

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.І. Войтенко

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування», вул. І. Приходька, 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-12-57, E-mail: a.nikolina1985@gmail.com
ORCID <https://orcid.org/0009-0008-8345-4054>

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ПОШКОДЖЕНЬ КУЗОВІВ ВАГОНІВ МЕТРОПОЛІТЕНУ З ВИЧЕРПАНИМ СТРОКОМ СЛУЖБИ

В статті обґрунтовано необхідність проведення науково-експериментальних досліджень щодо аналізування механічних пошкоджень кузовів вагонів метрополітену. Виконано оцінку технічного стану обстежуваних кузовів вагонів метрополітену, що експлуатувалися коліями комунального підприємства «Київський метрополітен», з метою виявлення механічних пошкоджень.

Проаналізовано результати науково-експериментальних досліджень кузовів і рам вагонів метрополітену різних серій та моделей, які мають вичерпаний строк служби та експлуатуються від 30 до 60 років, щодо наявності механічних пошкоджень. Обрано в якості об'єктів досліджень кузови вагонів метрополітену серій Д, Є та їх модифікацій, а також моделей Єм-501, 81-502, 81-710, 81-714, 81-717, 81-714.5, 81-717.5. При цьому об'єкти досліджень експлуатувалися в різних умовах: на Святошинсько-Броварській, Оболонсько-Теремківській, Сирецько-Печерській лініях комунального підприємства «Київський метрополітен» з обслуговуванням в електродепо «Дарниця», «Оболонь», «Харківське» відповідно.

Наведено класифікацію механічних пошкоджень кузовів вагонів залежно від місця їх виникнення та критерії виключення з інвентарного парку кузовів вагонів метрополітену за наявністю в них механічних пошкоджень. Перелічено виявлені механічні пошкодження у кузовах та рамах вагонів метрополітену, що експлуатувалися у комунальному підприємстві «Київський метрополітен». Визначено моделі вагонів метрополітену, у яких зафіксовано найбільшу кількість механічних пошкоджень.

© Сулим А.О., Павленко Ю.С., Войтенко О.І., 2025

Визначено, що механічні пошкодження кузова вагона метрополітену в меншій мірі залежать від його конструктивного виконання, а в більшій мірі від умов експлуатації. Механічні пошкодження зафіксовані у кузовах вагонів метрополітену, які експлуатуються на Оболонсько-Теремківській та Сирецько-Печерській лініях комунального підприємства «Київський метрополітен». При цьому механічні пошкодження кузовів вагонів метрополітенів, що експлуатуються на Святошинсько-Броварській лінії, відсутні. Визначено найбільш характерні типи механічних пошкоджень кузовів вагонів метрополітену. У більшості випадків механічні пошкодження кузовів обстежуваних вагонів метрополітену відсутні, а їх технічний стан оцінюється як задовільний, з можливістю подовження строку служби та подальшого корисного використання.

Ключові слова: вагон метрополітену, дослідження, кузов, металоконструкція, механічне пошкодження, строк служби, технічний стан.

Вступ та постановка проблеми. Наразі інвентарні парки метрополітенів нашої країни складаються переважно із фізично та морально застарілих вагонів серії Є та їх модифікацій, а також вагонів моделей 81-714, 81-717, 81-718, 81-719, 81-714.5, 81-717.5, що виготовлені у 1970-1995 роках. В нинішніх реаліях у комунальних підприємств України недостатньо коштів для інтенсивного оновлення та модернізації свого інвентарного парку [1].

Починаючи з 1999 року, Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування» (ДП «УкрНДІВ») постійно співпрацює з комунальним підприємством «Київський метрополітен» (КП «КМ») у напрямку виконання науково-експериментальних досліджень з технічного діагностування кузовів вагонів метрополітену з вичерпаним строком служби з метою можливості їх подальшого корисного використання та подовження терміну служби. Проведення таких робіт дозволяє підтримувати в Україні необхідну чисельність експлуатаційного парку вагонів метрополітену та забезпечувати потрібний обсяг пасажирських перевезень підземним міським електротранспортом.

Подовження строку служби кузовів вагонів метрополітену виконують згідно розроблених та погоджених встановленим порядком методик досліджень, які передбачають проведення технічного діагностування кожного окремого вагона метрополітену. Під час технічного діагностування аналізують механічні та корозійні пошкодження кузовів вагонів метрополітену з визначенням їх фактичних величин методами неруйнівного контролю. Потім порівнюють отримані фактичні величини пошкоджень та зносів з допустимими значеннями, встановленими в нормативній документації та методиках досліджень. За результатами проведення науково-експериментальних досліджень оформлюють технічні рішення, в яких зазначаються можливості подальшої експлуатації та корисного використання обстежених кузовів вагонів метрополітену.

Аналіз останніх досліджень. Питання технічного діагностування, проведення науково-експериментальних досліджень щодо можливості модернізації з подальшим подовження строку служби вагонів метрополітену розглядалися в роботах [2–7]. З робіт [2–4] відомо, що вагони метрополітену серії Є та їх модифікації, а також вагони моделей 81-714/717 добре себе зарекомендували в експлуатації. Навіть після 30-45 років експлуатації металоконструкції їх кузовів мають в цілому задовільний технічний стан. Це дало підставу очікувати, що металоконструкції кузовів таких вагонів можуть мати значний залишковий ресурс та можливість подовження строку їх експлуатації. Зазначені очікування були підтверджені результатами нау-

ково-експериментальних досліджень залишкового ресурсу металоконструкцій кузовів вагонів метрополітену серії Є та вагонів моделей 81-714/717, проведених фахівцями ДП «УкрНДІВ» у 2011 та 2018 роках [2–4]. За результатами вказаних досліджень визначено, що металоконструкції кузовів вагонів метрополітену серії Є та їх модифікацій, що знаходяться в експлуатації більше 45 років та вагони моделей 81-714/717, що експлуатуються в умовах КП «КМ» майже 40 років, мають залишковий ресурс від 20 до 22 років відповідно. Отримані результати досліджень стали підставою для прийняття рішень про можливість модернізації з подовженням строку експлуатації вагонів метрополітену серії Є та їх модифікацій, а також вагонів моделей 81-714/717 інвентарного парку КП «КМ».

В роботі [5] наведено результати обстеження технічного стану вагонів моделей 81-714/717 після тривалої експлуатації. Виконано серію розрахунків на міцність методом кінцевих елементів їх металоконструкцій з урахуванням фактичного і прогнозного технічного стану основних несних елементів. Наведено результати експериментальних досліджень напруженого стану кузовів вагонів метрополітену. Оцінено розрахунково-експериментальним методом залишковий ресурс металоконструкцій кузовів вагонів метрополітену моделей 81-714/717 після їх тривалої експлуатації. Показано, що після закінчення вагонами нормативного строку служби, виходячи з критерію втомної міцності, ці вагони мають залишковий ресурс та можливе подовження строку їх експлуатації на 5 років і більше.

В статті [6] наведено результати проведених науково-експериментальних досліджень технічного стану та залишкового ресурсу металоконструкцій кузовів вагонів метрополітену типу Єма-502, побудованих у 1979 році, які експлуатуються в умовах Тбіліського метрополітену.

В роботі [7] розглянуто позитивний досвід комплексної модернізації з подовженням строку експлуатації вагонів метрополітену серії Є та порядок проведення робіт з модернізації.

Таким чином, за результатами досліджень [2–7] встановлено наявність залишкового ресурсу та можливість подальшої експлуатації вагонів метрополітену серії Є та їх модифікацій, а також вагонів моделей 81-714/717. Однак в розглянутих роботах не розглянуто питання щодо визначення характерних типів механічних пошкоджень залежно від серії (моделі) обстежуваного вагона. Так, в роботі [5] лише частково порушувалось питання механічних пошкоджень кузовів вагонів метрополітену після тривалої експлуатації. Зокрема, визначено характерні місця появи тріщин та наявності механічних пошкоджень під час тривалої експлуатації в несних металоконструкціях вагонів метрополітену моделей 81-714/717. Однак в жодній із наведених робіт детально не розглянуто питання, яким чином різні умови експлуатації впливають на інтенсивність виникнення механічних пошкоджень і, навпаки, який вплив здійснюють однакові умови експлуатації на кузова різних серій (моделей) вагонів метрополітену. Тому в цій роботі пропонується детальніше зупинитись на цих питаннях.

Мета статті – аналізування результатів науково-експериментальних досліджень щодо механічних пошкоджень кузовів вагонів метрополітену залежно від їх серії (моделей) та умов експлуатації.

Матеріал та результати досліджень. У період з 2016 по 2024 роки фахівцями ДП «УкрНДІВ» на коліях КП «КМ» були проведені науково-експериментальні дослідження металоконструкцій кузовів вагонів метрополітену, побудованих у 1955-1993 роках. Науково-експериментальні дослідження технічного стану кузовів вагонів метрополітену виконувались в електродепо «Дарниця», «Оболонь», «Харківсь-

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

ке» КП «КМ». При цьому обстежувані кузови вагонів метрополітену експлуатувались на різних лініях КП «КМ»: Святошинсько-Броварській, Оболонсько-Теремківській, Сирецько-Печерській лінії. Об'єктами науково-експериментальних досліджень були кузови вагонів метрополітену з вичерпаним строком служби:

- кузови вагонів метрополітену серії Є та їх модифікацій, побудови Митищинського машинобудівного заводу;
- кузови вагонів метрополітену моделей Ем-501, 81-502, 81-710 побудови Ленінградського вагонобудівного заводу (ЛВЗ) ім. І.Є. Єгорова;
- кузови службових вагонів метрополітену серії Є та Д, побудованих на Митищинському машинобудівному заводі;
- кузови вагонів метрополітену моделі 81-714/717 та їх модифікацій, побудовані на Митищинському машинобудівному заводі (ВО «Метровагонмаш») або ЛВЗ ім. І.Є. Єгорова.

Зовнішній вигляд вагонів метрополітену, яким проведено науково-експериментальні дослідження кузовів та рам, зображено на рис. 1.



а)



б)



в)



г)



д)



е)

Рис. 1. Вагони метрополітену серії або моделі:

а – «Єж»; б – «Д»; в – Єм-501; г – 81-502; д – 81-717; е – 81-714

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

У цей період було виконано технічне діагностування 403 кузовів і рам вагонів метрополітену зазначених серій (моделей) та їх модифікацій, з яких 394 вагони використовувались для перевезення пасажирів, а інші 9 обстежених вагонів знаходились у службовому користуванні (вагони-колісвимірювачі, вагони електровози, переобладнані у вантажні вагони тощо). При цьому із загальної кількості обстежених вагонів 231 вагон експлуатувався на Оболонсько-Теремківській лінії з обслуговуванням в електродепо «Оболонь»; 86 вагонів – на Святошинсько-Броварській лінії з обслуговуванням в електродепо «Дарниця»; 86 вагонів – на Сирецько-Печерській лінії з обслуговуванням в електродепо «Харківське».

Науково-експериментальні дослідження несних металоконструкцій кузовів вагонів метрополітену було проведено згідно вимог методик технічного діагностування вагонів метрополітену [8, 9] з використанням засобів візуального, ультразвукового, магнітопорошкового контролю (рис. 2).

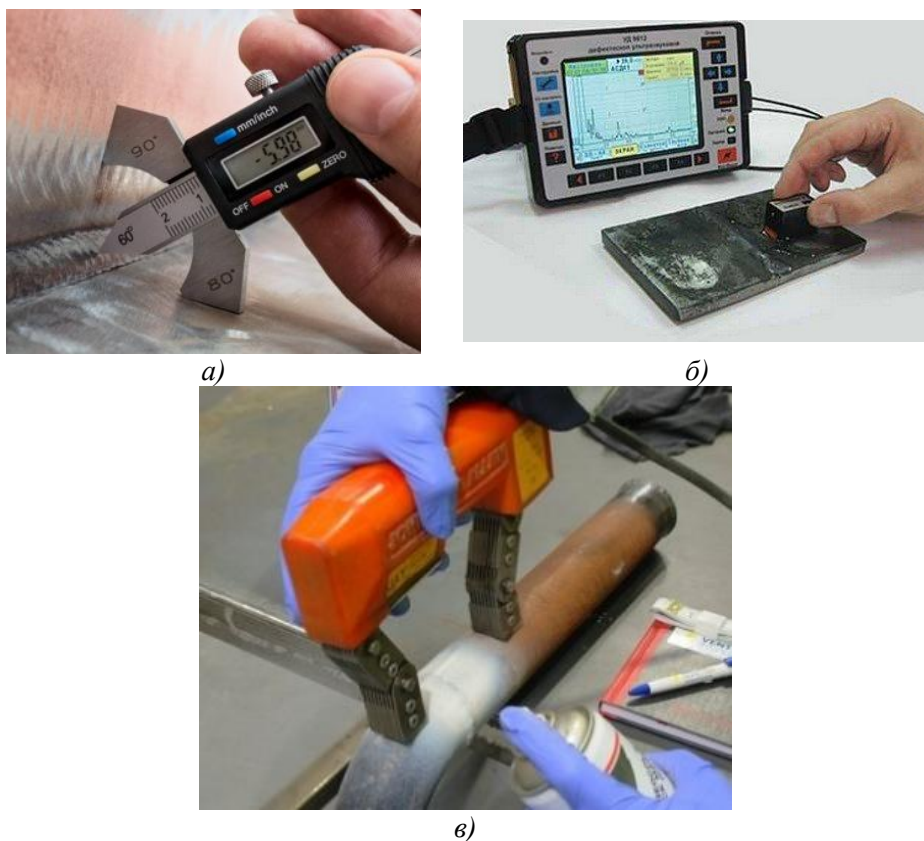


Рис. 2. Засоби контролю пошкоджень під час обстежень:

а – візуального; б – ультразвукового; в – магнітопорошкового

Згідно наведених методик [8, 9] всі виявлені механічні пошкодження під час технічного діагностування кузовів метрополітену групувались наступним чином: пошкодження хребтової балки (01), шворневої балки (02), поздовжніх балок рами (03), поперечних балок рами (04), настилу підлоги (05), підвіконних стійок бокової

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

стіни (06), обшиви бокової стіни (07), вертикальних стійок бокових стін (08), обшиви кінцевої та лобової частини кузова (09), обшиви даху (10).

Також кожен із обстежуваних кузовів вагонів метрополітену перевірявся на наявність таких критеріїв (механічних пошкоджень), згідно яких такий вагон має бути виключено з інвентарного парку [8, 9]: тріщина верхнього, нижнього або вертикального листа хребтової балки; тріщини або розриви елементів шворневої балки у вузлі з'єднання її з хребтовою балкою, що не підлягають ремонту; наскрізна тріщина горизонтальної або вертикальної полиці поздовжньої балки; горизонтальний більший ніж 100 мм або вертикальний прогин більший ніж 200 мм хребтової або поздовжньої балки; - відхилення від площинності кузова більший ніж 75 мм; відхилення від площинності рами більший ніж 200 мм.

За результатами технічного обстеження стану кузовів вагонів метрополітену з вичерпаним строком служби визначено наявність таких механічних пошкоджень: ремонтний зварний шов довжиною до 30 мм на вертикальній стінці шворневої балки у районі першого візка зліва (код 02); ремонтний зварний шов довжиною до 40 мм на вертикальній стінці шворневої балки у районі першого візка справа (код 02); ремонтний зварний шов довжиною до 40 мм на вертикальному листі шворневої балки у районі першого візка зліва (код 02); ремонтний зварний шов довжиною до 40 мм на вертикальному листі шворневої балки у районі першого візка зліва (код 02); ремонтний зварний шов довжиною до 20 мм на вертикальному листі шворневої балки у районі першого візка зліва (код 02); ремонтний зварний шов довжиною до 30 мм на вертикальному листі шворневої балки у районі першого візка справа (код 02); ремонтний зварний шов довжиною до 20 мм на вертикальному листі шворневої балки у районі кондуїтного вікна першого візка (код 02); прогин бокових поздовжніх балок рами у вертикальній площині до 30 мм (код 03); тріщина у вікна заварена (код 03);

Результати технічного обстеження стану кузовів вагонів на наявність механічних пошкоджень наведено на рис. 3, 4.

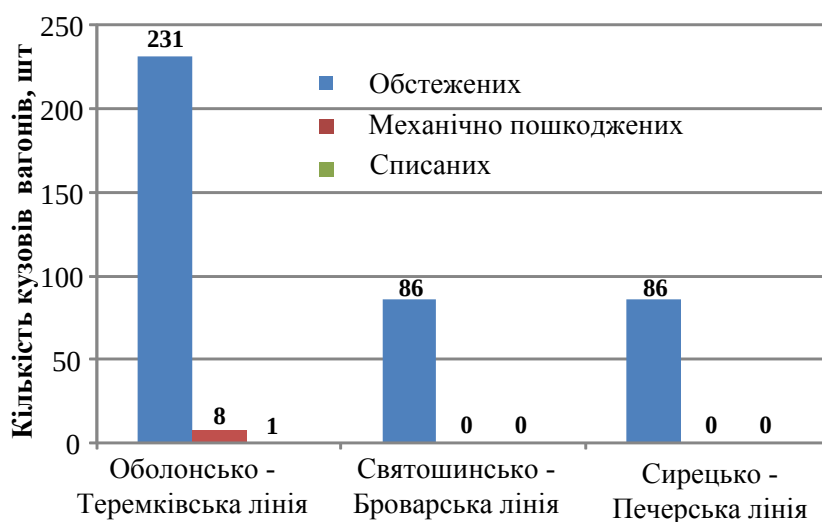


Рис. 3. Порівняльна гістограма кількості обстежених, механічно пошкоджених, списаних вагонів залежно від умов їх експлуатації

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

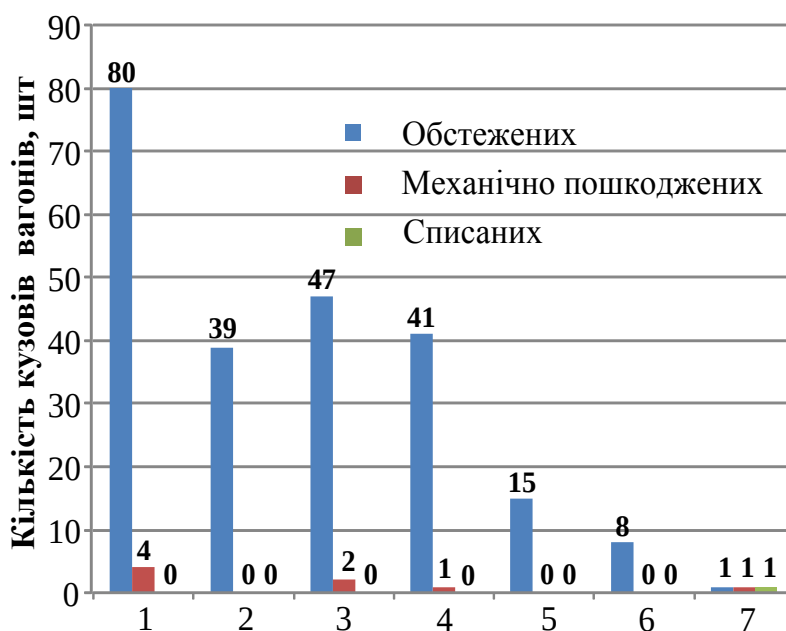


Рис. 4. Порівняльна гістограма кількості обстежених, пошкоджених, списаних вагонів на Оболонсько-Теремківській лінії залежно від моделі:

1 – 81-717 виробництва ЛВЗ ім. І.С.Сгорова; 2 – 81-714 виробництва ЛВЗ ім. І.С. Сгорова;
3 – 81-717 виробництва Митищинського машинобудівного заводу; 4 – 81-714 виробництва
Митищинського машинобудівного заводу; 5 – 81-714.5 виробництва ВО «Метровагонмаш»;
6 – 81-717.5 ВО «Метровагонмаш»; 7 – 81-710 виробництва ЛВЗ ім. І.С.Сгорова

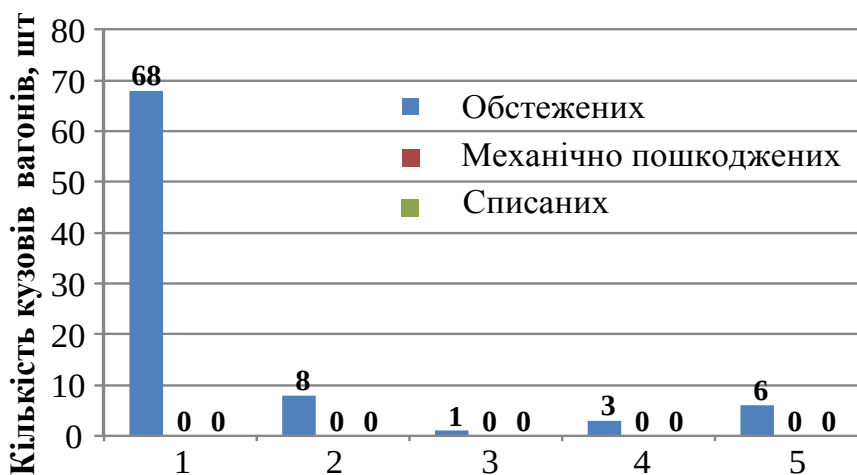


Рис. 5. Порівняльна гістограма кількості обстежених, пошкоджених, списаних вагонів на Святошинсько-Броварській лінії залежно від серії (моделі):

1 – Еж виробництва Митищинського машинобудівного заводу; 2 – Єм-501 виробництва ЛВЗ ім.
І.С. Сгорова; 3 – 81-502 виробництва ЛВЗ ім. І.С. Сгорова; 4 – Є виробництва Митищинського маши-
нобудівного заводу; 5 – Д виробництва Митищинського машинобудівного заводу

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

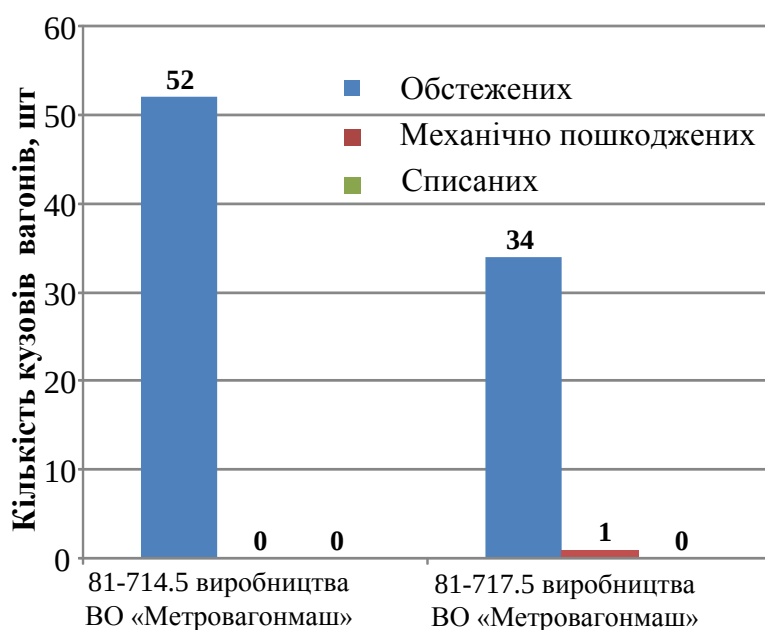


Рис. 6. Порівняльна гістограма кількості обстежених, пошкоджених, списаних вагонів на Сирецько-Печерській лінії залежно від моделі

За аналізом результатів науково-експериментальних досліджень кузовів вагонів метрополітену з вичерпаним нормативним строком служби на наявність механічних пошкоджень встановлено наступне.

1. Механічні пошкодження зафіксовані у несних конструкціях вагонів моделей 81-710 (зав. № 5823, 1975 року побудови, виробництва ЛВЗ ім. І.Є. Єгорова), 81-717 (зав. №№ 8408, 8431, 8443, 8446, 1980-1981 років побудови, виробництва ЛВЗ ім. І.Є. Єгорова), 81-717 (зав. №№ 9260, 9262, 9644, 1982 року побудови, виробництва Митищинського машинобудівного заводу), 81-717.5 (зав. №№ 0188, 1989 року побудови, виробництва ВО «Метровагонмаш»), що експлуатувались на Оболонсько-Теремківській та Сирецько-Печерській лініях. При цьому механічних пошкоджень у вагонах, що експлуатувались на Святошинсько-Броварській лінії, не зафіксовано.

2. Виключено з інвентарного парку 1 з-поміж обстежених 403 кузовів вагонів метрополітену, а саме вагон моделі 81-710 (зав. № 5823, 1975 року побудови, виробництва ЛВЗ ім. І.Є. Єгорова), за наявністю такого механічного пошкодження: прогин бокових поздовжніх балок рами у вертикальній площині до 30 мм (код 03)

3. Визначено, що найбільш характерним типом механічних пошкоджень для кузовів вагонів метрополітену, є наявність зварних швів на вертикальному листі шворневої балки (код несправності – 02).

4. Встановлено, що інтенсивність виникнення механічних пошкоджень не має явно вираженої закономірності залежно від конструктивно виконання кузовів вагонів (виключення має вагон моделі 81-710, але вибірка кількості обстежених кузовів вагонів цієї моделі відсутня, що є недостатньою умовою для підтвердження або спростування цього судження). Проте майже всі механічні пошкодження зафіксо-

вані у кузовів вагонів, які експлуатувалися на Оболонсько-Теремківській лінії, що свідчить про вплив умов експлуатації на виникнення механічних пошкоджень.

5. У більшості випадків пошкодження механічного характеру несних конструкцій на обстежуваних кузовах вагонів метрополітену з вичерпаним нормативним строком служби відсутні, що свідчить про їх задовільний технічний стан та можливість продовження строку експлуатації.

Висновки. За результатами виконаних науково-експериментальних досліджень щодо аналізу механічних пошкоджень кузовів вагонів метрополітену визначено експлуатаційні умови та конструктивне виконання кузовів вагонів метрополітену, у яких зафіксовано механічні пошкодження несних конструкцій; наведено механічне пошкодження кузова вагона, за яким його було виключено з інвентарного парку КП «КМ»; встановлено відсутності залежності виникнення механічних пошкоджень від типу обстежуваного кузова вагона метрополітену, проте визначено, що існує залежність кількості механічних пошкоджень від умов експлуатації; визначено найбільш характерний тип механічних пошкоджень вагонів метрополітену. В цілому у більшості випадків (за виключенням поодинокого випадку) пошкодження механічного характеру несних конструкцій на кожному із розглянутих типів обстежуваних вагонів з завершеним строком служби відсутні, що свідчить про наявність запасу міцності цих конструкцій та можливості продовження строку експлуатації вагонам метрополітену на визначений термін.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сулим А.О., Мужичук С.О., Хозя П.О., Павленко Ю.С., Єжов Ю.В. Сучасний стан та перспективи розвитку парку рухомого складу метрополітену. *Залізничний транспорт України*. 2019. № 3. С. 14–20. DOI: <https://doi.org/10.34029/2311-4061-2019-131-2-14-20>
2. Звіт про НДР. РК 0111U006307. Дослідження стану несучих металокопструкцій кузовів вагонів метрополітену (серії Е та її модифікацій) з метою визначення їх залишкового ресурсу та продовження терміну експлуатації. Керівник: Єжов Ю.В. Виконавці: Донченко А.В., Троцький М.І., Ткачов В.І., Швець А., Серета Т.А., Бондарева І.Ю. Кременчук: ДП «УкрНДІВ», 2011. 145 с.
3. Звіт про НДР. РК 0119U102463. Розробка нормативно-технічної документації технічного діагностування вагонів метрополітену серії 81-717/714 та її модифікацій. Керівник: Єжов Ю.В. Виконавці: Павленко Ю.С., Алексєєв Д.А., Бреславець Т.А., Сафонов О.М., Семко Ж.О., Хозя П.О., Холод К.Ю., Столетов С.О. Кременчук: ДП «УкрНДІВ», 2018. 138 с.
4. Єжов Ю.В., Павленко Ю.С., Войтенко О.І., Полулях С.М. Дослідження технічного стану несучих металокопструкцій кузовів вагонів метрополітену моделей 81-717/714 та їх модифікацій. *Збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад»*. 2018. Вип. 17. С. 22–28.
5. Путятю А.В. Оценка ресурса несущих конструкций вагона 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>
6. Єжов Ю.В., Павленко Ю.С., Войтенко О.І., Полулях С.М. Дослідження технічного стану несучих металокопструкцій кузовів вагонів типу Ема-502 Тбіліського метрополітену. *Збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад»*. 2018. Вип. 17. С. 36–45.
7. Войтенко О.І. Дослідження модернізації вагонів метрополітену в Україні як альтернативи придбанню нового рухомого складу та порядку проведення робіт з модернізації. *Збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад»*. 2018. Вип. 17. С. 29–35.
8. Методика технічного діагностування вагонів метрополітену, що виступили призначений термін, з метою його продовження. 2011. Кременчук, ДП «УкрНДІВ». 18 с.
9. М 4.1.00718. Вагони метрополітену моделі 81-717/714 та їх модифікації. Методика технічного діагностування. 2018. Кременчук, ДП «УкрНДІВ». 35 с.

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 <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
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8612-3228>

O.I. Voitenko

State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»,
33 I. Prykhodka St., Kremenchuk, 39621, Ukraine
Tel.: (05366) 6-12-57, E-mail: a.nikolina1985@gmail.com
ORCID <https://orcid.org/0009-0008-8345-4054>

**STUDY OF MECHANICAL DAMAGE TO METRO CAR BODIES
WITH EXPIRED SERVICE LIFETIME**

The article substantiates the necessity of carrying out scientific and experimental studies to analyse mechanical damage to metro car bodies. The technical condition of the examined metro car bodies, which were operated on the tracks of the municipal enterprise «Kyiv Metro», was assessed in order to identify mechanical damage.

The paper analyses the results of scientific and experimental studies of metro car bodies and frames of different series and models, which have an expired service life and have been in operation with in the period from 30 to 60 years, for the signs of mechanical damage. The bodies of metro cars of the D, E series and their modifications, as well as models Em-501, 81-502, 81-710, 81-714, 81-717, 81-714.5, 81-717.5. The objects of research were operated in different conditions: on the Sviatoshynsko-Brovarska, Obolonsko-Teremkivska, Syretsko-Pecherska lines of the Kyiv Metropolitan utility company with service in Darnytsia, Obolon, and Kharkivske electric depots, respectively.

The article presents a classification of mechanical damages of car bodies depending on the place of their occurrence and criteria for excluding metro car bodies from the inventory fleet due to the presence of mechanical damages. The mechanical damages detected in the bodies and frames of metro cars operated by the municipal enterprise «Kyiv Metro» are listed. The models of metro cars with the highest number of mechanical damages are defined.

It has been determined that mechanical damage to the body of a metro car depends less on its design and more on the operating conditions. Mechanical damages were recorded in the bodies of metro cars operated on the Obolonsko-Teremkivska and Syretsko-Pecherska lines of the Kyiv Metro. At the same time, there are no mechanical damages to the bodies of metro cars operating on the Sviatoshynsko-Brovarska line. The most typical types of mechanical damage to metro car bodies have been identified. In most cases, there are no mechanical damages to the bodies of the examined metro cars, and their technical condition is assessed as satisfactory, with the possibility of extending their service life and further efficient operation.

Keywords: metro car, research, body, metal structure, mechanical damage, service life, technical condition.

REFERENCES

1. Sulym, A. O., Muzhychuk, S. O., Khozia, P. O., Pavlenko, Yu. S., & Yezhov, Yu. V. (2019). Suchasnyi stan ta perspektyvy rozvytku parku rukhomoho skladu metropolitenu [Current state and prospects of development of the metro rolling stock fleet]. *Zaliznychnyi transport Ukrainy - Railway transport of Ukraine*, 3, 14–20. DOI: <https://doi.org/10.34029/2311-4061-2019-131-2-14-20> [in Ukrainian]
2. Yezhov, Yu. V. (Eds.), Donchenko, A. V., Trotskiy, M. I., Tkachov, V. I., Shvets, A., Sereda, T. A., & Bondareva, I. Iu. (2011). Zvit pro NDR. RK 0111U006307. Doslidzhennia stanu nesuchykh metalokonstruktsii kuzoviv vahoniv metropolitenu (serii E ta yii modyfikatsii) z metoiu vyznachennia yikh zalyshkovoho resursu ta prodovzhennia terminu ekspluatatsii [R&D report. RK 0111U006307. Investigation of the state of bearing metal structures of metro car bodies (series E and its modifications) in order to determine their residual life and extend the service lifetime]. Kremenчук: SE «UkrNDIV», 145 [in Ukrainian]
3. Yezhov, Yu. V. (Eds.), Pavlenko, Yu. S., Aleksieiev, D. A., Breslavets, T. A., Safronov, O. M., Semko, Zh. O., Khozia, P. O., Kholod, K. Iu., & Stoliyev, S. O. (2018). Zvit pro NDR. RK 0119U102463. Rozrobka normatyvno-tekhnichnoi dokumentatsii tekhnichnoho diahnostuvannia vahoniv metropolitenu serii 81-717/714 ta yii modyfikatsii [R&D report. RK 0119U102463. Development of regulatory and technical documentation for technical diagnostics of metro cars of 81-717/714 series and its modifications]. Kremenчук: SE «UkrNDIV», 138 [in Ukrainian]
4. 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 [Study of the technical condition of the bearing metal structures of metro car bodies of models 81-717/714 and their modifications]. *Zbirnyk naukovykh prats «Reikovy rukhomyi sklad» - Collection of scientific papers «Railbound rolling stock»*, 17, 22–28 [in Ukrainian]
5. Putiato, A. V. (2022). Ocenka resursa nesushih konstrukcij vagona metropolitena modelej 81-717 i 81-714 posle dlitelnoj ekspluatatsii [Estimation of the service life of the 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>
6. Yezhov, Yu. V., Pavlenko, Yu. S., Voitenko, O. I., & Poluliakh, S. M. (2018). Doslidzhennia tekhnichnoho stanu nesuchykh metalokonstruktsii kuzoviv vahoniv typu Ema-502 Tbiliskoho metropolitenu [Study of the technical condition of load-bearing metal structures of car bodies of Ema-502 type cars of the Tbilisi metro]. *Zbirnyk naukovykh prats «Reikovy rukhomyi sklad» - Collection of scientific papers «Railbound rolling stock»*, 17, 36–45 [in Ukrainian]
7. Voitenko, O. I. (2018). Doslidzhennia modernizatsii vahoniv metropolitenu v Ukraini yak alternatyvy prydbanniu novoho rukhomoho skladu ta poriadku provedennia robot z modernizatsii [Study of modernisation of metro cars in Ukraine as an alternative to the purchase of new rolling stock and the procedure for carrying out renovation works]. *Zbirnyk naukovykh prats «Reikovy rukhomyi sklad» - Collection of scientific papers «Railbound rolling stock»*, 17, 29–35 [in Ukrainian]
8. Metodyka tekhnichnoho diahnostuvannia vahoniv metropolitenu, shcho vysluzhyly pryznachenyi termin, z metoiu yoho prodovzhennia [Procedure on technical diagnostics of metro cars that have served their designated service life in order to extend it] (2011). Kremenчук: SE «UkrNDIV», 18 [in Ukrainian]
9. Vahony metropolitenu modeli 81-717/714 ta yikh modyfikatsii. Metodyka tekhnichnoho diahnostuvannia. M 4.1.00718. [Metro cars of model 81-717/714 and their modifications. Procedure on technical diagnostics. M 4.1.00718]. (2018). Kremenчук: SE «UkrNDIV», 35 [in Ukrainian]