. Gorbunov, M. I., Fomin, O.V., Lovska, A. O., & Kovalenko V.V. (2018). Kompleksnyi rozrakhunok vykonannia kryshky liuka napivvahona z riznotypnykh materialiv iz promizhnym sh-podibnym obviazuvanniam [Complex calculation of the hatch cover of a gondola car manufactured from various materials with an intermediate W-shaped strapping]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu - Bulletin of the Dnipropetrovsk National University of Railway Transport*, Vol. 3(75), (pp. 138-148). Dnipro: DNUZT im.V. Lazariana. DOI: 0.15802/stp2018/132863. [in Ukrainian].

УДК 629.4.027 ***DOI: 10.47675/2304-6309-2023-26-56-66***

І. Е. Мартинов
Український державний університет залізничного транспорту
пл. Фейєрбаха, 7, м. Харків, 61050, Україна
Телефон: +38 (057) 730-10-36, E-mail: martinov.hiit@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0481-3514
А. В. Труфанова
Український державний університет залізничного транспорту
пл. Фейєрбаха, 7, м. Харків, 61050, Україна
Телефон: +38 (057) 730-10-35, E-mail: trufanova@kart.edu.ua
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1702-1054
В. О. Шовкун
Український державний університет залізничного транспорту
пл. Фейєрбаха, 7, м. Харків, 61050, Україна
Телефон: +38 (057) 730-10-35, E-mail: vadimshovkun62@gmail.com.
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1826-6053
О. Л. Шарий
Український державний університет залізничного транспорту
пл. Фейєрбаха, 7, м. Харків, 61050, Україна
Телефон: +38 (057) 730-10-35, E-mail: Sharyi@ukr.net
ORCID: https://orcid.org/0009-0003-4234-9286

ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОДІЛЕННЯ НАВАНТАЖЕНЬ В ЦИЛІНДРИЧНОМУ ПІДШИПНИКУ БУКСОВОГО ВУЗЛА ВАНТАЖНОГО ВАГОНА

Стаття присвячена аналізу закономірностей розподілення навантажень між роликами в циліндричних роликових підшипниках буксового вузла вантажного вагона. Відмова буксових підшипників під час експлуатації може викликати вимушену зупинку вагона під час руху. Надійність роликових циліндриних підшипників залежить від багатьох чинників. Розподіл навантаження між роликами буксового підшипникового вузла є одним з ключових факторів, що впливає на їх знос та термін служби. Запропоновано 3D модель буксового підшипникового вузла вантажного вагона з циліндричними підшипниками. Вона враховує не лише внутрішню геометрію підшипників, але й конструктивні особливості корпусів букс вантажних вагонів.

Для розрахунків використовувася метод скінчених елементів. В якості скінчених елементів використовувалися тетраедри з криволінійною формою ребр та десятьма вузлами. Це дозволило врахувати складну форму елементів конструкції буксових вузлів та збільшити точність розрахунків.

© Мартинов І. Е., Труфанова А. В., Шовкун В. О., Шарий О. Л., 2023

Побудована модель дозволяє імітувати різні варіанти навантаження з оцінкою напружено-деформованого стану як самого підшипника, так і інших елементів буксового підшипникового вузла.

Вертикальне навантаження, що діє на буксу, обиралось з урахуванням величини максимального розрахункового статичного навантаження від колісної пари на рейки 230,5 кН та було зосереджено у вузлах скінченоелементної сітки на верхніх приливах корпусу букси. При розрахунках враховувався найбільш несприятливий варіант завантаження корпусу.

В результаті розрахунків отримано розподілення максимальних контактних напружень, виникаючих в зоні контакту роликів та доріжок кочення кілець, а також розподіл еквівалентного навантаження між роликами. Доведено, що максимальні значення навантажень досягаються не на центральному ролику, а відповідно на наступному та попередньому. Ролики заднього підшипника завантажені більш, ніж ролики переднього на 10 %.

Зі збільшенням радіального навантаження характер розподілення не змінюється, а лише призводить до збільшення еквівалентних навантажень на ролики.

Прикладання осьових сил змінює характер розподілення еквівалентного навантаження. Встановлено, що з появою та збільшенням осьового навантаження зростають еквівалентні навантаження, що діють на ролики підшипника. Максимальні напруження, викликані осьовим навантаженням, зосереджені в зоні контакту торців ролика та буртів зовнішнього та внутрішнього кілець підшипника.

Ключові слова: *вантажний вагон, буксовий вузел, циліндричний підшипник, відмова, напруження, еквівалентні навантаження, розподіл.*

Вступ. Залізничний транспорт залишається однією з найважливіших галузей нашої економіки. Залізничний транспорт України посідає перше місце за вантажообігом у порівнянні з іншими видами транспорту. Він не створює матеріальних цінностей. Результатом його роботи є переміщення вантажів і людей. Важливість залізничного транспорту полягає в тому, що він забезпечує зв'язки між галузями, підприємствами, регіонами країни, зарубіжними державами. Саме залізниці забезпечують швидкий і регулярний рух незалежно від погодних умов та пори року.

Це сфера діяльності, де безпека та надійність відіграють ключову роль, оскільки від них залежить життя багатьох тисяч людей. Тому одним з найважливіших питань на залізницях завжди було та залишається забезпечення безпеки руху. Ця проблема завжди перебувала в центрі уваги під час створення перспективних конструкцій вагонів, розроблення технологічних процесів їх ремонту та технічного обслуговування. Водночас підвищення швидкостей руху, ускладнення технічних засобів вимагають посилення уваги всіх без винятку фахівців даної галузі до забезпечення безперебійності та безпеки руху поїздів та маневрової роботи.

Роботоздатність вантажних вагонів залежить від надійної роботи усіх його елементів. Але особливу увагу необхідно звертати на безвідмовність та довговічність буксових вузлів з підшипниками кочення. Вони включать в себе зовнішні та внутрішні кільця, тіла кочення, ущільнення та інші деталі, відмова кожного з которих під час експлуатації може викликати вимушену зупинку вагона від час руху. Розпо-

діл навантаження між роликами підшипникового буксового вузла є одним з ключових факторів, що впливає на їх знос та термін служби.

Аналіз останніх досліджень і постановка проблеми. Питанням дослідження роботи буксових вузлів вантажних вагонів для підвищення ефективності їх використання присвячена значна кількість досліджень. Авторами статті [1] проведено динамічний аналіз напружень роликів у конічних роликових підшипниках. Для моделювання поведінки роликів підшипника та ідентифікації розподілу напружень під час роботи використовувся метод скінченних елементів. Результати свідчать, що розподіл напружень сильно залежить від швидкості обертання підшипиника та характеру розподілу зовнішнього навантаження.

У статті [2] подано огляд причин відмов підшипників кочення. Автори досліджують фактори, які спричиняють відмови підшипників. Серед них неправильне встановлення (тобто помилки виробничого персоналу), недостатня кількість мастила (або його забруденення чи обводнення), неправильна виробнича збіжність. Узагальнення також включає огляд особливостей конструкції різних типів підшипників та їх характеристик.

Автори досліджень [3, 4] розглядають питання надійності буксових підшипників вантажних вагонів. Вони приходять до висновку, що циліндричні роликові підшипники не забезпечують нормативну довговічність. Крім того, на їх думку розподілення навантажень між роликами у буксовому підшипнику суттєво відрізняється від класичного, згідно якого найбільш навантаженим є верхній ролик.

У фундаментальній роботі [5] Harris T. подано всебічний аналіз методів проектування та розрахунку підшипників кочення. Автор розглядає особливості проектування та експлуатації різних типів підшипників, а також фактори, які впливають на їх продуктивність.

Результати аналізу деяких випадків відмов підшипників вантажних вагонів, що спричинили важкі наслідки, викладені у статті [6]. У дослідженні [7] розглянуто механізм виникнення утоми від контакту при коченні, яка виникає внаслідок циклічного навантаження. Ці ж питання розглядаються у [8].

Стаття [9] присвячена теоретичному дослідженню розподілення навантажень на ролики в підшипниках буксових вузлів рухомого складу. Автор вперше у вітчизняній практиці використовує метод скінченних елементів для моделювання поведінки підшипника. О. М. Савчук також приходить до висновку, що розподіл навантаження на ролики сильно залежить від швидкості обертання та характеру розподілу зовнішнього навантаження. У статті [10] досліджується вплив пружності корпусу букси на роботу підшипників. Результати цього дослідження містять корисну інформацію про динамічну поведінку підшипників, яка може бути використана при проектуванні більш ефективних підшипників.

Дослідження [11] присвячене аналізу проблемам, пов'язаних з експлуатацією буксових вузлів вантажних вагонів, та можливим шляхам їх вирішення. Автор пропонує нові рішення для покращення експлуатації буксових узлів, зокрема, застосування нових матеріалів, конструкцій та технологій виробництва. В роботі також розглядаються питання підвищення ефективності ремонту та технічного обслуговування буксових узлів.

Не залишилися осторонь досліджень виробники підшипникої продукції. Так у статті [12] розглядається новий концепт підшипника для важких навантажень, що розроблений компанією SKF. Автори описують технічні особливості цього концепту та дослідження, які підтверджують його ефективність. Крім того, стаття містить

приклади використання цього концепту в різних галузях, таких як залізничний транспорт та промисловість.

Авторами в роботі [13] досліджується вплив конструкції адаптерів на розподілення навантаження у підшипникових вузлах. Автори провели дослідження та аналізували вплив різних конструкцій адаптерів на розподілення навантаження у підшипникових вузлах. В той же час вплив особливостей конструкції корпусу букси на розподіл навантажень між роликами досліджено недостатньо.

Мета дослідження. Метою роботи є дослідження розподілу навантаження між роликами підшипникового буксового вузла вантажного вагона.

Методи дослідження. Для визначення розподілу навантаження між роликами підшипникового буксового вузла вантажного вагона, існують різні методи та підходи, подані нижче.

Метод обчислення механічного навантаження: Цей метод полягає в розрахунку механічного навантаження на кожен ролик підшипникового буксового вузла вантажного вагона. Тобто вважається, що у будь-який довільно взятий момент часу елементи працюючого підшипника знаходяться у рівновазі. Використовуючи класичні залежності теоретичної механіки (з урахуванням власної ваги вагона, ваги вантажу, динамічний фактор навантаження та ін.) можливо визначити навантаження, що діють між кільцями та тілами кочення.

Експериментальний метод: він полягає в установці датчиків на кожен ролик підшипникового буксового вузла вантажного вагона для вимірювання навантаження. Результати експерименту дозволяють визначити точний розподіл навантаження між роликами.

Використання математичних моделей: Цей метод полягає в розрахунку навантаження на кожен ролик підшипникового буксового вузла вантажного вагона за допомогою розроблених математичних моделей. Для цього використовуються формули, які враховують фізичні параметри системи, такі як вага, швидкість, кутова швидкість, кутове прискорення тощо.

Метод скінченних елементів: Цей метод полягає в розрахунку навантаження на кожен ролик підшипникового буксового вузла вантажного вагона за допомогою методу скінченних елементів. Цей метод дозволяє враховувати взаємодію між елементами системи та детально аналізувати розподіл навантаження на кожен ролик підшипникового буксового вузла.

У кожного з цих методів є свої переваги та недоліки, але в комбінації вони можуть дати точну та надійну інформацію про розподіл навантаження між роликами підшипникового буксового вузла вантажного вагона.

Однак найбільш доцільним та точним можна вважати метод скінченних елементів. Він дає можливість отримати картину розподілення розрахункових напружень, найбільш наближену до реальності. Тому в подальшому для розрахунків буде використаний саме він.

Матеріали дослідження. Для проведення досліджень напружено-деформованого стану була розроблена 3D модель буксового підшипникового вузла вантажного вагона з циліндричним підшипниками. Побудова геометричної моделі буксового вузла виконувалася у програмному середовищі "ANSYS Mechanical APDL (рис. 1).

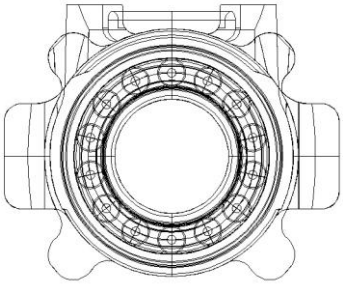


Рис. 1. **Геометрична модель буксового вузла**

Через складність моделей, побудова та розрахунок підшипникового вузла принципово виконувався в одному і тому ж програмному комплексі. Це дозволило уникнути проблем при імпортуванні геометричної моделі до розрахункового комплексу, які могли б вплинути на точність розрахунків.

Для моделювання об'ємів твердих тіл використовувалися 10-вузлові скінченні елементи тетраедрального типу Solid92.

Елемент визначається десятьма вузлами, що мають три ступені вільності в кожному вузлі: переміщення у напрямі осей X, Y, Z в системі координат вузла. Саме такі елементи найкраще підходять для моделювання машинобудівних конструкцій відносно малих розмірів, але складної форми.

Розроблена скінчено-елемента модель складається з 477925 скінченних елементів та 1402726 вузлів

Для моделювання контактної поверхні роликів використовувалися скінчені елементи Targe 170, для контактної поверхні зовнішнього та внутрішнього кілець підшипника, використовувалися скінчені елементи Konta174.

Контактні елементи мають ті ж самі геометричні розміри та загальний набір геометричних характеристик, що і пов'язані з ними реальні об'ємні елементи. ANSYS створює два різні типи контактних елементів: "цільові" на поверхні, яка має більшу жорсткість (у нашому випадку це ролики). Ці елементи вдавлюються в «контактну» поверхню, яка має меншу жорсткість (поверхні кочення зовнішнього та внутрішнього кілець).

Розмір сітки скінчених елементів в зоні контакту ролика та доріжок кілець обирався за допомогою графоаналітичного методу та уточнювався до розміру 0,02 мм (рис. 2.)

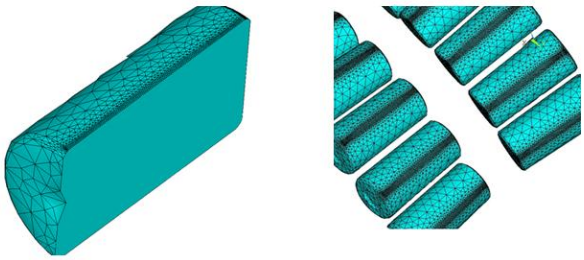


Рис. 2. **Уточнення сітки скінчених елементів в зоні контакту**

Така особливість скінчено-елементної сітки дозволила з більшою точністю обчислювати контактні напруження в зоні контакту та визначити характер розподілення напружень уздовж твірної роликів.

Під час створення моделі були прийняті такі припущення, що відповідають основним положенням теорії Герца:

- навантаження до контактуючих поверхонь прикладене перпендикулярно площадці контакту;
- область контакту мала в порівнянні з радіусами кривизни контактуючих тіл;
- матеріали контактуючих тіл однорідні, ізотропні та ідеально пружні;
- вплив технологічних відхилень при складанні елементів ходових частин на навантаження елементів підшипника, а також їх можливе спрацювання в експлуатації не враховується;
- вплив мастила на контактну міцність деталей підшипника не враховується.

При розрахунку буксового вузла були прийняті наступні допущення:

- матеріал буксового вузла працює в пружній стадії деформації і має постійні характеристики – модуль пружності сталі, з якої виготовлені кільця підшипника, приймався рівним $2{,}1\times10^{11}$ Па, коефіцієнт Пуассона 0,3.
- модуль пружності сталі, з якої виготовлений методом лиття корпус букси, приймався рівним $1{,}8\times10^{11}$ Па, коефіцієнт Пуассона 0,25 .

Моделі враховують не лише внутрішню геометрію підшипників, але й й конструктивні особливості корпусів букс вантажних вагонів. Це дозволяє імітувати різні варіанти навантаження з оцінкою напружено-деформованого стану, як самого підшипника, так і інших елементів буксового підшипникового вузла.

Вертикальне навантаження розраховувалося, виходячи з величини максимального розрахункового статичного навантаження від колісної пари на рейки 230,5 кН. При розрахунках враховувався найбільш несприятливий варіант завантаження корпусу. Вертикальне навантаження моделювалося шляхом прикладення сили у вузлах, до верхніх приливів корпусу букси, діючої у напрямку осі «Y0».

Були отримані максимальні контактні напруження, виникаючі в зоні контакту ролика і доріжок кілець підшипників (рис. 3).

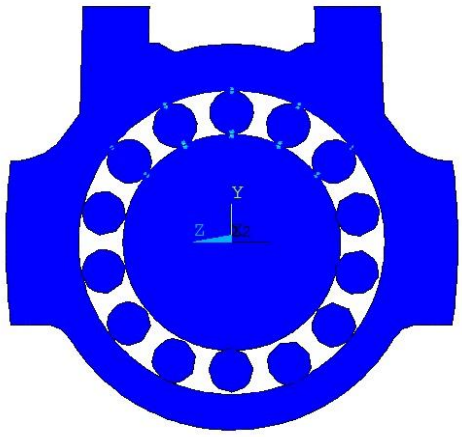


Рис. 3. **Локалізація максимальних контактних напруженнь, виникаючих в зоні контакту ролика і доріжок кілець підшипника**

Очевидно, що в зону навантаження входять лише п'ять роликів.

На рис. 4-5 зображено зображено розподілення еквівалентного навантаження між роликами в робочому секторі підшипника.

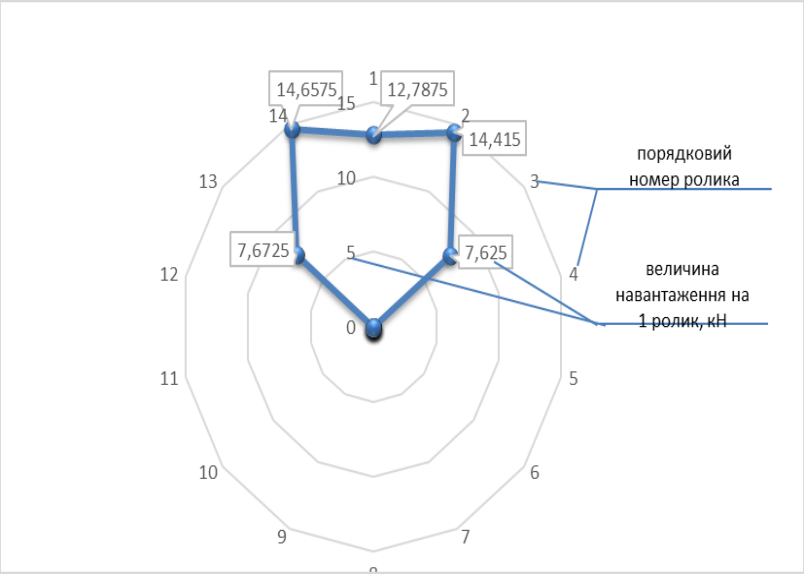


Рис. 4. **Розподілення еквівалентного навантаження між роликами (навантаження на вісь 230 кН, передній підшипник)**

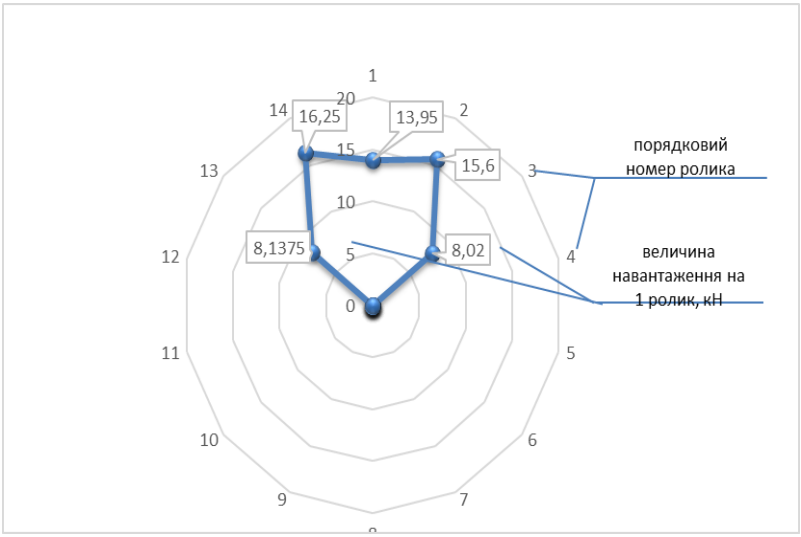


Рис. 5. **Розподілення еквівалентного навантаження між роликами (навантаження на вісь 230 кН, задній підшипник)**

Аналізуючи розподілення еквівалентного навантаження між роликами, можна побачити, що максимальні значення навантажень досягаються не на центральному ролику, а відповідно на наступному та попередньому (ролики № 2 та № 14). Це призводить до того, що ролик проходить декілька піків навантажень, що негативно позначається на надійності підшипникового вузла. Ролики заднього підшипника завантажені більш, ніж переднього на 10 %.

Прикладання осьового навантаження змінює характер розподілення еквівалентного навантаження (рис. 6).

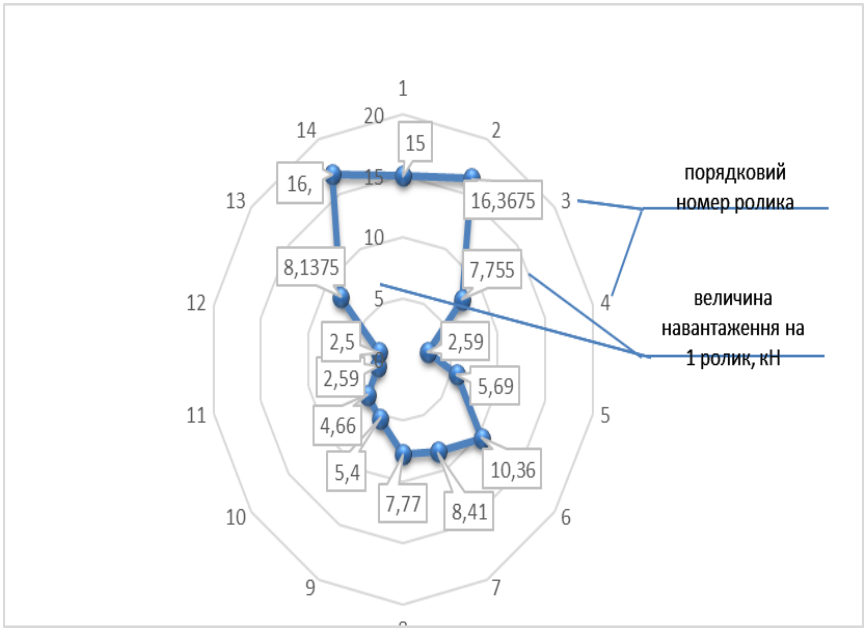


Рис. 6. **Розподілення еквівалентного навантаження між роликами (навантаження на вісь 230 кН+ 50 кН осьового)**

Максимальні напруження, викликані осьовим навантаженням, зосереджені в зоні контакту торців ролика та буртів зовнішнього та внутрішнього кілець підшипника. Найбільших значень вони досягають на роликах, які проходять нижній сектор підшипника. Оскільки ролики в цьому секторі практично не навантажені радіальним зусиллям та через пружну деформацію корпусу підшипникового вузла мають умовно збільшений радіальний зазор, ймовірне виникнення перекосів роликів, що сприятиме виникненню різного типу пошкоджень підшипника.

Моделювання та розрахунки показали, що з появою та збільшенням осьового навантаження, зростає еквівалентне навантаження, що діє на ролики підшипника.

Використання при розрахунку складної геометричної моделі, яка включає частину осі колісної пари, дозволило побачити різницю радіальних зусиль, що діють на задній та передній підшипник буксового вузла.

Висновки. Побудована 3D буксового вузла вантажного вагона, обладнаного циліндричними підшипниками. Модель враховує не лише внутрішню геометрію підшипників, але й конструктивні особливості корпусів букс вантажних вагонів.

За допомогою побудованої моделі була виконана оцінка напружено-деформованого стану циліндричних буксових підшипників при різних умовах навантаження. Встановлено, що максимальні значення навантажень досягаються не на центральному ролику, а відповідно на наступному та попередньому. Ролики заднього підшипника завантажені більш, ніж ролики переднього на 10 %.

Максимальні напруження, викликані осьовим навантаженням, зосереджені в зоні контакту торців ролика та буртів зовнішнього та внутрішнього кілець підшипника. Найбільших значень вони досягають на роликах, які проходять нижній сектор підшипника.

Результати досліджень в подальшому будуть враховані при розробці удосконалених корпусів букс вантажних вагонів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Sakaguchi T. Dynamic Analysis of Cage Stress in Tapered Roller Bearings. Proc. ASIATRIB. 2006. P. 649-650.

2. Deshmukh, B. D., & Moundecar, N. D. Study of Failure Modes of Rolling Bearings: A Review. Journal of Modern Engineering Research. 2014. № 1. P. 139-145.

3. Martynov I. E., Trufanova A. V. , Safronov O. M. Axlebox roller bearings for railway vehicles: design and calculations: monograph. Kremenchuk. 2022. 147 p.

4. Мартинов І. Е. Аналіз технічного стану буксових вузлів вантажних вагонів. Збірник наукових праць УкрДУЗТ, 2023. Вип. 203. С. 63-72.

5. Harris T. Rolling bearing analysis. New York, 2006. 481 p.

6. Gerdun, V. Failures of bearings and axles in railway freight wagons. Engineering Failure Analysis. 14 (2007). P. 884–894.

7. Upadhyay, R.K.. Rolling element bearing failure analysis: A case study. Engineering Failure Analysis January. 2013. DOI: 10.1016/j.csefa.2012.11.003.

8. Nogendra, S., Bhisikar , Mehta, G. D. A Review Paper on Study of Various Failure Analysis of Bearings. International Journal of Engineering and Creative Science, Vol. 4, No. 9, 2021 www.ijecs.net

9. Савчук О. М. Теоретическое исследование нагруженности роликов в подшипниках буксовых узлов подвижного состава . Проблемы механики железнодорожного транспорта: тезисы докладов международной Всесоюзной конференции (май 1980, Днепропетровск). Киев, 1980. С. 127.

10. Савчук О. М. Влияние упругости корпуса буксы на работу подшипников. Динамика механических систем: сб. науч. тр. ин-та техн. механики АН Украины. Киев. 1983. С. 139–148.

11. Морчиладзе И. Г., Соколов А. М. Совершенствование и модернизация буксовых узлов грузовых вагонов. Железные дороги мира. 2006. №10. С. 59-64.

12. Kuře G., Charrier F., Gouel X. New axlebox concept for heavy loads. SKF Evolution magazine. 2005. 4. P. 24-27.

13. Мартинов І. Е. , Кладько Н. С. Дослідження впливу конструкції адаптерів на розподілення навантаження у підшипникових вузлах. Збірник наукових праць VIII Міжнародної науково-технічної конференції "Транспорт і логістика: проблеми і рішення". Київ. 23-25 травня 2018 р. Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Одеський національний морський університет. 2018. С. 90-91.

I. E. Martynov
Ukrainian State University of Railway Transport
Feiirbakha Sq., 7, Kharkiv, 61050, Ukraine
tel:+38 (057) 730-10-36, E-mail: martinov.hiit@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0481-3514

A. V. Trufanova
Ukrainian State University of Railway Transport
tel: +38 (057) 730-10-35, E-mail: trufanova@kart.edu.ua
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1702-1054
V. O. Shovkun
Ukrainian State University of Railway Transport
Feiirbakha Sq., 7, Kharkiv, 61050, Ukraine
tel: +38 (057) 730-10-35, E-mail: vadimshovkun62@gmail.com.
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1826-6053
O. L. Sharyi
Ukrainian State University of Railway Transport
Feiirbakha Sq., 7, Kharkiv, 61050, Ukraine
tel:+38 (057) 730-10-35, E-mail: Sharyi@ukr.net
ORCID: https://orcid.org/0009-0003-4234-9286

STUDY OF LOAD DISTRIBUTION IN A CYLINDRICAL ROLLER BEARING OF A FREIGHT CAR AXLE BOXES

The article is devoted to the analysis of the patterns of load distribution between rollers in cylindrical roller bearings of the axle assembly of a freight car. The failure of the bushing bearings during operation can cause a forced stop of the wagon during movement. The reliability of cylindrical roller bearings depends on many factors. The distribution of the load between the rollers of the axle bearing unit is one of the key factors affecting their wear and service life. A 3D model of the axle bearing assembly of a freight car with cylindrical bearings is proposed. It takes into account not only the internal geometry of the bearings, but also the features of load transfer on them. The finite element method was used for calculations. Tetrahedrons with curved edges and ten nodes were used as finite elements. This made it possible to take into account the complex shape of the structural elements of box joints and increase the accuracy of calculations.

The built model allows you to simulate various loading options with an assessment of the stress-strain state of both the bearing itself and other elements of the skid bearing unit.

The vertical load acting on the axle was chosen taking into account the maximum possible load on the axle of 230 kN. It was concentrated in the nodes of the finite element mesh on the upper tides of the hull of the box. The calculations took into account the most unfavorable case loading option.

The results of the calculations made it possible to obtain the distribution of the maximum contact stresses that occur in the contact zone of the rollers and rolling tracks of the rings. The distribution of the equivalent load between the rollers is obtained. It has been proven that the greatest values of stress do not occur on the central roller, but on the last and penultimate roller, respectively. It is also confirmed that the rear bearing is loaded more than the front one.

When increasing the radial load, the nature of the distribution does not change, but

only leads to an increase in the equivalent loads on the rollers.

The application of axial forces changes the nature of the distribution of the equivalent load. The intensity of the equivalent load acting on the bearing rollers increases. The greatest stresses caused by the axial load are concentrated in the contact zone of the ends of the roller and the sides of the outer and inner rings of the bearing.

REFERENCES

1. Sakaguchi, T. Dynamic Analysis of Cage Stress in Tapered Roller Bearings // Proc. ASIATRIB. 2006. P. 649-650.
2. Deshmukh, B. D., & Moundecar, N. D. (2014) Study of Failure Modes of Rolling Bearings: A Review. *Journal of Modern Engineering Research*. № 1. P. 139-145.
3. Martynov, I. E., Trufanova, A. V., & Safronov, O. M. (2022) Axlebox roller bearings for railway vehicles: design and calculations. *Monograph.* Kremenchuk.
4. Martynov, I. E. (2023) Analiz tekhnichnoho stanu buksovykh vuzliv vantazhnykh vahoniv [Analysis of the technical condition of the axle joints of freight cars]. *Zbirnyk naukovykh prats UkrDUZT – Collection of scientific works of UkrDUZT*. 203. 63-72. [in Ukrainian].
5. Harris, T. (2006) Rolling bearing analysis. New York.
6. Gerdun, Viktor. (2007) "Failures of bearings and axles in railway freight wagons", Engineering Failure Analysis 14 (2007), 884–894.
7. R.K. Upadhyay, "Rolling element bearing failure analysis: A case study", Engineering Failure Analysis January 2013 DOI: 10.1016/j.csefa.2012.11.003.
8. International Journal of Engineering and Creative Science, Vol. 4, No. 9, 2021 www.ijecs.net A Review Paper on Study of Various Failure Analysis of Bearings Mr. Nogendra S. Bhisikar1, Dr. G. D. Mehta
9. Savchuk, O. M. (1980). Teoreticheskoye issledovaniye nagruzhennosti rolikov v podshipnikakh buksovykh uzlov podvizhnogo sostava [Theoretical study of the loading of rollers in the bearings of the axle units of the rolling stock]. *Problemy mekhaniki zheleznodorozhnogo transporta: tezisy dokladov mezhdunarodnoy Vsesoyuznoy konferentsii – Problems of the mechanics of railway transport: abstracts of the reports of the international All-Union conference.* p. 127. [in Russian].
10. Savchuk, O. M. (1983). Vliyaniye uprugosti korpusa buksy na rabotu podshipnikov [Influence of the elasticity of the axle box housing on the operation of bearings]. *Dinamika mekhanicheskikh sistem: sb. nauch. tr. in-ta tekhn. mekhaniki AN Ukrainy – Dynamics of Mechanical Systems: Sat. scientific tr. in-ta tech. Mechanics of the Academy of Sciences of Ukraine*. Kyiv. pp. 139–148. [in Russian].
11. Morchiladze, I. G. & Sokolov, A. M. (2006) / Sovershenstvovaniye i modernizatsiya buksovykh uzlov gruzovykh vagonov [Improvement and modernization of axle units of freight cars]. *Zheleznyye dorogi mira - Railways of the world*, 10, 59-64. [in Russian].
12. Kuře, G., Charrier F., & Gouel X.. (2005). New axlebox concept for heavy loads. *SKF Evolution magazine, 4,* 24-27.
13. Martynov, I. E. & Kladko N. S. (2018) Doslidzhennia vplyvu konstruktsii adapteriv na rozpodilennia navantazhennia u pidshypnykovykh vuzlakh [Study of the impact of adapter design on load distribution in bearing units]. *Zbirnyk naukovykh prats' VIII Mizhnarodnoyi naukovo-tekhnichnoyi konferentsiyi "Transport i lohistyka: problemy i rishennya". Kyyiv. 23-25 travnya 2018 r. - Skhidnoukrayins'kyy natsional'nyy universytet im. V. Dalya, Odes'kyy natsional'nyy mors'kyy universytet - Proceedings of the VIII International Scientific and Technical Conference "Transport and Logistics: Problems and Solutions". Kyiv. May 23-25, 2018 - Eastern Ukrainian National University named after V. Dalya, Odesa National Maritime University.* 90-91. [in Ukrainian].

УДК 629.454.2 ***DOI: 10.47675/2304-6309-2023-26-67-78***

Н. П. Герко
Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування», вул. І. Приходька, 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-02-50, E-mail:ninagerko@gmail.com
ORCID 0009-0007-9216-8511
Ж. О. Семко
Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування», вул. І. Приходька, 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-02-50, E-mail: shaganne@gmail.com
ORCID 0000-0003-0047-8509

ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ СЕРТИФІКАЦІЇ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

Система обов'язкової державної сертифікації, основою для якої були стандарти серії ДСТУ 3400, була скасована у 2018 році. Їй на заміну було впроваджено систему технічного регулювання, в положеннях якої на підставі Закону України «Про технічні регламенти та оцінку відповідності» встановлено обов'язковість відповідності продукції, процесів та послуг (далі – продукція) вимогам застосовних технічних регламентів.

Варто зауважити, що є хибною думка про те, що із скасуванням вищезгаданих стандартів щодо обов'язкової сертифікації, сертифікація, як процедура встановлення відповідності продукції вимогам нормативних документів, стала не потрібною.

Це зовсім не так, оскільки у законі «Про технічні регламенти та оцінку відповідності» встановлено термін «сертифікація» у такому визначенні:«сертифікація - підтвердження відповідності третьою стороною, яке стосується продукції, процесів, послуг, систем або персоналу».

При цьому термін «підтвердження відповідності»в тому ж законі визначено таким чином:«підтвердження відповідності - видача документа про відповідність, яка ґрунтується на прийнятому після критичного огляду рішенні про те, що виконання заданих вимог було доведене».

Отже, не зважаючи на прийняте рішення щодо скасування стандартів державної системи сертифікації, сертифікація, як підтвердження відповідності третьою стороною, займає відповідне важливе місце у системі оцінки відповідності продукції.

Ключові слова: *оцінка відповідності, сертифікація, заявлені (або встановлені) вимоги, підтвердження відповідності.*

© ***Герко Н.П., Семко Ж. О., 2023***

Вступ

У сучасних умовах не можливо уявити собі життя без використання різноманітних товарів, послуг, програмних продуктів тощо. Не є виключенням з цього переліку й продукція залізничного призначення.

При цьому, під час експлуатації технічних об’єктів промислового чи побутового характеру головною рисою стає їхнє безпечне використання, надійна робота, відповідність функціональному призначенню.

З цієї точки зору залізничний транспорт є об’єктом підвищених, більш жорстких вимог щодо забезпечення безпеки, надійності, міцності.

Для забезпечення впевненості споживачів у якості та безпеці використовуваної продукції у Європейському Союзі було створено низку законодавчих документів «нового» та «глобального» підходів, які визначили основні засади підтвердження відповідності продукції заданим вимогам. Створення сучасної системи технічного регулювання та споживчої політики в Україні продиктоване положеннями документів «нового» та «глобального» підходів та є логічним рішенням щодо вступу нашої країни у світову організацію торгівлі. При цьому ця система має бути сумісною з аналогічними системами розвинених країн. Об'єктивною необхідністю на нинішньому етапі є використання таких засобів, які б сприяли міжнародному обміну товарами і послугами, підвищенню якості та конкурентоспроможності на всіх рівнях виробництва і торгівлі. Застосування стандартів, технічних регламентів, процедур оцінки відповідності та здійснення ринкового нагляду є основним підґрунтям для досягнення кінцевої мети - задоволення очікувань споживачів,забезпечення надійного захисту життя, здоров'я, створення безпечних умов праці та охорони навколишнього природного середовища в інтересах населення всіх країн світу.

Головною метою державної політики України у сфері технічного регулювання є забезпечення високого рівня захисту прав споживачів в наданні можливості вільного вибору безпечних і якісних товарів (робіт, послуг), а також сприяння вільному руху товарів на державному і світовому ринках.

Основними елементами створеної в нашій країні системи технічного регулювання є: закони; технічні регламенти; національні стандарти, що гармонізовані з міжнародними і європейськими; процедури підтвердження відповідності; нагляд за виконанням обов’язкових вимог.

Для висвітлення головної теми статті щодо перспективних напрямків розвитку сертифікації продукції, зокрема для залізничного транспорту, слід звернути увагу на загально відомі основні цілі сертифікації товарів, процесів, послуг і робіт. Ковшова І.О. та Нєстєров Є.А. [1] визначають такі основні цілі сертифікації:

- запобігання реалізації продукції, небезпечної для життя, здоров’я, майна громадян і навколишнього природного середовища;
- сприяння споживачам у виборі продукції; яка за своїми якісними показниками відповідає їхнім очікуванням;
- створення умов для участі суб’єктів господарювання у міжнародному економічному, науково-технічному співробітництві та міжнародній торгівлі;
- забезпечення конкурентоспроможності підприємств як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках.

Також слід зазначити, що у процесі визначення відповідності продукції встановленим вимогам не останню роль відіграє якість продукції. Незаперечним є той факт, що за рівних умов виробництва продукції, встановлення однакової цінової

політики, конкурентоспроможною стає та продукція, якість якої має більш високий рівень.

На підставі вище зазначеного постає питання: «Де та яким чином встановлено критерії, згідно з якими оцінюється якість продукції, та в решті решт встановлюється її відповідність заданим вимогам?»

Аналіз останніх досліджень і постановка проблеми

Дослідженням стосовно сертифікації продукції присвячено велику кількість робіт. Зокрема уже згаданих авторів Ковшової І.О. та Нєстєрова Є.А. щодо сертифікації продукції як засобу підвищення конкурентоспроможності підприємства [1], Грищенко О.Ф. щодо методології управління, оцінювання та контролю якості для різних видів товарів (продукції, послуг), вивчення нормативно-законодавчих, організаційних та економічних питань з управління, оцінювання та контролю якості товарів [2], Федорович В.О. приділяє увагу підходам і способам випробувань продукції на відповідність, та методам контролю характеристик різних показників продукції, що має пройти сертифікацію [3]. У навчальному посібнику для студентів вищих навчальних закладів з підготовки спеціалістів та магістрів зі спеціальності «Якість, стандартизація та сертифікація» [4] викладено сучасний стан, проблеми та перспективи розвитку стандартизації й сертифікації, теоретичні основи, порядок та процедури проведення робіт зі стандартизації та сертифікації продукції і послуг. Велику увагу приділено напрямкам розвитку системи технічного регулювання України щодо організації процесів стандартизації та оцінювання відповідності, зокрема впровадження міжнародних нормативних документів і технічних регламентів об'єктів технічного регулювання та застосування методів і моделей оцінки ризиків продукції та управління ризиками в системах нормативного регулювання. Печиліною О. В. у [5] розглянуті питання подальшої реалізації державної політики у сфері стандартизації, технічного регулювання та гармонізації з нормами ЄС, які є актуальними і потребують досліджень.

У перелічених вище роботах [1-5] приділено увагу великій кількості питань, пов'язаних із сертифікацією, стосовно її цілей, методології, методів впровадження систем сертифікації, практичного значення її результатів. Це певною мірою вже встановлені (випробувані) факти. А ось питанню аналізу перспективних напрямків розвитку сертифікації на залізничному транспорті приділено недостатньо уваги, що і послугувало метою цього дослідження.

Матеріали та методи дослідження

З погляду впровадження системи технічного регулювання, положення якої встановлюють згідно із частиною 1 статті другої Закону України «Про технічні регламенти та оцінку відповідності» [6] обов'язковість відповідності «продукції, яка вводиться в обіг, надається на ринку або вводиться в експлуатацію, а у випадках, визначених частиною другою статті 11 цього Закону, - перебуває в експлуатації в Україні» вимогам прийнятих технічних регламентів із застосуванням передбачених ними процедур оцінки відповідності, стає потрібним розглянути питання щодо проведення сертифікації взагалі та можливостей її перспективного розвитку, зокрема для продукції залізничного транспорту.

Нагадуємо, що сертифікація – це підтвердження відповідності продукції третьою стороною. Як третя сторона відповідно до закону [6] виступає орган з оцінки відповідності, тобто–«орган (підприємство, установа, організація чи їх структурний

підрозділ), що здійснює діяльність з оцінки відповідності, включаючи калібрування, випробування, сертифікацію та інспектування». Якщо підтвердження відповідності може бути здійснено тільки на підставі проведеної оцінки відповідності і, отже, є результатом цієї оцінки, то сертифікація – це оцінювання відповідності, тобто «процес доведення того, що задані вимоги, які стосуються продукції, процесу, послуги, системи, особи чи органу, були виконані».

Термін «задані вимоги» у законі [6] визначено так:«задані вимоги - заявлені потреби чи очікування, які зафіксовані в технічних регламентах, стандартах, технічних специфікаціях або в інший спосіб».

Якщо в частині першій статті 25 закону [6] визначено, що «оцінка відповідності вимогам технічних регламентів здійснюється у випадках і шляхом застосування процедур оцінки відповідності, які визначені в таких технічних регламентах», то здійснення сертифікації відбувається шляхом встановлення відповідності вимогам, визначеним у стандартах, технічних специфікаціях, тобто нормативних документах.

Скасування державної системи сертифікації, положення якої встановлювали обов’язкові вимоги до органів з сертифікації продукції, послуг, або персоналу, або систем, надало можливість цим органам створювати та запроваджувати свої системи та свої схеми сертифікації. Але більшість з них не стали руйнувати вже випробувані системи та схеми, вирішив провести їх вдосконалення з урахуванням сучасних законодавчих вимог.

Ті органи, що зуміли швидко зорієнтуватись у сьогоденні, ефективно працюють й досі.

Та оскільки вдосконаленню не має меж, робота з підвищення ефективності діяльності не припиняється. Об’єктивним фактором у підвищенні ефективності діяльності є кваліфікований персонал, оскільки всі види робіт з сертифікації та підтвердження відповідності базуються на високій компетенції фахівців, які реалізують їх процедури і розробляють нормативно-методичні документи.

Крім того, досвід робіт в цій сфері підтверджує необхідність підготовки фахівців з питань стандартизації, сертифікації, підтвердження відповідності та управління якістю не тільки для органів з сертифікації та випробувальних лабораторій, а і для підприємств промисловості і сфери послуг, тобто для тих, хто працює на стадії забезпечення відповідного рівня якості і займається підготовкою до сертифікації результатів своєї роботи.

Щодо створення власної системи сертифікації, наприклад, на офіційні сторінці ДП «Рівнестандартметрологія» надано такі основні положення, які реалізуються під час оцінки відповідності та сертифікації:

- об’єктивність та достовірність: незалежність від виробника та споживача, сучасність випробувальної бази та професійність персоналу відповідно;
- реалізація державної політики в сфері виробництва та відповідність інформації, стандартам, якості;
- добровільність або обов’язковість;
- запобігання дискримінації в сертифікації продукції вітчизняних та закордонних виробників;
- забезпечення виробнику або замовнику права вибору органу сертифікації та випробувальної лабораторії;

- багатоцільове застосування сертифікатів, технічних регламентів і інших документів відповідності виробником, реалізатором, споживачем, митницею, органами нагляду, біржами, аукціонами та інше;

- доступність та відкритість інформації про позитивні результати або про припинення дії сертифікату;

- різнобічність типів і засобів лабораторних випробувань при сертифікації продукції за характером виробництва, призначення та її специфіки» [7].

Вище перелічені положення є загальними для органів сертифікації, акредитованих відповідно до ДСТУ ENISO/IEC17065 [8]. При цьому, слід зазначити, що створення власних систем сертифікації кожного органу базується в основному на тих вимогах, які встановлено в нормативних документах на продукцію, що входить до сфери акредитації органу.

Слід також зазначити, що розвиток технічного прогресу впливає й на розвиток системи сертифікації, висуваючи вимоги щодо застосування нових підходів, методів, засобів. Так, на думку експертів [9, 10], є дуже перспективним напрямком впровадження такої системи, за якої сертифікація починається з/або стосується стадії проектування, що відповідає одному із способів проведення експертизи за модулем оцінки відповідності СВ «експертиза типу», визначеним у Модулях оцінки відповідності в сфері залізничного транспорту [11], а саме у частині 24 зазначено:

- проведення оцінки адекватності технічного проекту складової шляхом експертизи технічної документації та підтвердних доказів, без дослідження зразка (експертиза проекту типового зразка);

- проведення оцінки адекватності технічного проекту складової шляхом експертизи технічної документації та підтвердних доказів, з дослідженням однієї або кількох значущих частин зразків складової, що є репрезентативними для передбаченого виробництва, (поєднання експертизи типового зразка та його проекту)».

В цьому контексті перспективним заходом може стати адаптування до процедур оцінки відповідності, що містяться в модулях, вже визначених сталих схем сертифікації, наприклад сертифікації одиничного виробу, або сертифікація партії продукції, або сертифікація продукції, що випускається серійно, з обстеженням чи атестацією виробництва, чи на підставі сертифікованої системи управління якістю.

Підвищення різноманітності схем дозволить заявнику обирати найбільш прийнятну з них як з точки зору витрат, так і з урахуванням ступеня небезпеки продукції, обсягів і характеру її виробництва, обігу та застосування. А процедурне наближення схем сертифікації до модулів оцінки дозволить отримати можливість адекватного порівняння одержаних результатів.

У світлі прагнення України до європейських цінностей у сфері технічного регулювання стає актуальним впровадження національних стандартів, гармонізованих з міжнародними та європейськими. Зобов’язання України щодо зближення технічного регулювання, стандартів та оцінки відповідності визначені у статті 56 УГОДИ ПРО АСОЦІАЦІЮ між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони [12] (далі – Угода). Зокрема:

1. Україна вживає необхідних заходів з метою поступового досягнення відповідності з технічними регламентами ЄС та системами стандартизації, метрології, акредитації, робіт з оцінки відповідності та ринкового нагляду ЄС та

зобов’язується дотримуватися принципів та практик, викладених в актуальних рішеннях та регламентах ЄС.

8. Україна поступово впроваджує з від Європейських стандартів (EN) як національні стандарти, зокрема гармонізовані європейські стандарти, добровільне застосування яких вважається таким, що відповідає вимогам законодавства, зазначеного у Додатку III до цієї Угоди. Одночасно з таким впровадженням Україна скасовує конфліктні національні стандарти, зокрема застосування міждержавних стандартів (GOST/ГОСТ), розроблених до 1992 року. Крім цього, Україна поступово вживатиме інших необхідних заходів щодо виконання умов набуття членства згідно з вимогами, що застосовуються до повноправних членів європейських організацій зі стандартизації».

Слід зазначити, що відповідно до визначених Угодою зобов’язань,Україна поступово впроваджує або методом підтвердження мовою оригіналу або методом перекладу міжнародні та європейські стандарти, велика кількість з яких стосується залізничного транспорту та суміжних видів продукції.

При цьому слід звернути увагу, що наявність відмінностей щодо технічних, кліматичних, геологічних та географічних особливостей України ускладнює безпосереднє та пряме запровадження стандартів ЄС у галузі залізничного транспорту. Аналіз положень певних стандартів, що стосуються залізничної техніки, підтверджує це припущення.

Але не зважаючи на перелічені особливості, що є об’єктивною реальністю залізничного транспорту України внаслідок успадкованих технічних рішень стосовно конструкції рухомого складу, показників динаміки, навантаження на вісь тощо, у прагненні щодо вдосконалення сучасної системи залізничного транспорту існує багато спільного.

Наприклад, положеннями Директиви 2008/57/ЄС [13] визначено необхідність:

-підвищити зв'язок та сумісність національних залізничних мереж та доступ до них шляхом запровадження будь-яких необхідних заходів у сфері технічної стандартизації для того, щоб громадяни Союзу, суб’єкти господарювання, регіональні та місцеві органи влади могли повноцінно користуватись перевагами встановлення зони без внутрішніх кордонів;

- створити особливо високу сумісність між характеристиками інфраструктури та самого транспорту та ефективного зв’язку між інформаційними та комунікативними системами різних управлінь інфраструктури та залізничних підприємств. Рівень ефективності, безпеки, якості обслуговування та витрат залежить від сумісності, зв’язку та, зокрема, від інтероперабельності залізничної системи.

При цьому, забезпечення інтероперабельності залізничної системи покладається на виконання вимог розроблених технічних специфікацій інтероперабельності (TSI). Робота з розроблення TSI «виявила необхідність висвітлення зв’язку між обов’язковими вимогами та TSI з одного боку, та між Європейськими стандартами та іншими нормативними документами з іншого. Зокрема, необхідно встановити чітку межу між стандартами чи частинами стандартів, які мають бути обов’язковими з метою досягнення цілей цієї Директиви, та «гармонізованими» стандартами, що були розроблені у дусі нового підходу до технічної гармонізації та стандартизації» (пункт 12 вступної частини [13]).

Метою забезпечення інтероперабельності є безперешкодне прямування поїздів із однієї країни в іншу із забезпеченням сумісності основних підсистем, робота

яких пов'язана із визначенням місця знаходження поїзда, виконанням графіка руху, виявленням пошкоджень, передачею інформації, своєчасним спрацюванням сигналізації та зв'язку.

Для досягнення цієї мети стає логічним та доречним встановлення обов'язкових вимог, встановлених у додатку III Директиви 2008/57/ЄС [13], які є однаковими для усіх учасників, щодо підсистем, які визначено у додатку II цієї Директиви. До таких підсистем належать:

- *інфраструктура* – інфраструктура станцій (платформи, зони доступу, включаючи потреби осіб з обмеженими фізичними можливостями тощо), захисне обладнання та обладнання безпеки;

- *контрольно-командна та сигнальна системи* –все обладнання, необхідне для забезпечення безпеки, керування та контролю за рухом поїздів, авторизованих щодо руху по мережі;

- *управління транспортом та експлуатацією* – процедури та пов'язане обладнання, що забезпечує одночасну роботу різних структурних підсистем як під час нормальної, так і під час зниженої експлуатації, зокрема, профпідготовка, водіння поїздів, планування та управління рухом поїздів.

- *телематика*– довідники з питань обслуговування пасажирів, включаючи системи надання інформації до та під час поїздки, бронювання, систему оплати, управління багажем, управління зв'язком між поїздами та іншими видами транспорту; довідники з вантажних послуг, включаючи інформаційні системи (поточний моніторинг вантажу та поїздів), системи розміщення, бронювання, оплати, виставлення рахунку-фактури, управління зв'язком з іншими видами транспорту та складання електронних супровідних документів;

- *рухомий склад*– командна та контрольна системи всього обладнання поїзду, двері, інтерфейс людина/машина (машиніст, поїзна бригада, пасажири, включаючи осіб з обмеженими фізичними можливостями), прилади активного та пасивного захисту, індивідуальні засоби захисту для пасажирів та поїзної бригади;

- *обслуговування* –процедури, пов'язане обладнання, центри логістики обслуговування та резервів, що забезпечують обов'язкове коректуючи та запобіжне обслуговування з метою встановлення інтероперабельності залізничної системи та гарантування необхідної ефективності.

Відповідність перелічених підсистем встановленим в TSI обов'язковим вимогам надає можливість використання рухомого складу у будь-якій з країн-членів ЄС.

При цьому посилання в TSI на гармонізовані європейські стандарти визначають більш конкретні вимоги, яким мають відповідати застосовні підсистеми залізничного транспорту. Таким чином встановлення відповідності продукції вимогам гармонізованих європейських стандартів надає презумпцію відповідності для поширення продукції на європейському ринку, що стає позитивною перспективою для вітчизняних виробників.

Але слід зазначити, що відповідно до прийнятих в Україні Технічного регламенту безпеки інфраструктури залізничного транспорту [14], Технічного регламенту безпеки рухомого складу залізничного транспорту [15], Модулів оцінки відповідності у сфері залізничного транспорту [11], Постанови КМУ від 26.01.2022 № 53 Про затвердження змін до технічних регламентів безпеки інфраструктури та рухомого складу [16] в системі технічного регулювання стосовно залізничного транспорту існують певні відмінності від прийнятої системи технічного регулювання в ЄС.

До цих відмінностей належать такі:

- інше визначення підсистем залізничного транспорту (частина 117 [11]);
- визначення переліків продукції, що підлягають обов'язковій оцінці відповідності із зазначенням певних видів продукції (додаток 1 до технічного регламенту безпеки інфраструктури та додаток 1 до технічного регламенту безпеки рухомого складу [16];
- визначення переліків національних стандартів для цілей застосування технічних регламентів (накази Міністерства інфраструктури [17] та [18]).

Оскільки в додатках до технічних регламентів [14] та [15] відповідно до [16] наведено переліки конкретних видів продукції для залізничного транспорту, які є основними об'єктами, що убезпечують функціонування залізничного транспорту та які підлягають обов'язковій оцінці відповідності вимогам технічних регламентів, решта видів продукції не підпадає під дію технічних регламентів [14] та [15].

Але частиною п'ятою статті 11 Закону України «Про залізничний транспорт» [19] встановлено, що «рухомий склад, обладнання та інші технічні засоби, які постачаються залізничному транспорту, повинні відповідати вимогам безпеки руху, схоронності вантажів, охорони праці, екологічної безпеки і мати відповідний сертифікат».

Слід звернути увагу, що право видавати сертифікат (зокрема сертифікат відповідності) мають тільки органи, які здійснюють оцінку відповідності, як третя незалежна сторона, тобто органи з сертифікації.

Отже, для постачання продукції будь-якої складності, конструкції, властивостей для потреб залізничного транспорту наявність відповідного сертифікату стає необхідністю. При цьому, незаперечним є той факт, що в тендерній документації на закупку продукції для потреб залізничного транспорту через систему PROZZORO міститься вимоги щодо наявності сертифіката відповідності.

Положення закону [6] не висувають вимог щодо здійснення процесу сертифікації, але в статті 24 встановлено таке:

1. Здійснення добровільної оцінки відповідності не вимагається технічними регламентами.

2. Добровільна оцінка відповідності здійснюється на добровільних засадах, в будь-яких формах, включаючи випробування, декларування відповідності, сертифікацію та інспектування, та на відповідність будь-яким заявленим вимогам.

3. Орган з оцінки відповідності залучається до здійснення добровільної оцінки відповідності на умовах, визначених договором між заявником і таким органом».

Отже, добровільна оцінка (сертифікація) продукції, здійснена третьою стороною, надає підстави та створює можливість для підвищення конкурентоспроможності продукції, створення сприятливих умов її просуванню на ринку, забезпечення відповідності вимогам тендерної документації.

Висновки

Таким чином, як напрямки перспективного розвитку сертифікації можна визначити:

1. Гармонізацію вітчизняних стандартів з міжнародними та європейськими, необхідність якої викликана широким розвитком торгового співробітництва, наявністю в ЄС процедур обов'язкового підтвердження відповідності продукції, як необхідної умови для допуску товарів на європейський ринок.

2. Удосконалення методів сертифікації, зокрема вдосконалення схем сертифікації. Продовження наближення схем сертифікації до європейських. Введення схем, що передбачають застосування декларації про відповідність, яку використовують як спосіб доказу відповідності та яка «пронизує» європейську систему.

3. Забезпечення зворотного зв'язку в діяльності сертифікації. До сих пір не налагоджена система збору інформації про ефективність сертифікації, зокрема у випадку визначення конкурентоспроможності продукції. Така інформація, зокрема, повинна забезпечувати отримання відомостей про потенційно небезпечну продукцію, а також статистичні дані про нещасні випадки, пов'язані з застосуванням такої продукції.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ковшова І.О., Нєстєров Є.А. Сертифікація продукції як засіб підвищення конкурентоспроможності підприємства [Електрон. ресурс]: Чорноморські економічні студії / Економіка та управління підприємствами / вип. 65.2021/ С. 66-71

2. Грищенко О.Ф. Стандартизація та сертифікація товарів і послуг. конспект лекцій/ Сумський державний університет Навчально-науковий інститут фінансів, економіки та менеджменту імені Олега Балацького. Суми, 2019. 54 с.

3. Федорович В.О. КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ з дисципліни «Сертифікація продукції та послуг»/ Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут». Харків, 2007. 299 с.

4. Стандартизація і сертифікація продукції та послуг : навч. посіб. / Н. А. Мєдвєдєва, О. В. Радько, О. Д. Близнюк, М. М. Регульський. К. : НАУ, 2013. 400 с

5. Печиліна О. В. Питання гармонізації вітчизняної нормативно-правової бази в галузі стандартизації та технічного регулювання відповідно до вимог Європейського Союзу / [Електрон. ресурс] : Актуальні проблеми вітчизняної юриспруденції. Спецвипуск. 2019. Режим доступу: file:///I:/К%20статье%20для%20НП/18.pdf

6. Про технічні регламенти та оцінку відповідності [Електрон. ресурс] : Закон України від 15 січня 2015 року№ 124-VIII. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/124-19#Text.

7. Загальні поняття з сертифікації та оцінки відповідності. Державне підприємство «Рівненський науково-виробничий центр стандартизації, метрології та сертифікації» [Електрон. ресурс]. Режим доступу: http://www.csmc.com.ua/?p=426

8. Оцінка відповідності. Вимоги до органів з сертифікації продукції, процесів та послуг. ДСТУ EN ISO/IEC 17065:2019 (EN ISO/IEC 17065:2012, IDT; ISO/IEC 17065:2012, IDT). [Чинний від 2021-01-01]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2012. 21 с. (Нац. стандарт України).

9. Міжнародне технічне регулювання : навч. посіб. / Сафонова О.М., Селютіна Г.А., Нечипорук М.В., Селютін В.М Харківський державний університет харчування і торгівлі / Харків, 2013. 374 с.

10. Основи стандартизації, сертифікації та управління якістю : конспект лекцій / І.І. Федченко. Харків. : Український держаний університет залізничного транспорту, 2020. С. 67

11. Про затвердження Модулів оцінки відповідності у сфері залізничного транспорту [Електрон. ресурс] : Постанова Кабінету Міністрів України від 03 жовтня 2018 року № 797. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/797-2018-%D0%BF#Text

12. Угода про асоціацію між Україною з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони *[Електрон. ресурс] : Закон України від 16 вересня 2014 р.* № 1678-VII. Режим доступу*: https://zakon.raga,gov.ua/laws/show/984_011#Text.*

13. Про оперативну сумісність/ інтероперабельність залізничних систем у межах Співтовариства (Оновлена).Директива 2008/57/ЄСЄВРОПЕЙСЬКОГО ПАРЛАМЕНТУ ТА РАДИ від 17 червня 2008 року Офіційний вісник Європейського Союзу/ 18.7.2008 . 45 с.

14. Про затвердженняТехнічного регламенту безпеки інфраструктури залізничного транспорту [Електрон. ресурс] : Постанова КабінетуМіністрівУкраїнивід 11 липня 2013 року № 494. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/494-2013-%D0%BF#Text.

15. Про затвердження Технічного регламенту безпеки рухомого складу залізничного транспорту [Електрон. ресурс] : Постанова Кабінету Міністрів України від 30 грудня 2015 року № 1194. Режим доступу:https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1194-2015-%D0%BF#Text

16. Про внесення змін до Технічного регламенту безпеки інфраструктури залізничного транспорту і Технічного регламенту безпеки рухомого складу залізничного транспорту [Електрон. ресурс] : Постанова Кабінету Міністрів України від 26 січня 2022 р. № 53. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/53-2022-%D0%BF#Text

17. Про затвердження Переліку національних стандартів для цілей застосування Технічного регламенту безпеки рухомого складу залізничного транспорту [Електрон. ресурс]: Наказ Міністерства інфраструктури України від 31 січня 2022 року № 60. Режим доступу: https://mtu.gov/ua/documents/2146.html.

18. Про затвердження Переліку національних стандартів для цілей застосування Технічного регламенту безпеки інфраструктури залізничного транспорту [Електрон. ресурс] : Наказ Міністерства інфраструктури України від 03 лютого 2022 року № 69. Режим доступу: https://mtu.gov.ua/documrnts/2139.html.

19. Про залізничний транспорт [Електрон. ресурс]: Закон України від 4 липня 1996 року, № 273/96ВР. Режим доступу:https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/273/96-%D0%B2%D1%80#Text.

Nina Herko
State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»
33 I. Prykhodka St., Kremenchuk, 39621, Ukraine
Tel.: +380 536(6) 60250, E-mail: ninagerko@gmail.com
ORCID:https://orcid.org/0009-0007-9216-8511
Zhanna Semko
State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»
33 I. Prykhodka St., Kremenchuk, 39621, Ukraine
Tel.: +380 536(6) 60250, E-mail: shaganne@gmail.com
ORCID: http://orcid.org/0000-0003-0047-8509

PROSPECTIVE TRENDS OF RAIL TRANSPORT CERTIFICATION DEVELOPMENT

The system of mandatory state certification based on the standards of the series DSTU 3400, was canceled in 2018. To replaceit, a system of technical regulation was implemented, in the provisions of which, on the basis of the Law of Ukraine "On Technical Regulations and Conformity Assessment", compliance of products, processes and services (hereinafter - products) with the requirements of applicable technical regulations was established.

It is worth noting that there is a misconception that cancellation of the abovementioned standards for mandatory certification has made certification a procedure for establishing compliance of products with the requirements of regulatory documents unnecessary.

This is not the case at all, since the law "On technical regulations and conformity assessment" establishes the term "certification" in the following definition: "certification – confirmation of conformity by a third party, which concerns products, processes, services, systems or personnel."

At the same time, the term "confirmation of compliance" is defined in the same law as follows: "confirmation ofcompliance is the issuance of a document on compliance, which is based on a decision made after a critical review that the fulfillment of the specified requirements has been proven."

Therefore, regardless of the decision to cancel the standards of the state certification system, certification, as confirmation of conformity by a third party, occupies a correspondingly important place in the product conformity assessment system.

Keywords: *conformity assessment, certification, declared (or established) requirements, confirmation of conformity.*

REFERENCES

1 Kovshova, I.O., & Niestierov, Ye.A. (2021). Sertyfikatsiya produktsii yak zasib pidvyshchennya konkurentospromozhnosti pidpryiemstva [Product certification as a means of increasing the competitiveness of the enterprise]. *Chornomorski ekonomichni studii. Ekonomika ta upravlinnya pidpryiemstvamy - Black Sea Economic Studies. Economics and Enterprise Management, 65,* 66-71[in Ukrainian].

2 Gryshchenko, O.F. (2019). *Standartyzatsiyata sertyfikatsiya tovariv i posluh: konspekt lektsii [Standardization and certification of products and services: lecture notes]*. Sumy: Sumskiy derzhavniy universytet Navchalno-naukoviy instytut finansiv, економіку та менеджменту imeni Oleha Balatskoho [in Ukrainian].

3 Fedorovych, V.O. (2007). *Sertyfikatsiya produktsii ta posluh: konspekt lektsiy [Certification of products and services: lecture notes]*. Kharkiv: Natsionalniy tekhnichniy universytet «Khatkvskii politekhnichnyi instytut». [in Ukrainian].

4 Miedviedieva, N. A., Radko,O. V. Blyznyuk, O. D., & Rehulskyi, M. M. (2013). *Standartyzatsiya i sertyfikatsiya produktsiita posluh: navch. posib. [Standardization and certification of products and services]*. Kyiv: NAU [in Ukrainian].

5 Pechylina, O. V. (2019). *Pytannya harmonizatsii vitchyznyanoi normatyvno-pravovoi bazy v haluzi standartyzatsii ta tekhnichnoho rehulyuvannya vidpovidno do vymoh Yevropeyskoho Soyuzu: Aktualni problemy vitchyznyanoi yurysprudentsii. Spetsvypusk. [Issues of harmonization of national normative legal base in standardization and technical regulation accordingly to requirements of EuropeanUnion]*. Retrieved from: file:///I:/К%20статье%20для%20НП/18.pdf [in Ukrainian].

6 Zakon Ukrainy Pro teckhnichni rehlamenty ta otsinku vidpovidnosti vid [Law of Ukraine "About technical regulations and conformity assessment" from January 15, № 124-VIII]. (2015, January 15). *Vidomosti Verkhovnoi Rady – Bulletin of Verkhovna Rada of Ukraine*. Retrieved from: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/124-19#Text [in Ukrainian]

7 Zahalni ponyattya z sertyfikatsii ta otsinky vidpovidnosti [General concepts of certification and conformity assessment]. *Derzhavne pidpriemstvo «Rivnenskiy naukovo-vyrobnychiy tsentr standartyzatsii, metrolohi ita sertyfikatsii» - State enterprise "Rivne Scientific and Production Center of Standardization, Metrology and Certification"*. Retrieved from: http://www.csmc.com.ua/?p=426 [in Ukrainian].

8 Otsinka vidpovidnosti. Vymohy do orhaniv z sertyfikatsii produktsii, protsesiv ta posluh [Conformity assessment – Requirements for bodies certifying products, processes and services]. (2020). *DSTU EN ISO/IEC 17065:2019 (EN ISO/IEC 17065:2012, IDT; ISO/IEC 17065:2012, IDT). - from 1st of* January *2021*. Kyiv : DP «UkrNDNTS» [in Ukrainian].

9 Safonova, O.M., Selyutina, H.A., Nechyporuk, M.V., & Seliutin, V.M (2013). *Mizhnarodne tekhnichne rehulyuvannya: navch. posib. [International technical regulation: textbook]*. Kyarkiv: Kharkibskiy derzhavnyi universytet kharchuvannua i torhivli [in Ukrainian].

10 Fedchenko, I.I. (2020). *Osnovy standartyzatsii, sertyfikatsii ta uprablinnia yakistiu : konspekt lektsii [Basics of standardization, certification and quality management: lecture notes]*. Kharkiv: Ukrainskyi derzhavniy universytet zaliznychnoho transportu [in Ukrainian].

11 *Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy Pro zatverdzhennya Moduliv otsinky vidpovidnosti u sferi zaliznychnoho transportu [Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine "Conformity assessment modules in the field of railway transport" from 3d October 2018, № 797]*. (2018, October 3). Retrieved from: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/797-2018-%D0%BF#Text [in Ukrainian].

12 *ZakonUkrainy "Uhoda pro asotsiatsiu mizh Ukrainoiu, z odniiei storony, ta Yevropeiskym Soiuzom, Yevropeiskim spivtovarystvom z atomnoi enerhii i ikhnimy derzhavamy-chlenamy, z inshoi storony" vid 16 ver. 2014 r. № 1678-VII [ASSOCIATION AGREEMENT between Ukraine, on the onehand, and the European Union, the European Atomic Energy Community and their member states, on the other hand. No. 1678-VII*]. (2014, September 16) Retrieved from: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011#Text [in Ukrainian].

13 Pro operatyvnu sumisnist/ interoperabelnist zaliznychnykh system u mezhakh Spivtovarystva (Onovlena). Dyrektyva 2008/57/EC YEVROPEYSKOHO PARLAMENTU TA RADY vid 17 chervnya 2008 roku [On interoperability/interoperability of railway systems within the Community (Recast). (2008, June

17). *Ofitsiinyi visnyk Yevropeyskoho Soyuzu 18.7.2008 - Official Journal of the European Union 18.7.2008* [in Ukrainian].

14 *Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy Pro zatverdzhennya Tekhnichnoho rehlamentu bezpeky infrastruktury zalizhnychnoho transport vid 11 lyp. 2013 № 494 [Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine "On the approval of the Technical Regulations for the Safety of Infrastructure of Railway Transport", No. 494]*. (2013, July 4). Retrieved from: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/494-2013-%D0%BF#Text [in Ukrainian].

15 *Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 30 grudnya 2015 roku № 1194 Pro zatverdzhennia Tekhnichnoho rehlamentu bezpeky rukhomoho skladu zalizhnychnoho transportu" [Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine On the approval of the Technical Regulations for the Safety of Rolling Stock of Railway Transport from December 30, 2015]*. (2015, December 30). Retrieved from: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1194-2015-%D0%BF#Text [in Ukrainian].

16 *Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy "Pro vnesennia zmin do Tekhnichnoho rehlamentu bezpeky infrastruktury zalizhnychnoho transport i Tekhnichnoho rehlamentu bezpeky rukhomoho skladu zalizhnychnoho transportu" vid 26 sichnnya 2022 roku № 53 [Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine On approval of changes to the Technical Regulations of Infrastructure of RailwayTransport and for the Safety of Rolling Stock of Railway Transport" from January 26 2022]*. (2022, January 26). Retrieved from: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/53-2022-%D0%BF#Text [in Ukrainian].

17 *Nakaz Ministerstva infrastruktury Ukrainy Pro zatverdzhennia Pereliku natsionalnykh standartiv dlia tsilei zastosuvannia Tekhnichnoho rehlamentu bezpeky rukhomoho skladu zalizhnychnoho transport vid 31 sichnia 2022 roku № 60 [Order of the Ministry of Infrastructure of Ukraine On the approval of the List of national standards for thepurposes of applying the Technical Regulation of Railway Rolling Stock Safety from January 31 2022 roku No. 60]*. (2022, January 31). Retrieved from: https://mtu.gov.ua/documents/2146.html [in Ukrainian].

18 *Nakaz Ministerstva infrastruktury Ukrainy Pro zatverdzhennia Pereliku natsionalnykh standartiv dlya tsiley zastosuvannya Tekhnichnoho rehlamentu bezpeky infrastruktury zalizhnychnoho transport vid 3 liutoho 2022 roku № 69 [Order of the Ministry of Infrastructure of Ukraine On the approval of the List of national standards for the purposes of applying the Technical Regulation of Railway Transport Infrastructure Safety from 3d February 2022, No. 69]*. (2022, February 3). Retrieved from: https://mtu.gov.ua/documents/2139.html [in Ukrainian].

19 Zakon Ukrainy Pro zaliznychnyi transport vid 4 lyp. 1996 roku № 273/96-VR [Law of Ukraine On Railway Transport" from 4 July 1996 No. 273/96-VR]. (1996, July 4). *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy - Bulletin of Verkhovna Rada of Ukraine* (1996, July 4). Retrieved from: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/273/96#Text [in Ukrainian].

УДК 629.46 ***DOI:10.47675/2304-6309-2023-26-79-101***

Ж. О. Семко
Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування», вул. І. Приходька, 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-02-50, E-mail: shaganne@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0047-8509

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ СПЕЦИФІКАЦІЙ ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТІ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ УКРАЇНИ

Прагнення України до європейського рівня виробництва продукції, зокрема для залізничного транспорту, є об'єктивним та незаперечним фактом. Але на цьому шляху є певні труднощі, які полягають у існуванні відмінностей української законодавчої системи з технічного регулювання у залізничної галузі, у особливостях національного характеру щодо впровадження нормативно-правових актів у цій сфері, та у дуже повільному процесі впровадження нормативних документів (національних стандартів, гармонізованих з європейськими чи міжнародними) методом перекладу.

Угодою про асоціацію між Україною з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони визначено впровадження в Україні високошвидкісного залізничного транспорту із забезпеченням імплементації низки нормативно-правових актів Європейського Союзу (директив, регламентів та рішень), що стосуються зокрема забезпечення інтероперабельності (або експлуатаційної сумісності) рухомого складу та інфраструктури залізничного транспорту.

Ключові слова*: технічні специфікації інтероперабельності, залізничний транспорт, рухомий склад, інфраструктура, директива, технічний регламент.*

Вступ. Відповідно до Угоди про асоціацію між Україною з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони (далі – Угода) [1] Україною взято зобов'язання щодо імплементації європейського законодавства у вертикальне та горизонтальне законодавство України.

Передбачені Угодою [1] зобов'язання визначають шляхи для завершення процесу реформування системи технічного регулювання України, яке було розпочато понад десятиріччя тому. Результатом повної імплементації Угоди мало стати створення системи технічного регулювання, яка має бути горизонтально гармонізованою з відповідною системою ЄС. Крім того на законодавчому рівні має бути забезпечено підтримання та розвиток цієї системи у відповідному стані. Тому безліч питань подальшої реалізації державної політики у сфері технічного регулювання, а також у сфері стандартизації, гармонізованої з нормами ЄС, на сьогодні залишаються актуальними і потребують детального визначення та скорішого вирішення.

© ***Семко Ж. О., 2023***

Аналіз останніх досліджень і постановка проблеми

Печиліна О.В. у [2] аналізує актуальні проблеми та тенденції щодо гармонізації законодавства України до вимог Європейського союзу у сфері технічного регулювання. У збірнику статей [3] як важливий фактор та інструмент посилення стійкості національних економік розглядаються умови міжнародної економічної інтеграції, і перш за все розвинуті її форми, у разі її сприяння формуванню глобальних та регіональних ланцюгів створення доданої вартості, однорідних умов діяльності компаній через регуляторну кооперацію, здійсненню науково-технічній співпраці перш за все у новітніх галузях та технологіях. Автори роботи [4] доводять, що залізниці України в технічному і законодавчому відношенні готові до євроінтеграції в питаннях інтероперабельності, у тому числі у сфері швидкісного і високошвидкісного пасажирського руху та пропонують для впровадження технічних специфікацій з інтероперабельності на залізницях України інтенсифікувати зусилля всіх причетних структур, що в перспективі дасть змогу залізничному транспорту України наблизитися до європейського рівня. Козак В.В. у [5] проводить аналіз досвіду та тенденцій розвитку функціонування мережі залізничних міжнародних транспортних коридорів та наводить умови формалізації процесу управління розвитком інтероперабельності на мережі міжнародного транспортного коридору (МТК) з урахуванням множини заходів за період життєвих циклів, що сприяють підвищенню провізної спроможності коридорів; пропонує методи удосконалення структур інформаційно-керуючої системи для управління функціонуванням мережі МТК на стратегічному та тактичному рівнях, яка відповідає вимогам трансєвропейської системи TAF TSI; надає економічне обґрунтування доцільності розвитку та управління мережею МТК відповідно до вимог інтероперабельності.

В роботі О. Никофорук «Імплементація директив ЄС щодо залізничного транспорту в законодавство України: Позитивні та негативні наслідки» [6] проведене дослідження дозволяє систематизувати позитивні та негативні наслідки імплементації директив ЄС, що містяться в Угоді про асоціацію. Як позитивні наслідки визначено такі:

1) можливість імпорту нових технологій і технічних рішень для модернізації та технічного переоснащення рухомого складу й колійного господарства залізничного транспорту за умов науково-технічного співробітництва з країнами ЄС, що мають досвід у розвитку швидкісного та високошвидкісного руху.

Проте застереженням є те, що Угодою про асоціацію (Додаток I Угоди) затверджуються базові ввізні ставки на поставки до ЄС рухомого складу залізничного транспорту вітчизняного виробництва на рівні 1,7 та обнуління увізних ставок на цю ж групу товарів при ввезенні її з ЄС до України, відкриваючи таким чином шлях на ринок України для європейського виробника рухомого складу залізничного транспорту, при цьому абсолютно не захищаючи власного.

2) підвищення конкурентоспроможності вітчизняного залізничного транспорту завдяки приєднанню до сучасного технічного регулювання в країнах ЄС. Застереженням полягає в тому, що українські залізниці входять до простору 1520, тому логічно було б приймати технічне регулювання спільно з країнами Митного Союзу. Проте цей процес буде уповільнюватись за умов підписання Угоди про асоціацію;

3) підняття стандартів щодо умов безпеки перевезень пасажирів залізничним транспортом.

Також О. Никофорук надає перелік негативних наслідків впровадження Угоди для залізничного транспорту:

1) неприйнятний період впровадження директив – всього вісім років для залізничного транспорту, які прописані в Угоді;

2) введення жорстких вимог до реформування організаційної структури залізничного транспорту через Директиви ЄС, це стосується чотирьох директив, що регламентують доступ до ринку та інфраструктури;

3) відділення залізничної компанії від держави, що може поставити під загрозу національну безпеку держави та в перспективі нівелювати стратегічне й оборонне значення залізниць;

4) введення специфічних обмежень управлінської моделі залізничного транспорту, що є неприйнятним через початок здійснення національної реформи залізничного транспорту в Україні та невизначеність статусу «Укрзалізниці», тоді як ефективність існуючої моделі управління такою природною монополією, якою є залізничний транспорт, доведена аналізом продуктивності на залізничному транспорті.

Групою фахівців Інституту економіки та прогнозування НАН України було проведено ґрунтовне дослідження на вкрай актуальну тему щодо наслідків імплементації Угоди про асоціацію, перспектив її впровадження та аналізу ризиків для окремих галузей, товарних, фінансових ринків, ринку державних закупівель і ринку праці [7]. У роботі подано результати досліджень щодо можливих наслідків покращення торговельних режимів для національної економіки у результаті підписання Угоди про асоціацію між Україною та ЄС. Розкрито особливості реалізації в Україні інвестиційних проектів з країнами ЄС та країнами світу, розглянуто варіанти співробітництва.

Аналізуючи вище зазначені документи, треба констатувати, що позитивні сподівання авторів [7] у 2014 році щодо зростання можливості імпорту нових технологій і технічних рішень для модернізації та технічного переоснащення рухомого складу та колійного господарства залізничного транспорту за умов науково-технічного співробітництва з країнами ЄС, що мають досвід у розвитку швидкісного та високошвидкісного руху; підвищення конкурентоспроможності вітчизняного залізничного транспорту завдяки імплементації законодавства ЄС у сфері технічного регулювання, поки що не здійснились.

На думку Негоди А.В., стаття якого увійшла до збірнику [3], до далеко не повного переліку факторів, які б мали сприяти розвитку транспортної галузі в останні роки завдяки підписанню Угоди про асоціацію між Україною та ЄС, належать такі: підтримка впровадження реформ з боку Європейського Союзу, стратегічне положення України в регіоні, сприятливе для інтеграції України в європейський транспортний простір. При цьому автор зауважує, що «в Україні, тим не менше, не прийнято базові євроінтеграційні закони у сфері транспорту, наявне недофінансування, застарілі технології, низький рівень інноваційності та уваги до впровадження екологічно чистого транспорту, низький рівень безпеки, низький рівень надання якісних транспортних послуг, соціальний аспект (пільги) ».

Але жоден із авторів не розглядає проблем, які полягають у практичному застосування вимог європейських нормативно-правових та нормативних документів стосовно інтероперабельності (експлуатаційної сумісності) залізничного транспорту.

Мета статті

Мета статті – аналіз встановлених у нормативно-правових та нормативних документах Європейського Союзу вимог щодо інтероперабельності залізничного транспорту та розгляд можливості їх виконання з точки зору загальних положень «нового» та «глобального» підходів у сфері технічного регулювання.

Матеріали та методи дослідження

Авторами наведених вище робіт [2-7] визначені тенденції та результати розвитку системи технічного регулювання на залізничному транспорті, приділено увагу ефективності міжнародної економічної інтеграції, зокрема у частині відповідності вимогам інтероперабельності системи управління мережею міжнародного транспортного коридору, надано позитивний висновок щодо готовності в технічному і законодавчому відношенні української залізниці до євроінтеграції в питаннях інтероперабельності.

Але, в цих роботах не має аналізу щодо нормативно-правових та нормативних документів, які мають бути впроваджені в Україні з метою досягнення умов інтероперабельності залізничних систем України та Європи.

Згідно з частиною (2) «Залізничний транспорт» додатку XXXII до глави 7 «ТРАНСПОРТ» розділу V «ЕКОНОМІЧНЕ І ГАЛУЗЕВЕ СПІВРОБІТНИЦТВО» [1] стосовно залізничного транспорту Україна мала імплементувати низку законодавчих актів Європейського Союзу щодо:

– **доступу до ринку та інфраструктури**

Директива Ради 91/440/ЄЕС від 29 липня 1991 року про розвиток залізниць Співтовариства:

Директива Ради № 95/18/ЄС від 19 червня 1995 року про ліцензування залізничних підприємств

Директива 2001/14/ЄС Європейського Парламенту і Ради від 26 лютого 2001 року про розділення пропускної здатності залізничної інфраструктури і стягнення зборів за користування залізничною інфраструктурою;

Регламент (ЄС) № 913/2010 Європейського Парламенту та Ради від 22 вересня 2010 року, стосовно Європейської залізничної мережі для конкурентоздатності вантажних перевезень;

Директива 2004/49/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 29 квітня 2004 року про безпеку залізниць у Співтоваристві, яка вносить зміни до Директиви Ради 96/18/ЄС про ліцензування підприємств залізничного транспорту та до Директиви 2001/14/ЄС про розділення пропускної здатності залізничних інфраструктур та стягнення платежів за використання залізничної інфраструктури та про сертифікацію безпеки (Директива про безпеку на залізницях);

Директива № 2007/59/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 23 жовтня 2007 року про сертифікацію машиністів локомотивів та поїздів в залізничній системі Співтовариства;

– **стандартизації рахунків та статистики**

Регламент Ради (ЄЕС) № 1192/69 від 26 червня 1969 року про спільні правила стандартизації звітності підприємств залізничного транспорту;

– **інтероперабельності**

Директива № 2008/57/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 17 червня 2008 року про інтероперабельність залізничної системи в межах Співтовариства (Доопрацьована) [8];

– **комбінованих перевезень**

Директива Ради 92/106/ЄЕС від 7 грудня 1992 року про встановлення спільних правил для окремих видів комбінованих перевезень вантажів між державами-членами;

– **інших аспектів**

Регламент (ЄС) № 1370/2007 Європейського Парламенту та Ради від 23 жовтня 2007 року про громадські пасажирські перевезення залізничним та автомобільним транспортом та скасування Регламентів Ради (ЄЕС) № 1191/69 та № 1107/70;

Але відповідно до інформації, розміщеної на офіційному сайті Кабінету Міністрів України «Перелік затверджених перекладів актів acquis ЄС (станом на 31.01.2022)» [9] затверджених офіційних перекладів наведених вище документів не має.

Крім того, Європейським Союзом прийнято «четвертий залізничний пакет» документів щодо досягнення цілей інтероперабельності залізничного транспорту.

До цієї групи документів увійшли:

–Директива (ЄС) 2016/797 Європейського Парламенту та Ради від 11 травня 2016 про інтероперабельність залізничної системи в рамках Європейського Союзу [10];

–Директива ЄС щодо безпеки на залізницях 2016/798 від 11 травня 2016 р.;

–Директива 2016/2370 про відкриття ринку залізничних пасажирських перевезень і управління залізничною інфраструктурою в Європейському Союзі, що вносить зміни до Директиви 2012/34/ЄС від 14 грудня 2016 р.

Для цілей конкретизації встановлених положень цих документів за загально відомою практикою можуть слугувати певні документи нижчого рівня, наприклад, *технічні специфікації, рішення, стандарти*, які застосовуються безпосередньо або на які може бути подано посилання у нормативно-правових актах.

Згідно із формулюванням, що наведено у статті 2 «Визначення» [2], термін *технічні специфікації інтероперабельності* (TSI) означає «специфікації, прийняті відповідно до Директиви 2008/57/ЄС, якими охоплюється кожна підсистема чи частина підсистеми з метою виконання обов'язкових вимог та забезпечення інтероперабельності залізничної системи».

Відповідно до Додатку II Директиви 2008/57/ЄС [8] залізнична система може бути поділена на одну з наступних підсистем:

(a) Структурні зони:

- Інфраструктура,
- Енергетика,
- Контрольно-командна та сигнальна системи,
- Рухомий склад;

(b) Функціональні зони:

- Управління транспортом,
- Обслуговування,
- Телематика для пасажирів та вантажні послуги.

На офіційному сайті Європейського Агентства залізничного транспорту (EUROPIAN UNION AGENCY FOR RAILWAYS) надано перелік таких TSI для підсистем:

1) Energy TSI (Енергетика);

2) Infrastructure TSI (Інфраструктура);

3) Rolling Stock – Locomotives and Passengers TSI (Рухомий склад – локомотиви та пасажирські вагони);

4) Noise TSI (Шум);

5) Rolling Stock – Freight Wagons TSI (Рухомий склад – вантажні вагони) [11];

6) Safety in Railway Tunnels TSI (Безпека залізничного транспорту в тунелях);

7) Control Command and Signalling TSI (Контрольно-командна сигналізація);

8) Persons with Disabilities and with Reduced Mobility TSI (Умови для осіб з обмеженими можливостями та з обмеженою мобільністю);

9) Operation and Traffic Management TSI (Експлуатація та керування рухом);

10) Telematics Application for Passengers service TSI (Програми телематичні для обслуговування пасажирів);

11) Telematics Application for Freight service TSI (Програми тематичні для вантажних перевезень).

Більшість з вище перелічених технічних специфікацій інтероперабельності, які затверджені Європейською Комісією (TSI), мають посилання на європейські стандарти (EN) та технічні документи Міжнародного Союзу залізниць (International union of railways - UIC).

Так, наприклад, TSI «Рухомий склад – вантажні вагони» стосується підсистеми рухомого складу та застосовується до вантажних вагонів, включаючи транспортні засоби, призначені для перевозки вантажних автомобілів.

Цей TSI містить такі технічні документи:

Attachment devices for rear—end signals, clearance for draw hooks, space for shunting staff operation, footsteps and handrails ERA/TD/2012-04/INT (Пристрої для кріплення задніх сигнальних ліхтарів, зазор для тягових кронштейнів, простір для персоналу під час маневрової роботи, підніжки та поручні) [12];

Specifications on slack adjusters (Технічні умови до обмежувачів навантаження) ERA/TD/2012-05/INT [13];

Specific procedures for running dynamics (Специфічні процедури динаміки руху) ERA/TD/2013-01-INT] [14];

Specifications to perform the assessment of conformity of friction elements for wheel tread braces (Version 3) (Технічні умови для виконання оцінки відповідності фрикційних елементів гальм, що контактують з колесами (версія 3) [15];

Interface between control-command signalling trackside and other subsystems (v.4 20-09-2018). (Інтерфейс між контрольно-командною сигналізацією та іншими підсистемами (версія 4 20-09-2018) [16];

Final Report on the activities of the Task Force Freight Wagon Maintenance (1.87 MB) (Остаточний звіт про діяльність оперативної групи з технічного обслуговування вантажних вагонів) [17];

Guide for the application of the WAG TSI (Настанова із застосування WAG TSI) [18].

Оскільки вище зазначені документи надають положення загального призначення, то вимоги щодо визначення конкретних технічних характеристик, показників, властивостей тощо певних об’єктів рухомого складу містять відповідні стандарти.

Нижче, в таблиці 1, наведено перелік європейських стандартів, посилання на які є у відповідних технічних документах [12-18], що наведені у TSI «Рухомий склад – вантажні вагони».

Таблиця 1 – Перелік стандартів, на які надано посилання у TSI «Рухомий склад – вантажні вагони»

Найменування документу, що входить до TSI «Рухомий склад – вантажні вагони»	Позначення європейського стандарту, на який надано посилання	Позначення стандарту, який прийнято в Україні
Attachment devices for rear-end signals, clearance for draw hooks, space for shunting staff operation, footsteps and handrails ERA/TD/2012-04/INT [12]	EN 10025-2	ДСТУ EN 10025-2:2007 (EN 10025-2:2004, IDT) [ua]
	EN 15273-2	ДСТУ EN 15273-2:2018 (EN 15273-2:2013 + A1:2016, IDT) [en]
Specific procedures for running dynamics ERA/TD/2013-01-INT [14]	EN 14363:2005	ДСТУ EN 14363:2019 (EN 14363:2016 + A1:2018, IDT) [en]
	EN 15687:2010	ДСТУ EN 15687:2015 (EN 15687:2010, IDT) [en]
Specifications to perform the assessment of conformity of friction elements for wheel tread braces (Version 3) ERA/TD/2013-02/INT [15]	EN 16452:2015	-
	EN 15663	ДСТУ EN 15663:2018 (EN 15663:2017, IDT) [ua]
Final Report on the activities of the Task Force Freight Wagon Maintenance [17]	EN 13103:2009	ДСТУ EN 13103-1:2018 (EN 13103-1:2017, IDT) [en]
	EN 15313:2010	ДСТУ EN 15313:2018 (EN 15313:2016, IDT) [en].
Guide for the application of the WAG TSI [18]	EN 12082:2007+A1:2010	ДСТУ EN 12082:2018 (EN 12082:2017, IDT) [en]
	EN 13103:2009 + A2:2012	ДСТУ EN 13103-1:2018 (EN 13103-1:2017, IDT) [en]
	EN 13260:2009+A1:2010	ДСТУ EN 13260:2015 (EN 13260:2009 +A1:2010, IDT) [en]
	EN 13261:2009+A1:2010	ДСТУ EN 13261:2018 (EN 13261:2009 + A1:2010, IDT) [ua]
	EN 13262:2004+A1:2008+A2:2011	ДСТУ EN 13262:2018 (EN 13262:2004 + A2:2011, IDT) [ua]
	EN 13979-1:2003+A1:2009+A2:2011	ДСТУ EN 13979-1:2018 (EN 13979-1:2003 + A2:2011, IDT) [ua]
	EN 14363:2016	ДСТУ EN 14363:2019 (EN 14363:2016 + A1:2018, IDT) [en]
	EN 50126-1:1999/AC:2012	ДСТУ EN 50126-1:2019 (EN 50126-1:2017, IDT) [en]
	EN 50129:2003	ДСТУ EN 50129:2019 (EN 50129:2018, IDT) [en]
	EN 14531-6:2009	ДСТУ EN 14531-1:2018 (EN 14531-1:2015 + A1:2018, IDT) [en]
	EN 50125-1:2014	ДСТУ EN 50125-1:2015 (EN 50125-1:1999, IDT) [en]
	EN 16116-2:2013	ДСТУ EN 16116-2:2015 (EN 16116-2:2013, IDT) [en]
	EN 15528:2015	ДСТУ EN 15528:2018 (EN 15528:2015, IDT) [en]

Закінчення табл. 1

Guide for the application of the WAG TSI [18]	EN 15877-1:2012	ДСТУ EN 15877-1:2019 (EN 15877-1:2012 + A1:2018, IDT) [en]
	EN 15437- 2:2012	ДСТУ EN 15437-2:2015 (EN 15437-2:2012, IDT) [en]
	EN 15827:2011	ДСТУ EN 15827:2015 (EN 15827:2011, IDT) [en]
	EN 15839:2012+A1:2015	ДСТУ EN 15839:2015 (EN 15839:2012, IDT) [en]
	EN 17069-1:2019	-
	EN 50128:2011/AC:2014	-
	EN 14478:2005	-
	EN 16452:2015	-
	UIC 430-1:2012	-
	UIC 430-3:1995	-
	UIC 544-1:2014	-
	UIC 543:2014	-
	UIC 535-2:2006	-

Примітка 1. У другому стовпчику червоним кольором позначено стандарти, які в Україні не прийнято.
Примітка 2. У третьому стовпчику позначення стандартів подано вже з урахуванням їхнього прийняття в Україні як національних.
Примітка 3. Позначкою [ua] – позначено стандарти, які прийнято методом перекладу українською мовою; [en] – мовою оригіналу (англійська).

Як видно з таблиці 1 далеко не всі європейські стандарти, на які є посилання у TSI, впроваджено в Україні, а з тих, яким вже надано чинності, більша частина прийнято методом підтвердження мовою оригіналу (англійська), тобто не мають перекладу на українську мову. Отже для визначення можливості та необхідності впровадження гармонізованих стандартів потрібний якісний технічно грамотний переклад.

Питання щодо необхідності впровадження гармонізованих вимог до продукції визначається положеннями «нового» і «глобального» підходів, які проголошено у «Блакитній настанові» з імплементування правил ЄС щодо продуктів 2016 року (2016/C 272/01) [19].

Нова версія Настанови [19] спирається на минуле видання, але містить нові розділи, наприклад, щодо зобов'язань суб'єктів господарювання чи акредитації, або повністю переглянуті розділи, наприклад, щодо стандартизації або ринкового нагляду. Настанова також отримала нову назву, яка відображає той факт, що Нові законодавчі рамки ймовірно будуть використовуватися, принаймні частково, в усіх видах гармонізаційного законодавства Союзу, а не лише в так званих директивах «нового підходу».

Ця Настанова [19] покликана сприяти кращому розумінню правил ЄС щодо продуктів та їх більш рівномірному й послідовному застосуванню в різних секторах і на всій території єдиного ринку. Вона адресована державам-членам та всім, хто має потребу отримати інформацію про положення, розроблені з метою забезпечення вільного обігу продуктів, а також високого рівня захисту в усьому Союзі (наприклад, торговельним та споживчим асоціаціям, органам стандартизації, виробни-

кам, імпортерам, розповсюджувачам, органам з оцінювання відповідності та профспілкам).

Сутність «нового» і «глобального» підходів полягає у просуванні принципу взаємного визнання, величезну роль якого у зміні підходу ЄС до технічної гармонізації визначено за трьома фундаментальними пунктами:

- *держави-члени можуть обґрунтовувати заборону або обмеження реалізації продуктів з інших держав-членів лише на основі невідповідності «суттєвим вимогам»*, Такий підхід відкрив двері «новому підходу» та в подальшому сприяв осмисленню того, що саме є суттєвою вимогою, і як її сформулювати таким чином, щоб можна було продемонструвати відповідність,

- за цим принципом тягар *доведення того, що продукти не відповідають суттєвим вимогам, покладається на національні органи*, але він також порушив питання щодо належних засобів демонстрування відповідності в пропорційний спосіб,

- *держави-члени зобов'язані приймати продукти від інших держав-членів, за винятком чітко окреслених умов, на підставі визначеного правового принципу***.** Але відсутність засобів для створення довіри до продуктів, що змогли б допомогти органам влади приймати продукти, за які вони не могли б поручитися, спричинило *необхідність розробити політику щодо оцінювання відповідності***.**

Законодавча регуляторна техніка «нового підходу», схвалена Радою Міністрів 7 травня 1985 року, відображена в її Постанові Про «новий підхід» [20] до технічної гармонізації й стандартів, та встановлює такі принципи:

- *законодавча гармонізація має бути обмежена суттєвими вимогами (бажано щодо експлуатаційних характеристик або функціональних вимог*), яким повинні відповідати продукти, введені в обіг на території ЄС, якщо вони користуються перевагами їх вільного руху в межах ЄС;

- *технічні специфікації для продуктів, що відповідають суттєвим вимогам, установленим в законодавстві, повинні бути викладені в гармонізованих стандартах, які можуть застосовуватися разом із законодавством;*

- *продукти, виготовлені відповідно до гармонізованих стандартів, отримують перевагу від презумпції відповідності належним суттєвим вимогам застосовного законодавства,* а в деяких випадках виробник може скористатися спрощеною процедурою оцінювання відповідності (у багатьох випадках декларацією виробника про відповідність, яка стає більш прийнятною для органів публічної влади через наявність законодавства щодо відповідальності за продукти),

- *застосування гармонізованих або інших стандартів залишається необов'язковим, і виробник завжди може застосувати інші технічні специфікації для дотримання вимог (але буде нести тягар доведення того, що ці технічні специфікації задовольняють суттєві вимоги, найчастіше через процедуру із залученням третьої сторони — органу з оцінювання відповідності).*

Слід звернути увагу, що у розділі «Секторальний гармонізаційний акт Союзу» ДОДАТКУ 1 «Блакитної настанови» [19] є посилання на Директиву Ради 2008/57/ЄС від 17 червня 2008 року про оперативну сумісність залізничних систем у межах Співтовариства [8], в якій визначено:

(5) [1)] Комерційні операції залізничного транспорту по всій залізничній мережі

[1)] В цьому випадку та далі за текстом в дужках подано номер або буквене позначення пункту документу, з якого наведено цитату.

потребують особливо високої сумісності між характеристиками інфраструктури та самого транспорту та ефективного зв'язку між інформаційними та комунікативними системами різних управлінь інфраструктури та залізничних підприємств. Рівень ефективності, безпеки, якості обслуговування та витрат залежить від сумісності, зв'язку та, зокрема, від інтероперабельності залізничної системи.

(7) *Існують суттєві відмінності між національними регламентами та внутрішніми правилами, технічними специфікаціями, які застосовуються на залізницях*, оскільки вони включають технології, що є специфічними для галузей національної промисловості, та передбачають спеціальні розміри, прилади та характеристики. Ця ситуація перешкоджає вільному пересуванню залізничного транспорту в межах Співтовариства.

(27) Імплементація положень про *інтероперабельність залізничної системи не повинна створювати невиправданих перешкод у питаннях ефективності існуючої залізничної мережі кожної держави-члена*, але повинна сприяти до прийняття мети щодо інтероперабельності».

У статті 2 «Визначення» Директиви 2008/57/ЄС [8] наведено термінологічні пояснення до термінів, які застосовані в директиві, зокрема:

«(b) «*інтероперабельність*» означає властивість залізничної системи підтримувати безпечний та безперебійний рух потягів на необхідних рівнях ефективності для цих ліній. Ця властивість залежить від регулюючих, технічних та операційних умов дотримання обов'язкових вимог;

(i) «*технічні специфікації інтероперабельності (TSI)*» означає специфікації, прийняті відповідно до цієї Директиви, якими охоплюється кожна підсистема чи частина підсистеми з метою виконання обов'язкових вимог та забезпечення інтероперабельності залізничної системи;

(l) «*особливий випадок*» означає будь-яку частину залізничної системи, яка регулюється спеціальними положеннями TSI, тимчасовими чи сталими, через географічні, топографічні чи міські перешкоди чи перешкоди сумісності діючої системи. Це може включати, зокрема, залізничні лінії та мережі, ізольовані від Співтовариства; розміри рухомого складу; розміри колій чи відстань між коліями та поїздами, що призначені виключно для місцевого, регіонального чи історичного використання; та поїзди з третіх країн чи поїзди, місцем призначення яких є треті країни».

При цьому, статтею 9 «Відхилення» передбачено

«За відсутності відповідних спеціальних випадків *держава-член не повинна застосовувати одну чи більше TSI відповідно до цієї статті у наступних випадках*:

(a) Для запропонованих нових підсистем, для оновлення чи вдосконалення діючої підсистеми чи для будь-якого елементу, зазначеного у частини 1 статті 1 на останній стадії розвитку чи при виконанні договору на час опублікування цих TSI;

Примітка. У частині 1 статті 1 зазначено, що «умови досягнення інтероперабельності залізничної системи Співтовариства стосуються проектування, будівництва, початку експлуатації, оновлення, вдосконалення, експлуатації та обслуговування частин системи. Також вони стосуються професійних кваліфікацій та умов безпеки персоналу, що бере участь в експлуатації та обслуговуванні.

(b) Для будь-якого проекту, що стосується оновлення чи вдосконалення існуючої підсистеми, величина навантаження, ширина колії, відстань між коліями чи еклектична напруга, визначені у TSI, не сумісні з наявною підсистемою;

(c) Для запропонованої нової підсистеми чи для запропонованого оновлення чи вдосконалення діючої підсистеми на території держави-члена, якщо її залізнична система відокремлена ч ізольована морем чи внаслідок спеціальних географічних умов від решти Співтовариства;

(d) *Для будь-якого запропонованого оновлення, розширення чи вдосконалення існуючої підсистеми, якщо застосування TSI поставить під загрозу економічну життєздатність проекту та/чи сумісність залізничної системи держави-члена*;

(e) Якщо через аварію чи природну катастрофу умови термінового ремонту мережі економічно чи технічно не дозволяють частково чи повністю застосовувати відповідні TSI;

(f) *Для поїздів з чи до третіх країн, ширина колії яких відмінна від головної залізничної мережі в межах Співтовариства».*

Для можливості користування перевагами створення єдиної європейської залізничної галузі, поліпшення взаємозв'язку і сумісності національних залізничних мереж, а також поліпшення доступу до цих мереж і для здійснення будь-яких заходів, які можуть бути необхідними в галузі технічного регулювання та стандартизації, як це передбачено в статті 171 Договору про функціонування Європейського Союзу (TFEU) у зв'язку із внесенням істотних змін до Директиви 2008/57/ЄС [8] було розроблено Директиву (ЄС) 2016/797 Європейського Парламенту та Ради від 11 травня 2016 про інтероперабельність залізничної системи в рамках Європейського Союзу [10].

Відповідно до пункту (12) вступної частини Директиви ЄС 2016/797 [10] під час розроблення технічних специфікацій інтероперабельності (TSI) було виявлено необхідність уточнення взаємозв'язку між обов'язковими вимогами TSI, з одного боку, європейськими стандартами та іншими нормативними документами – з іншого. Зазначено також, що має бути проведене чітке розмежування між стандартами або частинами стандартів, які повинні бути обов'язковими з метою досягнення цілей цієї Директиви, і гармонізованими стандартами, що не були розроблені відповідно до Регламенту (ЄС) № 1025/2012 Європейського парламенту і Ради [21].

Метою Регламенту (ЄС) 1025/2012 [21] є гармонізація та попередження протирічь в стандартах на рівні ЄС. Ця мета має бути досягнута за рахунок розширення обміну між організаціями з стандартизації. Такий підхід підкреслює роль малих и середніх підприємств і зацікавлених сторін у розробленні стандартів.

Метою політики ЄС в області стандартизації є здійснення вирішальної ролі у завершенні створення внутрішнього ринку, сприяння вільному переміщенню товарів і послуг, забезпечення стійкого розвитку, досягнення високого рівня безпеки та якості, приймайння до уваги усі економічні, соціальні та екологічні аспекти.

У відповідності до Нового підходу *гармонізовані стандарти*:

-надають технічні рішення для презумпції відповідності вимогам законодавства;

-представляють собою загальний і прозорий орієнтир для державних закупок;

-сприяють усуненню технічних торгівельних бар'єрів;

-заохочують розробку екологічно безпечних продуктів;

-слугують джерелом загальної довідникової інформації у питаннях торгівлі, національного і європейського законодавства, тим самим сприяючи технічної інтеграції;

-створювати інструмент для підвищення конкурентоспроможності й дозволяти розвиток та технологічні інновації.

Гармонізовані стандарти забезпечують загальне, але гнучке технічне середовище на єдиному ринку та являють собою загальноприйнятні стандарти, що стосуються якості, сертифікації й відповідності нормативним вимогам, заохочують до технічного співробітництва та обміну досвідом та надають підприємцям можливість використовувати «ефект масштабу».

Стандарти надають довідкові матеріали для технічного співробітництва, допомоги й укладання угод про взаємне визнання (MRA) із третіми країнами. Дуже важливо, щоб гармонізовані стандарти приймались і застосовувались однаково задля забезпечення законної мети, наприклад, щодо захисту здоров'я і безпеки людини, тварин або рослин та навколишнього середовища.

Згідно із положеннями Директиви ЄС 2016/797 [10] у TSI там, *де це суворо необхідно, може бути наведено пряме посилання на європейські стандарти або технічні умови. У цьому випадку вони стають обов'язковими з моменту застосування TSI***.**

Доцільно зазначити, що статтею 23 Закону України Про стандартизацію [22] також встановлено відповідне положення щодо застосування стандартів, а саме:

«Стаття 23. Застосування національних стандартів та кодексів усталеної практики.

1. Національні стандарти та кодекси усталеної практики застосовуються безпосередньо чи шляхом посилання на них в інших документах.

2. *Національні стандарти* та кодекси усталеної практики *застосовуються на добровільній основі, крім випадків, якщо обов'язковість їх застосування встановлена нормативно-правовими актами*».

На разі доцільно нагадати, що відповідно до Закону України Про технічні регламенти та оцінку відповідності [23] до нормативно-правових актів належать такі документи, як технічні регламенти. В Україні у сфері залізничного транспорту затверджено два технічні регламенти:

Технічний регламент безпеки інфраструктури залізничного транспорту, затв. Постановою КМУ від 11 липня 2013 року № 494 [24];

Технічний регламент безпеки рухомого складу залізничного транспорту, затв. Постановою КМУ від 30 грудня 2015 року № 1194 [25].

Доречно додати, що Постановою КМУ від 26 січня 2022 р. № 53 Про внесення змін до Технічного регламенту безпеки інфраструктури залізничного транспорту і Технічного регламенту безпеки рухомого складу залізничного транспорту [26], якими встановлено правовий зв'язок між технічними регламентами та переліками національних стандартів для цілей застосування технічних регламентів.

Стосовно вище згаданих технічних регламентів Міністерством інфраструктури України відповідними наказами затверджено:

Перелік національних стандартів для цілей застосування Технічного регламенту безпеки рухомого складу залізничного транспорту – Наказ від 26 січня 2022 року № 60 [27];

Перелік національних стандартів для цілей застосування Технічного регламенту безпеки інфраструктури залізничного транспорту – Наказ від 03 лютого 2022 року № 69 [28].

Також доцільно нагадати, що відповідно до частини першої статті 11^1 Закону України Про технічні регламенти [23], «технічним регламентом може бути передбачено, що *відповідність продукції, пов'язаних з нею процесів або методів виробництва чи інших об'єктів стандартам з переліку національних стандартів для*

цілей застосування відповідного технічного регламенту або частинам таких стандартів надає презумпцію відповідності такої продукції, пов'язаних з нею процесів або методів виробництва чи інших об'єктів суттєвим вимогам зазначеного технічного регламенту, які охоплюються такими стандартами або їх частинами та визначені в технічному регламенті.»

Отже, повертаючись до розгляду положень Директиви ЄС 2016/797 [10] щодо застосування TSI, звертаємо увагу на положення, викладене у пункті (26) вступної частини директиви:

«(26) Національні правила повинні бути розроблені і опубліковані таким чином, що будь-який потенційний користувач національної мережі міг зрозуміти їх. Такі правила часто посилаються *на інші документи, такі як національні стандарти***,** європейські стандарти, міжнародні стандарти *або інші технічні специфікації,* які можуть бути частково або повністю захищені правами на інтелектуальну власність.

Примітка 1. Відповідно до пункту (30) статті 2 Директиви ЄС 2016/797 [10]:

«Національні правила» означає усі обов'язкові правила, прийняті в державі-члені, незалежно від органу, що видав їх, які містять залізничні вимоги безпеки або технічні вимоги, крім тих, які встановлені Союзом або міжнародними правилами, які застосовуються в цій державі-члені залізничними підприємствами, операторами інфраструктури або третіми особами».

Примітка 2. У частині 2 статті 13 Директиви ЄС 2016/797 [10] вказано, що:

Національні правила оцінки відповідності основним вимогам і, у відповідних випадках, прийнятні національні методи оцінки відповідності, можуть застосовуватися в наступних випадках:

«(A) якщо TSI не покривають або не повністю покривають, деякі аспекти, що відповідають основним вимогам, в тому числі відкриті точки, як зазначено в статті 4 (6);

(B) якщо про незастосування одного або декількох TSI або їх частин було повідомлено відповідно до статті 7;

(C) якщо конкретний випадок вимагає застосування технічних правил, які не включені до відповідного TCI;

(D) національні правила, що використовуються для встановлення існуючих систем, обмежуються метою оцінки технічної сумісності транспортного засобу з мережею;

(E) мережі і транспортні засоби, які не віднесені до TCI;

(F) як невідкладний тимчасовий запобіжний захід, зокрема, після аварії.»

Із вище наведеного випливає висновок, що впровадження інтероперабельності залізничної системи передбачає перегляд національних правил з урахуванням вимог, що стосуються інтероперабельності.

При цьому слід зазначити, що у частині 3 статті 4 Директиви ЄС 2016/797 [10] встановлені такі положення щодо викладення у TCI:

«(A) вказати, сферу дії (частина мережі або транспортних засобів, зазначених у Додатку I, підсистема або частина підсистеми, згадані в Додатку II);

(B) визначити основні вимоги для кожної відповідної підсистеми і її інтерфейсів в зв'язку з іншими підсистемами;

(C) встановити функціональні і технічні характеристики для виконання підсистемами і її інтерфейсами по відношенню до інших підсистем. За необхідності, ці характеристики можуть змінюватися залежно від використання

підсистеми, наприклад, відповідно до категорій залізничної мережі, роз'ємів та / або транспортних засобів, передбачених в Додатку I;

(D) визначити компоненти інтероперабельності та інтерфейси, які мають бути охоплені європейськими специфікаціями, в тому числі європейськими стандартами, які необхідні для забезпечення взаємодії в рамках системи залізничного Союзу;

(E) визначити ситуації для кожного конкретного випадку, стосовно того, які процедури мають бути використані для оцінки відповідності або придатності для використання компонентів інтероперабельності, з одного боку, або перевірки підсистем "ЄС", з іншого боку. Ці процедури повинні ґрунтуватися на модулях, визначених у рішенні Комісії 2010/713/ЄС.

(F) вказати стратегію застосування TSI. Зокрема, необхідно вказати етапи, які будуть виконані, з урахуванням передбачуваних витрат та вигід, й очікувані наслідки для зацікавлених сторін, яких це торкнеться, для того, щоб зробити поступовий перехід від існуючої ситуації до кінцевої ситуації, в якій відповідність з TSI повинна бути нормою. Де скоординоване здійснення TCI необхідно, наприклад, уздовж коридору або між операторами інфраструктури.»

При цьому положеннями Директиви 2008/57/ЄС [8] встановлено такі умови, які мають бути викладені у TSI, а саме за-для досягнення мети, зазначеної у статті 1 [8], кожна TSI має:

«(a) відображати свою сферу дії (частину мережі чи потягів, зазначених у Додатку I; підсистему чи частину підсистеми, зазначених у Додатку II);

(b) встановлювати обов'язкові вимоги для кожної підсистеми та координацію з іншими підсистемами;

(c) затверджувати функціональні та технічні специфікації, обов'язкові для підсистеми та її координації з іншими підсистемами. За необхідності, ці специфікації можуть бути різними в залежності від використання підсистеми, наприклад, за категоріями ліній, маточин коліс та/чи потягів, зазначених у Додатку I;

(d) визначати складові інтероперабельності та координації, які повинні охоплюватись Європейськими специфікаціями, включаючи Європейські стандарти, необхідні для досягнення інтероперабельності в межах залізничної системи;

(e) затверджувати до кожного випадку процедуру оцінки сумісності чи придатності до використання складових інтероперабельності з одного боку чи перевірку Комісії ЄС підсистем з іншого. Ці процедури повинні базуватись на модулях, визначених Директивою 93/465/ЄЕС;

(f) визначати стратегію імплементації TSI. Зокрема, необхідно визначити стадії поступового переходу від поточної ситуації до кінцевої, за якої нормою вважатиметься відповідність TSI;

(g) визначити для залученого персоналу професійні кваліфікації, умови здоров'я та безпеки на роботі, необхідні для експлуатації та обслуговування підсистеми та для імплементації TSI.

Примітка 1. Оцінка відповідності CI технічним специфікаціям, вимоги яких мають бути виконані, може бути проведена щодо функціональної сумісності CI, яка розглядається окремо, або може бути проведено оцінку придатності для використання з точки зору оперативної сумісності CI, яка розглядається в рамках свого застосування у залізничному середовищі, у відповідності до вимог технічних специфікацій.

Примітка 2. Рішенням 2008/768/ЄС [29] Європейського Парламенту та Ради від 9 липня 2008 року, що визначає загальні умови реалізації продукції, яке скасовує Рішення 93/465/ЕЭС Ради.

Примітка 3. Рішенням 2008/768/ЄС [29] визначено 16 модулів оцінки відповідності застосовним до продукції вимогам законодавчих документів: A, A1, A2, D, C, C1, C2, D, D1, E, E1, F, F1, G, H, H1.»

Але з урахуванням викладення у TSI обов'язкових умов відповідно до Директиви 2008/57/ЄС [8] та Директиви ЄС 2016/797 [10] (вступна частина):

«(33) *Кожній державі-члену має бути дозволено не застосовувати певні TCI в обмеженій кількості в належним чином обґрунтованих ситуаціях*. Ці ситуації і процедури, яких необхідно дотримуватися в разі незастосування даного TCI повинні бути чітко визначені.

(34) Складання TCI та їхнє застосування в системі залізниць Союзу не повинні перешкоджати технологічним інноваціям, які спрямовано на поліпшення економічних показників.

(41) Коли TSI вступає в силу, цілий ряд складових інтероперабельності вже знаходяться на ринку. Перехідним періодом повинно бути передбачено, що ці компоненти можуть бути інтегровані в підсистему, навіть якщо вони не повністю відповідають цьому TCI.

Умови незастосування TCI викладено у пунктах (a) – (f) частини першої статті 9 Директиви 2008/57/ЄС [8], а також в пунктах (A) – (E) статті 7 Директиви ЄС 2016/797 [10].

Слід також зауважити, що відповідно до Директиви ЄС 2016/797 [10]:

(38) *Процедури, що регулюють оцінку відповідності* або придатність до використання складових частин *повинні ґрунтуватись на використанні модулів для процедур оцінки відповідності*, придатності для використання і перевірки 'ЕС', які будуть використовуватися в TCI, прийнятих в рамках цієї Директиви. Наскільки це можливо, і в цілях сприяння промисловому розвитку, доцільно розробити процедури, пов'язані з системою контролю якості.

(39) *Відповідність складових частин пов'язана, головним чином, з сферою їх застосування, з тим, щоб гарантувати функціональну сумісність системи*, а не тільки їх вільне переміщення на ринку Союзу. *Придатність для використання найбільш важливих складових частин, що стосуються безпеки, доступності або системи економії, повинна бути оцінена*. Тому немає необхідності для виробника, щоб прикріпити «СЕ» маркування компонентів, які підлягають цій Директиві. На підставі оцінки відповідності та/або придатності для використання, декларація виробника про відповідність має бути достатньою.

(44) Коли в процесі роботи виявляється, що *транспортний засіб або тип транспортного засобу не відповідає одній з основних вимог*, що застосовуються до нього, залізничними підприємства, зацікавленими в приведенні транспортного засобу у відповідність, повинні прийняті необхідні коригувальні заходи. Крім того, якщо ця невідповідність призводить до серйозного ризику безпеки, повинна бути забезпечена можливість національним органам безпеки, відповідальним за контроль функціонування транспортного засобу, для *вжиття необхідних тимчасових заходів безпеки, зокрема безпосереднім обмеженням або тимчасовим припиненням відповідного процесу*.»

Не можливо по-за увагою залишити положення Директиви ЄС 2016/797 [10] щодо проведення оцінки відповідності складових інтероперабельності.

Відповідно до пункту (28) Директиви ЄС 2016/797 [10] з урахуванням масштабів і складності залізничної системи та практичного застосування, систему залізничного транспорту поділено на наступні підсистеми:

-Інфраструктура

-системи сигналізації, централізації та блокування (СЦБ);

-бортові системи контролю управління і сигналізації;

-енергетика;

-рухомий склад;

-управління перевізним процесом;

-технічне обслуговування і телематичні додатки для пасажирських і вантажних перевезень.

«Для кожної з цих підсистем, повинні бути встановлені основні вимоги і визначені технічні характеристики, зокрема, щодо компонентів і інтерфейсів, для того, щоб задовольнити ці основні вимоги. Однакові системи має бути поділено на фіксовані і мобільні елементи, що містять, з одного боку, мережу, яка складається з ліній, станцій, терміналів, а також всіх видів стаціонарного обладнання, необхідних для забезпечення безпечної та безперебійної роботи системи та, з іншого боку, всіх транспортних засобів, що рухаються в цій мережі. Таким чином, для цілей цієї Директиви, транспортний засіб складається з однієї підсистеми (рухомий склад) та у випадках, де це може бути застосовано, з інших підсистем (наприклад, підсистема командно-бортового контролю і сигналізації). Хоча *система розділена на кілька елементів - підсистем, має бути збережено розгляд системи в цілому з метою забезпечення сумісності та безпеки.»*

Для забезпечення рівного ставлення у всіх державах-членах ЄС до виробників відповідно до пункту (42) Директиви ЄС 2016/797 [10] «складові підсистем залізничної системи Союзу має бути піддано процедурі перевірки. Така перевірка має забезпечити організаціям, відповідальним за впровадження складових підсистем залізничної системи в експлуатацію або розміщення на ринку, отримати впевненість, що проектування, будівництво та введення в експлуатацію, проведено відповідно до чинних законодавчих норм, а також правил і положень, встановлених у технічних й експлуатаційних специфікаціях.

Для проведення оцінки відповідності у сфері залізничного транспорту в Україні Постановою КМУ від 3 жовтня 2018 № 797 року затверджено Модулі оцінки відповідності у сфері залізничного транспорту [30].

Положеннями цієї Постанови встановлено такі модулі оцінки відповідності:

СА - внутрішній контроль на виробництві;

СА1 - внутрішній контроль на виробництві з перевіркою шляхом індивідуального дослідження;

СА2 - внутрішній контроль на виробництві з перевіркою через довільні проміжки часу;

СВ - експертиза типу;

СС - відповідність типу на основі внутрішнього контролю на виробництві;

CD - відповідність типу на основі системи управління якістю процесу виробництва;

CF - відповідність типу на основі перевірки складової;

СН - відповідність на основі повної системи управління якістю;

СН1 - відповідність на основі повної системи управління якістю та дослідження проекту;

CV - затвердження типу на підставі дослідної (підконтрольної) експлуатації;

SB - оцінка відповідності типу підсистеми;

SD - оцінка відповідності на основі системи управління якістю процесу створення та/або утримання підсистеми у відповідному стані;

SF - оцінка відповідності на основі перевірки підсистеми;

SG - оцінка відповідності на основі перевірки окремої підсистеми;

SH1 - оцінка відповідності на основі повної системи управління якістю процесу створення та/або утримання підсистеми у відповідному стані і дослідження проекту.

Якщо визначення модулів оцінки в цілому відповідає положенням РІШЕННЯ КОМІСІЇ від 9 листопада 2010 року № 713 Про модулі для процедур оцінювання відповідності, придатності до використання та перевірки ЄС, що мають використовуватись у технічних специфікаціях експлуатаційної сумісності, ухвалених Директивою 2008/57/ЄС Європейського Парламенту та Ради [31], то у визначенні підсистем залізничного транспорту, визначених Постановою КМУ від 3 жовтня 2018 № 797 [30] у деякій мірі відрізняється, а саме в пункті 117 зазначене поділення на такі підсистеми:

-управління процесом перевезень;

-вантажно-комерційного господарства;

-пасажирського господарства;

-приміських перевезень пасажирів;

-локомотивного господарства;

-вагонного господарства;

-колійного господарства;

-енергогосподарства;

-господарства автоматики;

-телемеханіки та зв’язку;

-ремонту і обслуговування елементів інфраструктури та рухомого складу.

У загальному сенсі відмінності у поділенні системи залізничного транспорту на підсистеми не дуже принципові, але є деякий нюанс, на який треба звернути увагу.

Якщо законодавчими документами ЄС (пункт (3) статті 1 Директиви 2008/57/ЄС [6] та пункт (5) вступної частини Директиви ЄС 2016/797 [10]) встановлюється необов’язковість застосування вимог цих директив до:

«(a) метро, трамваїв та інших електричних залізничних систем;

(b) мереж, що функціонально відокремлені від залізничної системи та призначені тільки для обслуговування *місцевих, міських чи приміських перевезень пасажирів*, та залізниць, що одноособово функціонують на цих мережах;

(c) приватної залізничної інфраструктури та транспортних засобів, що призначені виключно для такої інфраструктури, що використовується її власником для здійснення вантажних операцій;

(d) інфраструктури та транспортних засобів виключно місцевого, історичного чи туристичного використання»

то згідно із переліком підсистем, що наведений у Постанові № 797 [30] під обов’язкову оцінку відповідності вимогам технічних регламентів [24] та [25] підпадає підсистема приміських перевезень пасажирів. Але це звісною мірою не суперечить вимогам Директиви 2008/57/ЄС [6] та Директиви ЄС 2016/797 [10], оскільки в них не забороняється «державам-членам застосування положень дирек-

тив до місцевих залізничних систем на добровільних засадах, якщо вони вважатимуть це за необхідне».

На при кінці слід додати, що для того, щоб полегшити розміщення на ринку транспортних засобів і зниження адміністративного тягаря, у законодавчі акти щодо залізничного транспорту має бути введене *поняття авторизації транспортного засобу* для розміщення на ринку, яке має бути однаковим та діяти на всій території Союзу. У той час, як дозволи на розміщення на ринку дозволяють укладення комерційних угод щодо транспортних засобів в будь-якому місці на ринку Союзу, транспортний засіб може бути використано тільки в межах тієї сфери, яку охоплює його дозвіл. У цьому контексті, будь-яке розширення сфери застосування потребує оновлення дозволу на транспортний засіб, а також стає необхідним, щоб на транспортні засоби, які вже авторизовано відповідно до попередніх директив, було отримано новий дозвіл з урахуванням розширення сфери застосування (пункт (49) вступної частини Директиви ЄС 2016/797 [10]).

При цьому, в пункті (54) вступної частини Директиви ЄС 2016/797 [10] зазначено, що:

«Залізничні мережі, розташовані в країнах Балтії (Естонія, Латвія і Литва) мають *колію шириною 1520 мм*, яка є такою ж, як і в сусідніх третіх країнах, але відрізняється від основної мережі залізниць в рамках Союзу. Ці Балтійські мережі успадкували загальні технічні та експлуатаційні вимоги, які забезпечують по факту взаємодію між ними, і, в зв'язку з цим, *авторизація транспортного засобу, отримана в одній з цих держав-членів може бути дійсною для іншої частини цих мереж*. Для полегшення ефективного і пропорційного розподілу ресурсів для авторизації транспортних засобів для розміщення на ринку або авторизації типу транспортних засобів, а також для зниження фінансового та адміністративного тягаря для заявника, в таких випадках, конкретні угоди про співпрацю між Агентством і відповідними національними органами безпеки повинні включати в себе, в разі необхідності, можливість укладання контрактів на такі завдання для цих національних органів безпеки.»

Висновки.

1 На підставі вище наведеного стає очевидним той факт, що суттєві вимоги, яким має відповідати продукція, зокрема для залізничного транспорту, стосуються вимог щодо її безпеки у широкому сенсі.

2 Застосування стандартів, положення яких є більш конкретними щодо визначення характеристик, властивостей, показників, є добровільним та доречним, а в деяких встановлених законодавством випадках – обов'язковим.

3 Законодавчими актами ЄС у сфері залізничного транспорту передбачено певні відхилення щодо їхнього застосування із відповідним обґрунтуванням цих відхилень.

4 Впровадження у законодавство України вимог щодо інтероперабельності залізничної системи передбачає перегляд національних правил, національних стандартів, а також технічних специфікації інтероперабельності як з урахуванням вимог, що стосуються інтероперабельності, так і з урахуванням вимог національного характеру, що стосуються особливих випадків щодо будь-якої частини залізничної системи, яка регулюється спеціальними положеннями TSI, тимчасовими чи сталими, через географічні, топографічні чи міські перешкоди чи перешкоди сумісності діючої системи. Це може включати, зокрема, залізничні лінії та мережі, ізольовані від Співтовариства; розміри рухомого складу; розміри колій чи

відстань між коліями та поїздами що призначені виключно для місцевого, регіонального чи історичного використання; та поїзди з третіх країн чи поїзди, місцем призначення яких є треті країни.

ЛІТЕРАТУРА

1 Угода про асоціацію між Україною з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони (Угоду ратифіковано із заявою Законом № 1678-VII від 16.09.2014). Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011#Text)

2 Печиліна О. В. Питання гармонізації вітчизняної нормативно-правової бази в галузі стандартизації та технічного регулювання відповідно до вимог Європейського Союзу // Актуальні проблеми вітчизняної юриспруденції. 2019. Спецвипуск. С. 61-64 (режим доступу: file:///I:/К%20статье%20для%20НП/18.pdf

3 Угода про асоціацію з ЄС як інструмент забезпечення стійкості економіки України : Матеріали міжнародної науково-практичної конференції (25-26 листопада 2021 року, м. Київ) у 2 частинах. К.: Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Навчально-науковий інститут міжнародних відносин, Центр досконалості Жана Моне, 2022. Ч.1. 201 с.

4 Запара В.М., Оленюк В.О., Тимошенко І.О. Технічні специфікації з інтероперабельності та їх упровадження у швидкісному русі на залізницях України. Збірник наукових праць УкрДУЗТ. Харків: УкрДУЗТ, 2017. Вип. 173. С. 12-20.

5 Козак В.В. Удосконалення організації функціонування мережі міжнародних транспортних коридорів на основі вимог інтероперабельності. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. 2011. 20 с.

6 Никифорук О.І. Імплементація директив ЄС щодо залізничного транспорту в законодавство України: Позитивні та негативні наслідки. Економіст. 2013. № 10. С. 15-20.

7 Оцінка впливу Угоди про асоціацію / ЗВТ між Україною та ЄС на економіку України // Наукова доповідь за редакцією акад. НАН України Гейця В.М., чл.-кор. НААН України Осташко Т.О., чл.-кор. НАН України Шинкарук Л.В. Київ: Національна Академія наук України ДУ «Інститут економіки та прогнозування НАН України»., 2014. 201 с.

8 Директива № 2008/57/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 17 червня 2008 року про інтероперабельність залізничної системи в межах Співтовариства (Доопрацьована). 46 с. [Електр. ресурс]. Режим доступу: http://doszt.gov.ua/content/media/Direktiva-57-UA.pdf)

9 Перелік затверджених перекладів актів acquis ЄС (станом на 31.01.2022). 119 с. [Електр. ресурс] Режим доступу: https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/55-GOEEI/zatverdzhenikh-perekladiv-aktiv-acquis-es-31012022.pdf)

10 Директива (ЄС) 2016/797 Європейського Парламенту та Ради від 11 травня 2016 про інтероперабельність залізничної системи в рамках Європейського Союзу. 44 с. [Електр. ресурс] : (режим доступу: http://doszt.gov.ua/content/media/Direktiva-797-UA.pdf)

11 Рухомий склад – вантажні вагони / [Електр. ресурс] : (режим доступу: https://www.era.europa.eu/activities/technical-specifications-interoperability_en)

12 Пристрої для кріплення задніх сигнальних ліхтарів, зазор для тягових кронштейнів, простір для персоналу під час маневрової роботи, підніжки та поручні. 15 с. [Електр. ресурс] : (режим доступу: https://www.era.europa.eu/activities/technical-specifications-interoperability_en)

13 Технічні умови до обмежувачів навантаження ERA/TD/2012-05. 8 с.[Електр. ресурс] : (режим доступу: https://www.era.europa.eu/activities/technical-specifications-interoperability_en)

14 Специфічні процедури динаміки руху ERA/TD/2013-01-INT. 10 с. [Електр. ресурс] : (режим доступу: https://www.era.europa.eu/activities/technical-specifications-interoperability_en)

15 Технічні умови для виконання оцінки відповідності фрикційних елементів гальм, що контактують з колесами (версія 3). 34 с. [Електр. ресурс] : (режим доступу: https://www.era.europa.eu/activities/technical-specifications-interoperability_en)

16 Інтерфейс між контрольно-командною сигналізацією та іншими підсистемами (версія 4 20-09-2018). 27 с. [Електр. ресурс] : (режим доступу: https://www.era.europa.eu/activities/technical-specifications-interoperability_en)

17 Остаточний звіт про діяльність оперативної групи з технічного обслуговування вантажних вагонів. 116 с. [Електр. ресурс] : (режим доступу: https://www.era.europa.eu/activities/technical-specifications-interoperability_en)

18 Настанова із застосування WAG TSI. 50 с. [Електр. ресурс] : (режим доступу: https://www.era.europa.eu/activities/technical-specifications-interoperability_en)

19 «Блакитна настанова» з імплементування правил ЄС щодо продуктів 2016 року (2016/C 272/01) [Електр. ресурс] : (режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_015-16#Text)

20 Постанова Про новий підхід до технічної гармонізації, схвалена Радою Міністрів 7 травня 1985 року [Електронний ресурс] : Режим доступу: http://europa.eu/legislation_summaries/internal_market/single_market_for_goods/technical_harmonisation/l21001a_en.htm.

21 Регламент (ЄС) № 1025/2012 Європейського парламенту і Ради / [Електр. ресурс] : (режим доступу: https://eu-ua.kmu.gov.ua/sites/default/files/inline/files/es-2016425.pdf)

22 Закону України Про стандартизацію (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2014, № 31, ст.1058; [Електр. ресурс] : (режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1315-18#Text)

23 Закон України Про технічні регламенти та оцінку відповідності (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2015, № 14, ст. 96; [Електр. ресурс] : (режим доступу: режим доступу https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/124-19#Text)

24 Технічний регламент безпеки інфраструктури залізничного транспорту, затв. Постановою КМУ від 11 липня 2013 року № 494 [Електр. ресурс] : (режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/494-2013-%D0%BF#Text)

25 Технічний регламент безпеки рухомого складу залізничного транспорту, затв. Постановою КМУ від 30 грудня 2015 року № 1194 [Електр. ресурс] : (режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1194-2015-%D0%BF#Text)

26 Постанова КМУ від 26 січня 2022 р. № 53 Про внесення змін до Технічного регламенту безпеки інфраструктури залізничного транспорту і Технічного регламенту безпеки рухомого складу залізничного транспорту [Електр. ресурс] : (режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/53-2022-%D0%BF#Text)

27 Наказ Міністерства інфраструктури України від 26 січня 2022 року № 60 Про затвердження Переліку національних стандартів для цілей застосування Технічного регламенту безпеки рухомого складу залізничного транспорту [Електр. ресурс] : (режим доступу: https://mtu.gov.ua/documents/2146.html)

28 Наказ Міністерства інфраструктури України від 03 лютого 2022 року № 69 Про затвердження Переліку національних стандартів для цілей застосування Технічного регламенту безпеки інфраструктури залізничного транспорту [Електр. ресурс] : (режим доступу: https://mtu.gov.ua/documents/2139.html)

29 РІШЕННЯ ЄВРОПЕЙСЬКОГО ПАРЛАМЕНТУ І РАДИ № 768/2008/ЄС від 9 липня 2008 року ро спільні рамки для реалізації продуктів та про скасування Рішення Ради 93/465/ЄЕС [Електр. ресурс] : (режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_b42#Text)

30 Постанова КМУ від 3 жовтня 2018 року № 797 Про затвердження модулів оцінки відповідності у сфері залізничного транспорту [Електр. ресурс] : (режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/797-2018-%D0%BF#Text)

31 РІШЕННЯ КОМІСІЇ від 9 листопада 2010 року № 713 Про модулі для процедур оцінювання відповідності, придатності до використання та перевірки ЄС, що мають використовуватись у технічних специфікаціях експлуатаційної сумісності, ухвалених Директивою 2008/57/ЄС Європейського Парламенту та Ради [Електр. ресурс]: (режим доступу: https://ips.ligazakon.net/document/EU100026)

Zh.O. Semko
State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»,
33 I. Prykhodka St., Kremenchuk, 39621, Ukraine
Tel.: (05366) 6-02-50, E-mail: shaganne@gmail.com
ORCID http://orcid.org/0000-0003-0047-8509

APPLICATION OF TECHNICAL SPECIFICATIONS FOR INTEROPERABILITY ON RAILWAY TRANSPORT OF UKRAINE

Ukraine's aspiration to the European level of production, in particular concerning railway transport, is an objective and indisputable fact. But on this path there are certain

difficulties, that is, the existence of distinctive features in the Ukrainian legislative system for technical regulation in the railway industry, peculiarities of a national character in the implementation of normative legal acts in this area, and in the very slow process of implementation of normative documents (national standards, harmonized with European or international ones) by the translation method.

The Association Agreement between Ukraine, on the one hand, and the European Union, the European Atomic Energy Community and their member states, on the other hand, defines the implementation of high-speed rail transport in Ukraine, ensuring the implementation of a number of regulatory and legal acts of the European Union (directives, regulations and decisions), relating in particular to ensuring interoperability (or operational compatibility) of rolling stock and infrastructure of railway transport.

Keywords: *technical specifications for interoperability, railway transport, rolling stock, infrastructure, directive, technical regulation*

REFERENCES

1 *Zakon Ukrainy "Uhoda pro asotsiatsiu mizh Ukrainoiu, z odniiei storony, ta Yevropeiskym Soiuzom, Yevropeiskim spivtovarystvom z atomnoi enerhii i ikhnimy derzhavamy-chlenamy, z inshoi storony" vid 16 ver. 2014 r. № 1678-VII [ASSOCIATION AGREEMENT between Ukraine, on the onehand, and the European Union, the European Atomic Energy Community and their member states, on the other hand from September 16, 2014, No. 1678-VII*]. (2014, September 16) Retrieved from: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011#Text [in Ukrainian].

2 Pechylina, O. V. (2019). *Pytannya harmonizatsii vitchyznyanoi normatyvno-pravovoi bazy v haluzi standartyzatsii ta tekhnichnoho rehulyuvannya vidpovidno do vymoh Yevropeyskoho Soyuzu: Aktualni problemy vitchyznyanoi yurysprudentsii. Spetsvypusk. [Issues of harmonization of national normative legal base in standardization and technical regulation accordingly to requirements of EuropeanUnion]*. Retrieved from: file:///I:/К%20статье%20для%20НП/18.pdf [in Ukrainian].

3 Uhoda pro asotsiatsiiu z ES yak instrument zabezpechennia stiikosti ekonomiky Ukrainy [Association Agreement with the EU as a Resilience Tool for Ukrainian Economy]. (2022). *Proceedings from mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia u 2 chastynakh - The international scientific and practical conference in two parts.* Kyiv: Kyivskyi Natsionalnyi Universytet imeni Tarasa Shevchenko, Navchalno-naukovyi instytut mizhnarodnykh vidnosyn, Tsentr doskonalosti Zhana Mone,. Ch.1. (November 25-26, 2021, Kyiv) [in Ukrainian].

4 Zapara, V.M., Oleniuk, V.O., & Tymoshenko, I.O. (2017). Tekhnichni spetsyfikatsii з interoperabelnosti ta ikh uprovadzhennia u shvydkisnomu rusi na zaliznytsiakh Ukrainy [Technical specifications for interoperability and their implementation in high-speed traffic on the railways of Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats UkrDUZT - Collection of scientific works of UkrDUZT, 173,* 12-20 [in Ukrainian].

5 Kozak, V.V. (2011). Udoskonalennia organizatsii funktsionuvannia мerezhi mizhnarodnykh transportnykh korydoriv na osnovi vymoh interoperabelnosti [Improving the organization of the functioning of the network of international transport corridors on the basis of interoperability requirements]. *Extended abstract of candidate's thesis.* [in Ukrainian].

6 Nykyforuk, O. (2013). Implementatsiia dyrektyv ES shchodo zaliznychnoho transportu v zakonodavstvo Ukrainy: Pozytyvni ta nehatyvni naslidky [Implementation of EU directives on railway transport in the legislation of Ukraine: Positive and negative consequences]. *Економist - Economist, 10,* 15-20 Kyiv [in Ukrainian].

7 Ostashko, T.O., & Shynkaruk, L.V. (2014). *Otsinka vplyvu Uhody pro asotsiatsiyu ZVT mizh Ukrainoiu ta ES na ekonomiku Ukrainy. Naukova dopovid. [Assessment of the impact of the Association Agreement/FTA between Ukraine and the EU on the economy of Ukraine. Scientific report]*. V.M. Heits (Ed.). Kyiv: Natsionalna Akademiia nauk Ukrainy DU «Instytut ekonomiky ta prohnozuvannya NAN Ukrainy» [in Ukrainian].

8 Pro interoperabelnist zaliznychnoi systemy v mezhakh Spivtovarystva (Doopratsovana). Dyrektyva № 2008/57/EC Evropeyskoho Parlamentu ta Rady vid 17 chervnia 2008 roku [Directive No. 2008/57/EC of the European Parliament and of the Council of June 17, 2008 On the interoperability of the railway system within the Community (Revised)]. (2008, June 17). Retrieved from: http://doszt.gov.ua/content/media/Direktiva-57-UA.pdf [in Ukrainian].

9 *Perelik zatverdzhenykh perekladiv aktiv acquis EC (stanom na 2022.01.31. [List of approved translations of EU acquis acts]. (2022, January, 1).* Retrieved from: https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/55-GOEEI/zatverdzhenikh-perekladiv-aktiv-acquis-es-31012022.pdf [in Ukrainian].

10 *Dyrektyva (EC) 2016/797 Evropeiskoho Parlamentu ta Rady Pro interoperabelnist zaliznychnoi systemy v ramkach Evropeyskoho Soyuzu. vid 11 travnya 2016. [Directive (EU) 2016/797 of the European Parliament and of the Council of May 11, 2016 on the interoperability of the railway system within the European Union]*. Retrieved from: http://doszt.gov.ua/content/media/Direktiva-797-UA.pdf [in English]

11 *Rukhomyi sklad – vantazhni vahony [Rolling Stock – Freight Wagons TSI]*. Retrieved from: https://www.era.europa.eu/activities/technical-specifications-interoperability_en [in English]

12 *Prystroi dlia kriplennia zadnikh syhnalnykh likhtariv, zazor dlia tiahovykh kronshteiniv, prostir dlia personalu pid chas manevrovoi roboty, pidnizhky ta poruchni [Attachment devices for rear—end signals, clearance for draw hooks, space for shunting staff operation, footsteps and handrails ERA/TD/2012-04/INT]. Retrieved from: https://www.era.europa.eu/activities/technical-specifications-interoperability_en [in English]*

13 *Tekhichni umovy do obmezhuvachiv navantazhennia ERA/TD/2012-05/INT [Specifications on slack adjusters*]. Retrieved from: https://www.era.europa.eu/activities/technical-specifications-interoperability_en) [in English]

14 *Spetsyfichni protsedury dynamiky rukhu ERA/TD/2013-01-INT [Specific procedures for running dynamics]*. Retrieved from: https://www.era.europa.eu/activities/technical-specifications-interoperability_en [in English]

15 *Tekhnichni umovy dlia vykonannia otsinky vidpovidnosti fryktsiinykh elementiv halm, shcho kontaktuyut z kolesamy (versiya 3) [Specifications to perform the assessment of conformity of friction elements for wheel tread brakes (Version 3)]*. Retrieved from: https://www.era.europa.eu/activities/technical-specifications-interoperability_en [in English]

16 *Interfeis mizh kontrolno-komandnoiu cyhnalizatsiyeyu ta inshymy pidsystemamy (versiya 4 20-09-2018) [Interface between control-command signalling trackside and other subsystems (v.4 20-09-2018)]*. Retrieved from: https://www.era.europa.eu/activities/technical-specifications-interoperability_en) [in English]

17 *Ostatochnyi zvit pro diyalnist operatyvnoi hrupy z tekhnichnoho obsluhovuvannya vantazhnykh vahoniv [Final Report on the activities of the Task Force Freight Wagon Maintenance (1.87 MB)]*. Retrieved from: https://www.era.europa.eu/activities/technical-specifications-interoperability_en [in English]

18 *Nastnova iz zastosuvannya WAG TSI [Guide for the application of the WAG TSI]*. Retrieved from: https://www.era.europa.eu/activities/technical-specifications-interoperability_en [in English]

19 «*Blakytna nastanova» z implementuvannya pravyl ES shchodo produktiv 2016 roku (2016/C 272/01). [Blue Guideline" on the implementation of EU rules on products of 2016 (2016/C 272/01)]*. Retrieved from: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_015-16#Text) [in Ukrainian].

20 *Postanova Pro novyi pidkhid do tekhnichnoi harmonizatsii ta standartiv, skhvalena Radoyu Ministriv 7 tравnya 1985 roku [Resolution on a new approach to technical harmonization, approved by the Council of Ministers from May 7, 1985]*. Retrieved from: http://europa.eu/legislation_summaries/internal_market/single_market_for_goods/technical_harmoni-sation/l21001a_en.htm [in English]

21 *Rehlament (ES) № 1025/2012 Yevpropeiskoho parlamenty i Rady. [Regulation (EU) No. 1025/2012 of the European Parliament and the Council]*. Retrieved from: https://eu-ua.kmu.gov.ua/sites/default/files/inline/files/es-2016425.pdf) [in Ukrainian].

22 Zakon Ukrainy Pro standartyzatsiiu № 31 [Law of Ukraine On standardization No. 31, Art. 1058]. (2014). *Vidomosti Verkhovnoi Rady – Bulletin of Verkhovna Rada of Ukraine*. Retrieved from: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/*31*1315-18#Text [in Ukrainian].

23 Zakon Ukrainy "Pro teckhnichni rehlamenty ta otsinku vidpovidnosti № 14, st. 96 [Law of Ukraine About technical regulations and conformity assessment No. 14, Art. 96]. (2015). *Vidomosti Verkhovnoi Rady - Bulletin of Verkhovna Rada of Ukraine*. Retrieved from: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/124-19#Text [in Ukrainian].

24 *Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy Pro zatverdzhennya Tekhnichnoho rehlamentu bezpeky infrastruktury zalizhnychnoho transportu vid 11 lyp. 2013 № 494 [Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine On the approval of the Technical Regulations for the Safety of Infrastructure of Railway Transport from July 11, 2013, No. 494]*. (2013, July 11). Retrieved from: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/494-2013-%D0%BF#Text [in Ukrainian].

25 *Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy Pro zatverdzhennia Tekhnichnoho rehlamentu bezpeky rukhomoho skladu zalizhnychnoho transportu vid 30 hrudnia 2015 roku № 1194 [Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine On the approval of the Technical Regulations for the Safety of Rolling Stock of Railway Transport from December 30 2015]*. (2015, December 30). Retrieved from: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1194-2015-%D0%BF#Text [in Ukrainian].

26 *Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy Pro vnesennia zmin do Tekhnichnoho rehlamentu bezpeky infrastruktury zalizhnychnoho transportu i Tekhnichnoho rehlamentu bezpeky rukhomoho skladu zalizhnychnoho transportu vid 26 sichnia 2022 roku № 53 [Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine On approval of changes to the Technical Regulations of Infrastructure of Railway Transport and for the Safety of Rolling Stock of Railway Transport from January 26 2022, No. 53]*. Retrieved from: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/53-2022-%D0%BF#Text [in Ukrainian].

27 *Nakaz Ministerstva infrastruktury Ukrainy Pro zatverdzhennia Pereliku natsionalnykh standartiv dlia tsilei zastosuvannia Tekhnichnoho rehlamentu bezpeky infrastruktury zalizhnychnoho transport vid 26 sichnia 2022 roku № 60 [Order of the Ministry of Infrastructure of Ukraine on the approval of the List of national standards for the purposes of applying the Technical Regulation of Railway Transport Infrastructure Safety from January 26 2022, No. 60]*. (2022, January 26). Retrieved from: https://mtu.gov.ua/documents/2139.html [in Ukrainian].

28 *Nakaz Ministerstva infrastruktury Ukrainy Pro zatverdzhennia Pereliku natsionalnykh standartiv dlia tsilei zastosuvannia Tekhnichnoho rehlamentu bezpeky rukhomoho skladu zalizhnychnoho transportu vid 3 liutoho 2022 № 69 [Order of the Ministry of Infrastructure of Ukraine On the approval of the List of national standards for the purposes of applying the Technical Regulation of Railway Rolling Stock Safety from February 3 2022, No. 69]*. (2022, February 2). Retrieved from: https://mtu.gov.ua/documents/2146.html [in Ukrainian].

29 *RISHENNIA YEVROPEISKOHO PARLAMENTU I RADY Pro spilni ramky dlia realizatsii produktiv ta pro skasuvannya Rishennya Rady 93/465/EES vid 9 lypnya 2008 roku № 768/2008/EC [DECISION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL No. 768/2008/EC of July 9, 2008 on a common framework for the sale of products and repealing Council Decision 93/465/EEC]*. Retrieved from: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_b42#Text [in Ukrainian].

30 *Postanova KMU Pro zatverdzhennia moduliv otsinky vidpovidnosti u sferi zaliznychnoho transportu vid 3 zhovtnia 2018 roku № 797 [Resolution of the CMU On approval of conformity assessment modules in the field of railway transport from October 3 2018, No. 797]*. (2018, October 3). Retrieved from: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/797-2018-%D0%BF#Text [in Ukrainian].

31 *RISHENNIA KOMISII Pro moduli dlia protsedur otsiniuvannia vidpovidnosti, prydatnosti do vykorystannia ta perevirky ES, shcho maiut vykorystovuvatys u tekhnichnykh spetsyfikatsiiakh ekspluatatsiinoi sumisnosti, ukhvalenykh Dyrektyvoiu 2008/57/ES Evropeiskoho Parlamentu ta Rady vid 9 lystopada 2010 roku № 713 [COMMISSION DECISION No. 713 On the modules for conformity assessment, suitability for use and EU verification procedures to be used in technical specifications for interoperability adopted by Directive 2008/57/EC of the European Parliament and of the Council of November 9 2010]*. (2010, November 9). Retrieved from: https://ips.ligazakon.net/document/EU100026 [in Ukrainian].

УДК 001.891.5 ***DOI: 10.47675/2304-6309-2023-26-102-110***

Д.В. Федосов-Ніконов
Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування», вул. І. Приходько 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-13-84, E-mail: dima.nikonov@outlook.com
ORCID https://orcid.org/0000-0003-0781-8182
А.М. Стринжа
Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування», вул. І. Приходько 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-13-84, E-mail: lab4.3ukrniiv@gmail.com
ORCID https://orcid.org/0000-0003-3743-7006
В.В. Федоров
Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування», вул. І. Приходько 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-13-84, E-mail: f.vladimir.ua@gmail.com
ORCID https://orcid.org/0000-0002-0963-7265
В.О. Шушмарченко
Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування», вул. І. Приходько 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-13-84, E-mail: vasylkremen77@gmail.com
ORCIDhttps://orcid.org/0000-0002-7580-8501

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕДУРИ ВИКОНАННЯ РОБІТ З ТЕХНІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ

Стаття присвячена удосконаленню методики обстеження технічного стану залізничних вагонів із вичерпаним строком експлуатації. Основним завданням обстеження залізничних вагонів є оцінка експлуатаційної придатності визначення технічного стану вагонів, що експлуатуються, та строку їх безпечної експлуатації. Підсумком робіт з обстеження є технічне рішення щодо можливості продовження строку експлуатації, в якому зазначено вид призначеного ремонту та виявлені пошкодження елементів вагонів. Процедура виявлення несправностей елементів вагонів включає неруйнівні методи контролю, такі як візуально-оптичний, капілярний, ультразвуковий та магнітопорошковий методи. Однак, процедура виявлення несправностей елементів вагонів повинна враховувати результати попереднього аналізу даних багаторічних досліджень у галузі технічної оцінки стану вагонів з вичерпаним строком експлуатації. Використовуючи ці дані досліджень, з великою ймовірністю можливо визначати місця характерних несправностей, властивих даному типу вагонів, з урахуванням умов їх експлуатації та впливу вантажів, що перевозяться, на інтенсивність корозійних процесів елементів конструкції вагонів.

© Федосов-Ніконов Д.В., Стринжа А.М., Федоров В.В., Шушмарченко В.О., 2023

Під час технічного обстеження вагонів необхідно приділяти підвищену увагу елементам конструкції, що найбільш схильні до впливу механічних і температурних навантажень, враховувати корозійні фактори, такі як скупчення вологи і залишків вантажів, що викликають корозію.

Ключові слова: *вантажні вагони, неруйнівні методи контролю, корозія, строк служби.*

Вступ та постановка проблеми. Значну частину перевезення вантажів забезпечує залізничний транспорт [1–5]. На цей час накопичилося багато проблем у галузі вантажних перевезень, що ставлять цю галузь перед реальною загрозою повного знищення. На початок 2023 р. в порівнянні з 2015 р. відбулося зменшення середнього зносу вагонів приблизно на 15 % в основному за рахунок оновлення парку приватними власниками. При цьому більше половини вагонів від загального робочого парку складають вагони з вичерпаним строком служби. Оновлення парку вагонів відбувається повільно, головним чином за рахунок нарощення парку нових вагонів приватними компаніями. Для забезпечення стабільності вантажних перевезень необхідно підтримувати вагони з вичерпаним строком служби у робочому стані. Тому, технічне обстеження вагонів з метою продовження їх строку служби залишається актуальним питанням. Обстеження великої кількості вагонів з вичерпаним строком служби потребує більш ретельного їх огляду з метою виявлення несправностей та удосконалення процедури виконання робіт.

Аналіз останніх досліджень.

Методики діагностування технічного стану вагонів розроблені в кінці дев’яностих років та оновлюються кожні 3-5 років. [6-8]. З того часу проводяться роботи з визначення залишкового ресурсу вагонів. За цей час накопичений багатий досвід у обстеженні вагонів, отриманий величезний обсяг даних про стан елементів вагонів в залежності від умов їх експлуатації та номенклатури вантажів, що перевозяться. Проблемні питання діагностування технічного стану вагонів розглядалися в роботах Мямліна С.В., Мурадяна Л.А., Шапошника В.Ю. В звітах Державного підприємства «Український науково-дослідний інститут вагонобудування» (ДП «УкрНДІВ») «Науково-дослідні роботи. Технічне діагностування вантажних вагонів, які вислужили призначений строк служби, з метою визначення їх технічного стану і можливості подальшої експлуатації» виконаний аналіз технічного стану різних типів та моделей вагонів більш ніж за двадцять п’ять років.

В цій роботі пропонується розглянути питання щодо удосконалення проведення робіт з технічного діагностування, використовуючи накопичений досвід та аналіз результатів робіт з технічного діагностування вантажних вагонів.

Мета роботи – визначити шляхи удосконалення процесу виконання робіт з технічного діагностування вантажних вагонів за рахунок проведення аналізу пошкоджень елементів конструкцій різних моделей вагонів за останні роки. Для підвищення ефективності та якості виконання робіт з технічного діагностування вагонів визначити проблемні зони та найбільш пошкоджені елементи вагонів на підставі багаторічних досліджень.

Матеріал та результати досліджень.

Парк вантажних вагонів України у 2022 році налічував 201429 одиниць, АТ «Укрзалізниця» 104,608 одиниць (52,1 %) та приватних компаній – 96821 одиниць (47,9 %). Середній знос парку вагонів в Україні в 2022 році становив 75,9 %. Кількість одиниць вагонів у загальному парку з вичерпаним строком служби стано-

вить 116017 (57,6 %), з них у власності АТ «Укрзалізниця» – 82121 (70,8 %), у приватній власності – 33896 (29,2 %) (рис. 1).

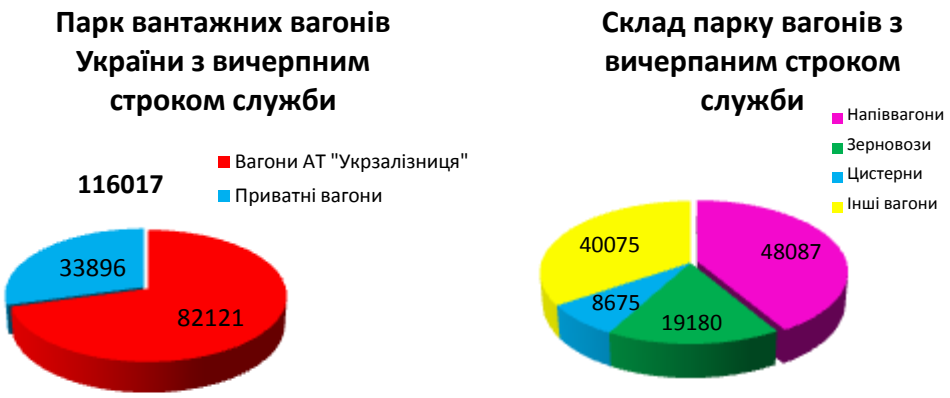


Рис. 1. **Парк вантажних вагонів Україниа його склад [1]**

Найбільшу частку від загальної чисельності парку вагонів України складають напіввагони – 48087 одиниць (41,4 %), на другому місці вагони-хопери для перевезення зерна – 19180 одиниць (16,5 %), на третьому вагони-цистерни – 8675 одиниць (7,5 %), інші типи вагонів – 40075 одиниць (34,5 %).

За результатами аналізу статистичних даних видно, що загальний парк вагонів у 2022 році нараховує більше половини (57,6 %) вагонів з вичерпаним строком служби. Такі вагони обов'язково підлягають проходженню технічному діагностуванню з метою продовження їх строку експлуатації. Для забезпечення якісного виконання робіт з технічного діагностування вагонів необхідно використовувати як накопичений досвід, так і сучасні методи.

Для оцінки технічного стану та визначення залишкового ресурсу конструкції вагона найчастіше використовуються виміряні величини пошкоджень: глибин корозії, величин механічного зносу, залишкова пластична деформація, дані про зміну фізико-хімічних характеристик матеріалів, а також число циклів навантаження вагона.

Обстеження технічного стану металоконструкцій дослідного вагона проводять в кілька етапів:

- ідентифікація моделі вагона та року його побудови;
- обстеження технічного стану металоконструкцій вагона візуально-оптичним методом з метою визначення місць механічних пошкоджень і деформацій, їх характеру та вимірювання геометричних параметрів;
- виявлення дефектів в елементах металоконструкцій вагона, які неможливо виявити візуально-оптичним методом, іншими методами неруйнівного контролю;
- визначення ступеня корозійного пошкодження основних несних елементів металоконструкцій вагона;
- проведення фото/відео фіксації процесу діагностування вагона.

Найбільша кількість дефектів виявляється при обстеженні технічного стану металоконструкції вагона візуально-оптичним методом та за допомогою приладів ультразвукового контролю ступеню корозійного пошкодження основних несних елементів металоконструкцій вагона. За допомогою цих методів було виявлено більше 90 % пошкоджень вагонів.

Розглянемо пошкодження, які найчастіше зустрічаються у найбільших за кількістю типів та моделей вагонів (рис 1) та є найбільш небезпечними згідно вимог безпеки руху під час перевезення вантажив залізничним транспортом.

Пошкодження несних елементів конструкції напіввагонів (рис 2) та їх несвоєчасне виявлення можуть привести до руйнування конструкції та аварії. До таких пошкоджень відносяться:

- злам та деформація елементів хребтової, шворневої та проміжних балок;
- наскрізна корозія елементів хребтової, шворневої та проміжних балок та ремонтні накладки на них;
- тріщини елементів хребтової, шворневої та проміжних балок
- тріщини та розриви зварних з’єднань елементів конструкції вагонів.

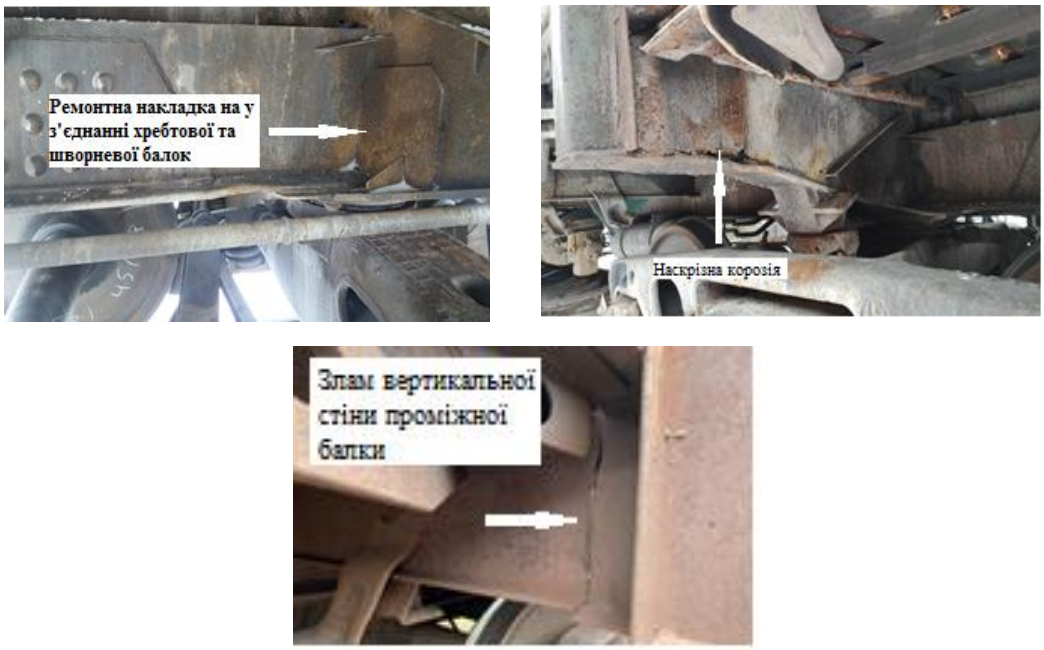


Рис. 2. **Характерні пошкодження напіввагонів**

Не несні елементи напіввагонів у процесі експлуатації отримають різноманітні деформації при завантаженні та розвантаженні. Пошкодження отримують верхня обв’язка, стійки шворневі та проміжні, поперечні та повздовжні балки торцевої стіни, люки (рис. 3).

Рис. 3. **Пошкодження не несних елементів на піввагонів**

Вагони для перевезення зерна також мають пошкодження конструкції характерні для напіввагонів та перелічені вище, однак в багаторазово меншому ступеню. Конструкція вагонів для перевезення зерна зазнає значних навантажень та в значної мірі підтверджена корозійної деградації елементів. Навантаження елементів торцевої стіни пі час експлуатації та маневрових робіт(підпорів, розкосів, шворневих стійок, проміжних стійок торцевої стіни і т.д.) приводять до появи тріщин, остаточних деформацій та розривів (рис. 4).

Рис. 4. **Деформації та тріщини елементів конструкції зерновозів**

Тому при огляді конструкцій вагонів для перевезення зерна слід приділяти ретельну увагу не тільки несним елементам конструкції, а також елементам торцевої стіни.

На прикладі вагонів для перевезення зерна можна зробити висновок, що кожен тип вагонів, крім загальних для всіх вагонів несправностей конструкції, має і свої характерні пошкодження, які присутні у більшості моделей даного типу вагонів. Такі пошкодження характеризуються умовами експлуатації, особливостями конструкції вагона та номенклатурою вантажу, що перевозиться даним типом вагона.

Вагони-цистерни є третіми за кількістю у вантажному парку України. Вони мають також, крім загальних для всіх вагонів несправностей несних елементів і свої, характерні для вагонів-цистерн пошкодження (рис 5).

*Рис. 5.***Деформації та ремонтна накладка на котлі вагона-цистерни**

Такі пошкодження виникають при експлуатації котлів вагонів-цистерн. Багато вагонів-цистерн перевозять небезпечні вантажі (для перевезення скрапленого газу, кислот, нафтопродуктів). Тому, під час технічного обстеження вагонів-цистерн треба враховувати і рід вантажу, що перевозиться. Наприклад, постановка ремонтних накладок на котлі вагонів-цистерн для перевезення небезпечних вантажів допускаються, згідно вимог нормативної документації та з подальшим проведенням гідравлічних випробувань котла.

Після проведення технічного діагностування та виконаних ремонтних робіт відповідно СТП 04-032:2020 Вагони вантажні Настанова з деповського ремонту [9] вагони повинні відповідати вимогам ДСТУ 7598:2014 Вагоні вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних) [10], ДСТУ 33211:2017 Вагони вантажні. Вимоги до міцності та динамічних якостей [11].

Висновки.

1. Проведений аналіз характерних пошкоджень для найбільш чисельних типів вантажних вагонів парку України.

2. Середній знос парку вантажних вагонів в Україні в 2022 році становив 75,9 %. Вагони з вичерпаним строком служби складають 57,6 % від загального робочого парку вантажних вагонів. Тому, роботи з технічного діагностування вантажних вагонів з метою продовження строку їх експлуатації мають бути продовжені. Зокрема, актуальним є удосконалення процедури технічного діагностування вантажних вагонів на підставі вже накопиченого досвіду досліджень за цим напрямком.

3. Запропоновано наступні шляхи удосконалення процедури технічного діагностування вантажних вагоні:

- перед початком робіт з технічного діагностування необхідно проводити аналіз пошкоджень, характерних для досліджуваного типу вагонів;
- необхідно визначити місця найбільш ймовірного розташування пошкоджень та привести ці місця до стану, за якого можливе проведення досліджень методами неруйнівного контролю та недопущення пропуску дефектів;
- після проведення робіт з технічного діагностування необхідно провести аналіз виявлених корозійних пошкоджень елементів вагонів та їх несправностей.

4. Визначені найбільш характерні пошкодження механічного та корозійного характерів залежно від типу досліджуваних вантажних вагонів на підставі багаторічного досвіду проведення технічного діагностування.

Рекомендації.

З метою покращення якості проведення комплексу заходів з технічного діагностування для продовження строку служби вантажних вагонів пропонується застосовувати високоякісне обладнання та передові сучасні засоби та матеріали під час проведення цих робіт методами неруйнівного контролю.

Л І Т Е Р А Т У Р А

1. Сулим А.О., Сафронов О.М., Федосов-Ніконов Д.В., Стринжа А.М.: Сучасний стан та перспективи розвитку парку вантажних вагонів в Україні: оновлення або продовження призначеного строку служби? Залізничний транспорт України. 2021. № 4. с. 4–20. DOI: https://doi.org/10.34029/2311-4061-2021-141-4-04-20

2. Гахович Н.Г. Розвиток вітчизняного вагонобудування та його перспективи. Режим доступу: https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2018/12/51.pdf.

3. Герасимчук В.Г., Липисієнко А.П. Тенденції розвитку машинобудівного комплексу України. Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія «Міжнародні економічні відносини та світове господарство». Ужгород, 2018. Вип. 19, частина 1. с. 75–79.

4. Донченко А.В., Гладких І.В. Сучасна ситуація у залізничній галузі України та залізнична промисловість світу. Збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад». Кременчук: Вид-во ДП «УкрНДІВ», 2012. Вип. 6. с. 8–10.

5. Мурадян Л.А., Мямлін С.В., Шапошник В.Ю. Определение стратегии технического обслуживания и ремонта вагонной техники. Транспортная инфраструктура Сибирского района. Материалы седьмой Всероссийской научно-технической конференции. Иркутск, 2016. С. 369–373.

6. «Напіввагони» Програма та методика технічного діагностування (обстеження технічного стану і контрольні випробування) ПМ 08.169-2014. Кременчук, ДП «УкрНДІВ», 2014. 33 с.

7. «Вагони – хопери криті для зерна» ПМ 01.165-2014. Програма та методика технічного діагностування (обстеження технічного стану та контрольних випробувань) Кременчук, ДП «УкрНДІВ», 2014. 43 с.

8. Вагони – цистерни» ПМ 01.164-2014. Програма та методика технічного діагностування (обстеження технічного стану та контрольних випробувань) Кременчук, ДП «УкрНДІВ», 2014. 37 с.

9 СТП 04-032:2020 Вагони вантажні Настанова з деповського ремонту. Київ, ДП «УкрНДНЦ» 2020. 58 с.

10 ДСТУ 7598:2014 Вагоні вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних). Київ, ДП «УкрНДНЦ» 2014. 157 с.

11 ДСТУ 33211:2017 Вагони вантажні. Вимоги до міцності та динамічних якостей. Київ, ДП «УкрНДНЦ» 2017. 54 с.

D.V. Fedosov-Nikonov
State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»
33 I. Prykhodka St., Kremenchuk, 39621, Ukraine
Tel: (05366) 6-13-84, E-mail: dima.nikonov@outlook.com
ORCID:https://orcid.org/0000-0003-0781-8182

A.M. Strynzha
State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»
33 I. Prykhodka St., Kremenchuk, 39621, Ukraine
Tel.: (05366) 6-13-84, E-mail: lab4.3ukrniiv@gmail.com
ORCID http://orcid.org/0000-0003-3743-7006

V.V. Fedorov
State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»
33 I. Prykhodka St., Kremenchuk, 39621, Ukraine
Tel: (05366) 6-13-84, E-mail: f.vladimir.ua@gmail.com

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0963-7265
V.O. Shushmarchenko
State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»
33 I. Prykhodka St., Kremenchuk, 39621, Ukraine
Tel: (05366) 6-13-84, E-mail: vasylkremen77@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7580-8501

IMPROVEMENT OF THE PROCEDURE FOR CARRYING OUT TECHNICAL DIAGNOSTICS OF FREIGHT WAGONS

The article deals with the improvement of the procedure for inspection of the technical condition of railway cars with an expired service lifetime. The main task of inspection of railway cars is the assessment of service capacity, diagnostics of the technical condition of the cars in operation, and the term of their safe operation. The result of the inspection work is a technical decision regarding the extension of the service life, which indicates the type of repair intended and the detected damage to the elements of the wagons. The procedure for detecting malfunctions of railcar elements includes non-destructive testing methods, such as visual-optical, capillary, ultrasonic, and magnetic powder methods. However, the procedure for detecting malfunctions of wagon elements must take into account the results of a preliminary analysis of data obtained within many years of research in the field of technical assessment of the condition of railway cars that served out the designated service lifetime. Using research data, it is possible to determine with high probability the locations of characteristic malfunctions characteristic of this type of wagons, taking into account the conditions of their operation and the influence of transported goods on the intensity of corrosion processes of car structural elements.

While inspecting the wagons, it is necessary to pay increased attention to the structural elements that are most susceptible to the influence of mechanical and temperature loads, to take into account corrosive factors, such as the moisture accumulation and residual cargo that cause corrosion.

Keywords: *freight cars, non-destructive test methods, corrosion, service lifetime.*

REFERENCES

1. Sulym, A.O., Safronov, O.M., Fedosov-Nikonov, D.V., Strynzha, A.M. (2021). Suchasnyi stan taperspektyvy rozvytku parku vantazhnykh vahoniv v Ukraini: onovlennia abo prodovzhennia pryznachenohostroku sluzhby? [The current state and prospects for the development of freight cars fleet in Ukraine: renovation or extension of the appointed service lifetime?]. *Zaliznychnyi transport Ukrainy-Railway transport of Ukraine, 4*, 4–20. DOI: https://doi.org/10.34029/2311-4061-2021-141-4-04-20 [in Ukrainian]

2. Hakhovych, N.H. *Rozvytok vitchyznianoho vahonobuduvannia ta yoho perspektyvy [Development of domestic railcar construction and its prospects]*. Retrieved from: https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2018/12/51.pdf. [in Ukrainian]

3. Herasymchuk, V.H., & Lypysiienko, A.P. (2018). Tendentsii rozvytku mashynobudivnoho kompleksu Ukrainy [Trends in the development of the machine-building complex of Ukraine]. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho natsionalnoho universytetu. Seriia «Mizhnarodni ekonomichni vidnosyny ta svitove*

hospodarstvo» - Scientific Bulletin of the Uzhhorod National University. Series "International Economic Relations and World Economy", 19, (Part 1), (pp.75–79).Uzhhorod [in Ukrainian]

4. Donchenko, A.V., & Hladkykh, I.V. (2012). Suchasna sytuatsiia u zaliznychnii haluzi Ukrainy ta zaliznychna promyslovist svitu [The current situation in the railway industry of Ukraine and the railway industry of the world]. *Zbirnyk naukovykh prats «Reikovyi rukhomyi sklad» - Collection of scientific works "Railbound Rolling Stock*", 6, 8–10. Kremenchuk: SE «UkrNDIV», [in Ukrainian]

5. Muradyan L.A., Myamlin S.V., Shaposhnik V.Yu. (2016). Opredelenie strategii tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta vagonnoj tekhniki. Transportnaya infrastruktura Sibirskogo rajona [Determination of the strategy for maintenance and repair of wagon equipment. Transport infrastructure of the Siberian region]. Proceedings from the seventh All-Russian scientific and technical conference (pp. 369–373). Irkutsk [in Russian]

6. «Napivvahony» Prohrama ta metodyka tekhnichnoho diahnostuvannia (obstezhennia tekhnichnoho stanu i kontrolni vyprobuvannia) [Open wagons" Program and procedure for technical diagnostics (inspection of technical condition and routine tests). (2014). *PM 08.169-2014*. Kremenchuk: SE "UkrNDIV" [in Ukrainian]

7. «Vahony – khopery kryti dlia zerna» Prohrama ta metodyka tekhnichnoho diahnostuvannia (obstezhennia tekhnichnoho stanuta kontrolnykh vyprobuvan) [Covered wagons –hoppers for grain. Program and procedure for technical diagnostics (inspection of technical condition and routine tests). (2014). *PM 01.165-2014*. Kremenchuk: SE "UkrNDIV" [in Ukrainian]

8. Vahony – tsysterny. Prohrama ta metodyka tekhnichnoho diahnostuvannia (obstezhennia tekhnichnoho stanu ta kontrolnykh vyprobuvan) [Car – tanks. Program and procedure for technical diagnostics (inspection of technical condition and routine tests). (2014). *PM 01.164-2014*. Kremenchuk: SE "UkrNDIV" [in Ukrainian]

9. Vahony vantazhni. Nastanova z depovskoho remontu [Freight wagons. Instructions for depot repair]. *STP 04-032:2020.* [in Ukrainian]

10. Vahony vantazhni. Zahalni vymohy do rozrakhunkiv ta proektuvannia novykh i modernizovanykh vahoniv kolii 1520 mm (nesamokhidnykh) [Freight wagons. General requirements for calculations and design of new and modernized wagons of 1520 mm gauge (non-self-propelled). (2014). *DSTU 7598:2014*. Kyiv: SE "UkrNDNTs" [in Ukrainian]

11. Vahony vantazhni. Vymohy domitsnosti ta dynamichnykh yakostei [Freight wagons. Requirements for strength and dynamic qualities]. (2017). *DSTU 33211:2017*. Kyiv: SE "UkrNDNTs" [in Ukrainian].

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ

1. Редакція ДП «УкрНДІВ» на постійній основі здійснює прийом наукових та науково-технічних статей в збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад», який виходить два рази на рік (червень, грудень поточного року), з такими термінами подання статей до редакційної колегії:

до 15 травня (термін видання – червень);

до 15 листопада (термін видання – грудень).

Мова видання: українська, англійська, німецька.

2. Критерії відбору статей редакційною колегією

До друку у Збірнику приймаються лише наукові статті, які відповідають тематичному спрямуванню журналу та мають такі необхідні елементи:

- постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями;
- аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми і на які спирається автор,
- виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття; формулювання цілей статті (постановка завдання);
- виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів;
- висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку.

З метою дотримання зазначених вище вимог слід **жирним шрифтом виділити такі елементи статті: вступ, постановка проблеми, аналіз останніх досліджень і публікацій, мета статті, методи дослідження, висновки**.

- дотримано науковий стиль викладення матеріалу статті
- оформлено посилання на кожне запозичення у тексті та відображено джерела у бібліографічному списку.
- обсяг статті не менше ніж 8 сторінок, та не більше ніж 25 сторінок.

Усі статті проходять процедуру експертної оцінки статей (перевірку на плагіат, здійснення редколегією внутрішнього та зовнішнього (за необхідністю) незалежного рецензування статей, що готуються до опублікування.

3. До редколегії Збірника має бути подано:

1. електронний варіант статті у форматі DOC,
2. рецензію на статтю;
3. експертний висновок про можливість опублікування матеріалів;
4. витяг з протоколу засідання кафедри чи лабораторії або наукового підрозділу, що рекомендує статтю до друку;
5. довідку про авторів (порядковий номер (верхній індекс – арабська цифра та додатково зірочка для автора-кореспондента), місце роботи, науковий ступінь, вчене звання, повна поштова адреса (вулиця, корпус, будинок, назва населеного пункту, країна, індекс), номери телефонів, електронна пошта та ORCID двома мовами – українською та англійською. Збір та обробка персональних даних здійснюються відповідно до вимог Закону України «Про захист персональних даних».
6. структуровану анотацію українською та англійською мовами (мета, методика, результати, наукова новизна, практична значимість) одним абзацем, обсягом від

250 до 300 слів з вирівнюванням по ширині. Анотація має обов'язково містити ключові слова (5 – 10 слів).

7. ліцензійний договір на використання твору (за умови прийняття статті до друку).

8. статтю, оформлену згідно вимог і завізовану власноручно підписом автора, за умови прийняття статті до друку. Відповідальність за матеріали, наведені у статті, несе автор.

4. Вимоги до рукопису:

Матеріал треба викладати стисло, послідовно, стилістично грамотно. Не допускаються повтори, а також зайві подробиці під час переказу раніше опублікованих відомостей – замість цього подаються посилання на літературні джерела.

Текстові матеріали готуються та друкуються на аркушах білого односортного паперу з використанням комп'ютерних текстових редакторів MS Word for Windows, для набору формул використовують вбудовані редактори рівнянь, табличні матеріали можуть готуватись з використанням електронних таблиць (MS Excel). При цьому має застосовуватись шрифт Times New Roman.

Цитати, таблиці, статистичні дані, цифрові показники, що підвищують рівень аналітичних матеріалів, подаються з посиланням на джерела. Відповідальність за наведені показники несе автор. Терміни та позначення повинні відповідати чинним стандартам. Одиниці вимірювання слід подавати лише за міжнародною системою одиниць SI чи в одиницях, допущених до застосування в Україні згідно з вимогами чинних державних стандартів.

Остання сторінка статті має бути заповнена текстовою інформацією не менше, ніж на 50 відсотків.

Для авторів – не громадян України переклад назви статті, відомостей про автора, анотації та ключових слів на українську мову не є обов'язковим.

5. Вимоги до технічного оформлення статей

5.1. Параметри сторінки Збірника встановлені такі:

- розмір сторінки – 210х297 (А4)
- орієнтація книжна
- поля верхні та бокові – 35 мм;
- поле нижнє – 45 мм;
- відступ від верхнього колонтитула – 12 мм;
- відступ від нижнього колонтитула – 20 мм.

Верхній і нижній колонтитули, а також номери сторінок не вводити.

5.2. Матеріали набирають такими шрифтами:

- **УДК** – 11 пунктів, курсив, вирівнювання тексту по лівому краю;
- **автори** – 12 пунктів, напівжирний курсив вирівнювання тексту по лівому краю;
- **НАЗВА СТАТТІ** – усі прописні літери, 12 пунктів, напівжирний вирівнювання тексту по центру;
- **анотація** – 11 пунктів, напівжирний курсив вирівнювання тексту по ширині;
- **Ключові слова** (5–12 окремих слів та/або у складі декількох словосполучень) – з вирівнюванням по ширині

• **основний текст** – 11 пунктів, звичайний вирівнювання тексту по ширині;
• ***слова Рисунок, Таблиця, Діаграма, Схема та їхні номери*** – 11 пунктів, курсив;

Рис. 1. **Зовнішній вигляд**
Таблиця 1. – **Окремі характеристики**

• **назви рисунків, таблиць, діаграм, схем** – 11 пунктів, напівжирний, вирівнювання тексту по центру;
• **© Дьоміна А. К., 2018** – 12 пунктів, напівжирний курсив вирівнювання тексту по лівому краю;
• **заголовки в підрозділі** – 11 пунктів, напівжирний, вирівнювання тексту по лівому краю.
• **ЛІТЕРАТУРА**– 11 пунктів, напівжирний, вирівнювання тексту по центру;
• **блок англійською мовою та латиницею** – формат відповідає вимогам до оформлення статті: повний список (спів)авторів; відомості про (спів)авторів; назва статті; анотація; ключові слова. Розташовується по ширині сторінки після ЛІТЕРАТУРИ.
• **Джерела в списку** – 9 пунктів звичайним шрифтом, вирівнювання тексту по ширині;

5.3. Інтервали між елементами матеріалу такі:
• УДК – автори – 2;
• автори – назва статті – 3;
• назва статті – анотація – 2;
• анотація – основний текст – 1;
• основний текст –назва таблиці (верхній край рисунка, схеми, діаграми) –2;
• назва таблиці – її верхній край (нижній край рисунка, діаграми, схеми – їхні назви)– 1;
• нижній край таблиці (назва рисунка, діаграми, схеми) – основний текст –2:
• основний текст – знак авторського права – 1;
• основний текст – ЛІТЕРАТУРА – 1;
• ЛІТЕРАТУРА – список літератури – 1.
• Текст, формули, таблиці, рисунки, діаграми, схеми розміщуються на сторінці в одній колонці. Відступ першого рядка абзацу – 5 мм, інтервал між рядками – одинарний.
• Кожна наступна адреса та дані для листування починаються з нового рядка. (TNR 9, начертання звичайне, інтервал перед блоком – 0 пт, після – 12 пт).
• Не рекомендовано:
- здійснювати ущільнення або розрідження інтервалів між літерами;
- відбивати абзаци табуляціями або багаторазовими пробілами;
- між ініціалами та прізвищем ставиться нерозривний пробіл (Ctrl+Shift+пробіл).

5.4. Вимоги до таблиць, діаграм, ілюстративного матеріалу:
Усі рисунки, таблиці, діаграми повинні мати назви та номери (у випадку, коли в одному матеріалі міститься два і більше названих елементів):

Якщо після тематичного заголовка підпису наводиться розшифрування, то між ними ставиться двокрапка і розміщену далі розшифровку набирають шрифтом 9 пт, наприклад:

Рис. 15. **Дискове гальмо:**
1– гальмівний диск; 2 – кліщовий механізм

Слід використовувати лише графічні елементи, виконані у графічних редакторах із високою якістю деталей.

Також ілюстрації надаються у вигляді окремих файлів формату JPEG, TIFF (для растрових) або PSD (для растрових, виконаних у Photoshop), CDR (для векторних, виконаних в CorelDRAW). Фотографії повинні бути чіткими і контрастними. Якщо на фотографіях потрібно вказати номери (позиції), то це виконується у програмі Photoshop.

Написи на ілюстрації можливі двох видів: 1) написи на самій ілюстрації проти відповідних деталей; 2) позначення цифрами або літерами з виносом тексту написів у відповідний текст або під рисунком підпис. У статтях, призначених для кваліфікованого читача, немає потреби зберігати написи на ілюстраціях, тобто другий варіант є прийнятнішим.

Написи набираються шрифтом Times New Roman, кегль 10 пт, накреслення світле, курсивне.

Назви та номери таблиць розміщується над таблицями, а рисунків, діаграм, схем – під ними. Відривати назви від зазначених елементів забороняється. Посилання в тексті на таблиці даються у скороченому вигляді: «табл. 1», – звичайним шрифтом.

У статті тільки в разі нагальної потреби і в обмеженій кількості допускаються таблиці, розгорнуті по вертикалі (альбомна орієнтація).

Таблиці набираються в Microsoft Word.

Однакові за характером таблиці повинні бути оформлені одноманітно по всьому виданню (шрифти, лінійки, заголовки і графи, розбивка між рядками і т.д.).

Таблиця має бути надрукована якомога ближче до першого посилання на неї в тексті.

Якщо таблиця не вміщається на одній сторінці, всі її колонки нумерують, а над перенесеною частиною таблиці справа надписують: «Продовження табл. 1» або «Закінчення табл. 1»

- **Забороняється** розміщувати окремі об’єкти (ілюстрації, підрисуночні підписи, формули) у середині **таблиці!**

5.5. Вимоги до формул:

При використанні формул необхідно дотримуватися певних техніко-орфографічних правил.

Графічні файли з формулами, графіками, рисунками, схемами та фотографіями повинні бути розташовані в тексті в рамці MS Word. Номер формули проставляється справа в кінці рядка, в круглих дужках, не виходячи на поле. Формули розташовуються на сторінці по центру. Між ними та текстом витримують інтервал в один рядок.

Вводяться вони в графічному редакторі «Equation Editor» для «Windows». Латинські літери та позначення величин (символи) набирають курсивом, українські та російські літери – тільки прямим шрифтом.

Пояснення значень символів і числових коефіцієнтів треба подавати безпосередньо під формулою в тій послідовності, в якій вони дані у формулі. Значення кожного символа і числового коефіцієнта треба подавати з нового рядка. Перший рядок пояснення починають зі слова «де» без двокрапки.

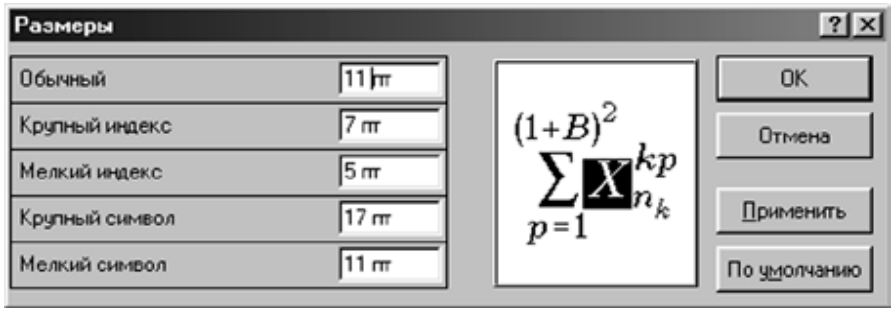
Рівняння і формули треба виділяти з тексту вільними рядками. Вище і нижче кожної формули потрібно залишити не менше одного вільного рядка. Якщо рівняння не вміщується в один рядок, його слід перенести після знака рівності (=) або після знаків плюс (+), мінус (–), множення (·) і ділення (:).

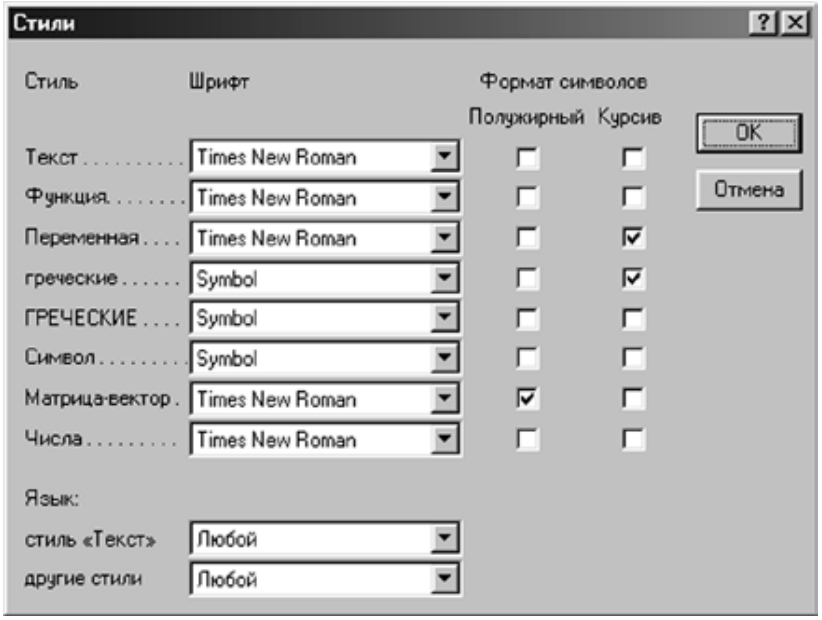
Загальне правило пунктуації в тексті з формулами таке: формула входить до речення як його рівноправний елемент. Тому в кінці формул і в тексті перед ними розділові знаки ставлять відповідно до правил пунктуації.

Двокрапку перед формулою ставлять лише у випадках, передбачених правилами пунктуації: а) у тексті перед формулою є узагальнююче слово; б) цього вимагає побудова тексту, що передує формулі.

Розділовими знаками між формулами, котрі йдуть одна за одною і не відокремлені текстом, можуть бути кома або крапка з комою безпосередньо за формулою до її номера.

Параметри редактора формул:





Для перевірки правильності написання формул просимо надавати публікацію також в **PDF** форматі, тому що різні версії програмного забезпечення текстових редакторів можуть бути несумісні і змінювати зміст статті.

5.6. ЛІТЕРАТУРА (бібліографічний опис джерел, використаних при підготовці статті, мовою оригіналу) та оформлений згідно зі стандартом ДСТУ 8302:2015.

- обсяг – 7-20 джерел (за виключенням оглядових статей);
- більша частина джерел має відображати сучасний стан наукових досліджень та бути не старша 10 років;
- doi, за наявності, має бути наведено у кінці посилання

- Всі бібліографічні описи джерел подаються мовою оригіналу. При посиланні на використану літературу потрібно зазначити назву використаного видання та (у квадратних дужках звичайним шрифтом) його номер у списку, наприклад: «...і визначаються тарифною схемою Прейскуранта 0–01 [2]».

- самоцитування не має перевищувати 20 % від загальної кількості посилань

- у переліку бажано зазначити сучасну англомовну літературу з ретроспективою не більше 5 років.

- після англомовної анотації подається **References** – транслітерований список літератури (латинськими літерами), оформлений згідно стандарту APA (American Psychological Association).

Транслітерований список літератури, відповідно до вимог наукометричних баз SCOPUS та Web of Science, є повним аналогом списку літератури і виконується шляхом транслітерації мови оригіналу латиницею. При цьому порядок і кількість джерел у списку літератури мають залишатися незмінними. Посилання на англомовні джерела не транслітеруються.

Під час складання транслітерованого списку літератури рекомендовано користуватися положеннями Постанови КМ України від 27 січня 2010 року № 55 «Про впорядкування транслітерації українського алфавіту латиницею» затверджує офіційну транслітерацію українського алфавіту латиницею та встановлює діючі правила транслітерації прізвищ та імен громадян України латиницею в закордонних паспортах. Он-лайн транслітератор (http://translit.kh.ua/?passport). Також на сайті http://shub123.ucoz.ru/Sistema_transliterazii.html можна безкоштовно скористатись програмою транслітерації російського тексту в латиницю з точки зору Правил транслітерації Держдепартаменту США.

REQUIREMENTS FOR DRAWING-UP OF ARTICLES

1. The Editorial Board of SE "UkrNDIV" on an ongoing basis accepts scientific and scientific and technical articles to be published in the Collection of scientific works "Railbound Rolling Stock", which is published twice a year (June, December of the current year), with the following deadlines for submitting articles to the Editorial Board :

until May 15 (the publication deadline is June);

until November 15 (the publication deadline is December).

Publication languages are Ukrainian, English, German.

2. Criteria for the selection of articles by the Editorial Board

Only scientific articles that correspond to the topic areas of the journal and have the following necessary elements are accepted for publication:

- statement of the problem in a general form and its connection with important scientific or practical tasks;
- analysis of the latest research and publications in which the solution to this problem was initiated and on which the author relies,
- selection of previously unresolved parts of the general problem, to which the specified article is devoted; formulation of the objects of the article (statement of the task);
- presentation of the main material of the research with a full justification of the obtained scientific results;
- conclusions from this study and prospects for further exploration in this direction.

In order to comply with the above requirements, the following elements of the article should be highlighted in bold: Introduction, Problem statement, Analysis of recent research and publications, Purpose of the article, Research methods, Conclusions.

- the scientific style of presenting the material of the article is observed
- each borrowing in the text is referenced and the sources are set in the bibliographic list.
- the length of the article is not less than 8 pages, and not more than 25 pages.

3. The following items should be submitted to the Editorial Board:

1. electronic version of the article in DOC format,
2. a review of the article;
3. expert opinion on the possibility of publishing materials;
4. extract from the minutes of the meeting of the department or laboratory or scientific unit recommending the article for publication;
5. certificate about the authors (serial number (upper index – Arabic numeral and additionally an asterisk for the corresponding author), place of work, scientific degree, academic title, full postal address (street, building, name of the settlement, country, index), phone numbers, e-mail and ORCID in two languages - Ukrainian and English. The collection and processing of personal data is carried out in accordance with the requirements of the Law of Ukraine "On the Protection of Personal Data".
6. a structured abstract in Ukrainian and English (purpose, methodology, results, scientific novelty, practical significance) in one paragraph, from 250 to 300 words with width alignment. The abstract must necessarily contain keywords (5-10 words).
7. license agreement for the use of the work (subject to acceptance of the article for publication).

8. an article prepared according to the requirements and endorsed by the author's handwritten signature, provided that the article is accepted for publication. The author is responsible for the materials presented in the article.

4 Requirements for the manuscript:

• The material should be presented concisely, consistently, stylistically competently. Repetitions and redundant details are not allowed when retelling previously published information. References to literary sources are provided instead.

• Text materials are prepared and printed on sheets of white single-grade paper using MS Word for Windows computer text editors, built-in equation editors are used to set formulas, tabular materials can be prepared using electronic spreadsheets (MS Excel). Times New Roman font should be used.

• Citations, tables, statistical data, digital indicators, which increase the level of analytical materials, are provided with references to sources. The author is responsible for the given indicators. Terms and designations must comply with applicable standards. Units of measurement should be provided only according to the international SI system of units or in units approved for use in Ukraine in accordance with the requirements of current state standards.

• The last page of the article should be filled with text information at least 50 percent.

• For authors who are not citizens of Ukraine, the translation of the title of the article, information about the author, abstract and keywords into Ukrainian is not mandatory.

5. Requirements for formatting of articles

5.1. The parameters of the page are set as follows:

• page size is 210x297 (A4)
• book orientation
• top and side margins – 35 mm;
• lower margin – 45 mm;
• indentation from the upper footer – 12 mm;
• indentation from the footer – 20 mm.

Headers and footers, as well as page numbers, should not be entered.

5.2. Materials are typed in the following fonts:

• **UDC** – 11 points, italics, text alignment on the left edge;
• **authors** – 12 points, semi-bold italic text alignment on the left edge;
• **TITLE OF THE ARTICLE** – all capital letters, 12 points, bold text alignment in the center;
• **abstract** – 11 points, bold italic text alignment;
• **Keywords** (5–12 individual words and/or as part of several word combinations) – with width alignment
• **body text** – 11 points, normal alignment of the text in width;
• **words Figure, Table, Diagram, Scheme and their numbers** - 11 points, italics;

Fig. 1. **Appearance**
Table 1. – **Specific characteristics**

• **names of figures, tables, diagrams, schemes** - 11 points, bold, text alignment in the center;

• **© Dyomina A. K., 2018** – 12 points, semi-bold italic text alignment on the left edge;

• **headings in the subsection** – 11 points, bold, aligning the text on the left edge.

• **REFERENCES** – 11 points, bold, text aligned in the center;

• **a block in English and Latin** – the format meets the requirements for the design of the article: a complete list of (co)authors; information about (co)authors; title of the article; Abstract; Keywords. It is located across the page after REFERENCES.•

REFERENCES – 9 points in normal font, aligning the text by width;

5.3. Spaces in text are as follows:

• UDC – authors – 2;

• authors – title of the article – 3;

• title of the article – abstract – 2;

• abstract – main text – 1;

• main text – name of the table (top edge of figure, scheme, diagram) – 2;

• the name of the table – its upper edge (the lower edge of the figure, diagram, scheme – their names) – 1;

• the lower edge of the table (name of figure, diagram, scheme) – main text –2:

• main text – copyright sign – 1;

• main text – REFERENCES – 1;

• REFERENCES - list of references - 1.

• Text, formulas, tables, figures, diagrams, schemes are placed on the page in one column. The indentation of the first line of the paragraph is 5 mm, the spacing between lines is single.

• Each subsequent address and correspondence data starts on a new line. (TNR 9, normal drawing, interval before the block - 0 pt, after - 12 pt).

• Not recommended:

- to compact or thin the intervals between letters;

- set off paragraphs with tabs or multiple spaces;

- a non-breaking space is placed between the initials and the last name (Ctrl+Shift+space).

5.4. Requirements for tables, diagrams, illustrative material:

All figures, tables, diagrams must have names and numbers (in the case when the same material contains two or more named elements):

If a transcript is given after the thematic title of the signature, then a colon shall be placed between them and the transcript placed next is typed in 9 pt font, for example:

Fig. 15.**Disc brake:**
1 – brake disc; 2 – pincer mechanism

Only graphic elements made in graphic editors with high quality details should be used.

Illustrations are also provided as separate JPEG, TIFF (for bitmaps) or PSD (for bitmaps made in Photoshop), CDR (for vector files made in CorelDRAW) formats.

Photos should be clear and contrast. If you need to specify numbers (positions) on photos, then this is done in Photoshop.

There are two types of inscriptions on the illustration: 1) inscriptions on the illustration itself against the corresponding details; 2) marking with numbers or letters with the text of the inscriptions inserted into the appropriate text or a signature under the drawing. In articles intended for a qualified reader, there is no need to save captions on illustrations, that is, the second option is more acceptable.

Inscriptions are typed in Times New Roman font, 10 pt point, light, italic.

Names and numbers of tables are placed above the tables, and figures, diagrams, schemes - below them. It is forbidden to separate the names from the specified elements. References in the text to tables are given in abbreviated form: "table. 1", in normal font.

In the article, only in case of urgent need and in a limited number, tables deployed vertically (landscape orientation) are allowed.

Tables are typed in Microsoft Word.

Tables of the same nature must be designed uniformly throughout the publication (fonts, rulers, headings and columns, breakdown between lines, etc.).

The table should be printed as close as possible to the first reference to it in the text.

If the table does not fit on one page, all its columns should be numbered, and above the transferred part of the table on the right "Continuation of the Table 1" or "End of Table. 1" should be written:

• It is forbidden to place separate objects (illustrations, captions, formulas) in the middle of the table!

5. 5. Requirements for formulas:

• Certain technical and spelling rules must be followed when using formulas.

• Graphical files with formulas, graphs, figures, diagrams and photographs must be located in the text in the MS Word frame. The number of the formula is placed on the right at the end of the line, in round brackets, without entering the field. Formulas are located in the center of the page. Between them and the text there is an interval of one line.

• They are entered in the graphic editor "Equation Editor" for "Windows". Latin letters and designations of values (symbols) are typed in italics, Ukrainian and Russian letters - only in straight font.

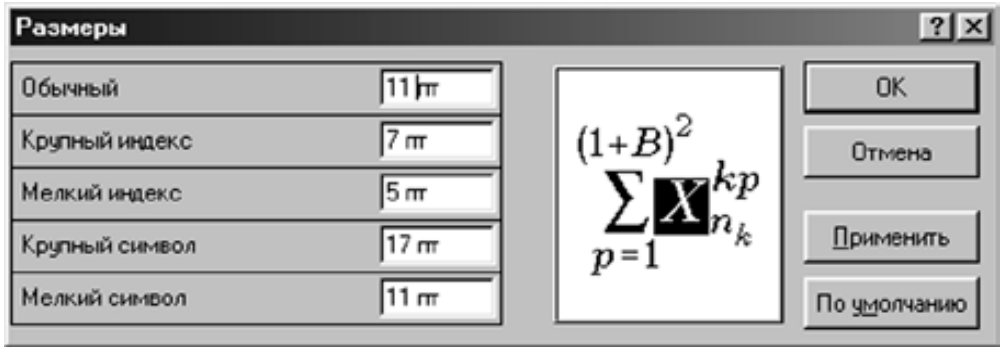
• Explanations of the values of symbols and numerical coefficients should be given directly below the formula in the sequence in which they are given in the formula. The value of each symbol and numerical coefficient must be entered on a new line. The first line of the explanation begins with the word "de" without a colon.• Equations and formulas should be separated from the text by free lines. Above and below each formula, you must leave at least one free line. If the equation does not fit on one line, it should be moved after the equal sign (=) or after the plus (+), minus (–), multiplication (•), and division (:) signs.

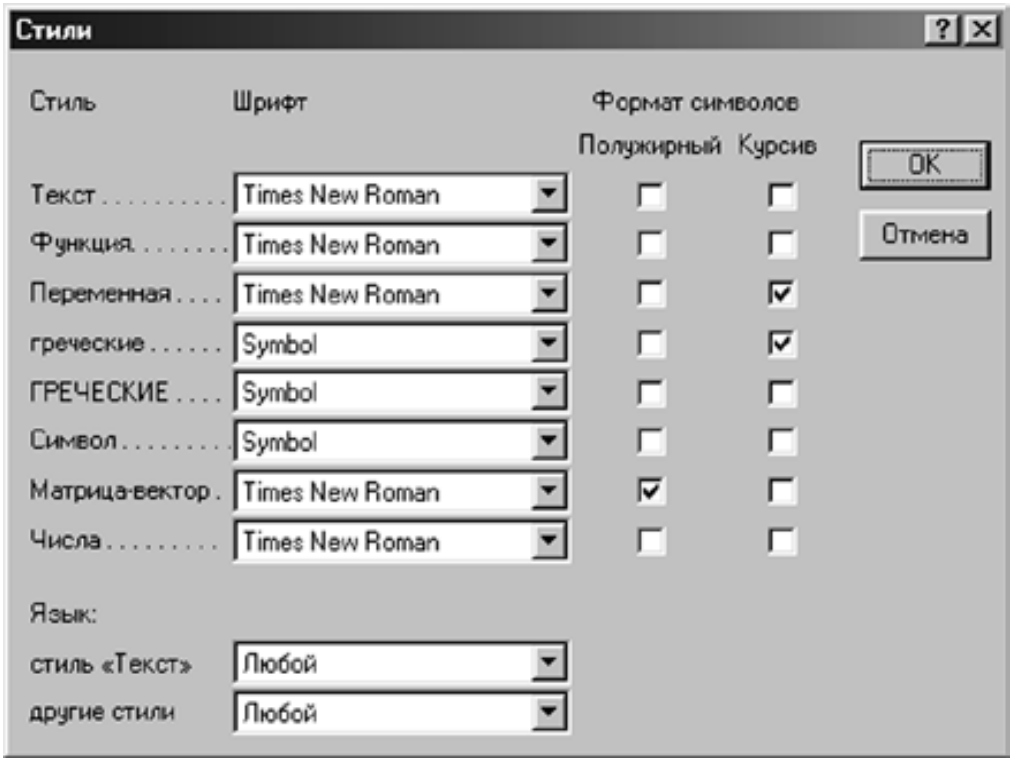
• The general rule of punctuation in a text with formulas is as follows: the formula enters the sentence as its equal element. Therefore, punctuation marks are placed at the end of formulas and in the text before them in accordance with the rules of punctuation.

• A colon is placed before the formula only in the cases stipulated by the rules of punctuation: a) there is a generalizing word in the text before the formula; b) this is required by the construction of the text preceding the formula.

• Delimiters between formulas that follow one another and are not separated by text can be a comma or a semicolon directly after the formula to its number.

• Parameters of the formula editor:





To check the correctness of writing the formulas, please provide the publication also in PDF format, because different versions of text editor software may be incompatible and change the content of the article.

5.6. REFERENCES (bibliographic description of the sources used in the preparation of the article, in the original language) and issued in accordance with the DSTU 8302:2015 standard.

• volume – 7-20 sources (excluding review articles);

• most of the sources should reflect the current state of scientific research and be no older than 10 years;

• doi, if available, should be given at the end of the reference

All bibliographic descriptions of sources are provided in the original language. When referring to the used literature, the name of the used edition and (in square brackets in normal font) its number in the list should be indicated, for example: "...and are determined by the tariff scheme of the Price List 0-01 [2]".

- self-citation should not exceed 20% of the total number of references

- in the list, it is desirable to indicate modern English-language literature with a retrospective of no more than 5 years.

- after the English-language annotation, References is submitted - a transliterated list of references (in Latin letters), designed according to the ARA (American Psychological Association) standard.

The transliterated bibliography, in accordance with the requirements of the SCOPUS and Web of Science scientometric databases, is a complete analogue of the bibliography and is performed by transliterating the original language in Latin. At the same time, the order and number of sources in the bibliography should remain unchanged. Links to English-language sources are not transliterated.When compiling the transliterated list of literature, it is recommended to use the provisions of Resolution No. 55 of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated January 27, 2010 "On regulating the transliteration of the Ukrainian alphabet into Latin" which approves the official transliteration of the Ukrainian alphabet into Latin and establishes the current rules for transliterating surnames and names of citizens of Ukraine into Latin in foreign passports. Online transliterator (http://translit.kh.ua/?passport). Also, on the website http://shub123.ucoz.ru/Sistema_transliterazii.html you can use the program for transliteration of Russian text into Latin according to the Transliteration Rules of the US Department of State for free.

Наукове та науково-виробниче видання

Збірник наукових праць
«Рейковий рухомий склад»
«Railbound rolling stock»

ДЕРЖАВНОГО ПІДПРИЄМСТВА
«УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ ВАГОНОБУДУВАННЯ»

Випуск 26
(українською та англійською мовами)

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації серії КВ № 23892-13732Р від 19.04.2019 р., видане Державною реєстраційною службою України

Статті друкуються мовою оригіналу.

Головний редактор: Сафронов О.М.
Відповідальний за випуск: Гладких І.В.
Комп'ютерна верстка: Брусило Д.О.

Підписано до друку 27.06.2023 р.
Формат паперу 60х84 $^{1}/_{8}$ Умовн. друк. арк. 10,7 Тираж 100 пр.

Видавництво ДП «УкрНДІВ»
Адреса редакції, видавця:
вул. І. Приходька, 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621
www.ukrndiv.com.ua