

УДК 629.45.02(477)

Мартинов І. Е., д.т.н.

(професор кафедри вагонів, Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків)

Труфанова А. В., к.т.н.

(доцент кафедри вагонів, Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків)

Петухов В. М., к.т.н.

(доцент кафедри вагонів, Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків)

Сергієнко М.О.

(аспірант кафедри вагонів, Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків)

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ СПРАЦЮВАННЯ НЕСУЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ

У статті розглянуті питання аналізу закономірностей спрацювання несучих елементів кузовів пасажирських вагонів. Парк пасажирських вагонів в основному складають моделі, розроблені та виготовлені у 70-90 роки минулого століття на вагонобудівних заводах Німеччини та Росії. Вони застаріли як морально, так і фізично. Проведено порівняльний аналіз величини та характеру спрацювання конструктивних елементів як вагонів купейного так і вагонів відкритого типу. Результати дослідження дали змогу розглянути питання подальшого використання пасажирських вагонів, які найбільш уражені корозією.

Ключові слова: *пасажирський вагон, спрацювання, рухомий склад; корозія, інвентарний парк, технічний стан.*

Вступ. У будь-якій транспортній системі велике значення надається визначенню оптимального терміну служби транспортних засобів та елементів інфраструктури. Від їх віку залежать техніко-економічні та екологічні показники транспорту, ступінь надійності та безпеки руху. У теперішній час рівень розвитку технічних засобів і технології ремонту та відновлення рухомого складу збільшується швидкими темпами. Це дозволяє подовжити термін служби пасажирських вагонів, які експлуатуються на залізницях України.

У теперішній час на європейських залізницях середній вік пасажирського рухомого складу становить в основному 20-30 років, а на українських – понад 30 років. Згідно з даними філії «Пасажирська компанія» АТ «Укрзалізниця» в 2020 р. інвентарний парк становить майже 5 тис. вагонів, з яких більшість вагонів відпрацювала свій призначений термін служби. В результаті на теперішній день знос парку пасажирських вагонів наближається до 90 %.

Переважна частина парку пасажирських вагонів була збудована у 70-80 роки минулого століття на вагонобудівних заводах Німеччини та Російської Федерації. Через постійну нестачу фінансування парк пасажирських вагонів АТ «Укрзалізниця» оновлювався незначними темпами. З кожним роком вагонний парк зношується і старіє. Це зменшує конкурентоспроможність залізниць, що негативно впливає на обсяги перевезень пасажирів. Природно, що пасажирські вагони повинні не лише створювати необхідний рівень комфорту, а забезпечувати безпеку руху та високу

DOI:10.32703/2617-9040-2020-36-8

надійність в експлуатації. Тому дослідження закономірностей спрацювання несучих елементів рами та кузова пасажирських вагонів досить актуальні.

Аналіз останніх досліджень і постановка проблеми. Аналізу результатів дослідження технічного стану пасажирських вагонів присвячено ряд публікацій як в нашій країні, так і за її межами. В статті [1] фахівцями кафедри "Вагони та вагонне господарство" ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна наведені результати комплексного дослідження міцності та залишкового ресурсу кузовів пасажирських вагонів з локальними корозійними пошкодженнями хребтової балки за напрямками визначення структури і механічних властивостей матеріалу, його хімічного складу.

І. О. Вакуленко, В. Г. Анофрієв [2] розглянули результати використання для виготовлення залізничних вагонів низьколегованих сталей з підвищеною міцністю після різноманітних варіантів термомеханічної обробки.

Б. Я. Остапюк в роботі [3] розглядав питання удосконалення системи ремонту пасажирських вагонів після продовження терміну їх експлуатації. Аналізуючи результати теоретичних та економічних розрахунків, статистичних результатів обстеження технічного стану вагонів, автором запропоновано декілька варіантів подовження терміну експлуатації пасажирських вагонів, де критерієм вибору доцільного варіанта є мінімізація сумарних витрат на додатковий життєвий цикл вагона.

Так, у статті [4] проаналізовано технічний стан пасажирського рухомого складу, запропоновані напрямки як технічної, так інвестиційної діяльності щодо забезпечення надійної роботи вагонів. В публікаціях [5, 6] наведені результати аналізу величини зносів та пошкоджень вагонів в експлуатації. В роботі [7] висвітлені результати досліджень залишкового ресурсу несучих конструкцій. Науково-технічне обґрунтування продовження терміну служби пасажирських вагонів після КВР розглянуті в роботі [8].

В статті [9] подано результати повномасштабних випробувань рами пасажирського вагону методом здавлювання, які проводилися з метою підвищення безпеки руху аварійних зіткненнях шляхом розробки конструкцій поглиначів первинної енергії.

У публікації [10] представлений аналіз напружень базової рами і рами кузова вагону з наступною оптимізацією конструкції. Аналіз проводився чисельно з використанням методу скінчених елементів. Спочатку виконувалося геометричне моделювання та побудова скінчено-елементної моделі, після чого були застосовані навантаження та встановлені граничні умови.

У статті [10] висвітлювалися питання аналізу результатів дослідження міцності кузова вагона. Кузов вагона складався із сталевих елементів, який у подальшому був перетворений в алюмінієву конструкцію. Адекватність запропонованої розрахункової скінчено-елементної моделі підтверджена шляхом порівняння з вимірами деформації і експериментальною оцінкою власних частот коливань кузова. В результаті були отримані характеристики зміни матеріалу конструкції.

Різнманітні аспекти визначення міцності пасажирських вагонів за допомогою методу скінчених елементів викладені в статтях [11, 12]. Особливості запропонованих скінчено-елементних моделей кузовів вагонів викладено у [13-15].

Слід зазначити, що майже всі проаналізовані роботи спрямовані на дослідження впливу величини зносу на міцність несучих конструкцій рам та кузовів пасажирських вагонів та обґрунтування можливості продовження ресурсу вагонів. Поза увагою дослідників залишились питання аналізу характеру та закономірностей розподілу спрацювання у вагонів різних виробників та терміну служби.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є аналіз закономірностей спрацювання несучих конструкцій рам та кузовів пасажирських вагонів різних років побудови та різних виробників.

Матеріали та методи дослідження. На даному етапі вивчення спрацювання рам та кузовів пасажирських вагонів розглядалися вагони, що перевищили нормативний термін служби (28 років) та у яких був подовжений термін експлуатації. Вони були розбиті на три умовні групи: вагони з терміном експлуатації 35-40 років, 41-45 років та понад 45 років. Вимірювання величини зносів проводилися фахівцями ДП УкрНДІВ в рамках співробітництва з АТ Укрзалізниця [17]. У наведеному матеріалі представлені ілюстрації найбільш характерних

розподілень спрацювань елементів пасажирських вагонів. Під час обробки використовувалися відомі пакети програм для статистичної обробки даних Microsoft Excel та Statistica. При цьому порівнювалися номінальні значення товщини конструктивних елементів вагону та фактичні значення товщини з урахуванням величини зносу.

Хребтова балка. У пасажирських вагонах вимірювання величини зносу хребтової балки проводилися по всіх зазначених точках (рис 1, а;б) як з котлової, так і з некотлової сторони вагону. Максимальне значення спрацювання хребтової балки у вагонах купейного типу з котлової сторони вагону дорівнювало у точці 1 – 4 мм. Це у 2,8 рази перевищувало відповідне значення у некотлової сторони.



Рис. 1. Схема проведення вимірювань хребтової балки

Також досить значна максимальна величина спрацювання в точці 01 – 2,8 мм та 3,1 мм відповідно.

Отримана максимальна різниця у величині спрацювання по різних сторонах хребтової балки у точці 2 та 02 з котлової сторони вагону дорівнює близько 67 %, та у точці 1 та 01 – 32 %. З некотлової сторони вагону різниця у спрацюванні майже однакова і знаходиться в межах 20 %. Найменша величина спрацювання спостерігалася у точці 4 – 0,08 мм, а різниця по сторонах вагону складала близько 9 %.

Найбільш наочно подано аналіз характеру розподілу спрацювання на (рис. 2, а). Очевидно, що переважна більшість пошкоджень хребтової балки згрупована у діапазоні від 0 до 0,4 мм.

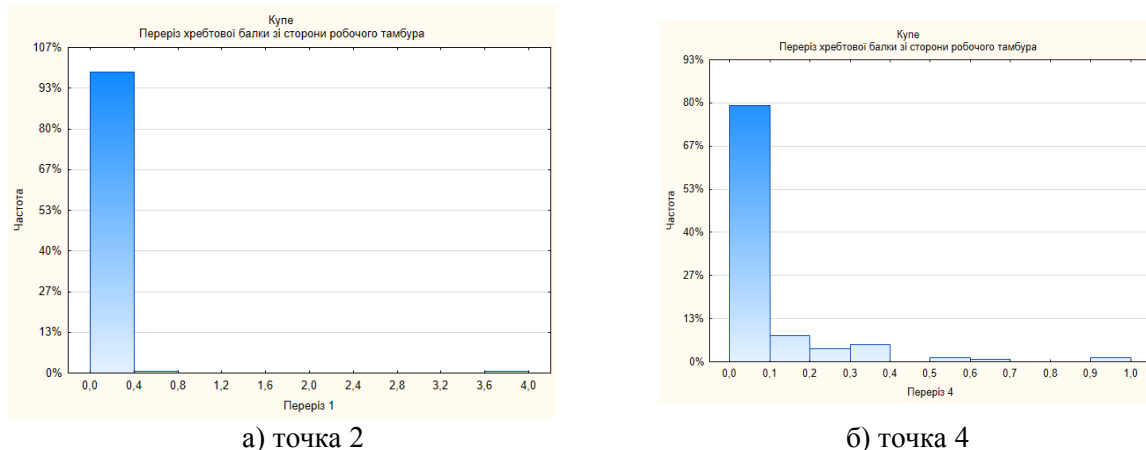


Рис. 2. Розподіл спрацювання у хребтовій балці купейного вагона

З деякими незначними відмінностями подібне розподілення повторюється в інших точках. Найбільш характерним є розподіл у точці 4 (рис. 2, б). Але знову ж таки переважна більшість значень спрацювання не перевищує 0,4 мм.

Становить інтерес розподілення спрацювання у вагонів різних років побудови. Найбільша інтенсивність нарощування спрацювання характерна для вагонів, термін служби яких перевищив 40 років.

Якщо порівняти між собою величину спрацювання у вагонів, які мають термін служби до 35 років та 35-40 років, то у останніх ця величина в середньому збільшується в 2,5 рази. Аналогічне порівняння для вагонів, які мають термін служби 35-40 років та понад 40 років, свідчить про збільшення у 3,3 рази.

Для хребтової балки вагону відкритого типу, перетин якої та схема вимірювання подано на (рис. 1, б), характер розподілу спрацювання суттєво відрізняється від наведених вище результатів для вагонів купейного типу.

Так, на рис. 3, а наведено розподілення спрацювання у точці 1. Очевидно, що воно має більш рівномірний характер.

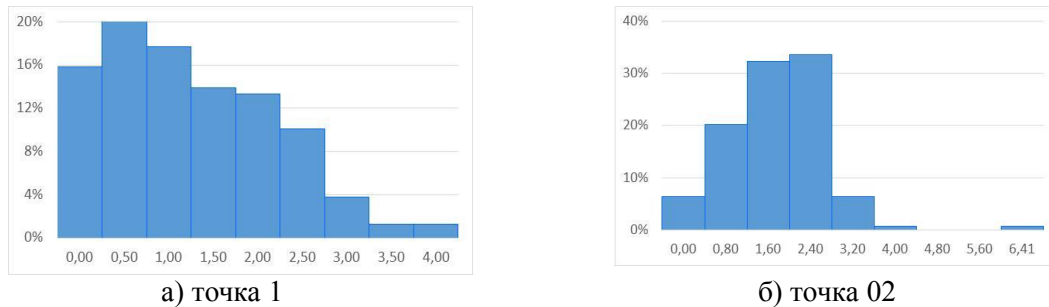


Рис. 3. Розподіл спрацювання у хребтовій балці вагону відкритого типу

Максимальне значення спрацювання було виявлено з некотлової сторони вагону у точці 02 і дорівнювало 6,4 мм, що вдвічі більше відповідного значення з котлової сторони вагону. Взагалі розподілення спрацювання у вагонів відкритого типу у всіх точках вимірювання є більш рівномірним, а у деяких випадках наближається до нормального (рис. 3, б).

Максимальні значення спрацювання спостерігалися в точках 1 та 01 з котлової сторони – 4 та 3,8 мм, а з некотлової – відповідно 4,6 та 6 мм. Мінімальна величина спрацювання зафіксована у точці 4 – 0,5 мм.

Математичне очікування величини спрацювання має незначний розкид та коливається в межах 1 мм у всіх точках вимірювання. Це характерно як для правої, так і лівої сторони хребтової балки. Фактично теж саме можна сказати про різницю між котловою та некотловою сторонами вагону.

Очікувано максимальні значення спрацювання спостерігалися у вагонів з терміном служби понад 40 років. В той же час інтенсивність нарощування спрацювання суттєво відрізняється від вагонів купейного типу. Так, якщо середня величина спрацювання між вагонами терміном служби до 35 та 35-40 років збільшилась в середньому 1,35 рази, то для наступної вікової групи інтенсивність спрацювання навіть зменшувалась і складала 1,06 рази.

Шворнева балка. Схема вимірювання величини зносу шворневої балки подана на (рис. 4).



Рис. 4. Схема проведення вимірювань шворневої та кінцевої балки

У вагонів купейного типу максимальне значення спрацювання було виявлено у точці 3 і дорівнювало 3,7 мм як з котлової, так і некотлової сторони вагону. Математичне очікування зносу незначне: практично по кожній точці воно знаходилося в межах 0,12-0,17 мм (за виключенням точки один з котлової сторони (0,29 мм)).

Характер розподілення спрацювання є однаковим практично по всіх точках вимірювання (рис. 5, а). Середня величина спрацювання між вагонами терміном служби до 35 та 35-40 років збільшилась в середньому 2,6 рази. У подальшому інтенсивність спрацювання зменшується. Порівняння отриманих результатів свідчить, що в середньому у вагонів віком 35-40 років та понад 40 років вона однакова.

У вагонів відкритого типу максимальне значення спрацювання також було виявлено у точці 3 з і дорівнювало 6,9 мм як з котлової, так і некотлової сторони вагону. Математичне очікування зносу незначне: практично по кожній точці воно знаходилося в межах 0,12-0,17 мм (за виключенням точки один з котлової сторони – 0,29 мм).

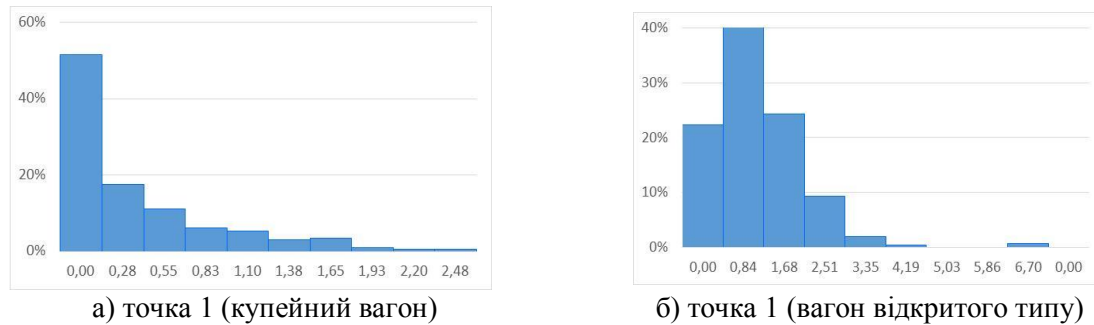


Рис. 5. Розподіл спрацювання шворневої балки у точці 1

Розподілення спрацювання є однаковим практично по всіх точках вимірювання і подібне аналогічному розподіленню для вагонів купейного типу. Лише в точці 1 розподілення наближається до нормального (рис. 5, б).

Різниця між спрацюванням з котлової та некотлової сторони вагону практично відсутня.

Максимальні значення спрацювання спостерігалися у вагонів з терміном служби понад 40 років. Інтенсивність нарощування спрацювання практично не відрізняється від аналогічних показників купейних вагонів.

Кінцева балка. Схема вимірювання величини зносу кінцевої балки подана на (рис. 4, б).

У вагонів купейного типу максимальне значення спрацювання було виявлено з котлової сторони вагона у точці 2 і дорівнювало 5,7 мм. З некотлової сторони відповідне значення менше у 2,5 рази. При цьому математичне очікування спрацювання у точці 2 як з котлової, так і з некотлової сторони було майже однакове, але перевищувало рівень спрацювання у точках 1 та 3 у 2-3 рази.

Розподілення спрацювання по всіх точках кінцевої балки має практично однаковий характер розподілення (рис. 6, а) та не має принципової різниці між котловою та некотловою сторонами.

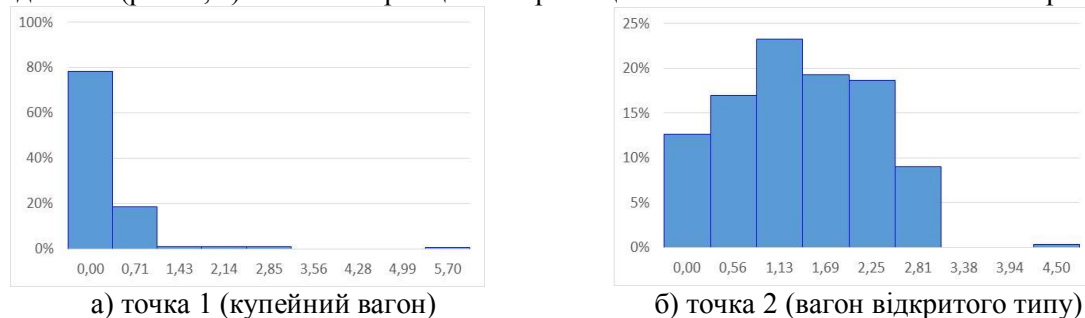


Рис. 6. Розподіл спрацювання кінцевої балки

У вагонів відкритого типу максимальне значення спрацювання було виявлено з котлової сторони вагону у точці 2 і дорівнювало 4,5 мм. З некотлової сторони відповідне значення менше у 1,5 рази.

Як і у вагонів купейного типу, математичне очікування спрацювання приймає найбільші значення у точці 2 як з котлової, так і з некотлової сторони (1,11 мм). Аналогічно ці значення суттєво перевищувало рівень спрацювання у точках 1 та 3 у 2,5-4 рази.

Розподілення спрацювання по всіх точках кінцевої балки вагонів відкритого типу співпадає з аналогічним розподіленням для вагонів купейного типу лише в точці 3. В точці 2 розподілення досить сильно відрізняється від аналогічних значень для вагонів купейного типу (рис. 6, б) та наближається до рівномірного.

Настил підлоги. Схема вимірювання величини зносу настилу підлоги подана на (рис. 7).

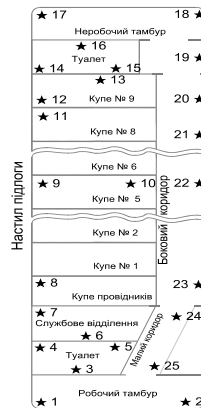


Рис. 7. Схема проведення вимірювань настилу підлоги

У вагонів купейного типу максимальне значення спрацювання було виявлено у містах туалету неробочої сторони вагону точки 14-16 та у котловому відділенні точки 24-25 і дорівнювало 1,6-1,7 мм. Також досить значні пошкодження у містах туалету з робочої сторони у точках 3 та 5 (1,6 мм).

Математичне очікування спрацювання майже однаково по всім точкам вимірювання і складає 0,19 мм. Лише у точках 8-11 воно перевищує середні значення у 1,5 рази. А з робочої сторони вагону у точках 1, 2 ці значення навіть менше за середніх.

Характер розподілення спрацювання суттєво відрізняється по всіх точках вимірювання. В обох сторонах вагону у точках 1, 2, 17, 18 складає 50 % пошкоджень, що не перевищують 0,2 мм (рис. 8, а).

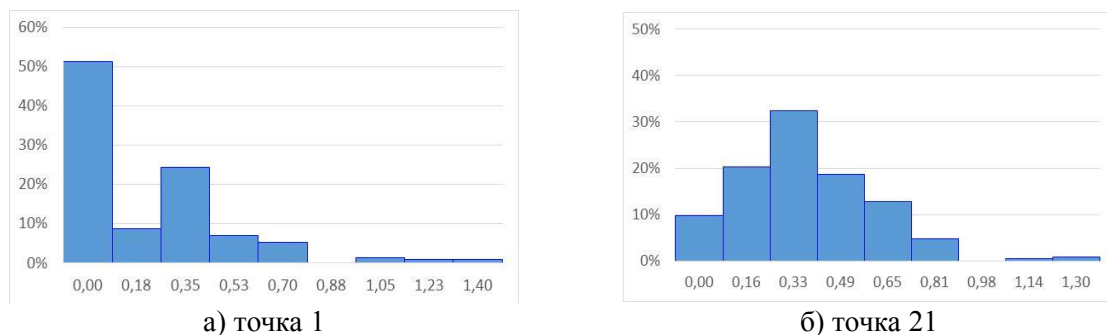


Рис. 8. Розподіл спрацювання настилу підлоги (купейний вагон)

В той же час в містах купе у точках точки 8-11 та уздовж проходу у точках 20-23 розподілення наближається до нормального (рис. 8, б).

Якщо порівнювати значення спрацювання у вагонів різних вікових груп, то визначено, що як максимальні значення, так і математичне очікування величини спрацювання у вагонів з

терміном служби за 40 років вдвічі перевищує аналогічні показник вагонів з терміном служби до 35 років.

У вагонів відкритого типу максимальне значення спрацювання також було виявлено у містах туалету неробочої сторони у точках 14-16 дорівнювало 1,6-1,7 мм. Також досить значні пошкодження у містах туалету з робочої сторони у точках 3-5 – 1,7-1,9 мм. Теж саме можна стверджувати про математичне очікування величин спрацювання: саме в зазначених вище точках вони максимальні.

Ще одним вразливим місцем є тамбур неробочої сторони, де у точці 17 максимальне значення спрацювання склало 3,1 мм. Це вдвічі більше ніж відповідні значення для тамбура робочої сторони вагону. Така ж картина характерна і для величин математичного очікування.

Значення спрацювання підлоги по містах купе (точки 8-11) практично не відрізняються і коливаються близько 1 мм за виключенням останнього купе (точки 12-13), де відповідні значення більше на 70 %.

Характер розподілення спрацювання також суттєво відрізняється по всіх точках вимірювання. На (рис. 9, а) наведено розподілення спрацювання у точці 1 (робочий тамбур), (Рис. 9, б) – у точці 24 (котельне відділення).

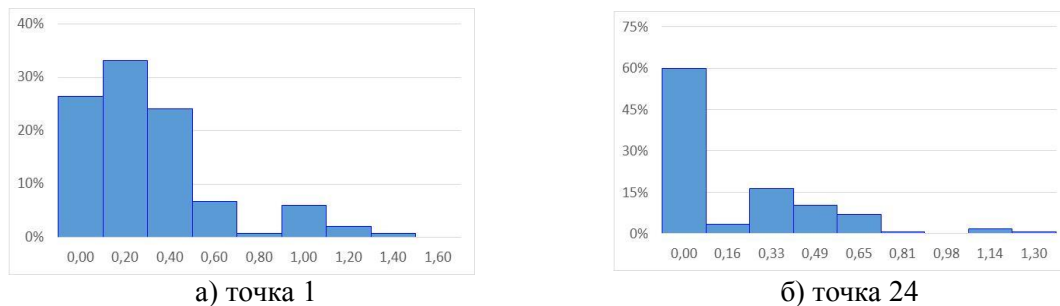


Рис. 9. Розподіл спрацювання настилу підлоги (вагон відкритого типу)

Очевидно, що характер спрацювання носить більш рівномірний характер. Подібна картина спостерігається у точках 2, 17, 18.

Розподіл спрацювання по купе та по проході носить досить суперечливий характер. Якщо в купе провідників та в купе з першого по восьме переважна більшість пошкоджень зосереджена в діапазоні до 0,3 мм (рис. 10, а), то в останньому купе та туалеті з неробочої сторони розподілення більш рівномірне (рис. 10, б).

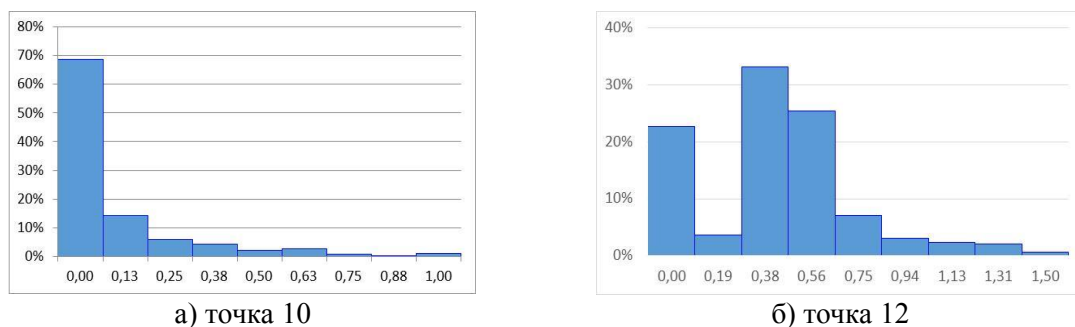


Рис. 10. Розподіл спрацювання настилу підлоги (вагон відкритого типу)

Аналогічна картина розподілення спостерігається у точках вимірювання по проході: напроти туалету та останнього купе (точки 19-20) воно співпадає з розподілення у точках 12-16, то у точках вимірювання по проході (21-23) – аналогічно розподіленню у точках 8-11.

Порівняння значення спрацювання у вагонів різних вікових груп свідчить, що

співвідношення як максимальних значень, так і математичного очікування величини спрацювання у вагонів з терміном служби за 40 років вдвічі перевищує аналогічні показники вагонів з терміном служби до 35 років. Це співпадає з отриманими результатами для вагонів купейного типу.

Висновки. Виконано порівняльний аналіз величини та характеру спрацювання деяких несучих елементів пасажирських вагонів з подовженим терміном служби. Оскільки конструкція хребтової та шворневої балки вагонів є симетричною, досліджувалось спрацювання конструкції по обох сторонах від осі симетрії.

При аналізі всіх зазначених несучих елементів враховувались зноси як з котлової, так і некотлової сторони вагону.

Показано, що існує значна різниця у величині та характеру спрацювання несучих елементів між вагонами купейного та відкритого типу. Як з'ясувалося, вагони купейного типу менше схильні до пошкоджень.

Отримані результати на даному етапі досліджень дали можливість визначити характер спрацювання певних елементів несучих конструкцій пасажирського вагону. У подальшому доцільним є проведення аналогічного дослідження стосовно елементів обшивки пасажирського вагону. Також практичний інтерес являє визначення законів розподілення спрацювання за допомогою методів статистичного аналізу. Це дасть можливість роботи прогнози на подальше зменшення залишкового ресурсу пасажирських вагонів та більш ефективно планувати заходи по відновленню працездатності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рейдемейстер О. Г., Пуларія А. Л., Грічаний М. А., Міцність та залишковий ресурс кузовів пасажирських вагонів з локальними корозійними пошкодженнями хребтової балки. Проблеми та перспективи розвитку залізн. трансп. (15.05-16.05.2014) : тези 74 Міжнар. наук.-практ. конф., Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. - Дніпропетровськ, 2014. С. 86-87.
2. Вакулєнко І. О., Анофрієв В. Г., Металеві матеріали з підвищеною міцністю для виготовлення вагонів. *Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна*, Дніпропетровськ, 2011. Вип. 37. С. 216-219.
3. Остапюк Б. Я., Подовження терміну експлуатації пасажирських вагонів. *Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна*, Дніпропетровськ, 2004. Вип. 4. С. 165-173.
4. Божок Н. О., Булгакова Ю. В., Пуларія А. Л., Дослідження сучасного стану парку пасажирських вагонів. *Збірник наукових праць Дніпропетр. Нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна «Проблеми економіки транспорту»*, 2014. вип. 8. С. 78-87.
5. Мартинов І. Е., Труфанова А. В., Павленко Ю. С., Сергієнко М. О., Аналіз технічного стану кузовів 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.
6. Шикунів О. А., Рейдемейстер О. Г., Анофрієв В. Г., [та ін.], Дослідження граничного стану пасажирських вагонів, *Вагонний парк*, 2012, № 12, С. 4-6.
7. Пуларія А.Л., Лобойко Л.М., Грічаний М.А., Визначення міцносних якостей кузова пасажирського вагона після КВР, *Збірник наукових праць ДонІЗТ*, 2008, вип. 13, С. 107-111.
8. Мямлін С.В., Рейдемейстер О. Г., Калашник В. О., Науково-технічне обґрунтування продовження терміну служби пасажирських вагонів після КВР. *Вагонний парк*, 2015, №11-12, С. 104-105, С. 4-7.
9. Ronald A., Mayville, Kent N., Johnson Richard G., Stringfellow David C. Tyrell. The development of a rail passenger coach car crush zone. Proceedings of the 2003 IEEE/ASME Joint Rail Conference April 22-24, 2003 Chicago, Illinois.
10. Suweca I. W., Johan Aliabudi Yahya, On the optimization of Kereta Kapsul's base frame structure. Computer Science. International Conference on Innovative Research and Development (ICIRD) IEEE 2018. Date Added to IEEE Xplore: 11 June 2018.
11. Kobishanov V.V., Lozbinev V.P., Sakalo V.I., Antipin D.Y., Shorohov S.G., Vysocky A.M., Passenger Car Safety Prediction. *World Applied Sciences Journal*, 2013, № 24, С. 208-212.
12. Baykasoglu C., Sunbuloglu E., Bozdog S. E., Numerical static and dynamic stress analysis on railway passenger and freight car models. Intern. Iron & Steel Symposium (02.04-04.04.2012), Karabük University. – Istanbul, 2012, P. 579-586.
13. Baykasoglu C., Sunbuloglu E., Bozdog E., Railway passenger car collision analysis and modifications for improved crashworthiness. Intern. J. of Crashworthiness. London, 2011, Vol. 16. Iss. 3.P. 319-329.doi: 10.1080/13588265.2011.566475.
14. Xue X., Smith R. A., Schimd F., Analysis of crush behaviors of a rail cab car and structural modifications for improved crashworthiness *International Journal of Crashworthiness*, 2005, 10 (2), P. 125-136.

15. Kirkpatrick S. W., Schroeder M., Simons J. W., Evaluation of passenger rail vehicle crashworthiness, International Journal of Crashworthiness, 2001, 6 (1), P. 95-106.

16. ДСТУ 7774:2015 Вагони пасажирські магістральні локомотивної тяги. Загальнотехнічні норми для розрахування та проектування механічної частини вагонів, УкрНДІВ, від 22.06.2015 № 61.

17. Донченко А. В., Троцький М. В., Холод Ю. О. [та ін.], Методика технічного діагностування пасажирських вагонів, що виступили призначений термін, з метою його продовження ЦЛІ-0070, УкрНДІВ, Київ, 2008, С. 63.

REFERENCES

1. Rejdemejster O. G., Pulariya A. L., Grichanij M. A. (2014). *Micnist ta zalishkovij resurs kuzoviv pasazhirskih vagoniv z lokalnimi korozijnimi poshkodzhenniyami hrebtovoyi balki. Problemi ta perspektivi rozvitku zalizn. transp.* (15.05-16.05.2014) : tezi [74 Mizhnar. nauk.-prakt. konf., Dnipropetr. nac. un-t zalizn. transp.] - Dnipropetrovsk, 86-87.

2. Vakulenko I. O., Anofriyev V. G. (2011). *Metalevi materiali z pidvishenoyu micnistyu dlya vigotovlennya vagoniv* [Visn. Dnipropetr. nac. un-tu zalizn. transp. im. akad. V. Lazaryana, Dnipropetrovsk], 37, 216-219.

3. Ostapyuk B. Ya. (2004). *Podovzhennya terminu ekspluatatsiyi pasazhirskih vagoniv* [Visn. Dnipropetr. nac. un-tu zalizn. transp. im. akad. V. Lazaryana], Dnipropetrovsk, 4, 165-173.

4. Bozhok N. O., Bulgakova Yu. V., Pulariya A. L. (2014). *Doslidzhennya suchasnogo stanu parku pasazhirskih vagoniv* [Zbirnik naukovih prac Dnipropetr. Nac. un-tu zalizn. transp. im. akad. V. Lazaryana «Problemi ekonomiki transportu»], 8, 78-87.

5. Martinov I. E., Trufanova A. V., Pavlenko Yu. S., Sergiyenko M. O. (2018). *Analiz tehnicnogo stanu kuzoviv pasazhirskih vagoniv* [Visnik Nacionalnogo tehnicnogo universitetu «HPI». Zbirnik naukovih prac. Seriya: Novi rishennya v suchasnih tehnologiyah. Transportne mashinobuduvannya. H. NTU «HPI»], 45 (1321), 41-46.

6. Shikunov O. A., Rejdemejster O. G., Anofriyev V. G., [ta in.] (2012). *Doslidzhennya granichnogo stanu pasazhirskih vagoniv* [Vagonnyj park], 12, 4-6.

7. Pulariya A.L., Lobjko L.M., Grichanij M.A. (2008). *Viznachennya micnosnih yakостей kuzova pasazhirskogo vagona pislya KVR* [Zbirnik naukovih prac DonIZT], 13, 107-111.

8. Myamlin S.V., Rejdemejster O. G., Kalashnik V. O. (2015). *Naukovo-tehnicne obgruntuvannya prodovzhennya terminu sluzhbi pasazhirskih vagoniv pislya KVR* [Vagonnyj park], 11-12, 104-105, 4-7.

9. Ronald A., Mayville, Kent N., Johnson Richard G., Stringfellow David C. Tyrell. (2003) *The development of a rail passenger coach car crush zone*. Proceedings of the 2003 IEEE/ASME Joint Rail Conference April 22-24, Chicago, Illinois. (in English).

10. Suweca I. W., Johan Aliabudi Yahya, (2018). *On the optimization of Kereta Kapsul's base frame structure*. Computer Science. International Conference on Innovative Research and Development (ICIRD) IEEE 2018. Date Added to IEEE Xplore: 11 June. (in English).

11. Kobishanov V.V., Lozbinev V.P., Sakalo V.I., Antipin D.Y., Shorohov S.G., Vysocky A.M. (2013). *Passenger Car Safety Prediction*. World Applied Sciences Journal, 24, 208-212. (in English).

12. Baykasoglu C., Sunbuloglu E., Bozdog S. E. (2012). *Numerical static and dynamic stress analysis on railway passenger and freight car models*. Intern. Iron & Steel Symposium Karabük University. – Istanbul, 579-586. (in English).

13. Baykasoglu C., Sunbuloglu E., Bozdog E. (2011). *Railway passenger car collision analysis and modifications for improved crashworthiness*. Intern. J. of Crashworthiness. London, 16, 3, 319-329. (in English).

14. Xue X., Smith R. A., Schimid F. (2005). *Analysis of crush behaviors of a rail cab car and structural modifications for improved crashworthiness*. International Journal of Crashworthiness, 10 (2), 125-136. (in English).

15. Kirkpatrick S. W., Schroeder M., Simons J. W. (2001). *Evaluation of passenger rail vehicle crashworthiness*. International Journal of Crashworthiness, 2001, 6 (1), 95-106. (in English).

16. DSTU 7774:2015. (2015), *Vagoni pasazhirski magistralni lokomotivnoyi tyagi. Zagalnotehnicni normi dlya rozrahuvannya ta proektuvannya mehanichnoyi chastini vagoniv* [UkrNDIV], 22.06.2015 № 61.

17. Donchenko A. V., Trockij M. V., Holod Yu. O. [ta in.] (2008). *Metodika tehnicnogo diagnostuvannya pasazhirskih vagoniv, sho visluzhili pryznachenij termin, z metoyu jogo prodovzhennya CL-0070* [UkrNDIV], Kiyiv, 2008, 63.

*Мартынов И. Е., д. т. н.
(профессор кафедры вагонов, Украинский государственный университет
железнодорожного транспорта, г. Харьков)*

*Труфанова А.В., к. т. н.
(доцент кафедры вагонов, Украинский государственный университет
железнодорожного транспорта, г. Харьков)*

*Петухов В. М., д. т. н.
(доцент кафедры вагонов, Украинский государственный университет
железнодорожного транспорта, г. Харьков)*

*Сергиенко М.О.
(аспирант кафедры вагонов, Украинский государственный университет
железнодорожного транспорта, г. Харьков)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СРАБАТЫВАНИЯ НЕСУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ

В статье рассмотрены некоторые вопросы анализа закономерностей срабатывания несущих элементов кузовов пассажирских вагонов. Парк пассажирских вагонов в основном составляют модели, разработанные и изготовленные в 70-90 годы прошлого века на вагоностроительных заводах Германии и России. Они устаревшие как морально, так и физически. Данные исследования позволили открыто рассмотреть вопрос возможно дальнейшее использование пассажирских вагонов, наиболее пораженные коррозией.

Ключевые слова: пассажирский вагон, срабатывания, подвижной состав, коррозия, инвентарный парк, техническое состояние.

Martynov Igor Sc.D.

(Professor of Department Vagons, Ukrainian State University of Railway Transport)

Alyona Trufanova Ph.D.

(Associate Professor of Department Vagons, Ukrainian State University of Railway Transport)

Vadim Petukhov Ph.D.

(Associate Professor of Department Vagons, Ukrainian State University of Railway Transport)

Maksim Serhiienko

(Postgraduate of Department Vagons, Ukrainian State University of Railway Transport)

RESEARCH OF THE DEPENDENCE OF OPERATION OF CARRYING ELEMENTS OF PASSENGER CARS

The article considers the issues of analysis of the patterns of operation of the bearing elements of the bodies of carriage. The fleet of carriage mainly consists of models developed and manufactured in the 70-90s of the last century at car plants in Germany and Russia. They are obsolete both morally and physically. A comparative analysis of the size and nature of the operation of structural elements of both compartment cars and open cars. The results of the study made it possible to consider the issue of further use of carriage, which are most affected by corrosion. Key words: carriage, operation, rolling stock; corrosion, inventory, technical condition. The results of the study made it possible to consider the issue of further use of passenger cars, which are most affected by corrosion.

Keywords: body of a passenger wagon, rolling stock, corrosion, passenger wagon, inventory park, technical condition.