

# МАШИНОБУДУВАННЯ І ТРАНСПОРТ

УДК 629.463.001.18

**О. В. Фомін, канд. техн. наук, доц.; О. В. Бурлуцький**

## **АНАЛІЗ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ ПОШКОДЖЕНЬ УНІВЕРСАЛЬНИХ НАПІВВАГОНІВ, ЯКІ ВИНИКАЮТЬ ЗА ЧАС ЇХ ЖИТТЕВОГО ЦИКЛУ**

*Описано особливості та подано результати проведеного аналізу пошкоджень складових модулів універсальних напіввагонів, які виникають в процесі їх життєвого циклу.*

### **Вступ**

Залізнична галузь України щорічно забезпечує перевезення понад 300 млн т вантажів та біля 500 млн пасажирів. Парк вантажних вагонів, якими здійснюються перевезення Державною адміністрацією залізничного транспорту України, налічує понад 123 тисячі вагонів, при цьому в робочому стані знаходиться близько 95 тисяч вагонів, а решта фактично виключена з експлуатації і знаходиться в запасі або в ремонті. Із загальним обсягом навантаження вагонів близько 1 млн тон на добу потрібна кількість вагонів складає майже 145 тисяч одиниць. Тобто існує величезна нестача вантажних вагонів, яка частково ліквідується за рахунок вагонів операторських компаній недержавної форми власності або іноземних вагонів. При цьому існуючий парк вантажних вагонів значно зношений морально та фізично — майже 80 % парку вагонів експлуатується на грані призначеного терміну служби. Такий стан вантажного рухомого складу потребує оновлення близько 7 тисяч вагонів на рік, в тому числі більше ніж 5 тисяч напіввагонів [1].

Згідно з прогнозами фахівців галузі обсяги вантажних перевезень, будуть поступово зростати. Це пов'язано і зі збільшенням транзитних перевезень, і з підвищенням обсягів вантажної роботи у зв'язку з розвитком різних галузей економіки. Тому на залізницях України та країн СНД спостерігається постійне зростання обсягів перевезень. Значно зросла потреба в рухомому складі, який зможе забезпечити підвищену надійність, продуктивність та економічність в експлуатації.

На сьогоднішній день наймасовішим та затребуваним серед вантажних вагонів є парк універсальних напіввагонів. У зв'язку зі складними умовами експлуатації (відсутність захисту від атмосферних опадів, специфіка завантажувально-розвантажувальних робіт, постійні зміна складів та географії обертання тощо) напіввагони зазнають значних пошкоджень. Наприклад, втомні тріщини в зварних з'єднаннях елементів кузова виникають вже через 2–3 роки експлуатації [2, 3]. У зв'язку із цим набувають актуальності роботи зі створення нових напіввагонів та модернізації вже існуючих їх моделей з поліпшеними конструктивними характеристиками, які б ефективно протистояли дії вищенаведених експлуатаційних чинників. Але реалізація цього напрямку вимагає проведення комплексних робіт з дослідження експлуатаційних, ремонтних та інших пошкоджень, які виникають за час життєвого циклу напіввагонів. При цьому аналіз науково-технічного заділу з профілю питання, що розглядається, вказав на відсутність змістовної інформації з розв'язання такого важливого науково-прикладного завдання.

### **Мета статті та викладення основного матеріалу**

В статті описано особливості та подано результати проведеного аналізу пошкоджень залізничних універсальних напіввагонів за час їх життєвого циклу. Визначені основні види пошкоджень та вузли на яких вони сконцентровані. Розроблена класифікація пошкоджень що виникають в конструкціях напіввагонів на всіх етапах їх життєвого циклу, що дозволяє прогнозувати пошкодження в експлуатації та систематизувати імовірнісні причини їх виникнення.

Лінійний ряд базових конструкцій напіввагонів налічує понад 20 їх моделей, але всі вони мають низку недоліків. Це підтверджується тим, що суцільнонесучі кузова в окремих місцях

отримують значні пошкодження в експлуатації, зокрема тріщини по зварних швах шкворневих стояків, у місцях з'єднання підкладки та нижньої об'язки, а також тріщини в вертикальних листах проміжних поперечних балок у зоні нижньої об'язки. Ці пошкодження зумовлені значними напруженнями, які виникають під час експлуатації [4].

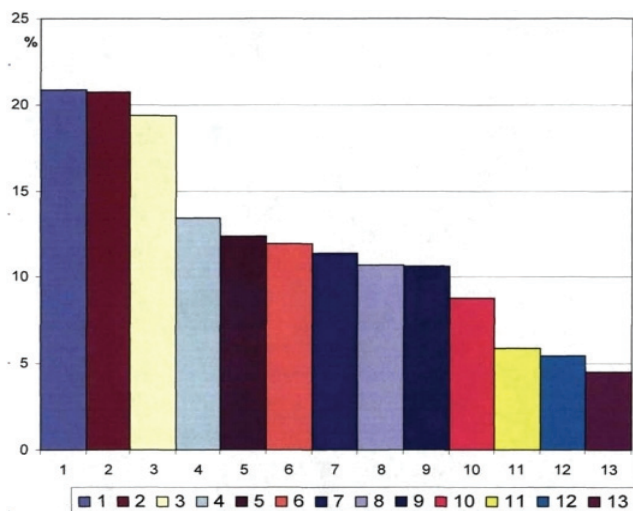


Рис. 1. Аналіз дефектів та несправностей елементів напіввагонів: 1 – двотавр хребтової балки; 2 – нижня об'язка (горизонтальна полка); 3 – проміжна балка (верхній лист); 4 – шкворнева балка (верхній лист); 5 – стійка бокової стінки; 6 – нижня об'язка (вертикальна полка); 7 – шкворнева балка (вертикальний лист); 8 – зет хребтової балки; 9 – обшива (верхній лист); 10 – проміжна балка (вертикальний лист); 11 – проміжна балка (нижній лист); 12 – обшивка (нижній лист); 13 – шворнева балка (нижній лист)

мірою.

Виходячи з отриманих даних, можна зробити висновок, що найбільш зношуваними елементами, є: двотавр хребтової балки, горизонтальна полиця нижньої об'язки, верхні листи проміжної і шкворневою балок.

Результати аналізу також показують, що наймасовішим видом несправностей кузова є деформації його елементів (вигини, вм'ятини, розриви тощо). Причинами виникнення таких несправностей є механічний вплив застосовуваних вантажно-розвантажувальних механізмів. Тріщини, пробоїни, злами є наслідком порушення чинних правил експлуатації (пошкодження під час розвантаження грейфером, вагоноперекидачі, навантаження екскаватором тощо). Найпошкоджуванішими елементами кузова крім підніжок та поручнів, є обшивка бокової стінки, скоби ув'язочні і лісові, кришка люка, верхні листи поперечних балок, верхня об'язка бокової стінки.

На підставі аналізу пошкоджень і зон їх локалізації сформовано блок-схему (рис. 2), що являє собою трирівневу структуру, розділену на функціональні блоки:

- 1) стадії життєвого циклу;
- 2) причини утворення пошкоджень;
- 3) пошкодження.

Перший рівень життєвого циклу напіввагонів умовно розділено на три етапи, сформовані в залежності від стадії життєвого циклу, на якому існує ймовірність утворення причини пошкодження: розробка і постановка на виробництво, виробнича та експлуатаційна стадії.

Розробка і постановка на виробництва досить тривалий і складний інженерний процес з вибору та перевірки нових технічних рішень, що забезпечують досягнення необхідних властивостей виробу, а також експериментальна перевірка їх достовірності проведенням повного комплексу випробувань в умовах, що імітують подальшу експлуатацію.

До цієї стадії віднесені такі причини виникнення пошкоджень і дефектів у конструкції напіввагонів: недостатня кваліфікація та недотримання обслуговуючим персоналом вимог технічної документації, брак інформації з експлуатації, нераціональний вибір матеріалів.

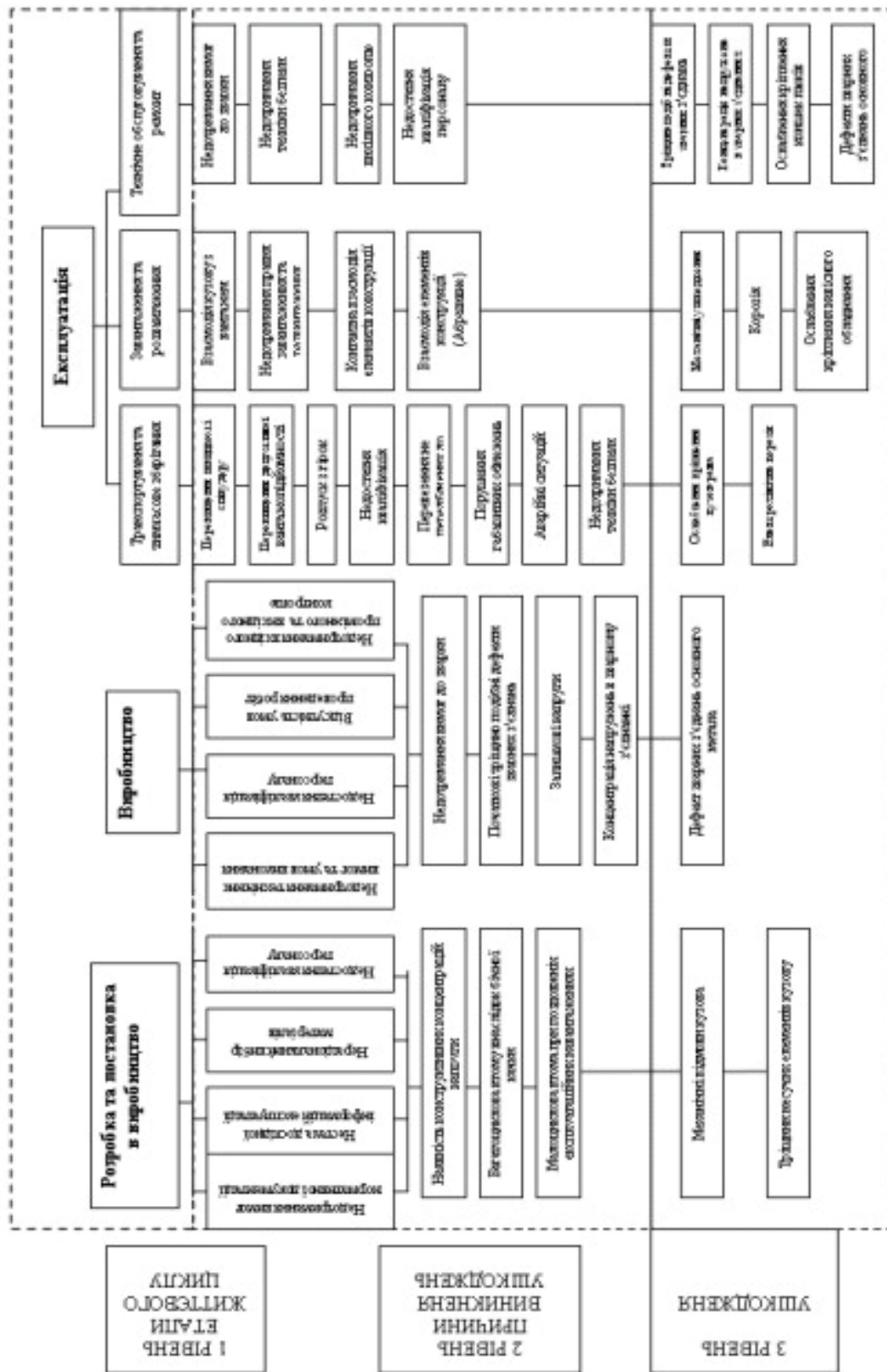


Рис. 2. Класифікація пошкоджень напіввагонів

Як наслідок вищевказаних причин виникають конструктивні концентратори напружень, багатоциклова та малоциклова втоми від поздовжніх та поперечних експлуатаційних навантажень. Перераховані причини на подальших етапах життєвого циклу напіввагонів значно збільшують вірогідність виникнення пошкоджень і призводять до появи механічного зносу в обшивці кузова, яка протягом тривалої експлуатації погіршується корозійними пошкодженнями від перевезеного вантажу і вм'ятинами, раковинами і задирами в несучих елементах кузова.

Внаслідок дії на конструкцію циклічних навантажень і наявності концентраторів напружень виникають тріщини зварних швів верхньої та нижньої об'язки і пошкодження хребтової балки. Найбільша частина цих ушкоджень виникає в зварених з'єднаннях і навколошовній зоні внаслідок початкових і новостворених тріщиноподібних дефектах, а також залишкових напружень від зварних робіт в процесі виготовлення й експлуатації.

На підставі вимог, що висуваються до конструкції вагона технічною документацією, яка розробляється на попередньому етапі та етапі виробництва, здійснюються складання деталей і вузлів з метою отримання готового виробу. На цьому етапі основними причинами виникнення пошкоджень і дефектів слід вважати: недотримання технічних умов на виготовлення, зокрема, не дотримання вимог до зварювання; застосування матеріалів, що відповідають вимогам; недостатня кваліфікація персоналу, що виконує основні операції та відсутність належних умов проведення робіт; недотримання умов вхідного контролю матеріалів, що застосовуються при виготовленні вагона, проміжного і вихідного контролю якості його з'єднань. Внаслідок цих порушень в конструкції вагона виникають залишкові напруження від зварювальних робіт, концентрація напружень в зварних з'єднаннях і тріщино-подібні дефекти. Всі вищеперераховані причини сприяють виникненню і подальшому розвитку в зварних швах і основному металі тріщин, внутрішніх і поверхневих газових пер, неметалевих включень тощо.

Основна частина елементів напіввагонів (більше 90 %) з'єднується між собою за допомогою зварних швів, в яких і виникають початкові дефекти та пошкодження, які призводять до появи: пошкодження хребтової балки вигину і пошкодження зовнішніх сходів; обриву швів стояка з пошкодженням основного металу, який посилюється корозією від перевезеного вантажу і є основною причиною виникнення наскрізних отворів в люці, внаслідок неякісного зварювання кронштейнів кріплення до рами кузова. Так само слід зазначити, що корозійне пошкодження металу може бути спричинено невиконанням умов вхідного контролю матеріалу на виробництві, а тріщини в основному металі в більшості випадків виникають безпосередньо в зоні з'єднання [5].

Наступним і найтривалішим етапом життєвого циклу вагона є експлуатація. Експлуатація вагона включає в себе транспортування, тимчасове зберігання, навантаження і вивантаження, а також технічне обслуговування та ремонт. Під час транспортування та тимчасового зберігання перевезеного вантажу причинами виникнення пошкоджень слід вважати: перевищення швидкості співудару у маневрових роботах і проходженні кривих; перевищення допустимої вантажопідйомності і інерційні навантаження у разі маневрових зіткнень; розпуск напіввагонів з гірок; недотримання техніки безпеки і недостатня кваліфікація обслуговуючого персоналу; перевезення непередбаченого номенклатурою вантажу; порушення габаритних обмежень; абразивну взаємодію елементів конструкції вагона; аварійні ситуації.

Основну частину перерахованих причин можна охарактеризувати як порушення правил експлуатації під час перевезення вантажів залізничним транспортом, так само як і порушення правил експлуатації під час виконання основних операцій. Внаслідок вищевикладеного в конструкції напіввагонів виникають такі пошкодження: ослаблення елементів системи кріплення кузов-рама при високому рівні напруг; електрохімічна корозія (поляризація) через абразивну взаємодію елементів [6]. В процесах завантаження і розвантаження причинами виникнення пошкоджень є: взаємодія вантажу з гальмівним обладнанням, кузовом, рамою і елементами їх кріплення, недотримання правил під час навантаження-розвантаження. Зазначені причини призводять до виникнення корозійних та механічних ушкоджень, внаслідок яких відбувається ослаблення навісного обладнання кузова напіввагонів.

В процесі технічного обслуговування та ремонту причини виникнення пошкоджень аналогічні причинам, описаним на етапі виробництва. Крім виробничих причин виникнення ушкоджень на етапі експлуатації можливе виникнення залишкових напружень від зварних швів, непередбачених конструкторською документацією, ослаблення кріплення кришок люків та системи кріплення кузов-рама, а також пошкодження або відсутність допоміжних елементів, що відповідають за збереження вантажу.

В результаті проведеного комплексу робіт встановлено, що основна частина пошкоджень і дефектів виникає в результаті поєднання не менше двох груп причин на всіх етапах життєвого циклу. Розподіл ймовірності виникнення пошкоджень протягом усього життєвого циклу напіввагонів показано на рис. 3.

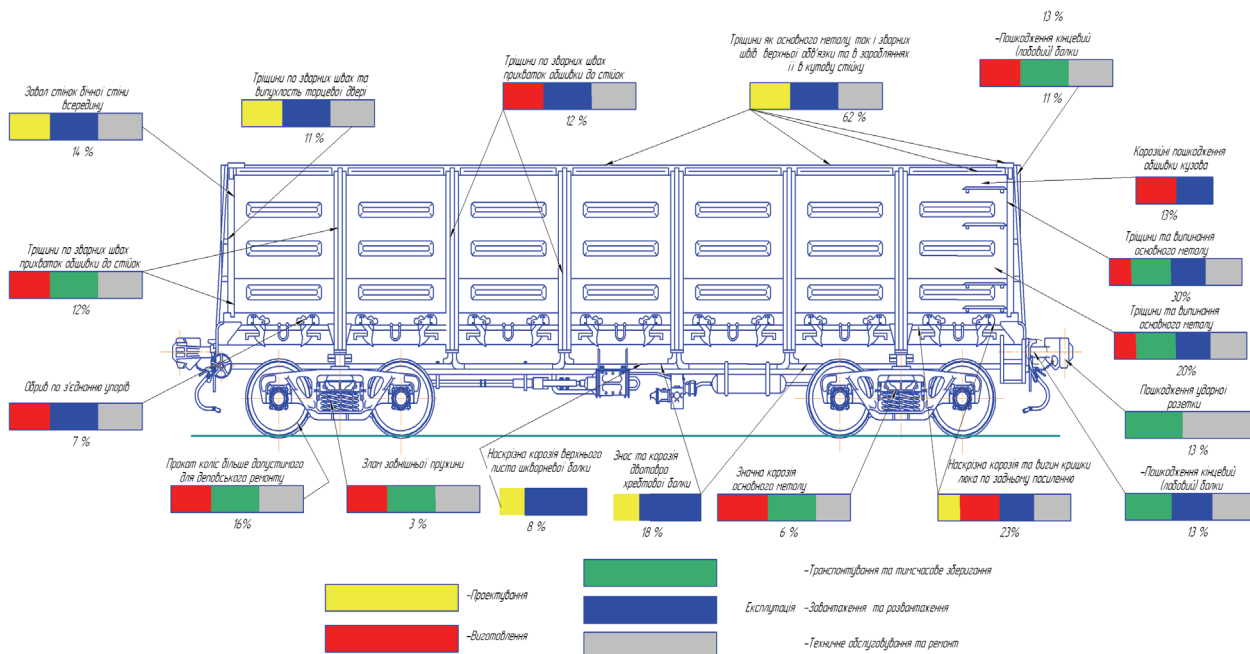


Рис. 3. Розподіл пошкоджень протягом усього життєвого циклу напіввагонів

Основна частка пошкоджень припадає на етап експлуатації, причому, найзначніші з них – корозійні. Крім цього спостерігаються значні пошкодження основного металу кузова в районі розвантажувальних люків та обшивки кузова по зварних швах.

На основі поданої інформації запропоновані технічні рішення, впровадження яких на підприємствах Донецької та Південної залізниці дозволили досягти суттєвого економічного ефекту.

### Висновки

Наведені у статті матеріали свідчать про доцільність проведеного авторами аналізу технічного стану кузовів напіввагонів в експлуатації.

Розроблена класифікація пошкоджень та аналіз дефектів, що виникають в конструкціях напіввагонів, на всіх етапах життєвого їх циклу, дозволяють прогнозувати пошкодження в експлуатації та систематизувати імовірнісні причини їх виникнення.

Отримані результати доцільно використовувати для удосконалення конструкції напіввагонів з метою поліпшення показників їх надійності.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Акуленко А. Прогноз обсягів вантажних і пасажирських перевезень на преспективу до 2020 року [Текст] / А. Акуленко, П. Яновський // Залізничний транспорт України. — 2009. — № 6. — С. 41—43.
2. Войнов К. Н. Надежность вагонов [Текст] / К. Н. Войнов. — М. : Транспорт, 1989. — 110 с.
3. Афанасьев, И. А. Метод расчетного обоснования конструкции кузова полувагона повышенной ремонтпригодности [Текст] : автореф. дис... канд. тех. наук: 05.22.07 / Афанасьев Игорь Анатольевич; Моск. инст. инж. транту. — М. ; 2001. — 24 с.
4. Кузнецов С. А. Анализ технического состояния полувагонов в зависимости от рода перевозимого груза [Текст] / С. А. Кузнецов, П. В. Паршин // Деп. в ЦНИИТЭИ МПС : науч.-тех. сб. — М. : 2004. — Вып. 6438. — С. 18—21. — (Серия «Технические науки»).
5. Лопатин, Н. И. Технология изготовления сварных конструкций из алюминиевых сплавов [Текст] / Н. И. Лопатин. — Л. : Судостроение. — 1984. — 135 с.
6. Маннапов Р. Г. Прогнозирование остаточного ресурса оборудования [Текст] / Р. Г. Маннапов // Химическая промышленность : науч.-тех. сб. — 1991. Вып. 10. — С. 53—56.

Рекомендована кафедрою опору матеріалів та прикладної механіки

Стаття надійшла до редакції 6.04.12  
 Рекомендована до друку 14.05.12

**Фомін Олексій Вікторович** — доцент кафедри «Рухомий склад залізниць».

Донецький інститут залізничного транспорту Української державної академії залізничного транспорту, Донецьк;

**Бурлицький Олексій Вікторович** — завідувач навчальними лабораторіями кафедри «Механіка і проектування машин».

Українська державна академія залізничного транспорту, Харків