

## РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

УДК 629.45:620.169.1

С. В. МЯМЛІН<sup>1</sup>, О. Г. РЕЙДЕМЕЙСТЕР<sup>2</sup>, А. Л. ПУЛАРІЯ<sup>3</sup>, В. О. КАЛАШНИК<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>Каф. «Вагони і вагонне господарство», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (056) 776 84 98, ел. пошта sergeyuyamlin@gmail.com, ORCID 0000-0002-7383-9304

<sup>2</sup>Каф. «Вагони і вагонне господарство», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. /факс +38 (056) 793 19 16, ел. пошта reidemeister@mail.ru, ORCID 0000-0001-7490-7180

<sup>3</sup>Каф. «Вагони і вагонне господарство», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (056) ) 793 19 16, ел. пошта pularija@mail.ru, ORCID 0000-0003-1144-4179

<sup>4\*</sup>Каф. «Вагони і вагонне господарство», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. /факс +38 (056) 793 19 16, ел. пошта kv47@i.ua, ORCID 0000-0002-8073-4631

### ОБГРУНТУВАННЯ ПРОДОВЖЕННЯ ТЕРМІНУ СЛУЖБИ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ ІЗ ОСЕРЕДКАМИ КОРОЗІЇ ХРЕБТОВОЇ БАЛКИ

**Мета.** Наукова робота передбачає: 1) пошук засобів врахування впливу локальних корозійних пошкоджень конструкції вагонів, що вислужили призначений термін, із метою його продовження; 2) експериментальну перевірку відповідності матеріалу конструкції вимогам нормативної документації та обґрунтування продовження терміну служби пасажирських вагонів із осередками корозії після 30 років експлуатації; 3) оцінку відповідності залишкового ресурсу конструкції кузовів вагонів експлуатаційним навантаженням протягом наступних 5 років використання. **Методика.** Розроблений алгоритм технічного діагностування вагонів із осередками корозії хребтової балки містить у собі кілька етапів. Спочатку проводиться обстеження технічного стану конструкції візуально-оптичним методом і методами неруйнівного контролю та визначається ступінь пошкодження. На наступному етапі виконується експериментальна перевірка відповідності структури та механічних властивостей металу хребтової балки вагона з осередками корозії вимогам нормативної документації. Далі виконується дослідження міцності несучих конструкцій кузовів вагонів на підставі експериментальних статичних та ударних випробувань на міцність. Нарешті проводяться ресурсні випробування на дію поздовжніх сил і виконується оцінка та прогнозування відповідності ресурсу кузовів вагонів на наступний період. **Результати.** Дійсна робота завершена одержанням експериментальних даних із обґрунтування продовження терміну служби пасажирських вагонів як із точки зору напрацювання несучих елементів кузова вагона на ресурс, так і з точки зору хімічного складу, структури та механічних властивостей металу хребтової балки з осередками корозії. Наявність локальних корозійних пошкоджень хребтової балки представлених розмірів не складає загрози міцності конструкції та безпеці руху. **Наукова новизна.** Авторами проведені комплексні дослідження з обґрунтування терміну служби пасажирських вагонів як із боку напрацювання елементів кузова на ударну витривалість, так і з оцінки механічних властивостей металу, з якого виготовлені елементи вагона. Вперше обґрунтована можливість подальшої експлуатації вагонів із корозійними пошкодженнями хребтової балки. **Практична значимість.** Отримані вченими результати дозволя-

## РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

ють без додаткових заходів продовжити термін служби пасажирських вагонів із осередками корозії хребтової балки.

*Ключові слова:* пасажирський вагон; хребтова балка; корозійні пошкодження; відповідність; хімічний склад; механічні властивості; мікроструктура; міцність конструкції; статичні випробування; ударні випробування; напрацювання на ресурс

### Вступ

З урахуванням дефіциту пасажирських вагонів, викликаного природним скороченням інвентарного парку в зв'язку з виключенням вагонів по досягненні нормативного терміну служби, та закупівлею в недостатній кількості нових вагонів актуальним є продовження вищевказаного терміну. Комплекс робіт з продовження терміну служби передбачений методикою технічного діагностування пасажирських вагонів, що вислужили призначений термін [7], та нормативними документами [11, 16]. Деякі проблеми, що виникають під час діагностування пасажирських вагонів, розглянуті в статтях [9, 10, 12, 13, 17]. Концепція обґрунтування продовження терміну служби пасажирських вагонів з осередками корозії хребтової балки викладена в [8]. В [1] розглядається вплив зміни комплексу властивостей сталей на рівень міцності елементів конструкції.

Але ні існуюча методика, ні питання, розглянуті у вищевказаних статтях, не враховують деяких особливостей пошкоджень елементів конструкції у період експлуатації. Так, в процесі технічних оглядів та ремонту вагонів парку Укрзалізниці була виявлена група вагонів відкритого типу після 30 років служби з осередками корозії хребтової балки в кількості 779 одиниць. Такі локальні корозійні пошкодження мали довжину 400–600 мм та спостерігались на вертикальній полиці хребтової балки в її консольній частині перед шкворневою балкою (рис. 1).

У таких випадках звичайні засоби технічного діагностування згідно з [7] не дають змогу повною мірою оцінити ймовірність продовження терміну служби вагона. Тому дослідження ресурсу вагонів виконувалося з попереднім ретельним вивченням фізико-механічних властивостей металу, його хімічного складу та мікроструктури.



Рис. 1. Локальні корозійні пошкодження хребтової балки

Fig. 1. Local corrosion damages of the center sill

### Мета

Метою роботи є пошук засобів обґрунтування продовження терміну служби пасажирських вагонів, що мають хребтові балки з осередками корозії. Крім того, здійснюється оцінка відповідності залишкового ресурсу конструкції кузова вагона експлуатаційним навантаженням на призначений наступний період.

### Методика

На першому етапі виконувалося обстеження технічного стану конструкції вагона візуально-оптичним методом та методами неруйнівного контролю з метою визначення місць та ступеня корозійного пошкодження основних елементів конструкції. За результатами обстеження технічного стану конструкції вагонів проаналізовано виявлені пошкодження та прийнято рішення щодо виду ремонту або виключення вагона з експлуатації. На цьому етапі з парку вагонів для випробувань було відібрано два вагона відкритого типу 1983 р. побудови з характерними локальними пошкодженнями хребтової балки. На хребтовій балці були виконані штучні отвори (див. рис.1). Можливість створення таких отворів розглядалася як ознака незадовільного стану рами вагона, що вимагало експеримента-

## РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

льного підтвердження чи спростування. Крім того, по отворах можна візуально стежити за можливою зміною стану хребтової балки (наприклад, зміна геометрії отвору та наявність тріщин по зовнішній кромці отвору).

З метою контролю стану нижньої об'язки та стійок до, та після ударних випробувань було виконано розкриття панелі бокової стіни на ділянці шкворневого вузла на довжині 2,5–3 м (рис. 2).



Рис. 2. Розкриття панелі бокової стіни

Fig. 2. Disclosure of side wall panel

На другому етапі виконувалась експериментальна перевірка відповідності матеріалу конструкції хребтової балки вимогам нормативної документації.

Для дослідження осередків корозії та міцності металу навколо ушкоджених зон хребтової балки був відібраний вагон з найбільшими корозійними пошкодженнями. З хребтової балки вирізались зразки з місць, що були найбільш уражені корозією, так і з місць, де корозійні пошкодження відсутні. Зразки проходили такі випробування:

- для визначення марки сталі елементів хребтової балки досліджувався хімічний склад сталі;

- дослідження мікроструктури при збільшенні  $100\times$  по визначенню відповідності вимогам по структурних складових внутрішньої будови металу, а саме: бальність зеренної структури та бали по неметалевих включеннях;

- механічні випробування з визначення властивостей сталі за умов статичного розтягання за кімнатної температури (межа плинності, межа тимчасового опору руйнуванню, відносні видовження і звуження металу);

- випробування з визначення ударної в'язкості за кімнатної та пониженої температурах.

На третьому етапі виконувались статичні і ударні на міцність випробування з метою оцінки міцності конструкції вагона та відповідності нормативним документам [11], [16]. Статичні міцнісні випробування на вертикальне навантаження здійснювалися шляхом посадки працівників депо (пасажирів) в кожен вагон з реєстрацією напружень в його елементах. Ударні на міцність випробування виконувались шляхом накочування вагона-бойка на дослідний вагон. Для запису напружень в елементах вагона та зусилля в автозчіпці виконувалось 50–80 співударів в діапазоні 0,5 МН–2,5 МН згідно з програмою випробувань. Перед випробуваннями на співудар для імітації маси пасажирів дослідні вагони завантажувались мішками з сипучим вантажем, розподіленими по площі підлоги таким чином, щоб максимально відтворити реальні умови.

На наступному етапі виконувались ударні ресурсні випробування з метою перевірки відповідності залишкового ресурсу вагонів навантаженням наступних 5 років експлуатації. Критерієм відповідності є напрацювання на ресурс, а обсяг випробувань визначається рівністю напрацювання вагона під час випробувань та в експлуатації [15]. Для цього було виконано цикл співударів для пари однакових вагонів як за типом, так і за роком побудови. В першій половині циклу один вагон використовувався як вагон-бойок, інший – як дослідний, в другій – їх ролі мінялись. Це стало можливим через те, що вагон-бойок при співударі відчуває таку ж силу, як і дослідний.

## Результати

Обстеження технічного стану конструкції кузовів вагонів ЦМО з локальними корозійними пошкодженнями хребтової балки показало, що він є типовим для вагонів, які експлуатуються протягом 30 років. Так, зменшення товщини шворневої балки внаслідок локальної корозії досягало 43 % (мінімальна товщина полки на одному з вагонів складала 4,5 мм при початковій 8 мм). Зменшення товщини полки хребтової балки в зоні локальних корозійних по-

## РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

шкоджень становило біля 19 % на всіх вагонах. Найвні деформації та корозійні пошкодження нижньої обв'язки вагона (товщина полицки на деяких вагонах складала 4,2 мм – знос 35 %), поодинокі обриви стійок бокової стіни, пошкодження місць з'єднань хребтової та шворневої балок.

Обриви стійок та тріщини усунуті під час підготовки двох відібраних вагонів до виконання випробувань.

Результати досліджень фізико-механічних властивостей, хімічного складу та мікроструктури показали таке:

- за хімічним складом (частки вуглецю, кремнію, марганцю та хрому) матеріал хребтової балки відповідає вимогам якісної конструкційної сталі марки 20 [2]. Вміст шкідливих домішок (сірка та фосфор) вдвічі менше за допустимий;

- рівень неметалевих включень в 2–8 разів менший за допустимий, що відповідає вимогам високоякісних конструкційних сталей [3];

- дослідження мікроструктури показали, що сталь хребтової балки має дрібнозернисту полієдричну структуру, по товщині структура рівномірна, з відсутністю ознак ліквіації структурних складових (рис.3).

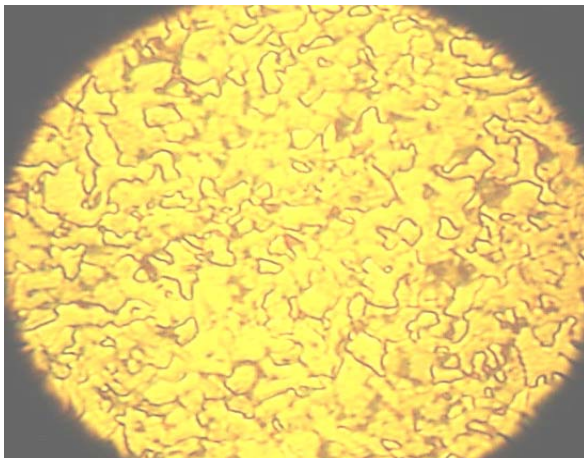


Рис. 3. Мікроструктура сталі зразка

Fig. 3. The microstructure of the steel sample

Мікроструктура сталі відповідає стану металу після контрольованої прокатки [4]:

- за рівнем міцності та пластичності (граніця текучості 248–272 МПа, границя міцності 430–481 МПа, відносне залишкове подовження 27–36 %, твердість НВ 128–133) матеріал хреб-

тової балки відповідає вимогам до сталі марки 20 [5], [6];

- для металу в області максимальної корозії ударна в'язкість складала значення: за кімнатної температури 128 Дж/см<sup>2</sup>, за температури – 40 °С – 80 Дж/см<sup>2</sup>. Допустимі значення ударної в'язкості КСУ для сталі марки 20 складають 88 Дж/см<sup>2</sup> за температури 20 °С;

- матеріал хребтової балки за вищевказаними показниками з місць без ознак корозії та з місць, найбільш уражених корозією, практично не відрізняється і цілком відповідає вимогам якісної конструкційної сталі марки 20 та не становить безпосередньої загрози міцності конструкції кузова.

Результати випробувань на міцність показали таке:

- рівень напружень від маси пасажирів є незначним – найбільше значення 30,3 МПа (нижня обв'язка біля шворневої балки);

- під час випробувань на співудар при зусиллі – 2,5 МН найбільш напруженими елементами є хребтова балка біля шворневої (228 МПа) та нижня обв'язка біля шворневої (162 МПа), в той час як в шворневій та поперечній балках напруження не перевищували 79 МПа. Бокова стіна вагона також незначною мірою бере участь у сприйнятті поздовжнього зусилля – максимальне напруження 67 МПа (гофр обшивки над вікном посередині вагона);

- найбільші сумарні напруження по I розрахунковому режиму (крім вище наведених навантажень, включають в себе напруження від маси води, вугілля та ін. і власної маси кузова вагона спостерігались у поперечній балці посередині вагона (224 МПа), хребтовій балці (166 МПа) та нижній обв'язці (145 МПа), які не перевищують допустимі.

Ударні ресурсні випробування показали:

- вагони пройшли ресурсні випробування без ушкоджень, які б перешкождали виконанню випробувань і не могли бути усунуті під час виконання чергового деповського або капітального ремонту;

- вагони мали напрацювання на ресурс 6,7 років, який дозволяє продовжити термін служби вагонів на наступні 5 років;

- штучні отвори в шворневій та хребтовій балках вагонів з локальними корозійними пошкодженнями не вплинули на їх стан. Після

## РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

випробувань встановлено: отвори не втратили форму та відсутні ознаки розвитку тріщин в зоні отворів. Наявність отворів не вплинуло на технічний стан балок;

Огляд технічного стану вагонів, які зазнали ресурсні випробування, показав найбільш схильні до пошкоджень такі елементи: нижня об'язка (деформації, тріщини), стійки бокової стіни (тріщини, обриви). Слід зазначити, що високий рівень пошкодження нижньої об'язки зумовлений значною корозією останньої, товщина якої складала 4,2–4,5 мм при початковій 6 мм. Крім того, в одному вагоні наявні тріщини на зварювальних швах нижнього листа шворневої балки, в другому – виявлена деформація торцевої стіни. Приклади пошкоджень після ресурсних випробувань наведені на рис.4–6.



Рис. 4. Обрив стійки

Fig. 4. Break of vertical brace



Рис. 5. Деформація нижньої об'язки, обрив стійки

Fig. 5. The deformation of the lower binding, break of the vertical brace



Рис. 6. Тріщини в місці з'єднання нижнього листа зі шворневою балкою

Fig. 6. Cracks at the junction of the bottom sheet with centre bearer

Але всі вказані пошкодження можуть бути усунені під час планового ремонту і не завадять подальшій експлуатації вагонів.

#### Наукова новизна та практична значимість

Виконані дослідження дозволили отримати експериментальні дані з обґрунтування продовження терміну служби пасажирських вагонів з точки зору як напрацювання несучих елементів кузова на ресурс, так і з урахування хімічного складу, структури та механічних властивостей металу хребтової балки з осередками корозії. Результати досліджень можуть бути застосовані під час виконання робіт з обґрунтування подовження терміну служби, або терміну корисного використання пасажирських вагонів.

Отримані результати дозволили одночасно, без додаткових заходів продовжити термін служби 779 пасажирським вагонам з осередками корозії хребтової балки.

#### Висновки

Комплексні дослідження вагонів з локальними корозійними пошкодженнями хребтової балки показали, що корозійні пошкодження як за якістю матеріалу, так і з точки зору опору втомі елементів кузова не складають загрози для подальшої експлуатації вагонів. Наявність локальних корозійних пошкоджень хребтової балки наведених розмірів не складає загрози міцності конструкції та безпеці руху.

## РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

Роботи з продовження терміну служби вагонів з такими пошкодженнями рекомендується виконувати у загальному порядку.

На основі виконаних досліджень визначено, що вагони мають залишковий ресурс, достатній для їх подальшої експлуатації впродовж наступних 5 років. Після закінчення цього терміну рекомендується виконання ресурсних випробувань для оцінки залишкового ресурсу, який залежатиме від умов експлуатації та загального стану вагонів на той час. Граничний термін служби вагонів – 41 рік.

Для таких вагонів під час виконання планових видів ремонту рекомендовано:

- при локальних корозійних пошкодженнях менше 50 % здійснювати якісну антикорозійну обробку місць пошкоджень;
- якщо пошкодження досягають та перевершують 50 % – виключати вагон з інвентарного парку згідно з вимогами ЦЛ-0069 [14].

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Вакуленко, І. О. Металеві матеріали з підвищеною міцністю для виготовлення вагонів / І. О. Вакуленко, В. Г. Анофрієв // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2011. – Вип. 37. – С. 216–219.
2. ГОСТ 9454-78. Металлы. Метод испытания на ударный изгиб при пониженных, комнатной и повышенных температурах. – Москва : Изд-во стандартов, 1981. – 9 с.
3. ГОСТ 1497-84. Металлы. Методы испытаний на растяжения. – Москва : Стандартиформ, 2005. – 26 с.
4. ГОСТ 1050-88. Прокат сортовой калиброванный со специальной отделкой поверхности из углеродистой качественной конструкционной стали. Общие технические условия. – Москва : Стандартиформ, 2008. – 17 с.
5. ГОСТ 5639-82. Сталь и сплавы. Методы выявления и определения величины зерна. – Москва : Изд-во стандартов, 1983. – 40 с.
6. ГОСТ 1778-70. Сталь. Металлографические методы определения неметаллических включений. – Москва : ГК стандартов Совета Министров СССР, 1971. – 50 с.
7. Методика технічного діагностування пасажирських вагонів, що виступили призначений термін, з метою його продовження : ЦЛ-0070. – Київ : Нескінчене джерело, 2008. – 60 с.
8. Міцність та залишковий ресурс кузовів пасажирських вагонів з локальними корозійними пошкодженнями хребтової балки / О. Г. Рейдемейстер, А. Л. Пуларія, М. А. Грічаний [та ін.] // 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.
9. Мямлин, С. В. Научные методы оценки ресурса несущих конструкций подвижного состава / С. В. Мямлин, В. Л. Горобец // Вісн. сертифікації залізн. трансп. – 2011. – №. 8. – С. 12–17.
10. Мямлин, С. В. Проблемы технического диагностирования пассажирских вагонов / С. В. Мямлин, А. Л. Пуларія // Розвиток наук. школи трансп. механіки : тези доп. Міжнар. наук.-техн. конф. / Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. – Дніпропетровськ, 2013. – С. 65–67.
11. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). – Москва : ГосНИИВ : ВНИИЖТ, 1996. – 354 с.
12. Особенности технического диагностирования подвижного состава / С. В. Мямлин, В. Г. Анофрієв, А. Л. Пуларія [и др.] // Сучасні проблеми та ефективні шляхи ремонту і відновлення залізн. рухомого складу : пр. 1 Міжнар. наук. конф. / ДП «ПВІТБ «Київдіпротранс». – Київ, 2006. – С. 16–17.
13. Остапюк, Б. Я. Подовження терміну експлуатації пасажирських вагонів / Б. Я. Остапюк // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2004. – Вип. 4. – С. 165–173.
14. Правила виключення пасажирських вагонів із інвентарного парку : ЦЛ-0069. – Київ : Нескінчене джерело, 2008. – 40 с.
15. Програма і методика проведення ударних ресурсних випробувань пасажирських вагонів, що виступили призначений термін служби : ПМ 01-13/ВЛВ. – Дніпропетровськ, 2013. – 16 с.
16. РД 24.050.37–95. Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и ходовые качества. – Москва : ВНИИЖТ, 1995. – 101 с.
17. Numerical static and dynamic stress analysis on railway passenger and freight car models / С. Baykasoglu, E. Sunbuloglu, S. E. Bozdog [et al.] // Intern. Iron & Steel Symposium (02.04–04.04.2012) / Karabük University. – Istanbul, 2012. – P. 579–586.

С. В. МЯМЛИН<sup>1</sup>, А. Г. РЕЙДЕМЕЙСТЕР<sup>2</sup>, А. Л. ПУЛАРИЯ<sup>3</sup>, В. А. КАЛАШНИК<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>Каф. «Вагоны и вагонное хозяйство», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (056) 776 84 98, эл. почта sergeymyamlin@gmail.com, ORCID 0000-0002-7383-9304

<sup>2</sup>Каф. «Вагоны и вагонное хозяйство», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел./факс +38 (056) 793 19 16, эл. почта reidemeister@mail.ru, ORCID 0000-0001-7490-7180

<sup>3</sup>Каф. «Вагоны и вагонное хозяйство», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (056) 793 19 16, эл. почта pularija@mail.ru, ORCID 0000-0003-1144-4179

<sup>4\*</sup>Каф. «Вагоны и вагонное хозяйство», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел./факс +38 (056) 793 19 16, эл. почта kv47@i.ua, ORCID 0000-0002-8073-4631

## ОБОСНОВАНИЕ ПРОДЛЕНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ С ОЧАГАМИ КОРРОЗИИ ХРЕБТОВОЙ БАЛКИ

**Цель.** Научная работа предполагает: 1) поиск способов учета влияния локальных коррозионных повреждений конструкции вагонов, которые отслужили назначенный срок, с целью его продления; 2) экспериментальную проверку соответствия материала конструкции требованиям нормативной документации и обоснование продления срока службы пассажирских вагонов с очагами коррозии после 30 лет эксплуатации; 3) оценку соответствия остаточного ресурса конструкции кузовов вагонов эксплуатационным нагрузкам в течение следующих 5 лет использования. **Методика.** Разработанный алгоритм технического диагностирования вагонов с очагами коррозии хребтовой балки содержит в себе несколько этапов. Сначала проводится обследование технического состояния конструкции визуально-оптическим методом и методами неразрушающего контроля, а также определяется степень повреждений. На следующем этапе выполняется экспериментальная проверка соответствия структуры и механических свойств металла хребтовой балки вагона с очагами коррозии требованиям нормативной документации. Далее выполняется исследование прочности несущих конструкций кузовов вагонов на основе экспериментальных статических и ударных испытаний на прочность. Наконец проводятся ресурсные испытания на действие продольных сил и выполняется оценка и прогнозирование соответствия ресурса кузовов вагонов на следующий период. **Результаты.** Действительная работа завершена получением экспериментальных данных по обоснованию продления срока службы пассажирских вагонов как с точки зрения наработки несущих элементов кузова вагона на ресурс, так и с точки зрения химического состава, структуры и механических свойств металла хребтовой балки с очагами коррозии. Наличие локальных коррозионных повреждений хребтовой балки представленных размеров не составляет угрозы прочности конструкции и безопасности движения. **Научная новизна.** Авторами проведены комплексные исследования по обоснованию срока службы пассажирских вагонов как со стороны наработки элементов кузова на ударную выносливость, так и оценки механических свойств металла, из которого изготовлены элементы вагона. Впервые обоснована возможность дальнейшей эксплуатации вагонов с коррозионными повреждениями хребтовой балки. **Практическая значимость.** Полученные учеными результаты позволяют без дополнительных мероприятий продлить срок службы пассажирских вагонов с очагами коррозии хребтовой балки.

**Ключевые слова:** пассажирский вагон; хребтовая балка; коррозионные повреждения; соответствие; химический состав; механические свойства; микроструктура; прочность конструкции; статические испытания; ударные испытания; наработка на ресурс

S. V. MYAMLIN<sup>1</sup>, O. H. REIDEMEISTER<sup>2</sup>, A. L. PULARIIA<sup>3</sup>, V. O. KALASHNYK<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>Dep. «Cars and Car Facilities», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lasaryan, Lasaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 776 84 98, e-mail sergeymyamlin@gmail.com, ORCID 0000-0002-7383-9304

<sup>2</sup>Dep. «Cars and Car Facilities», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lasaryan, Lasaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel./fax +38 (056) 793-19-16, e-mail reidemeister@mail.ru, ORCID 0000-0001-7490-7180

## РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

<sup>3</sup>Dep. «Cars and Car Facilities» Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lasaryan, Lasaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 793 19 16, e-mail pularija@mail.ru, ORCID 0000-0003-1144-4179

<sup>4\*</sup>Dep. «Cars and Car Facilities», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lasaryan, Lasaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel./fax +38 (056) 793 19 16, e-mail kv47@i.ua, ORCID 0000-0002-8073-4631

## THE RATIONALE FOR EXTENDING THE SERVICES OF PASSENGER CARS WITH POCKETS OF CORROSION IN THE CENTER SILL

**Purpose.** The scientific work supposed: 1) the search of accounting ways of the local corrosion damages influence to the car design, that were expired the appointed time, for the purpose of renewal; 2) experimental verification of conformity of material construction requirements of the normative documentation and justification for extending the services of passenger cars with pockets of corrosion after 30 years of operation; 3) the conformity assessment of residual life of the structure of car bodies operating pressures in the next 5 years of use. **Methodology.** The developed algorithm of technical diagnostics of cars with pockets of corrosion of the center sill contains several stages. First, a survey of technical condition of structures is conducted by a visual-optical method and nondestructive control methods, and the degree of damage is determined. In the next phase the experimental verification of conformity of the structure and mechanical properties of the center sill of the car with the pockets of corrosion to regulatory requirements are executed. Next, the study of strength of the supporting structures of car bodies on the basis of experimental static and impact tests of strength is executed. Finally, the endurance tests are conducted on the effect of the longitudinal forces and the evaluation and prediction of compliance resource car bodies for the next period are executed. **Findings.** The actual work is completed by obtaining the experimental data on the feasibility of extending the service life of passenger cars as from the point of view of an operating time of load-bearing elements of the car body to the resource, and from the point of view of chemical composition, structure and mechanical properties of the center sill with pockets of corrosion. The presence of local corrosion damages of the center sill of the presented size is not a threat to the structural strength and safety. **Originality.** The authors conducted a comprehensive study to validate the service life of passenger cars both on the part of the operating time of the car bodies elements on impact toughness and the evaluation the mechanical properties of the metal from which the elements of the car are produced. For the first time the possibility of further operation of cars with corrosion damages in the center sill is grounded. **Practical value.** The obtained results allow without the additional activities to extend the service life of passenger cars with pockets of corrosion in the center sill.

**Keywords:** passenger car; center sill; corrosion damage; compliance; chemical composition; mechanical properties; microstructure; structural strength; static test; impact test; time to share

### REFERENCES

1. Vakulenko I.O., Anofriiev V.H. Metalevi materialy z pidvyshchenoiu mitsnistiu dlia vyhotovlennia vahoniv [Metal materials with high durability for making carriages]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazaryana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2011, issue 37, pp. 216-219.
2. GOST 9454-78. *Metally. Metod ispytaniya na udarnyy izgib pri ponizhennykh, komnatnoy i povyshennykh temperaturakh* [State standard 9454-78. Metals. Method for testing the impact strength at low, room and elevated temperatures]. Moscow, Standartinform Publ., 1981. 9 p.
3. GOST 1497-84. *Metally. Metody ispytaniy na rastyazheniya* [State standard 1497-84. Metals. Test methods for tension]. Moscow, Standartinform Publ., 2005. 26 p.
4. GOST 1050-88. *Prokat sortovoy kalibrovanny so spetsialnoy otdelkoy poverkhnosti iz uglerodistoy kachestvennoy konstruktsionnoy stali. Obshchiye tekhnicheskiye usloviya* [State standart 1050-88. Calibrated rolled metal with special surface finish of quality carbon structural steel. General specifications]. Moscow, Standartinform Publ., 2008. 17 p.
5. GOST 5639-82. *Stali i splavy. Metody vyyavleniya i opredeleniya velichiny zerna* [State standard 5639-82. Steel and alloys. Methods of detection and determination of grain size]. Moscow, Standartinform Publ., 1983. 40 p.



## РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

6. *GOST 1778-70. Stal. Metallograficheskiye metody opredeleniya nemetallicheskih vklyucheniya* [State standard 1778-70. Steel. Metallographic methods for the determination of non-metallic inclusions]. Moscow, GK standartov Soveta Ministrov SSSR Publ., 1971. 50 p.
7. *Metodyka tekhnichnoho diahnostuvannia pasazhyrskykh vahoniv, shcho vysluzhyly pryznachenyi termin, z metoiu yoho prodovzhennia. Instruktsiia TsL-0070* [Methods of technical diagnostics of passenger cars, that were expired the appointed time, for the purpose of renewal. Instruction TsL-0070]. Kyiv, Neskinchene dzherelo Publ., 2008. 60 p.
8. Reidemeister O.H., Pulariia A.L., Hrichanyi M.A. Mitsnist ta zalyshkovyi resurs kuzoviv pasazhyrskykh vahoniv z lokalnymi koroziiynymi poshkodzhenniamy khrebtovoi balky [The strength and residual life of the passenger cars bodies with local corrosion damage of center sill]. *Tezy 74 Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Problemy ta perspektyvy rozvytku zaliznychnoho transportu (15.05-16.05.2014)»* [Abstracts of the 74 Int. Sci.-Practical Conf. «Problems and prospects of development of railway transport (15.05-16.05.2014)»]. Dnipropetrovsk, 2014, pp. 86-87.
9. Myamlin S.V., Gorobets V.L. Nauchnye metody otsenki resursa nesushchikh konstruktsiy podvizhnogo sostava [Scientific methods of resource assessment of rolling stock load-bearing structures]. *Visnyk sertyfikatsii zaliznychnoho transportu* [Bulletin of Railway Transport Certification]. Dnipropetrovsk, 2011, issue 8, pp. 12-17.
10. Myamlin S.V., Pulariya A.L. Problemy tekhnicheskogo diagnostirovaniya passazhirskikh vagonov [The problems of technical diagnostics of passenger cars]. *Tezy dopovidei Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii «Rozvytok naukovoi shkoly transportnoi mekhaniky»* [Reports abstracts of Intern. Scien.and Techn. Conf. «The Scientific Development of School Transportation Mechanics»]. Dnipropetrovsk, 2013, pp. 65-67.
11. *Normy dlya rascheta i proyektirovaniya vagonov zheleznykh dorog MPS kolei 1520 mm (nesamokhodnykh)* [Standards for the cars calculation and design of the Ministry of Railways of 1520 mm (not self-propelled)]. Moscow, GosNIIV-VNIIZhT Publ., 1996. 354 p.
12. Myamlin S.V., Anofriev V.G., Pulariia A.L. Osobennosti tekhnicheskogo diagnostirovaniya podvizhnogo sostava [Features technical diagnostics of rolling stock]. *Pratsi I Mizhnarodnoi naukovoi konferentsii «Suchasni problemy ta efektyvni shliakhy remontu i vidnovlennia zaliznychnoho rukhomoho skladu»* [Proc.of the 1st Int. Sci. Conf. Modern «Problems and effective ways of repair and restoration of railway rolling stock»]. Kyiv, 2006, pp. 16-17.
13. Ostapiuk B.Ya. Podovzhennia terminu ekspluatatsii pasazhyrskykh vahoniv [The life extension of passenger cars]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2004, issue 4, pp. 165-173.
14. *Pravyly vykliuchennia pasazhyrskykh vahoniv iz inventarnoho parku. Instruktsiia TsL-0069* [The rules passenger cars of inventory park retirement. Instruction TsL-0069]. Kyiv, Neskinchene dzherelo Publ., 2008. 40 p.
15. *Prohrama i metodyka provedennia udarnykh resursnykh vyprobuvan pasazhyrskykh vahoniv, shcho vysluzhyly pryznachenyi termin sluzhby* [Program and methodology for impact endurance tests of passenger cars, which had expired service life]. Dnipropetrovsk, 2013. 16 p.
16. *RD 24.050.37–95. Vagony gruzovyye i passazhirskiye. Metody ispytaniy na prochnost i khodovyye kachestva* [RD 24.050.37–95. The freight and passenger cars. Test methods for durability and ride performance]. Moscow, VNIIZhT Publ., 1995. 101 p.
17. Baykasoglu C., Sunbuloglu E., Bozdag S. E., Aruk F., Toprak T. Mugan A. Numerical static and dynamic stress analysis on railway passenger and freight car models. Intern. Iron & Steel Symposium (02.04.-04.04.2012). Karabük University, Türkiye, 2012, pp. 579-586.

*Стаття рекомендована до публікації д.т.н, професором М. І. Капицею (Україна); головним технологом ВСП «Синельниківське пасажирське вагонне депо» Придніпровської залізниці В. М. Крутенко (Україна)*

Надійшла до редакції: 17.07.2015

Прийнято до друку: 23.09.2015