

### **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 <https://orcid.org/0000-0001-8144-8971>

### **Ю.С. Павленко**

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування», вул. І. Приходька, 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна  
Телефон: (05366) 6-12-57, E-mail: usp.mmm.un@gmail.com  
ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8612-3228>

### **О.М. Білецький**

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування», вул. І. Приходька, 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна  
Телефон: (05366) 6-12-57, E-mail: biletskyi81@gmail.com  
ORCID <https://orcid.org/0009-0006-1729-2777>

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ НЕСУЧИХ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ ВАГОНІВ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦІ ГРУЗІЇ

*В статті проаналізовано експлуатаційний парк тягового електрорухомого складу залізниці Грузії. Встановлено, що більшу частину експлуатаційного парку, який використовується в приміських перевезеннях, складають електропоїзди Ризького вагонобудівного заводу, що виступили призначений строк служби. Обґрунтовано необхідність продовження строку експлуатації наявним вагонам електрорухомого складу як альтернативи придбання нових.*

*Проведено науково-експериментальні дослідження технічного стану вагонів тягового електрорухомого складу, їх несучих металоконструкцій з метою визначення фактичного залишкового ресурсу та прийняття обґрунтованого рішення про доцільність проведення модернізації з продовженням строку експлуатації обстежених вагонів.*

*Проведено обстеження технічного стану всіх наданих вагонів та за результатами досліджень визначено фактичний залишковий ресурс кожного з них. Встановлено, що механічні пошкодження елементів металоконструкцій кузовів вагонів практично відсутні. Виявлено значні локальні корозійні пошкодження елементів на шворневій балці в зоні розташування туалетів. При цьому загальний технічний стан шворневої балки є повністю задовільним. Виявлені корозійні пошкодження основних несучих елементів металоконструкцій мають локальний характер та не перевищують допустимих значень. Обстежені металофон-*

© Сулим А.О., Павленко Ю.С., Білецький О.М., 2023

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

---

*струкції кузовів вагонів електропоїздів типу EP2 мають незначні пошкодження механічного та корозійного характеру.*

*Обґрунтовано можливість проводити вагонам електропоїздів типу EP2 модернізацію з продовженням строку експлуатації на 5 років за результатами визначення їх фактичного залишкового ресурсу.*

*Ключові слова: вагон, експлуатаційний парк, електрорухомий склад, залишковий ресурс, несуча металоконструкція, строк служби.*

**Вступ та постановка проблеми.** Експлуатаційний парк тягового електрорухомого складу (ЕРС) залізниці Грузії на даний час представлений електропоїздами постійного струму виробництва компаній Stadler Rail AG (Швейцарія), CSR Nanjing Puzhen (Китай) та Ризького вагонобудівного заводу (Латвійська Республіка). Даний рухомий склад був придбаний в різні роки, має різний вік експлуатації та відповідно знаходиться в різному технічному стані. Більшу половину експлуатаційного парку, який використовується в приміських перевезеннях, складають електропоїзди Ризького вагонобудівного заводу, побудованих ще в часи колишнього СРСР. Призначений строк служби таких вагонів складає 32 роки, тому на даний час вагони, які виступили призначений строк служби, не експлуатуються. Можливість продовження їх експлуатації потребує відповідного обґрунтування. Загальний вигляд головного причіпного вагона електропоїзда EP2 з модифікованою кабіною машиніста наведено на рисунку 1.



*Рис. 1. Головний причіпний вагон електропоїзда EP2 з модифікованою кабіною машиніста*

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

---

З іншого боку, придбання нового ЕРС в достатній кількості на заміну того, що виступив призначений строк, потребує значних фінансових витрат. Тому Грузинська залізниця сьогодні вимушена шукати рішення, які є альтернативними придбання нового ЕРС. Одним з таких рішень є продовження строку експлуатації наявного ЕРС з модернізацією окремих вузлів та агрегатів, у першу чергу того, що виступив призначений строк.

**Аналіз останніх досліджень.** Продовження строку експлуатації залізничному рухомому складу, що виступив призначений строк, є розповсюдженням напрямком його подальшого розвитку, який дозволяє зекономити значні обсяги коштів, запобігти різкому скороченню експлуатаційного парку та забезпечити стабільність залізничних перевезень. Цей напрям подальшого розвитку свого експлуатаційного парку обирають чимало залізниць різних країн, якщо металоконструкція їх залізничного рухомого складу має певний залишковий ресурс. Наприклад, АТ «Укрзалізниця» внаслідок недостатнього фінансового забезпечення має сталу практику продовження строку експлуатації свого залізничного рухомого складу. Тому, науково-експериментальні дослідження у цьому напрямку останнім часом активно проводились, а їх результати опубліковані у багатьох наукових роботах.

Так, в роботі [1] виконано оцінку залишкового ресурсу конструкції кузова пасажирського вагона за умов прикладення експлуатаційних навантажень, що відповідають 10 рокам експлуатації. За результатами виконаних статичних випробувань, ударних ресурсних випробувань із високим ступенем достовірності підтверджено новий строк служби пасажирського вагона. В праці [2] виконано оцінку залишкового ресурсу конструкції кузова пасажирського вагона із осередками корозії хребтової балки. В роботі [3] досліджено міцність несних конструкцій пасажирських вагонів на підставі експериментальних статичних та ударних на міцність випробувань, ресурсних випробувань на дію поздовжніх сил. Встановлено, що під час виконання планових видів ремонту особливу увагу потрібно приділяти на стан нижньої обв'язки та стійок. В дослідженні [4] виконано аналіз залишкового ресурсу пасажирських вагонів купейного та відкритого типів. У статтях [5, 6] проведено дослідження залишкового ресурсу несучих металоконструкцій пасажирських вагонів на основі результатів технічного діагностування та типових випробувань. У публікації [7] розглянуті питання технічного стану кузовів пасажирських вагонів та проведений аналіз їх зносу. В статті [8] наведено дослідження залишкового ресурсу рам візків спеціального рухомого складу на базі пасажирських вагонів. В статті [9] виконано аналіз технічного стану елементів рами пасажирських вагонів та отримано залежності корозійного зносу елементів рами під час експлуатації.

У роботі [10] досліджено корозійний знос несучих металевих конструкцій та кузовів напіввагонів моделей 12-532 та 12-757. Робота [11] присвячена визначенню залишкового ресурсу напіввагонів моделі 12-532 та можливості продовження їх експлуатації в межах України понад полуторний строк. В статті [12] оцінено залишковий ресурс несучої металоконструкції вагона-зерновоза моделі 19-752. В роботі [13] виконано оцінку залишкового ресурсу несучих металевих конструкцій вагону-повірочних вагонів та візка УВЗ-9М, які експлуатуються на залізницях України. У статті [14] розглянуто питання дослідження корозійних пошкоджень елементів конструкції напіввагонів, впливу вантажів, що перевозяться в вагонах, на швидкість корозійних процесів. У публікації [15] проведено дослідження залишкового ресурсу несучих металевих конструкцій вагонів хопер-дозаторів та думпкарів (самоскидів) на основі результатів технічного діагностування та типових випробувань.

У статтях [16, 17] наведено результати технічного обстеження та контрольних ресурсних випробувань на циклічну довговічність несучих елементів конструкції вагонів-хоперів для перевезення окатишів.

У статті [18] розглянуті питання міцності та продовження строку служби несучих конструкцій тягового та моторвагонного рухомого складу залізниць України. Статтю [19] присвячено дослідженню ресурсу несучих конструкцій тепловозів серії 2TE10, які експлуатуються в АТ «Укрзалізниця», щодо можливості їх подальшої безпечної експлуатації з продовженим терміном служби щонайменше 20 років, у тому числі при виконанні комплексної модернізації. В статті [20] визначено можливість продовження строку служби тепловозів серії ЧМЕЗ щонайменше на 6 років. Стаття [21] присвячена оцінці технічного стану несучих конструкцій електровозів ВЛ60 та доцільності їх експлуатації в подальшому. В статтях [22, 23] наведено результати проведених науково-експериментальних досліджень технічного стану та залишкового ресурсу металоконструкцій кузовів вагонів метрополітену моделі 81-717/714, що виступили призначений термін.

Аналіз опублікованих робіт [1–23] дозволив встановити, що переважна частина цих робіт присвячена продовженню строку експлуатації різного типу залізничного рухомого складу, що експлуатувався на території України. Менша частина розглянутих праць стосується продовженню експлуатації залізничного рухомого складу, що експлуатується на території інших країн. При цьому результати досліджень в напрямку продовження експлуатації залізничного рухомого складу та оцінки його залишкового ресурсу, що експлуатувався в умовах залізниці Грузії, в цих роботах не наводяться.

Слід зазначити, що залізничний рухомий склад парку Грузії має свої особливості експлуатації, які відмінні від умов експлуатації на залізницях інших країн, зокрема України. Основними відмінностями слід вважати кліматичні умови та профіль колії залізниці Грузії. Тому, проведення науково-експериментальних досліджень вагонів тягового ЕРС залізниці Грузії є актуальним та дозволить оцінити їх залишковий ресурс і можливості подальшого продовження строку експлуатації.

**Мета статті** – проведення науково-експериментальних досліджень технічного стану вагонів тягового ЕРС, їх несучих металоконструкцій з метою визначення фактичного залишкового ресурсу та прийняття обґрунтованого рішення про доцільність проведення модернізації з продовженням строку експлуатації обстежених вагонів різних моделей та років побудови.

**Матеріал та результати досліджень.** У травні 2023 року спеціалістами Державного підприємства «Український науково-дослідний інститут вагонобудування» (ДП «УкрНДІВ») були проведені на коліях Грузинської залізниці науково-експериментальні дослідження металоконструкцій кузовів вагонів електропоїздів типу ЕР2, побудованих у 1979-1984 роках.

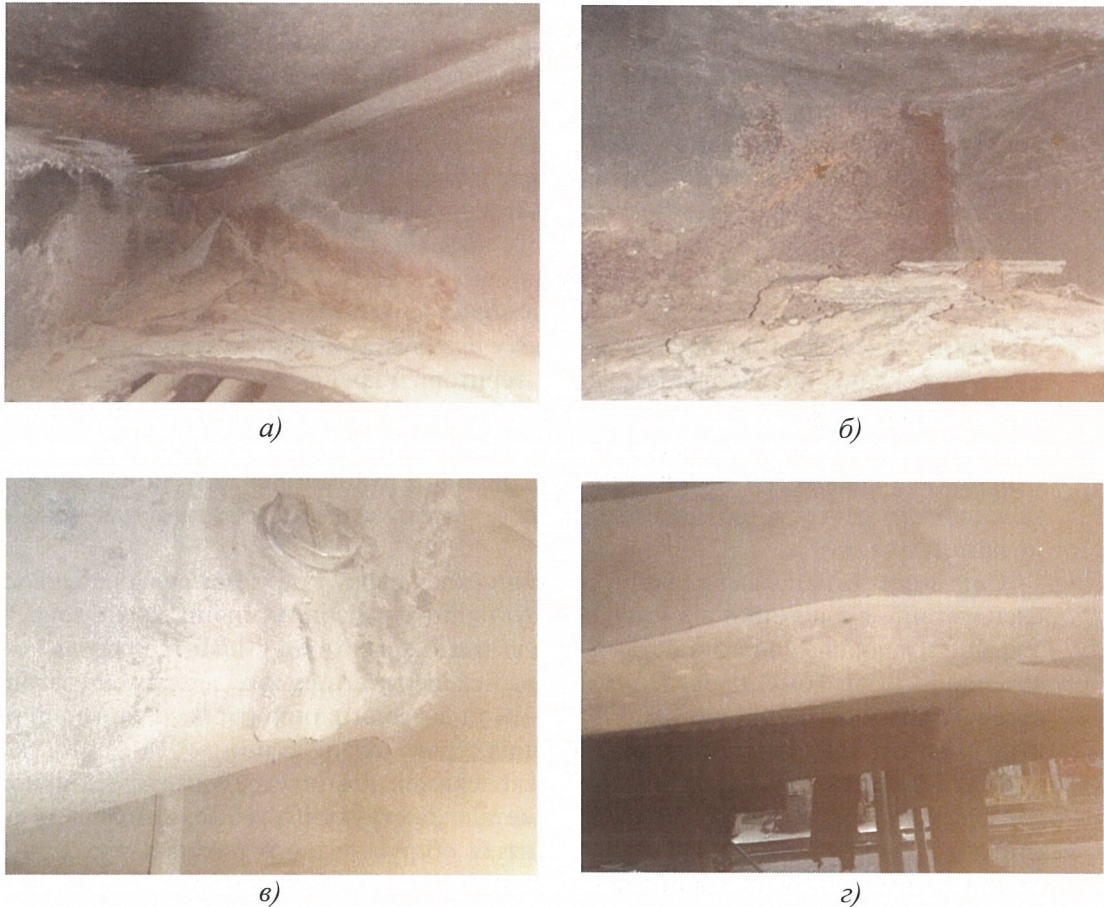
В процесі досліджень був експериментально визначений залишковий ресурс кузовів вагонів електропоїздів типу ЕР2, як показник потенційної можливості металоконструкцій кузовів вагонів зазначеного типу продовжувати експлуатуватися після закінчення призначеного строку служби. Результати проведених досліджень оброблялись та аналізувались, відповідно до положень «Інструкції поетапного продовження строку служби несучих конструкцій моторвагонного рухомого складу», визначався фактичний залишковий ресурс для кузова кожного вагона, що підлягав обстеженню. За результатами аналізу результатів досліджень оформлено технічні

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

---

рішення щодо можливості подальшої експлуатації обстежених вагонів, у якому був встановлений новий термін служби для кожного.

Зафіксовані характерні механічні та корозійні пошкодження досліджуваних вагонів під час діагностування технічного стану, зображено на рис. 2.



**Рис. 2. Механічні та корозійні пошкодження вагонів електропоїздів типу ЕР2:**  
а – корозійне пошкодження розкошу шворневої балки в зоні туалету; б, – корозійне пошкодження на шворневій балці в зоні туалету; в – корозійне пошкодження поперечної балки моторного візка; з – механічне пошкодження нижньої обв'язки в зоні шворневої балки

За результатами обстеження технічного стану вагонів було встановлено, що механічні пошкодження елементів їх металоконструкцій кузовів практично відсутні. Лише в зоні розташування туалетів виявлені значні локальні корозійні пошкодження на шворневій балці. При цьому загальний технічний стан зазначеної балки є повністю задовільним.

Виявлені корозійні пошкодження основних несучих елементів металоконструкцій (балок рам) мають локальний характер та не перевищують, відносно номінальних товщин елементів: (3 – 4) % для хребтових та шворневих балок; (4 – 6) % для

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

поперечних балок; (2 – 4) % для бокових поясів, (2 – 5) % для консольних частин рами. Що стосується стояків кузовів (підвіконних та проміжних), то максимальні значення їх локальних корозійних пошкоджень знаходяться в межах (3 – 7) %, обшивки кінцевих (лобових) стін – в межах 5 %, обшивки дахів – в межах (6 – 12) %. Таким чином, виявлені корозійні пошкодження основних несучих елементів металоконструкцій (балок рам), стояків кузовів, обшивки знаходяться на рівні допустимих та задовольняють вимогам чинної нормативної документації.

Загальна оцінка технічного стану металоконструкцій кузовів всіх обстежених вагонів є позитивною. Тому, можна стверджувати, що обстежені металоконструкції кузовів вагонів електропоїздів типу EP2 мають незначні пошкодження механічного та корозійного характеру.

**Висновки.** Визначений за результатами проведених експериментальних досліджень фактичний залишковий ресурс кожного з обстежених вагонів електропоїздів типу EP2 дозволяє проводити вказаним вагонам модернізацію з продовженням строку експлуатації на 5 років.

### ЛІТЕРАТУРА

1. 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.
2. 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 транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. 2015. № 5 (59). С. 132 – 140. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2015/55337>
3. Myamlin S.V., Reidemeister O.H., Pulariia A.L., Kalashnyk V.O. Development of recommendations for extending the useful life of passenger cars. Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. 2015. № 6 (60). С. 118 – 126. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2015/57096>
4. Шикунів О.А., Рейдемейстер О.Г., Анофрієв В.Г., Кирильчук О.А., Донєв О.А. Дослідження граничного стану пасажирських вагонів. Вагонний парк. 2012. № 12 (69). С. 4 – 6.
5. Радкевич М.М., Сапронова С.Ю., Ткаченко В.П. Дослідження залишкового ресурсу та встановлення граничного терміну експлуатації некупеїних пасажирських вагонів побудови КВ3. 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>
6. 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>
7. 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.
8. Радкевич М.М., Петренко В.О., Прокопенко П.М., Кошель О.О., Кара С.В. Дослідження залишкового ресурсу рам візків спеціального рухомого складу на базі пасажирських вагонів. Залізничний транспорт України. 2021. № 2. С. 24–30. DOI: <https://doi.org/10.34029/2311-4061-2021-139-2-24-30>
9. 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>
10. Буліч Д.І., Сапронова С.Ю., Ткаченко В.П., Кошель О.О. Дослідження корозійного зносу несучих металевих конструкцій вантажних вагонів під час проведення заходів щодо продовження терміну служби. Збірник наукових праць ДУІТ. Серія «Транспортні системи і технології». 2020. Вип. 36. С. 43–53. DOI: <https://doi.org/10.32703/2617-9040-2020-36-5>
11. 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 ім. 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>

12. 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.
13. Фомін О.В., Прокопенко П.М., Горбунов М.І., Сова С.С. Особливості визначення залишкового ресурсу вагоноповірочних вагонів з терміном служби, який перевищує призначений. Збірник наукових праць ДУІТ. Серія «Транспортні системи і технології». 2019. Вип. 34. С. 95–105. DOI: <https://doi.org/10.32703/2617-9040-2019-34-1-8>
14. Федосов-Ніконов Д.В., Стринжа А.М., Шамшей Д.О., Полулях В.М., Федоров В.В., Шушмарченко В.О. Дослідження корозійних пошкоджень елементів вагонів під час технічного діагностування. Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. 2019. № 3 (251). С. 181–185.
15. Кошель О.О., Сапронова С.Ю., Буліч Д.І., Ткаченко В.П. Визначення залишкового ресурсу несучих металевих конструкцій вагонів хопер-дозаторів (самоскидів) на основі результатів технічного діагностування та типових випробувань. Збірник наукових праць ДУІТ. Серія «Транспортні системи і технології». 2020. Вип. 35. С. 14–23. DOI: <https://doi.org/10.32703/2617-9040-2020-35-2>
16. Ільчишин В.В., Стринжа А.М., Федосов-Ніконов Д.В. Обстеження технічного стану та контрольні випробування вантажних вагонів. Збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад». 2016. Вип. 13. С. 49–51.
17. Анофриев В.Г., Рейдемейстер А.Г., Калашник В.А., Кулешов В.П. К вопросу продления полезного срока службы вагонов для перевозки окатышей. Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. 2016. № 3 (63). С. 148 – 160. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2016/74749>
18. Горобець В.Л., Бондарев О.М. Дослідження питань міцності та подовження терміну служби несучих конструкцій тягового та моторвагонного рухомого складу залізниць України. Локомотив-інформ. 2015. № 9-10. С. 4 – 11.
19. Леонєць 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>
20. Кара С.В., Петренко В.О., Прокопенко П.М., Гордієнко Т.М. Дослідження несучих конструкцій тепловозів серії ЧМЕЗ 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>
21. Тищишин О.І., Гупалов М.В. Оцінка технічного стану несучих конструкцій електровозів ВЛ60 та доцільності їх експлуатації у подальшому. Залізничний транспорт України. 2020. № 4. С. 22–31. DOI: <https://doi.org/10.34029/2311-4061-2020-137-22-31>
22. 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.
23. Путьято А.В. Оценка ресурса несущих конструкций вагонов метрополитена моделей 81-717 и 81-714 после длительной эксплуатации. Залізничний транспорт України. 2022. № 1. С. 4–13. DOI: <https://doi.org/10.34029/2311-4061-2022-142-1-04-13>

### ***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](mailto:sulim1.ua@gmail.com)  
ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8144-8971>

### ***Yu.S. Pavlenko***

State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»,  
33 I. Prykhodka St., Kremenchuk, 39621, Ukraine  
Tel.: (05366) 6-12-57, E-mail: [usp.mmm.un@gmail.com](mailto:usp.mmm.un@gmail.com)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8612-3228>

**O.M. Biletskyi**

State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»,  
33 I. Prykhodka St., Kremenchuk, 39621, Ukraine  
Tel.: (05366) 6-12-57, E-mail: biletskyi81@gmail.com  
ORCID <https://orcid.org/0009-0006-1729-2777>

**STUDY OF THE TECHNICAL CONDITION OF BEARING METAL  
STRUCTURES OF ELECTRIC TRACTION RAILWAY VEHICLES OF  
GEORGIAN RAILWAYS**

*The article analyzes the operational fleet of electric traction rolling stock of the Georgian railway. It has been established that the majority of the operating vehicles used in suburban traffic consists of electric trains of the Riga Wagon-Building Plant that have served their specified service lifetime. The need to extend the service lifetime of existing electric railway vehicles as an alternative to purchasing new ones is substantiated.*

*Scientific and experimental studies of the technical condition of traction electric rolling stock wagons and their supporting metal structures were carried out in order to determine the actual remaining service lifetime and make a reasoned decision about the feasibility of renovation and extending the service life of the examined wagons.*

*An examination of the technical condition of all provided wagons was carried out, and the actual residual lifetime of each of them was determined based on the results of the study.*

*It has been established that there are practically no mechanical damages to the elements of the metal structures of the car bodies. Significant local corrosion damage of the elements on the body bolster in the area where the toilets are located was revealed. At the same time, the general technical condition of the body bolster is completely satisfactory. Detected corrosion damage of the main bearing elements of metal structures is local in nature and does not exceed permissible values. The examined metal structures of the bodies of EP2 type electric trains have minor mechanical and corrosion damage.*

*The possibility of modernizing electric train cars of the EP2 type with an extension of the service life for 5 years based on the results of determining their actual residual lifetime is substantiated.*

**Key words:** wagon, operating fleet, electric rolling stock, residual lifetime, load-bearing metal structure, service lifetime.

**REFERENCES**

1. Miamlin, S.V., Reidemeister, O.H., & Kalashnyk, V.O. (2015). Naukovo-tehniche obhruntuvannia prodovzhennia terminu sluzhby pasazhyrskykh vahoniv pislia KVR [Scientific and technical justification for extending the service life of passenger cars after overhaul]. *Vahonnyi park – Car fleet, 11-12 (104-105)*, 4 – 7 [in Ukrainian].
2. Miamlin, S.V., Reidemeister, O.H., Pulariia, A.L., & Kalashnyk, V.O. (2015). Obhruntuvannia prodovzhennia terminu sluzhby pasazhyrskykh vahoniv iz osередkamy korozii khrebtovoi balky [Justification of the extension of the service life of passenger cars with corrosion pit of the centre sill]. *Nauka ta prohres transportu. Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu - Science and progress of transport. Bulletin of the Dnipropetrovsk National University of Railway Transport, 5 (59)*, 132–140. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2015/55337> [in Ukrainian].
3. Myamlin, S.V., Reidemeister, O.H., Pulariia, A.L., & Kalashnyk, V.O. (2015). Development of recommendations for extending the useful life of passenger cars. *Nauka ta prohres transportu. Visnyk*



*Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu - Science and progress of transport. Bulletin of the Dnipropetrovsk National University of Railway Transport*, 6 (60), 118 – 126. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2015/57096> [in Ukrainian].

4. Shykunov, O.A., Reidemeister, O.H., Anofriiev, V.H., Kyrylchuk, O.A., & Doniev, O.A. (2012). Doslidzhennia hranychnoho stanu pasazhyrskykh vahoniv [Study of the limit state of passenger cars]. *Vahonnyi park - Car fleet*, 12 (69), 4 – 6 [in Ukrainian].

5. Radkevych, M.M., Saponova, 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 the KVSZ]. *Zbirnyk naukovykh prats DUIT. Seriya «Transportni systemy i tekhnologii» - Collection of scientific papers DUIT. «Transport systems and technologies» series*, 36, 54–62. DOI: <https://doi.org/10.32703/2617-9040-2020-36-6> [in Ukrainian].

6. Radkevych, M.M., Saponova, S.Iu., & Tkachenko, V.P. (2021). Doslidzhennia zalyshkovoho resursu spetsialnykh vahoniv [Research of the residual lifetime of special cars]. *Zbirnyk naukovykh prats DUIT. Seriya «Transportni systemy i tekhnologii» - Collection of scientific papers DUIT. «Transport systems and technologies» series*, 37, 50–58. DOI: <https://doi.org/10.32703/2617-9040-2021-37-6> [in Ukrainian].

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

8. Radkevych, M.M., Petrenko, V.O., Prokopenko, P.M., Koshel, O.O., & Kara, S.V. (2021). Doslidzhennia zalyshkovoho resursu ram vizkiv spetsialnoho rukhomoho skladu na bazi pasazhyrskykh vahoniv [Research of the residual lifetime of bogie frames of special rolling stock built on the basis of passenger cars]. *Zaliznychnyi transport Ukrainy - Railway transport of Ukraine*, 2, 24–30. DOI: <https://doi.org/10.34029/2311-4061-2021-139-2-24-30> [in Ukrainian].

9. Martynov I.E., Trufanova A.V., & Serhiienko M.O. (2019). Do pytan prohnozuvannia zalyshkovoho resursu ram pasazhyrskykh vahoniv [To the issues of predicting the residual lifetime of passenger cars frames]. *Zbirnyk naukovykh prats DUIT. Seriya «Transportni systemy i tekhnologii» - 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].

10. Bulich, D.I., Saponova, S.Yu., Tkachenko, V.P., & Koshel, O.O. (2020). Doslidzhennia koroziiinoho znosu nesuchykh metalevykh konstrukttsii vantazhnykh vahoniv pid chas provedennia zakhodiv shchodo prodovzhennia terminu sluzhby [Study of corrosion wear of load-bearing metal structures of freight cars while extending the service lifetime]. *Zbirnyk naukovykh prats DUIT. Seriya «Transportni systemy i tekhnologii» - Collection of scientific papers DUIT. «Transport systems and technologies» series*, 36, 43–53. DOI: <https://doi.org/10.32703/2617-9040-2020-36-5> [in Ukrainian].

11. Fomin, O.V., Prokopenko, P.M., Burlutskiy, O.V., & Fomina, A.M. (2019). Kontrolni vyprobuvannia vantazhnoho vahona z metoiu otsinky zalyshkovoho resursu nesuchykh konstrukttsii [Routine tests of a freight car to assess the residual lifetime of the load-bearing structures]. *Vcheni zapysky TNU im. V.I. Vernadskoho. Seriya: tekhnichni nauky - Scientific notes of TNU named after V.I. Vernadskiy. Series: technical sciences*. (Vols. 30 (69), Part 2, Iss. 3), (pp. 177–182). DOI: <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.3-2/31> [in Ukrainian].

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

13. Fomin, O.V., Prokopenko, P.M., Horbunov, M.I., & Sova, S.S. (2019). Osoblyvosti vyznachennia zalyshkovoho resursu vahonopovirochnykh vahoniv z terminom sluzhby, yakyi perevyshchuie pryznachenyi [Peculiarities of determining the residual lifetime of wagon-loading wagons with a service life that exceeds the intended one]. *Zbirnyk naukovykh prats DUIT. Seriya «Transportni systemy i tekhnologii» - Collection of scientific papers DUIT. «Transport systems and technologies» series*, 34, 95–105. DOI: <https://doi.org/10.32703/2617-9040-2019-34-1-8> [in Ukrainian].

14. Fedosov-Nikonov, D.V., Strynzh, A.M., Shamshei, D.O., Poluliakh, V.M., Fedorov, V.V., & Shushmarchenko, V.O. (2019). Doslidzhennia koroziiinykh poskodzhen elementiv vahoniv pid chas tekhnichnoho diahnostuvannia [Study of corrosion damage of wagon elements under technical diagnostics].

*Visnyk Skhidnoukrainskoho natsionalnoho universytetu imeni Volodymyra Dalia - Bulletin of the Eastern Ukrainian National University named after Volodymyr Dahl*, 3 (251), 181–185 [in Ukrainian].

15. Koshel, O.O., Sapronova, S.Iu., Bulich, D.I., & Tkachenko, V.P. (2020). Vyznachennia zalyshkovoho resursu nesuchykh metalevykh konstrukttsii vahoniv khoper-dozatoriv (samoskydiv) na osnovi rezultativ tekhnichnoho diahnostuvannia ta typovykh vyprobuvan [Determination of the residual lifetime of the load-bearing metal structures of hopper-doser wagons (dumpers) based on the results of technical diagnostics and typical tests]. *Zbirnyk naukovykh prats DUIT. Serii «Transportni systemy i tekhnolohii» - Collection of scientific papers DUIT. «Transport systems and technologies» series*, 35, 14–23. DOI: <https://doi.org/10.32703/2617-9040-2020-35-2> [in Ukrainian].

16. Ilchysyn, V.V., Strynza, A.M., & Fedosov-Nikonov, D.V. (2016). Obstezhennia tekhnichnoho stanu ta kontrolni vyprobuvannia vantaznykh vahoniv [Examination of the technical condition and routine tests of freight cars]. *Zbirnyk naukovykh prats «Reikovy rukhomiy sklad» - Collection of scientific works «Railbound Rolling Stock»*, 13, 49–51 [in Ukrainian].

17. Anofriev V.G., Rejdemejster A.G., Kalashnik V.A., & Kuleshov V.P. (2016) K voprosu prodleniya poleznogo sroka sluzhby vagonov dlya perevozki okatyshej [Concerning the extension of the useful lifetime of wagons for the transportation of pellets]. *Nauka ta prohres transportu. Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu - Science and progress of transport. Bulletin of the Dnipropetrovsk National University of Railway Transport*, (63), 148 – 160. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2016/74749> [in Russian].

18. Horobets, V.L., & Bondariev, O.M. (2015). Doslidzhennia pytan mitsnosti ta podovzhennia terminu sluzhby nesuchykh konstrukttsii tiahovoho ta motorvahonnoho rukhomoho skladu zaliznyts Ukrainy [Study of issues of durability and service life extension of load-bearing structures of traction and rolling stock of railways of Ukraine]. *Lokomotyv-inform - Locomotive-inform*, 9-10, 4 – 11 [in Ukrainian].

19. Leonets, V.A., Kara, S.V., & Prokopenko, P.M. (2019). Otsinka zalyshkovoho resursu nesuchykh konstrukttsii teplovoziv serii 2TE10 ta vyznachennia mozhlyvosti prodovzhennia terminu yikh ekspluatatsii [Assessment of the residual resource 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].

20. Kara, S.V., Petrenko, V.O., Prokopenko, P.M., & Hordiienko, T.M. (2019). Doslidzhennia nesuchykh konstrukttsii 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 lifetime]. *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].

21. Tyshchysyn, O.I., & Hupalov, M.V. (2020). Otsinka tekhnichnoho stanu nesuchykh konstrukttsii elektrovoziv VL60 ta dotsilnosti yikh ekspluatatsii u podalshomu [Assessment of the technical condition of the load-bearing structures of VL60 electric locomotives and the feasibility of their future operation]. *Zaliznychnyi transport Ukrainy - Railway transport of Ukraine*, 4, 22–31. DOI: <https://doi.org/10.34029/2311-4061-2020-137-22-31> [in Ukrainian].

22. Yezhov, Yu.V., Pavlenko, Yu.S., Voitenko, O.I., & Poluliakh, S.M. (2018). Doslidzhennia tekhnichnoho stanu nesuchykh metalokonstrukttsii 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 «Reikovy rukhomiy sklad» - Collection of scientific works «Railbound Rolling Stock»*, 17, 22–28 [in Ukrainian].

23. Putyato A.V. (2022). Ocenka resursa nesushchih konstrukcij vagonov metropolitena modelej 81-717 i 81-714 posle dlitel'noj ekspluatatsii [Assessment of the lifetime of the load-bearing structures of metro cars of models 81-717 and 81-714 after long-term operation]. *Zaliznychnyi transport Ukrainy - Railway transport of Ukraine*, 1, 4–13. DOI: <https://doi.org/10.34029/2311-4061-2022-142-1-04-13> [in Russian].