

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТ

УДК 629.463.65:620.19-047.44

І. Е. МАРТИНОВ^{1*}, А. В. ТРУФАНОВА^{2*}, В. О. ШОВКУН^{3*}, М. В. ДМИТРЕНКО^{4*},
О. О. БАЛАШОВ^{5*}

^{1*}Каф. «Інженерії вагонів та якості продукції», Український державний університет залізничного транспорту, май. Фейербаха, 7, Харків, Україна, 61050, тел. +38 (050) 300 31 60, ел. пошта martinov.hiit@gmail.com, ORCID 0000-0002-0481-3514

^{2*}Каф. «Інженерії вагонів та якості продукції», Український державний університет залізничного транспорту, май. Фейербаха, 7, Харків, Україна, 61050, тел. +38 (050) 300 31 60, ел. пошта trufanova@kart.edu.ua, ORCID 0000-0003-1702-1054

^{3*}Каф. «Інженерії вагонів та якості продукції», Український державний університет залізничного транспорту, май. Фейербаха, 7, Харків, Україна, 61050, тел. +38 (067) 399 68 81, ел. пошта vadimshovkun62@gmail.com, ORCID 0000-0003-1826-6053

^{4*}Каф. «Інженерії вагонів та якості продукції», Український державний університет залізничного транспорту, май. Фейербаха, 7, Харків, Україна, 61050, тел. +38 (057) 730 10 35, ел. пошта lemtr21@gmail.com, ORCID 0009-0000-2712-2495

^{5*}Каф. «Інженерії вагонів та якості продукції», Український державний університет залізничного транспорту, май. Фейербаха, 7, Харків, Україна, 61050, тел. +38 (067) 399 68 81, ел. пошта balashov@kart.edu.ua, ORCID 0009-0007-6155-601X

Аналіз пошкоджень кузовів залізничних напіввагонів

Мета. Проведення порівняльного аналізу технічного стану кузовів універсальних та спеціалізованих напіввагонів (з глухим кузовом) державної та приватної власності. Визначення конструктивних елементів кузовів, які відмовляють найчастіше та створюють загрозу безпеці руху. **Методика.** Дослідження проведено з використанням статистичних даних про відмови універсальних напіввагонів власності АТ «Укрзалізниця» та приватних операторів на шляху прямування за період 2022–2024 рр. Для цього були використані дані надходження у планові види ремонту різних моделей напіввагонів з різним терміном експлуатації. Під час дослідження використовувалися класичні методи математичної статистики та відомий пакет прикладних програм Microsoft Excel. Проведений аналіз дозволив визначити, які моделі напіввагонів переважають у загальному парку вагонів та встановити, які основні елементи конструкції кузовів універсальних напіввагонів відмовляють найчастіше. **Результати.** Проведено статистичний аналіз відмов та пошкоджень кузовів як універсальних напіввагонів, так і спеціалізованих напіввагонів з глухим кузовом різних моделей з урахуванням терміну експлуатації. Отримані результати дали можливість виконати порівняння технічного стану кузовів універсальних напіввагонів різних моделей та виконати порівняння технічного стану універсальних напіввагонів та спеціалізованих напіввагонів з глухим кузовом. Встановлено, що серед пошкоджень універсальних напіввагонів найчастіше зустрічаються обриви зварного шва вертикальних стояків, пошкодження кришок розвантажувальних люків та їх запорів, тріщини та злами вертикальних листів поперечних балок рами. **Наукова новизна.** Вперше було проведено порівняльний аналіз пошкоджуваності різних моделей напіввагонів та визначена залежність кількості відмов від терміну експлуатації. **Практична значимість.** Отримані результати дають можливість визначити напрямки розробки нових технічних рішень для удосконалення кузовів напіввагонів. На підставі проведеного аналізу з урахуванням фактичного технічного стану напіввагонів та рівня їх пошкоджуваності в залежності від моделі та терміну експлуатації можливо формування удосконаленої стратегії відновлення працездатності напіввагонів шляхом оптимізації термінів проведення ремонтів та технічного обслуговування.

Ключові слова: напіввагон універсальний; кузов; напіввагон глухим кузовом; кришка люка; тріщина; злам; обрив по зварюванню; верхня обв'язка; хребтова балка; пошкодження обшивки

Вступ

Основою транспортної системи України є залізничний транспорт. Якщо частка пасажирських перевезень залізницями (особливо на короткі відстані) з об'єктивних причин поступово зменшується, вантажні перевезення залишаються основним джерелом забезпечення промисловості матеріалами та сировиною. Саме залізниці в основному забезпечують вивіз продукції металургії та машинобудування. Також залізничний транспорт в основному забезпечує перевезення військової техніки.

Для стабільної роботи залізниць важливим фактором є технічний стан рухомого складу. Це стосується як локомотивів, так і вагонів. На жаль, парк вантажних вагонів значною мірою вже відпрацював свій вихідний ресурс. Тобто вагони застарілі фізично, термін експлуатації переважної більшості робочого парку неодноразово подовжувався. Відповідно через високий рівень спрацювання такі вагони мають недостатню надійність і відновлення їх працездатності працівниками вагонного господарства вимагає підвищення витрат матеріальних та трудових ресурсів.

Переважну більшість вантажних вагонів власності АТ «Укрзалізниця» та інших операторів ринку перевезень займають напіввагони (НПВ). Саме напіввагони експлуатуються найбільш інтенсивно та в дуже складних зовнішніх умовах: постійний вплив атмосферних опадів та інших чинників, пошкодження при використанні для завантаження та розвантаженні навантажувачів та грейферів. Відповідно, це вимагає додаткових витрат на відновлення їх працездатності.

Згідно прийнятої класифікації напіввагони поділяються на універсальні та спеціалізовані. До останніх відносяться напіввагони з глухим кузовом та вагони-окатишевози. Предметом обговорення у цій статті є саме напіввагони з глухим кузовом. Саме вони дуже інтенсивно експлуатуються у металургійній промисловості. Особливістю їх експлуатації є розвантаження на спеціальних вагонопрокидувачах. Тому дуже актуальними є дослідження щодо визначення рівня технічного стану зазначених напіввагонів в залежності від моделі та терміну експлуатації.

Проблемам забезпечення підвищення працездатності та збереженості НПВ присвячена значна кількість досліджень. Оскільки для універсальних НПВ при перевезенні великих обсягів сипких та навалочних вантажів (вугілля, щебінь, будівельні матеріали) переважає грейферне розвантаження, у статті [1] розглянуто пошкодження універсальних НПВ, які виникають при розвантаженні грейферними ковшами. Автори приходять до висновку, що при такому способі розвантаженні найчастіше пошкоджуються кришки розвантажувальних люків, торцеві стіни та верхня обв'язка бокових стін.

Але особливо небезпечними є місця обпирання проміжних стояків бокової стіни на проміжні поперечні балки рами. Саме там найчастіше виникають обриви та залишкові прогини. Причинами є невиконання вимог діючих нормативних документів для використання засобів механізації [2, 3].

У статті [4] аналіз технічного стану суцільнометалевих напіввагонів. Наведено результати досліджень показників надійності для кузова напіввагона з подальшим аналізом відмов по вузлах та деталях, які потрібно вдосконалити під час проектування вагона нового покоління для максимальної адаптації їх до засобів механізації при вантажно-розвантажувальних роботах.

У дослідженні [5] виконано аналіз взаємодії кузова напіввагона зі стінок перекидача напіввагонів. Дослідники приходять до висновку, що результати можуть статися деформації кузова (звуження), ушкодження зварних швів.

У статті [6] запропоновано процес виникнення відмов та несправностей напіввагонів (знос, корозія, втома металу, деформації) розглядати як результат дії зовнішніх впливів (взаємодія з навантажувально-розвантажувальними пристроями, додаткові навантаження, що виникають під час маневрової роботи як результат недотримання ПТЕ, вплив зовнішнього середовища) тощо. Всі зазначені чинники сприяють розвитку механічних, фізичних та хімічних процесів, в результаті яких відбувається механічне спрацювання, вм'ятини та тріщини, корозійний знос та ін. Зазначені процеси призводять до поступової втрати вихідних експлуатаційних характеристик та сприяють переходу вагона

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

з одного стану в інший: від справного до несправного або граничного.

У статі [7] фахівцями ДП УкрНДІВ стверджується, що параметр потоку відмов кузовів напіввагонів зменшується та після 7–8 років експлуатації кожен напіввагон для відновлення працездатності 7–10 разів на рік надходить в поточний ремонт. Аналіз пошкоджень, що викликали відчеплення, свідчить, що мають кузова виходять з ладу через інтенсивні корозійні процеси. Останні, як правило, викликані впливом вантажу, що перевозиться, в умовах несприятливого зовнішнього середовища.

Автором статті [8] обґрунтована доцільність впровадження шестигранних порожніх профілів в для виготовлення вертикальних стояків бокових стін і горизонтальних поясів торцевих стін напіввагонів.

Основні показники міцності несучої конструкції напіввагона визначено в статтях [9, 10]. В статті проаналізовано основні причини дефектів у елементах вагона. Запропоновано заходи щодо поліпшення несучої конструкції напіввагона шляхом встановлення підсилюючих елементів в найбільш навантажені зони рами.

У дослідженні [11] визначено навантаження на основні типи вагонів за режимами експлуатації. Водночас автори не враховують температурні навантаження, які можуть діяти на несучі конструкції вагонів під час перевезення конкретних вантажів.

У публікації [13] наведено розглянуто конструктивні властивості інноваційних напіввагонів нового покоління. Автори приділяють особливу увагу удосконаленню кузовів напіввагонів, виготовлених вагонобудівним підприємствами України.

Удосконалення конструкції кузова піввагона запропоновано в [14]. У дослідженні [10] представлено нову оптимізовану конструкцію підлоги кузова напіввагона, спрямовану на зменшення механічного зносу та значне збільшення терміну служби без збільшення тари конструкції чи витрат на матеріали.

У публікації [15] висвітлено проблеми, пов'язані з проектуванням вантажних залізничних вагонів. Зокрема, проведено аналіз можливостей застосування полімерних матеріалів як конструкційного матеріалу кузовів вагонів.

Стаття [12] присвячена аналізу результатів використання методів параметричної оптимізації рами напіввагона. У цій роботі для структурної оптимізації шворневої балки використовується комбінований метод ортогонального експериментального проектування та алгоритм зворотного поширення генетичного алгоритму.

Мета

Метою статті є порівняльний аналіз технічного стану універсальних та спеціалізованих напіввагонів (з глухим кузовом) як державної власності (АТ Укрзалізниця), так і приватних перевізників з великою кількістю вагонів у власному парку.

Методика

Дослідження виконано з використанням даних про відмови напіввагонів на шляху прямування за період 2022–2024 рр. В ході дослідження необхідно вирішити такі завдання:

– визначити, які моделі НПВ переважають у загальному парку вагонів;

– встановити, які основні елементи конструкції кузовів універсальних НПВ відмовляють найчастіше;

– виконати порівняння технічного стану універсальних НПВ різних власників;

– виконати порівняння технічного стану універсальних НПВ та спеціалізованих НПВ з глухим кузовом.

В ході дослідження було виконано аналіз відмов та пошкоджень НПВ, які були виявлені під час виконання як планових видів ремонту (деповський та капітальний), так і тих дефектів, які потребували відновлення працездатності на пунктах технічного обслуговування.

Результати

Напіввагони призначені для перевезення навалочних і насипних вантажів (руда, вугілля, щебінь, пісок, металобрухт). НПВ в основному використовуються підприємствами важкої промисловості: гірничо-металургійний комплекс, вуглевидобувна промисловість, будівельна індустрія, енергетика, у меншій мірі машинобудування.

Експлуатація НПВ характеризується значними темпами спрацювання та виникнення по-

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

шкоджені. Напіввагони працюють у найважчих умовах: зазнають механічних ударів і абразивного стирання.

Переважну більшість вагонів вітчизняної побудови складають НПВ моделі 12–9745. Вони будувалися у різні роки на вагоноремонтних заводах АТ «Укрзалізниця» (Панютине, Попасна, Дарниця, Стрий). Також філія «Панютинський вагоноремонтний завод» свого часу виготовляв НПВ моделі 12–9911. У переліку вітчизняних НПВ також модель 12–9044 виробництва ООВ «Трансмаш».

Серед універсальних інноваційних НПВ власності АТ «Укрзалізниця» значну частку займають сучасні інноваційні НПВ моделей 12–7023, які виготовлені на АТ «Крюківський вагонобудівний завод» (КВБЗ). Це так звані «інноваційні» вагони з покращеними техніко-економічними характеристиками. Також цим виробником виготовлені НПВ моделей 12–757 та 12–783. Але термін експлуатації останніх наближається до 40 років, тобто вони вже фактично двічі вичерпали свій ресурс, їх термін служби подовжувався.

Крім того в Україні експлуатуються НПВ моделей 12–119, 12–132, 12–132–03, виготовлені ще за радянських часів на «Уралвагонзаводі». Вони мають ще більший термін експлуатації. Але кількість дуже незначна. Тому вони були виключені з розгляду. Також з розгляду були виключені НПВ моделей 12–9766, 12–

9780, 12–9837, 12–9818, 12–1293 та деякі інші моделі російських та білоруських виробників через їх незначну кількість.

Аналізуючи термін служби напіввагонів парку УЗ, необхідно зазначити, що парк вагонів старіє. Це впливає на його надійність, частоту надходження у позапланові види ремонту. З урахуванням вибуття вагонів з робочого парку внаслідок бойових дій, у найближчому майбутньому можна очікувати дефіциту НПВ.

Стосовно вагонного парку компанії «Лемтранс» необхідно зазначити, що її парк універсальних НПВ складається з моделей 12–753, 12–757 та 12–783 виробництва АТ «Крюківський вагонобудівний завод» (КВБЗ). Використовуються також моделі 12–1704–03 та 12–1704–04 побудови ВАТ «Маріупольський завод важкого машинобудування», модель 12–9046, яка свого часу виготовлялася на Стаханівському вагонобудівному заводі, модель 12–4106 виготовлення ПАТ «Дніпровагонмаш». В експлуатації також знаходяться ряд моделей виробництва СРСР (аналогічно як у парку АТ УЗ). Зрозуміло, що вони вичерпали свій ресурс. Але переважну більшість парку складають напіввагони моделі 12–9745.

Також в Україні компанією «Лемтранс» експлуатуються спеціалізовані НПВ (з глухим кузовом) моделей 12–1505 та 12–1592.

Розподіл НПВ за терміном експлуатації наведено на рис. 1–2.

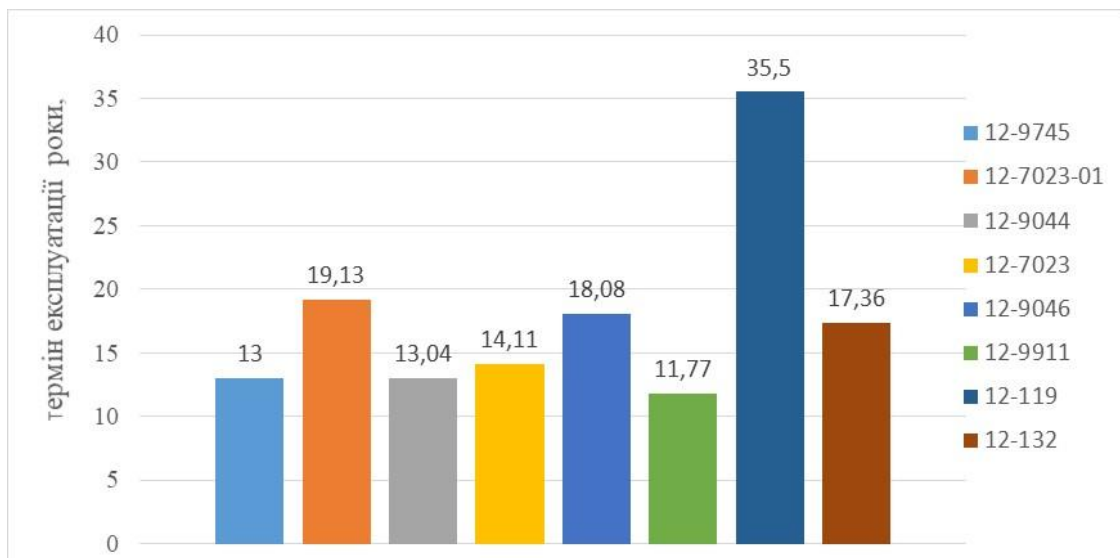


Рис. 1. Розподіл за терміном експлуатації універсальних напіввагонів власності АТ «Укрзалізниця»

Fig. 1. Distribution by service life of universal gondola cars owned by JSC «Ukrzaliznytsia»

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

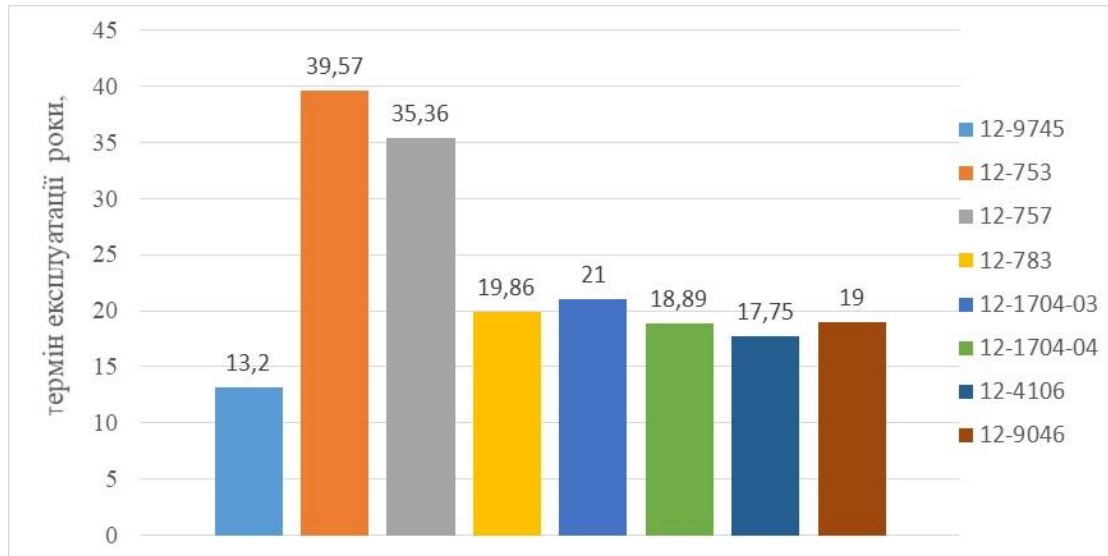


Рис. 2. Розподіл за терміном експлуатації універсальних напіввагонів власності компанії «Лемтранс»

Fig. 2. Distribution by service life of universal gondola cars owned by «Lemtrans»

Аналізуючи наведені дані, необхідно зазначити, що на початку ХХІ сторіччя парк універсальних НПВ зазнав серйозних позитивних змін. НПВ з великим терміном експлуатації, які були побудовані ще за часів СРСР, у переважній більшості були виключені з робочого парку. Зараз парк НПВ власності АТ «Укрзалізниця» складається із сучасних моделей, в тому числі інноваційні НПВ 12–7023. Але, навіть якщо виключити з аналізу вагони моделі 12–119, середній термін експлуатації рухомого складу складатиме 15,2 роки. Очевидно, що найближчим часом знову виникне потреба у оновленні

вагонного парку.

Картина розподілу за віком напіввагонів власності компанії «Лемтранс» має певні відмінності. У парку суттєво переважають вагони моделі 12–9745. Навіть якщо виключити НПВ моделі 12–753, 12–757, середній термін експлуатації НПВ вже перевищує 18 років. Це викликає необхідність у додаткових витратах на підтримання рухомого складу у працездатному стані.

У таб. 1 наведено розподіл несправностей кузовів універсальних НПВ різних власників.

Таблица 1

Розподіл несправностей кузовів універсальних напіввагонів

Table 1

Distribution of body defects in universal semi-wagons

Вид пошкодження	Кількість	
	УЗ, %	Лемтранс, %
Уширення або перекис кузова більше 75 мм на один бік	0,02	0,05
Обрив зварного шва стояка	2,00	2,27
Обрив зварних швів розкосів	0,01	0,00
Пошкодження обв'язочних брусків	0,01	0,00
Пошкодження обшивки кузова	0,17	0,03

Продовження табл. 1
Continuation of Table 1

Вид пошкодження	Кількість	
	УЗ, %	Лемтранс, %
Несправність запору дверей	0,00	0,00
Невідповідність зазорів між кришкою люка та кузовом	7,42	9,04
Ремонт кришки люка	9,32	6,03
Тріщини або знос кришки люка	0,99	2,13
Злам кришки люка	0,00	0,04
Відсутність кришки люка	0,02	0,00
Пошкодження кришки люка і петель	0,17	0,16
Несправність запору люка	36,54	19,67
Пошкодження (обрив) сходів / поручнів / підніжок	0,03	0,00
Тріщина/злам сходів, поручнів та підніжок	0,08	0,03
Тріщина/злам верхньої обв'язки напіввагону	0,00	0,00
Тріщина у вузлах сполучення хребтової та шворневої балок рами вагона	0,32	0,02
Послаблення кріплення п'ятника	0,01	0,00
Обрив по зварюванню, розрив накладок	1,52	1,87
Тріщина / злам верхнього / вертикального листа поперечної балки рами	29,55	56,25
Злам / тріщина / обрив розкосів	0,36	0,00
Корозійний знос елементі, що потребує заміни	0,36	0,48
Інше	11,09	1,94
Разом:	100	100

Аналіз отриманих результатів свідчить, що серед пошкоджень кузовів НПВ на першому місці знаходяться несправності запорів кришок розвантажувальних люків, далі знаходяться тріщини та злами верхніх та вертикальних листів поперечних балок рами. Також серйозну небезпеку представляють обриви зварних швів розкосів та розриви накладок.

Різниця між пошкодженнями НПВ власності АТ «Укрзалізниця» та компанії «Лемтранс» існує. В першу чергу це стосується таких пошкоджень, як несправність запору люка та тріщини та злами листів верхніх та вертикальних листів поперечних балок. Всі інше несправності фактично знаходяться в межах статистичної похибки.

У компанії «Лемтранс» знаходяться у власності незначна кількість спеціалізованих НПВ (з глухим кузовом без розвантажувальних люків) моделей 12–1505 та 12–1592. Проведений аналіз пошкоджуваності свідчить, що в цих вагонах переважають пошкодження рам та кузовів: тріщини у вузлах з'єднання хребтової та шворневої балок, послаблення кріплення п'ятника, обриви по зварюванню, розриви накладок, тріщини та злами листів поперечних балок, тріщини кінцевих балок тощо. Тобто стосовно кузовів можна стверджувати, що їх відмови та пошкодження практично не відрізняються від аналогічних в універсальних НПВ.

Наукова новизна та практична значимість

Авторами вперше проаналізовано розподіл різних моделей напіввагонів різних власників терміном експлуатації. Також виконано порівняльний аналіз технічного стану кузовів універсальних напіввагонів різних власників. Отримані результати дають можливість визначити напрямки розробки нових технічних рішень для удосконалення кузовів напіввагонів.

Висновки

Проведено порівняльний аналіз основних пошкоджень кузовів універсальних напіввагонів різних власників. На підставі проведеного аналізу з урахуванням фактичного технічного стану напіввагонів та рівня їх пошкоджуваності в залежності від моделі та терміну експлуатації можливо формування удосконаленої стратегії відновлення працездатності напіввагонів шляхом оптимізації термінів проведення ремонтів та технічного обслуговування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Візник Р. І., Чепурченко І. В., Луценко А. О. Особливості визначення експлуатаційних навантажень кузова напіввагона та шляхи удосконалення його конструкції з метою забезпечення міцності і збереження. *Збірник наукових праць УкрДУЗТ*. 2016. № 159. С. 91–97. DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.159.2016.67018>
2. ДСТУ ГОСТ 22235:2015. Вагони вантажні магістральних залізничних доріг колії 1520 мм. Загальні вимоги щодо забезпечення збереження під час завантажувально-розвантажувальних та маневрових робіт (ГОСТ 22235–2010, IDT). [Чинний від 2016-02-01]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 85 с.
3. ДСТУ ГОСТ 24599–87. Грейферні кантовачі для навалочних вантажів. Загальні технічні умови. 1989. 48 с.
4. Зарипов Р. Ю., Сулейменов А. Д., Каримова Ж. Р. Исследование надежности цельнометаллических полувагонов. *Наука и техника Казахстана*. 2021. № 4. С. 119–127. DOI: <https://doi.org/10.48081/gqrv7549>
5. Минеев С. П., Прусова А. А., Выгодин М. А., Минеев А. С. Основные технологические решения по эффективной разгрузке смерзшегося груза из железнодорожных полувагонов. *Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. тр-ту ім. акад. В. Лазаряна*. 2012. № 40. С. 124–130.
6. Мурадян Л. А. Відмови та безвідмовність вагонів як складові експлуатаційної надійності. *Вісник НТУ «ХП»*. Сер. «Механіко-технологічні системи». 2015. № 52(1161). С. 127–130.
7. Федосов-Ніконов Д. В., Стринжа А. М., Шамшей Д. О., Полулях В. М., Федоров В. В., Шушмарченко В. О. Дослідження корозійних пошкоджень елементів вагонів під час технічного діагностування. *Вісн. Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля*. 2019. № 3(251). С. 181–184.
8. Фомін О. В. Аналіз доцільності застосування шестигранних порожнистих профілів як складових елементів несучих систем напіввагонів. *Наука та прогрес транспорту. Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. тр-ту ім. акад. В. Лазаряна*. 2014. № 6(54). С. 146–153. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2014/33403>
9. Antipin D. Ya., Racin D. Y., Shorokhov S. G. Justification of a Rational Design of the Pivot Center of the Open-Top Wagon Frame by Means of Computer Simulation. *Procedia Engineering*. 2016. Vol. 150. P. 150–154. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.738>
10. Baranovskyi D., Bulakh M., Bulakh M. Determining the service life of a gondola car with an increased floor body safety factor. *Reliability Engineering & System Safety*. 2026. Vol. 266. Art. 111670. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ress.2025.111670>
11. Fomin O., Lovska A. Determination of dynamic loading of bearing structures of freight wagons with actual dimensions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. Vol. 2, № 7(110). P. 6–14. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.220534>
12. Liu W., Wang Y., Wang T. Box girder optimization by orthogonal experiment design and GA-BP algorithm in the gondola car body. *Processes*. 2021. Vol. 10, Iss. 1. Art. 74. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr10010074>
13. Myamlin S. V., Keбал I. U., Kolesnykov S. R. Design review of gondola car. *Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan*. 2014. № 6(54). С. 136–145. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2014/33773>

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

14. Reidemeister A., Muradian L., Shaposhnyk V., Shykunov O., Kyryl'chuk O., Kalashnyk V. Improvement of the open wagon for cargoes which imply loading with a «hat». *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. (Dnipro, 27-29 May, 2020). Vol. 985, Iss. 1. Art. 012034. Dnipro, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/985/1/012034>
15. Zaripov R., Gavrilovs P. Research opportunities to improve technical and economic performance of freight car through the introduction of lightweight materials in their construction. *Procedia Engineering*. 2017. Vol. 187. P. 22–29. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.345>

I. E. MARTYNOV^{1*}, A. V. TRUFANOVA^{2*}, V. N. SHOVKUN^{3*}, M. V. DMITRENKO^{4*},
O. O. BALASHOV^{5*}

^{1*}Dep. «Wagon Engineering and Product Quality», Ukrainian State University of Railway Transport, Feuerbach Sq., 7, Kharkov, Ukraine, 61050, тел. +38 (050) 300 31 60, e-mail martynov.hiit@gmail.com, ORCID 0000-0002-0481-3514

^{2*}Dep. «Wagon Engineering and Product Quality», Ukrainian State University of Railway Transport, Feuerbach Sq., 7, Kharkov, Ukraine, 61050, тел. +38 (050) 300 31 60, e-mail trufanova@kart.edu.ua, ORCID 0000-0003-1702-1054

^{3*}Dep. «Wagon Engineering and Product Quality», Ukrainian State University of Railway Transport, Feuerbach Sq., 7, Kharkov, Ukraine, 61050, тел. +38 (067) 399 68 81, e-mail vadimshovkun62@gmail.com, ORCID 0000-0003-1826-6053

^{4*}Dep. «Wagon Engineering and Product Quality», Ukrainian State University of Railway Transport, Feuerbach Sq., 7, Kharkov, Ukraine, 61050, тел. +38 (057) 730 10 35, e-mail lemtr21@gmail.com, ORCID 0009-0000-2712-2495

^{5*}Dep. «Wagon Engineering and Product Quality», Ukrainian State University of Railway Transport, Feuerbach Sq., 7, Kharkov, Ukraine, 61050, тел. +38 (067) 399 68 81, e-mail balashov@kart.edu.ua, ORCID 0009-0007-6155-601X

Analysis of Damage to Railway Gondola Bodies

Purpose. To conduct a comparative analysis of the technical condition of the bodies of universal and specialized gondolas (with a blind body) owned by state and private operators. To determine the structural elements of the bodies that fail most often and pose a threat to traffic safety. **Methodology.** The study was conducted using statistical data on failures of universal gondolas owned by JSC Ukrzaliznytsia and private operators during operation over the period 2022–2024. For this purpose, data on wagons of various models and different service lives entering scheduled types of maintenance and repair were analyzed. During the study, classical methods of mathematical statistics and the well-known Microsoft Excel application package were used. The analysis made it possible to determine which models of gondolas prevail in the general fleet of cars and to establish which main structural elements of universal gondolas bodies fail most often. **Findings.** A statistical analysis of failures and damage to the bodies of both universal gondolas and specialized gondolas with a solid body of different models was carried out, taking into account the service life. The results obtained made it possible to compare the technical condition of universal gondolas bodies of different models, as well as to compare the technical condition of universal gondolas and specialized gondolas with a solid body. It was established that the most common types of damage to universal open-top freight wagons include failures of welded joints of vertical posts, damage to the covers of unloading hatches and their locks, cracks and fractures of the vertical sheets of the transverse beams of the frame. **Originality.** For the first time, a comparative analysis of damage occurrence of different models of gondolas was carried out and the dependence of the number of failures on the service life was determined. **Practical value.** The results obtained make it possible to determine the directions of development of new technical solutions for improving gondola bodies. Based on the analysis conducted, taking into account the actual technical condition of the gondolas and the level of their damage depending on the model and service life, it is possible to form an improved strategy for restoring the operability of gondolas by optimizing the timing of repairs and maintenance.

Keywords: universal gondola; body; gondola with a solid body; hatch cover; crack; fracture; weld failure; upper side rail; center sill; side wall damage

REFERENCES

1. Vizniak, R. I., Chepurchenko, I. V., & Lutsenko, A. O. (2016). Features of identifying operational loads the body of open-top car and ways of improving its design to ensure durability and preservation. *Collection of Scientific Works of Ukrainian State University of Railway Transport*, 159, 91-97. DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.159.2016.67018> (in Ukrainian)

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

2. Vahony vantazhni mahistralnykh zaliznychnykh dorih kolii 1520 mm. Zahalni vymohy shchodo zabezpechennia zberezhennia pid chas zavantazhuvalno-rozvantazhuvalnykh ta manevro-vykh robit (HOST 22235–2010, IDT), 85 DSTU HOST 22235:2015. (2016). (in Ukrainian)
3. Hreiferni kantovachi dlia navalochnykh vantazhiv. Zahalni tekhnichni umovy, 48 DSTU HOST 24599–87. (1989). (in Ukrainian)
4. Zaripov, R. Yu., Suleimenov, A. D., & Karimova, Zh. R. (2021). Investigation of the reliability of all-metal gondola cars. *Science and Technology of Kazakhsta*, 4, 119-127. DOI: <https://doi.org/10.48081/gqrv7549> (in Russian)
5. Mineyev, S. P., Prusova, A. A., Vygodin, M. A., & Mineyev, A. S. (2012). Major technological solutions for efficient unloading the frozen cargo from railway gondola cars. *Visn. Dnipropetr. nats. un-tu zalizn. tr-tu. im. akad. V. Lazaryana*, 40, 124-130. (in Russian)
6. Muradyan, L. A. (2015). Vidmovy ta bezvidmovnist' vahoniv yak skladovi ekspluatatsiynoyi nadiynosti. *Visnyk NTU «KHPi». Ser. Mekhaniko-tekhnologichni systemy ta komplekсы*, 52(1161), 127-130. (in Ukrainian)
7. Fedosov-Nikonov, D. V., Strynzha, A. M., Shamshey, D. O., Polulyakh, V. M. Fedorov, V. V. & Shushmarchenko, V. O. (2019). Doslidzhennia koroziiynykh poskodzhen elementiv vahoniv pid chas tekhnichnoho diahnostuvannia. *Visnik of the Volodymyr Dahl East Ukrainian National University*, 3(251), 181-184. (in Ukrainian)
8. Fomin, O. V. (2014). Applicability analysis of hexahedral hollow profiles as component elements of supporting systems for gondola cars. *Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan*, 6(54), 146-153. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2014/33403> (in Ukrainian)
9. Antipin, D. Ya., Racin, D. Y., & Shorokhov, S. G. (2016). Justification of a Rational Design of the Pivot Center of the Open-Top Wagon Frame by Means of Computer Simulation. *Procedia Engineering*, 150, 150-154. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.738> (in English)
10. Baranovskyi, D., Bulakh, M., & Bulakh, M. (2026). Determining the service life of a gondola car with an increased floor body safety factor. *Reliability Engineering & System Safety*, 266, 111670. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.res.2025.111670> (in English)
11. Fomin, O., & Lovska, A. (2021). Determination of dynamic loading of bearing structures of freight wagons with actual dimensions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(7(110)), 6-14. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.220534> (in English)
12. Liu, W., Wang, Y., & Wang, T. (2021). Box girder optimization by orthogonal experiment design and GA-BP algorithm in the gondola car body. *Processes*, 10(1), 74. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr10010074> (in English)
13. Myamlin, S. V., Kebal, I. U., & Kolesnykov, S. R. (2014). Design review of gondola car. *Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan*, 6(54), 136-145. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2014/33773> (in English)
14. Reidemeister, A., Muradian, L., Shaposhnyk, V., Shykunov, O., Kyril'chuk, O., & Kalashnyk, V. (2020, May). Improvement of the open wagon for cargoes which imply loading with a «hat». *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. (Vol. 985(1), Art. 012034). Dnipro, Ukraine. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/985/1/012034> (in English)
15. Zaripov, R. & Gavrilovs, P. (2017). Research opportunities to improve technical and economic performance of freight car through the introduction of lightweight materials in their construction. *Procedia Engineering*, 187, 22-29. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.345> (in English)

Дата надходження рукопису: 02.12.2025

Дата прийняття до публікації: 29.12.2025

Дата публікації: 27.03.2026