

НАУКОВО-ТЕХНІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОДОВЖЕННЯ ТЕРМІНУ СЛУЖБИ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ ПІСЛЯ КВР

С. В. Мямлін¹, О. Г. Рейдемейстер², В. О. Калашник³

¹ Д. т. н., професор, проректор з наукової роботи Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, 49010, Україна, тел. +38 (056) 776 84 98, ел. пошта: sergeyuyamlin@gmail.com, ORCID 0000-0002-7383-9304

² К. т. н., доцент, завідувач випробувальної лабораторії вагонів Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, 49010, Україна, тел./факс +38 (056) 793 19 16, ел. пошта: reidemeister@mail.ru, ORCID 0000-0001-7490-7180

³ Старший науковий співробітник ДНДЛ «Вагони» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, 49010, Україна, тел./факс +38 (056) 793 19 16, ел. пошта: kv47@i.ua, ORCID 0000-0002-8073-4631

Мета. Провести дослідження, які б дозволили пасажирським вагонам, що пройшли капітально-відновлювальний ремонт у період із січня 1999 року по лютий 2000 року на ВАТ «Дніпровагонрембуд» за технічними умовами ТУ У 32.01116130.331-99, продовжити термін служби. Виконати оцінку відповідності залишкового ресурсу конструкції кузовів вагонів експлуатаційним навантаженням протягом нового терміну використання. **Методика.** Проведено детальний аналіз робіт в Україні та близькому зарубіжжі, у яких розглядалися питання розрахунків і різноманітних видів випробувань вагонів після КВР. На наступному етапі виконувався комплекс випробувань, який включав в себе статичні, ударні на міцність та ресурсні випробування кузовів вагонів. На підставі результатів випробувань виконувалась оцінка залишкового ресурсу вагонів. **Результати.** Детальний аналітичний огляд дозволив визначитися з методикою досліджень щодо продовження терміну служби пасажирських вагонів після КВР, на які не поширюються вимоги ТУ У 32.01116130.331-99. Проведені випробування дозволили дати оцінку міцності кузовів вагонів за розрахунковими режимами згідно з Нормами розрахунків міцності вагонів. Результати оцінки міцності елементів вагонів свідчать, що рівень напружень не перевищує допустимих. Ударні та ресурсні випробування продемонстрували, що вагони після випробувань мали пошкодження, які не становили середньої небезпеки для конструкції та можуть бути усунені при черговому плановому ремонті. Вагони мали напруження на ресурс, який дозволяє продовжити термін служби вагонів на 10 років. **Практичне значення.** Було проведено комплекс робіт, на підставі яких аргументовано визначено методику дослідження та обсяг експериментальних випробувань. На підставі результатів випробувань визначена відповідність залишкового ресурсу вагонів навантаженням на наступні 10 років експлуатації. Отримані результати дозволяють без додаткових заходів продовжити термін служби пасажирських вагонів після КВР згідно з ТУ У 32.01116130.331-99.

Ключові слова: пасажирський вагон, капітально-відновлювальний ремонт, відповідність, навантаження, розрахунки, міцність конструкції, статичні випробування, ударні випробування, напруження на ресурс.

У рамках заходів із реновації пасажирських вагонів, які відпрацювали встановлений їм термін експлуатації, в Україні в 1997 році було введено капітально-відновлювальний ремонт (КВР). КВР виконувався вагоноремонтними заводами й окремими пасажирськими депо. Одним із засновників КВР із залученням іспанських фахівців та при науковому супроводі Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна був ВАТ «Дніпровагонрембуд» (ДВРБ). Вагон, який пройшов КВР в умовах ДВРБ та комплекс досліджень ресурсу несучих елементів вагона (розрахунки напружено-деформованого стану кузова та візків, динамічні ходові випробування й випробування вагона на міцність, ударні ресурсні випробування вагона, стендові вібраційні випробування кузова, надресорних балок і рам візків), був близький до нового ви-

робу [1]. На підставі цього було розроблено «Технічні умови ТУ У 32.01116130.331-99. Вагони пасажирські капітально-відновлювальні ремонту: купейний, некупейний (відкритого типу), габариту РІЦ» [2], термін введення в дію 09.02.2000 р. Але ДВРБ із 1999 року до набрання чинності ТУ випустив певну кількість вагонів після КВР за технологією, передбаченою ТУ, 13 з яких знаходяться на Придніпровській залізниці.

У зв'язку з цим виникла колізія — вагони ремонтувалися за технологією, передбаченою вищевказаним ТУ, а чинність документа на них не поширювалася, оскільки ТУ узгоджувалися протягом тривалого часу.

Для обґрунтування можливості продовження терміну служби вищевказаних вагонів було проаналізовано роботи, виконані в цьому напрямку в Україні та близькому зарубіжжі [1; 3-5].

У них здійснено розрахунки на міцність, різноманітні випробування, зокрема на втомну витривалість як кузова вагона, так і візка, визначено термін служби. У такому ж аспекті з деякими відмінностями розглядалась оцінка ресурсу пасажирських вагонів після КВР і в країнах близького зарубіжжя.

З урахуванням результатів проведеного повного комплексу досліджень вагонів після КВР, альтернативою продовження терміну служби вагонів, на які не поширюються вимоги ТУ [2], є проведення ресурсних випробувань таких вагонів із призначенням нового терміну служби.

Метою цих досліджень є оцінка відповідності залишкового ресурсу конструкції кузова вагона при завантаженні його експлуатаційними навантаженнями протягом наступних 10 років експлуатації шляхом визначення напружень від зусиль за розрахунковими режимами згідно з Нормами розрахунків міцності вагонів та проведення ресурсних випробувань на дію поздовжніх ударних сил згідно з РД 24.050.37-95, інструкцією ЦЛ 0070.

Для оцінки придатності вагонів до подальшої експлуатації застосовувалися такі критерії:

- сумарні напруження в конструкції від статичних навантажень та при співударах не повинні перевищувати допустимих за I розрахунковим режимом;
- вагон має витримати співудари з поздовжніми силами до 2,5 МН, загальна кількість яких еквівалентна напруцюванню протягом 10 років.

Відповідність вагонів вищевказаним критеріям перевірялася шляхом випробувань, які включають в себе такі види: статичні на вертикальне навантаження, ударні на міцність та ресурсні випробування. При підготовці дослідних вагонів до випробувань виконуються такі дії:

- обстеження та обмір товщин елементів конструкції вагонів;
- розміщення тензометричних датчиків та тензометричного автозчепу згідно з Інструкцією ЦЛ-0070 (рис. 1).



Рис. 1. Розміщення тензодатчиків на кузові вагона

Випробування виконувалися на території вагонного депо з використанням двох паралельних колій: на одній розміщується дослідний зчеп, який складається з дослідного вагона та вагонів прикриття загальною масою 300 т, загальмованих гальмівними башмаками, а на другій розміщується вагон-лабораторія з обладнанням, яке реєструє динамічні процеси при співударах (рис. 2).

Завданням **статичних випробувань** є визначення напружень в елементах кузова та рами з існуючими товщинами елементів від статично діючих навантажень. Статичні випробування на міцність із вертикального навантаження здійснювалися шляхом присутності працівників депо в кожному вагоні, які реєстрували напруження в його елементах.



Рис. 2. Розташування дослідного зчепу та вагона-лабораторії (праворуч)

Завданням випробувань на ударні навантаження є визначення напружень в елементах кузова й рами з існуючими товщинами елементів від дії поздовжніх сил при співударах із визначеною силою та оцінка напружено-деформованого стану конструкції вагона. Ударні на міцність випробування виконувалися шляхом накочування вагона-бойка на дослідний вагон. Для запису напружень в елементах вагона та зусилля в автозчепі виконувалося 50–80 співударів у діапазоні 0,5–2,5 МН згідно з програмою випробувань. Перед випробуваннями на співудар для імітації маси пасажирів дослідні вагони завантажувалися мішками з сипким вантажем, розподіленими на площі підлоги таким чином, щоб максимально відтворити реальні умови. На підставі результатів статичних та ударних на міцність випробувань виконувалась оцінка міцності кузовів вагонів із метою відповідності нормативним документам. При цьому, крім вищевказаних, ураховувалися напруження від власної маси кузова та технічної маси (вода, вугілля та ін.).

Завданням **ударних ресурсних випробувань** є визначення відповідності залишкового ресурсу вагонів навантаженням на наступні 10 років експлуатації. Критерієм відповідності є напрацювання на ресурс, а обсяг випробувань визначається рівністю напрацювання вагона під час випробувань та в експлуатації. Для цього було виконано цикл співударів для пари вагонів. У першій половині циклу один вагон використовувався як вагон-бойок, інший — як дослідний, у другій — їх ролі мінялись, а напрацювання на ресурс зараховувалося для обох вагонів. Це можливо тому, що вагон-бойок при співударі зазнає дії такої ж сили, як і дослідний вагон.

Дослідження складаються з розрахунків напружено-деформованого стану несучих конструкцій кузова та візків, статичних й ударних на міцність, ходових динамічних і на міцність випробувань вагонів, ударних ресурсних випробувань кузова, стенових вібраційних випробувань кузова, надресорних балок і рам візків. Ударні ресурсні випробування продемонстрували, що ресурс несучих конструкцій кузова при поздовжніх ударних навантаженнях перевищує 25 років. Виконані на стенді ресурсні вібраційні випробування кузова, який пройшов КВР, показали, що ресурс несучих конструкцій становить 23 роки. Ресурсні випробування візків КВЗ-ЦНИИ типу 1 показали, що термін служби візків побудови КВЗ не повинен перевищувати 44 роки, а побудови Аммендорф — 41 рік.

Обробка результатів статичних випробувань показала, що в цілому рівень напружень в елементах обох вагонів низький (1–5 МПа), за винятком середньої частини рами вагонів. Тут вони становлять 10 МПа для купейного вагона та 16 МПа для вагона відкритого типу (поперечна балка посередині).

Результати оцінки міцності елементів вагона за I розрахунковим режимом продемонстрували, що найбільші сумарні напруження спостерігалися в хребтовій та проміжній поперечній балках. Сумарні напруження в перерізі хребтової балки біля шворневої балки вагона відкритого типу становили 240 МПа, в однойменному перерізі хребтової балки біля шворневої балки кінцевої частини рами купейного вагона напруження становили 218 МПа. У той же час сумарні напруження в шворневій балці в однойменному перерізі купейного та відкритого типу вагонів становили 113 МПа та 94 МПа відповідно. Деяка різниця значень напружень пояснюється конструктивною відмінністю кінцевої частини рами купейного вагона, а тому й іншим розподілом навантаження. Цим пояснюється й різниця величин напружень у розкосах між кінцевою та шворневою балками рами — 11 МПа в купейному та 50 МПа у вагоні відкритого типу. Така ж картина спостерігається у перерізі нижньої обв'язки біля шворневої балки — 150 МПа для купейного та 103 МПа для вагона відкритого типу. Сумарні напруження в поперечній балці в однойменному перерізі купейного та відкритого типу вагонів становили 300 МПа та 224 МПа відповідно. Більше значення величини напружень для купейного вагона пояснюється відсутністю хребтової балки в просторі між шворневими балками, відповідно більшим включенням у роботу поперечних балок та бокової стіни. У цілому рівень напружень в елементах вагонів не перевищує допустимих (305 МПа), згідно з Нормами розрахунків міцності вагонів.

Ударні ресурсні випробування продемонстрували, що:

- вагон відкритого типу після випробувань мав тріщину довжиною 20 мм по зварному шву нижнього листа хребтової балки з шворневою (рис. 3), тріщину дов-



Рис. 3. Тріщина на з'єднанні нижнього листа хребтової балки



Рис. 4. Деформація нижньої полицки поперечної балки

жиною 80 мм по зварному шву нижньої обв'язки біля шворневої балки, незначну деформацію нижнього листа хребтової балки біля шворневої;

- купейний вагон після випробувань мав деформацію нижньої полицки поперечної балки з котлового боку вагона на відстані 400 мм від бокової стіни (рис. 4) та деформацію нижньої обв'язки біля шворневої балки довжиною 350 мм із максимальним прогином 10 мм;
- зазначені пошкодження не становлять безпосередньої небезпеки та можуть бути усунені при черговому плановому виді ремонту;
- вагони мали напрацювання на ресурс 10,4 роки (з урахуванням коефіцієнта безпеки 1,2), який дозволяє продовжити термін служби вагонів на наступні 10 років.

Проведений детальний аналітичний огляд дозволив визначитися з методикою досліджень, а виконані випробування на міцність і ресурсні випробування показали дієвість прийнятої методики. Експериментальні дані, отримані в процесі досліджень, дозволяють із високим ступенем достовірності визначити новий термін служби конструкції вагона.

Результати досліджень дозволяють використовувати дані при продовженні терміну служби для вагонів, які пройшли КВР, але на які не поширюються вимоги ТУ [2]. Зокрема, без додаткових заходів було продовжено термін служби 13 вагонів власності Придніпровської залізниці.

На підставі комплексу проведених випробувань визначено таке:

- міцність кузовів і рам вагонів забезпечена — напруження в елементах вагонів не перевищували допустимих за I розрахунковим режимом;
- вагони пройшли ресурсні випробування без ушкоджень, які б перешкоджали проведенню випробувань і не могли бути усунені при проведенні чергового деповського або капітального ремонту;
- вагони мають залишковий ресурс, достатній для їх подальшої експлуатації впродовж наступних 10 років, але не довше терміну, передбаченого ТУ У 32.01116130.331-99. [6, 7]

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Звіт про науково-дослідну роботу. Проведення теоретичних і експериментальних досліджень з оцінкою терміну служби пасажирського вагона після капітально-відновлюваного ремонту, виконаного відповідно до вимог ТУ У 32.01116130.331-99, «Посібника капітально-відновлюваного ремонту пасажирських вагонів № ЦЛ-0012» за умовами, технологією і конструкторською документацією ВАТ «Дніпровагонремонт». — Д., 2001, 195 с.
2. Вагони пасажирські капітально-відновлюваного ремонту: купейний, некупейний (відкритого типу), габариту РІЦ. Технічні умови. ТУ У 32.01116130.331-99. Термін введення в дію з 29.02.2000 р. Без обмеження терміну дії.
3. Блохин Е. П. Комплексная оценка срока службы пассажирских вагонов после проведения капитально-восстановительного ремонта. Часть 1 / Е. П. Блохин, О. М. Савчук, В. П. Горобец и др. // *Залізничний транспорт України*. — К. — № 6. 2002. — С. 24-29.
4. Блохин Е. П. Комплексная оценка срока службы пассажирских вагонов после проведения капитально-восстановительного ремонта. Часть 2 / Е. П. Блохин, О. М. Савчук, В. П. Горобец и др. // *Залізничний транспорт України*. — К. — № 3. — 2003. — С. 23-27.
5. Бондарев О. М. Методики оцінки залишкового ресурсу пасажирського рухомого складу / О. М. Бондарев, В. Л. Горобець, Б. Я. Остапюк // *Залізничний транспорт України*. — К. — № 5. — 2002. — С. 28-30.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОДЛЕНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ ПОСЛЕ КВР С. В. МЯМЛИН¹, А. Г. РЕЙДЕМЕЙСТЕР², В. А. КАЛАШНИК³

¹ Д. т. н., профессор, проректор по научной работе Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта им. акад. В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, 49010, Украина, тел. +38 (056) 776-84-98, эл. почта: sergeymyamin@gmail.com, ORCID 0000-0002-7383-9304

² К. т. н., доцент, заведующий испытательной лаборатории вагонов Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта им. акад. В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, 49010, Украина, тел./факс +38 (056) 793-19-16, эл. почта: reidemeister@mail.ru, ORCID 0000-0001-7490-7180

³ Старший научный сотрудник ДНДЛ «Вагоны» Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта им. акад. В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, 49010, Украина, тел./факс +38 (056) 793-19-16, эл. почта: kv47@i.ua, ORCID 0000-0002-8073-4631

Цель. Провести исследования, которые бы позволили пассажирским вагонам, прошедшим капитально-восстановительный ремонт в период с января 1999 года по февраль 2000 год на ОАО «Днепроввагонремстрой» по техническим условиям ТУ У 32.01116130.331-99, продлить срок службы. Выполнить оценку соответствия остаточного ресурса конструкции кузовов вагонов эксплуатационной нагрузкой в течение нового термина эксплуатации. **Методика.** Проведен детальный анализ работ в Украине и ближнем зарубежье, в которых рассматривались вопросы расчетов и различные виды испытаний вагонов после КВР. На следующем этапе выполнялся комплекс испытаний, который включал в себя статические, ударные на прочность и ресурсные испытания кузовов вагонов. На основании результатов испытаний выполнялась оценка остаточного ресурса вагонов. **Результаты.** Детальный аналитический обзор позволил определиться с методикой исследований по продлению срока службы пассажирских вагонов после КВР, на которые не распространяются требования ТУ У 32.01116130.331-99. Проведенные испытания позволили дать оценку прочности кузовов вагонов по расчетным режимам согласно Нормам расчетов прочности вагонов. Результаты оценки прочности элементов вагонов свидетельствуют, что уровень напряжений не превышает допустимых. Ударные и ресурсные испытания продемонстрировали, что вагоны после испытаний имели повреждения, которые не представляли непосредственной опасности для конструкции и могут быть устранены при очередном плановом ремонте. Вагоны имели наработку на ресурс, который позволяет продлить срок службы вагонов на 10 лет. **Практическое значение.** Был проведен комплекс работ, на основании которых аргументированно определена методика исследования и объем экспериментальных испытаний. На основании результатов испытаний определено соответствие остаточного ресурса вагонов нагрузке на следующие 10 лет эксплуатации. Полученные результаты позволяют без дополнительных мер продлить срок службы пассажирских вагонов после КВР согласно ТУ У 32.01116130.331-99.

Ключевые слова: пассажирский вагон, капитально-восстановительный ремонт, соответствие, нагрузки, расчеты, прочность конструкции, статические испытания, ударные испытания, наработки на ресурс.

SCIENTIFIC AND TECHNICAL JUSTIFICATION FOR EXTENDING THE LIFE OF PASSENGER CARS AFTER OVERHAUL RECONDITIONING

S. Miamlin¹, O. Reidemeister², V. Kalashnyk³

¹ D. Sc., Professor, vice-rector of Dnipropetrovsk national university of railway transport named after academician V. Lazaryan, Lazaryan Str. 2, Dnipropetrovsk, 49010, Ukraine, tel./fax +38 (056) 776 84 98, e-mail: sergeymyamin@gmail.com, ORCID 0000-0002-7383-9304

² Cand.Tech.Sci, Associate Professor, Head of testing laboratory of carriages of Dnipropetrovsk national university of railway transport named after academician V. Lazaryan, Lazaryan Str. 2, Dnipropetrovsk, 49010, Ukraine, tel./fax +38 (056) 793-19-16, e-mail: reidemeister@mail.ru, ORCID 0000-0001-7490-7180

³ Senior Research Associate of State Scientific-Research Laboratory of carriages of Dnipropetrovsk national university of railway transport named after academician V. Lazaryan, Lazaryan Str. 2, Dnipropetrovsk, 49010, Ukraine, tel./fax +38 (056) 793-19-16, e-mail: kv47@i.ua, ORCID 0000-0002-8073-4631

Purpose. The aim is to conduct research that would allow passenger cars which passed overhaul and refurbishment during the period from January 1999 to February 2000 at the JSC «Dniprovagonrembud» due to technical conditions TC 32.01116130.331-99 to extend the service life and performance of conformity assessment of residual resource of design car bodies by operational load during the new term of use. **Methods.** Detailed analysis of the works which addressed issues of settlements and different kinds of tests of cars after overhaul and refurbishment in Ukraine and neighboring countries was held. The next step was a set of tests, which included a static, impact strength and endurance tests of car bodies. Evaluation of residual life of cars was executed based on the test results. **Results.** Detailed analytical review allowed determining the procedure of research to extend the life of passenger cars after overhaul and refurbishment which «missed» from the application of TC 32.01116130.331-99. The tests allowed evaluating the strength of the car bodies with the estimated modes according to the «Norms of strength calculations of cars». The results of evaluation of strength of cars' elements indicate that the stress level doesn't exceed the acceptable one. Impact resource has shown that after testing the cars had damage that do not pose an immediate danger to the structure and can be removed at the next scheduled repair. The cars had resource developments that would extend the life of cars for 10 years. **Practical significance.** On the basis of a complex of works it was determined the methods of research and the amount of experimental trials. Compliance of residual resource of cars loaded for the next 10 years of operation has been determined based on tests. The obtained results allow extending the service life of passenger cars after overhaul and refurbishment without additional activities according to the TC 32.01116130.331-99.

Keywords: passenger car, repair, compliance, load calculations, structural strength, static test, shock test, developments on the resource.