

УДК 629.463.62.023

*Е.В. Третьяк, А.О. Сулим, П.О. Хозя*

### ОСНОВНІ ТИПИ КОНСТРУКЦІЙ ДОВГОБАЗНИХ ВАГОНІВ – ПЛАТФОРМ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЇХ МІЦНОСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

*В цій статті розглянуто існуючі конструктивні рішення довгобазних вагонів-платформ, проаналізовано результати експериментальних досліджень міцносних характеристик цих довгобазних платформ та сформульовано відповідні висновки за отриманими даними.*

**Вступ та постановка проблеми.** Починаючи з 2000-х років попит на довгобазні вагони-платформи почав стрімко зростати, що дозволило істотно розширити перелік вантажів, які перевозять залізничним транспортом. Згідно «Комплексної програми оновлення залізничного рухомого складу України» на 2008 – 2020 роки, яка затверджена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 14 жовтня 2008 р. № 1259 передбачено оновлення вантажного вагонного парку інноваційними вагонами з покращеними техніко-економічними та експлуатаційними показниками. Одними з таких нових типів вагонів, які були поставлені на виробництво та надійшли в експлуатацію, були саме довгобазні вагони-платформи для перевезення 40-футових контейнерів. Після декількох років експлуатації, у багатьох моделях довгобазних вагонів-платформ різних заводів-виробників виникли проблеми з міцністю конструкції. Найбільш розповсюдженими та небезпечними під час експлуатації виявились пошкодження у вигляді втомних тріщин в конструкції рами, а особливо, у хребтових і бічних балках та у зварних вузлах. Основною причиною появи втомних тріщин є недостатня міцність конструкції та недоопрацьованість технології виробництва довгобазних вагонів-платформ у зв'язку з відсутністю значного досвіду проектування такого типу рухомого складу.

З існуючих досліджень [1-5] відомо, що для підвищення міцності вагонів-платформ, значна увага заводів-виробників приділяється саме зміні конструкції та удосконаленню її характеристик. За умов необхідності впровадження інноваційних вагонів з покращеними техніко-економічними та експлуатаційними показниками, питання міцності конструкції залишається актуальним.

**Мета роботи** – аналіз існуючих конструкцій довгобазних вагонів-платформ та дослідження їх міцносних характеристик.

**Матеріал і результати досліджень.** Основними виробниками довгобазних вагонів-платформ в Україні є ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод», ПрАТ «Дніпровагонмаш» та ПАТ «Азовмаш». У країнах СНД довгобазні платформи виробляють: ВАТ «Грансмаш», ВАТ «Уралвагонзавод», ЗАТ «Брянський машинобудівний завод», ВАТ «Русхиммаш», ВАТ «Алтайвагон» та інші.

Загальний вид довгобазного вагона-платформи зображено на рис. 1.

© Третьяк Е.В., Сулим А.О., Хозя П.О., 2020

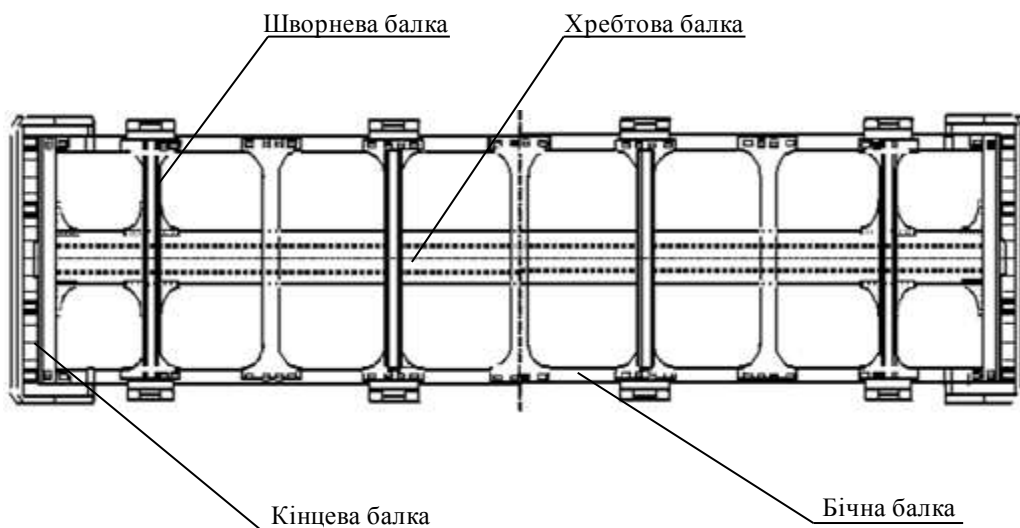
## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

---



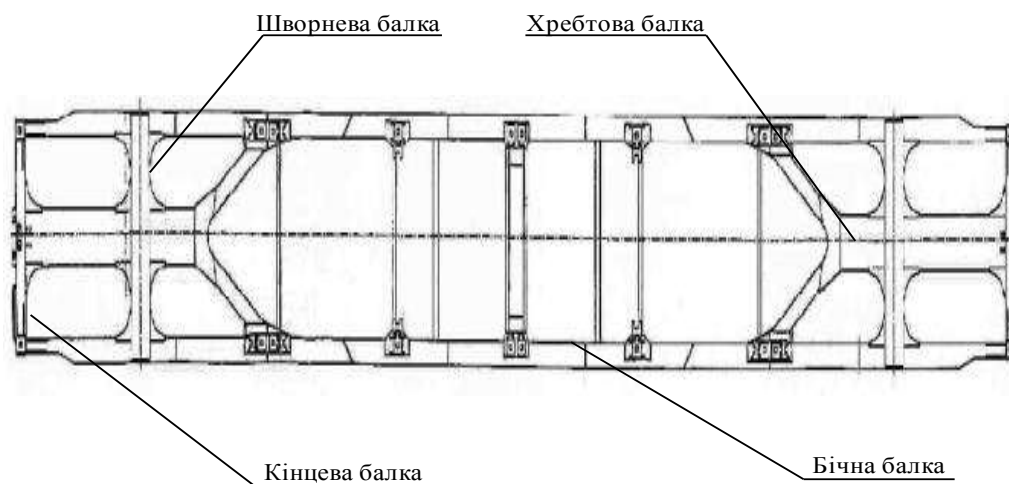
*Рис. 1. Загальний вид довгобазного вагона-платформи*

В основу сучасних конструкцій довгобазних вагонів-платформ, які останнім часом, покладені як класичні схеми з несною хребтовою балкою (яка має максимально можливу висоту) і бічними балками (рис. 2), так і не класичні схеми з укороченою хребтовою балкою і бічними балками, які мають максимально можливу висоту (рис. 3).



*Рис. 2. Класична схема з несною хребтовою балкою (яка має максимально можливу висоту) і бічними балками*

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

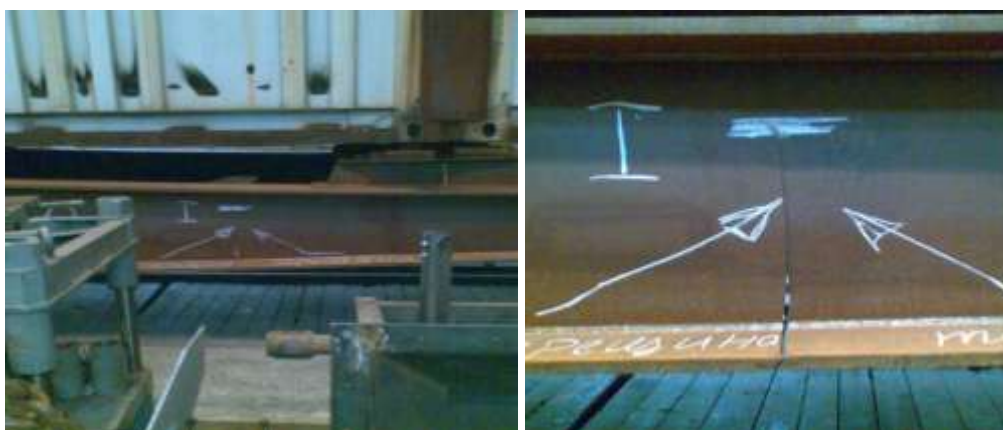


**Рис. 3. Схема з укороченою хребтовою балкою і бічними балками, які мають максимально можливу висоту**

У Європі, Україні та Росії 48% довгобазних вагонів-платформ мають комбінований тип конструкції з несною хребтовою балкою і бічними балками 9% припадає на конструкцію з несною хребтовою балкою і допоміжними бічними балками. 30% вагонів-платформ – конструкція, з укороченою хребтовою балкою і бічними балками, які мають максимально можливу висоту. Та приблизно 13 % вагонів-платформ мають принципово інші типи конструкцій [5].

За статистичними даними експлуатації, найбільша кількість руйнувань і пошкоджень рам довгобазних платформ відбувається в бічних та хребтових балках, та у зонах перехідних перерізів з більшого в менший перетин (рис. 4 - 5).

Виконані дослідження і аналіз характеру пошкоджень свідчать про те, що основними провокуючими факторами руйнувань довгобазних платформ є вертикальні динамічні навантаження, які виникають під час руху вагонів та залежать від численних факторів (конструкційних особливостей, стану колії, тощо) [5].



**Рис. 4. Загальний вид руйнувань у зоні перехідних перерізів з більшого в менший перетин на довгобазному вагоні-платформі для перевезення 40-ка футових контейнерів**

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

---



*Рис. 5. Загальний вид руйнувань у хребтових балках на довгобазному вагоні-платформі для перевезення 40-ка футових контейнерів*

Для дослідження міцності несучих елементів довгобазного вагона-платформи були проведені експериментальні дослідження. Також проведений аналіз конструктивних особливостей довгобазних вагонів-платформ та пошкоджень їх несних елементів.

**Процедура експериментальних досліджень.** В якості об'єктів досліджень було обрано декілька моделей довгобазних вагонів-платформ різних заводів-виробників для перевезення 40-футових контейнерів. Аналіз результатів проведено за даними експериментальних досліджень вказаних вагонів-платформ. Слід зазначити, що розрахунок елементів рами на втому виконувався при дії на платформу максимально допустимих навантажень для перерізів з високим рівнем напружень.

Реєстрацію показників та запис процесів експериментальних досліджень було виконано за допомогою вимірювальної системи, до складу якої входять: персональний комп'ютер, аналого-цифровий перетворювач, підсилювач сигналів (рис. 6), та тензOMETричні датчики з базою 20 мм, які встановлювались на елементах конструкції вагона, а саме на хребтовій, шворневій та бічних балках.

За даними методу реєструвались напруження у контрольних точках елементів рами вагона від дії вертикальних статичних навантажень та поздовжніх навантажень, що виникають під час експлуатації. Для визначення напружень в елементах рами вагона від навантажень, що виникають під час експлуатації значення напружень від дії вер-

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

---

тикальних статичних навантажень складаються з напруженнями від дії нормованої сили, яка виникає від поздовжніх навантажень.

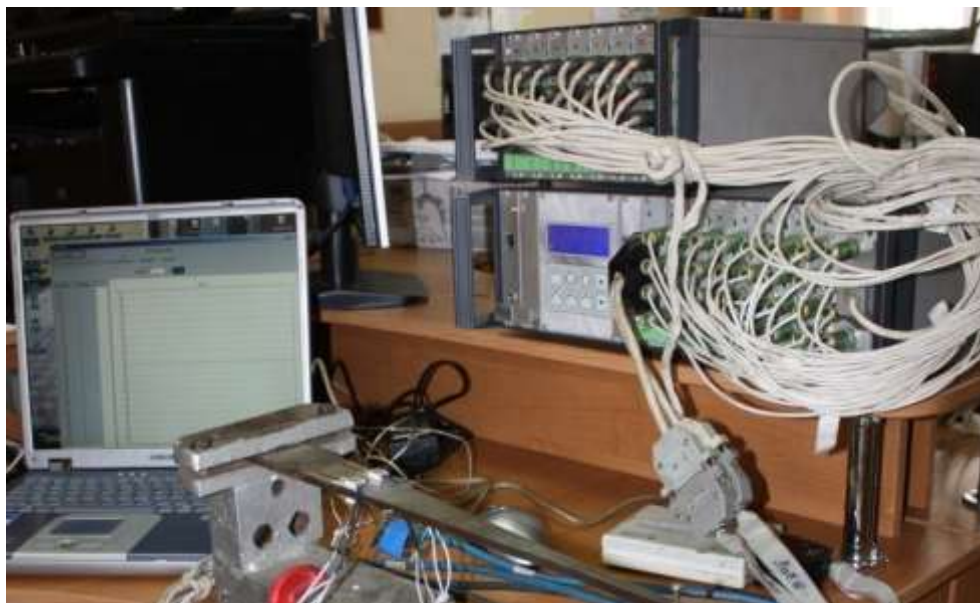


Рис. 6. Загальний вигляд вимірювальної системи

Напружений стан елементів конструкції вагона в умовах експлуатації оцінено відповідно до вимог «Норм для расчета и проектирования новых и модернизируемых вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных)» [6], ДСТУ 7598:2014 «Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних)» [7] за I та III розрахунковими режимами:

- сумарні напруження для I режиму розраховують за формулою:

$$(\sigma_{\text{вер}} + \sigma_{\text{позд}} + \sigma_{Pz} + \sigma_{Pn}) < [\sigma]I, \quad (1)$$

де  $\sigma_{\text{вер}}$  – напруження від дії вертикального навантаження бруто, МПа;  
 $\sigma_{\text{позд}}$  – напруження від дії поздовжнього навантаження бруто, МПа;  
 $\sigma_{Pz}$  – вертикальна складова динамічної сили на візок від дії поздовжньої сили інерції, МПа;  
 $\sigma_{Pn}$  – поперечна складова поздовжньої квазістатичної сили, МПа;  
 $[\sigma]I$  – допустимі напруження в елементах вагона за I режимом, МПа;

- сумарні напруження для III режиму розраховують за формулою:

$$(\sigma_{\text{вер}} + \sigma_{\text{позд}} + \sigma_{\text{дин}} + \sigma_{Pn}) < [\sigma]III, \quad (2)$$

де  $\sigma_{\text{вер}}$  – напруження від дії вертикального навантаження бруто, МПа;  
 $\sigma_{\text{позд}}$  – напруження від дії поздовжнього навантаження бруто, МПа;  
 $\sigma_{\text{дин}}$  – напруження від дії вертикальної динамічної добавки, МПа;

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

---

$\sigma_{рц}$  – напруження від дії бокової сили, МПа;

$[\sigma]_{III}$  – допустимі напруження в елементах вагона за III режимом, МПа.

Проаналізувавши результати експериментальних досліджень, однієї з таких моделей вагонів-платформ, стало відомо, що коефіцієнт запасу опору втомі елементів рами платформи, завантаженої двома 40-футовими контейнерами становив нижче допустимого значення  $[n] = 1,3$  [7], що і спричинило руйнування, які були зафіксовані у переході хребтової балки з більшого перетину в менший перетин під прорізом для горизонтального важеля автогальма.

В іншій моделі вагона-платформи міцносне руйнування виявили в консольній частині хребтової балки у місці з'єднання її зі шворневою балкою. Причиною руйнування виявилось наявність підрізу сварним швом нижнього листа бокової балки.

З результатів дослідження ще однієї моделі вагона-платформи стало відомо, що при випробуваннях на міцність, руйнування були зафіксовані у перехідному перерізі бокової балки з більшого перетину в менший.

Аналіз можливих варіантів підсилення найбільш проблемних місць конструкцій довгобазних вагонів-платформ дозволив встановити, що заводи-виробники удосконалюють конструкції за трьома основними напрямками [8]:

Перший – використання матеріалів підвищеного класу міцності. За такого технічного рішення окремі проблемні вузли несної конструкції виготовляються зі сталі, яка є міцнішою за попередню.

Другий – удосконалення технології виробництва. За цим напрямком розробляються нові методи виготовлення найбільш напружених вузлів вагонів-платформ (наприклад перехід до повністю нового автоматизованого зварювання та інше).

Третій – розроблення принципово нових конструкційних рішень найбільш напружених вузлів. В цьому випадку інженерами-конструкторами пропонуються принципово нові рішення, за якими можуть змінюватись, модернізуватись та удосконалюватись конструкції вагонів-платформ. Головне завдання таких удосконалень – розподілити рівномірно навантаження на всіх частинах конструкції.

### Висновки.

За результатами аналізу проведених експериментальних досліджень встановлено наступне:

тріщини зароджуються в різних місцях, в залежності від конструкційних особливостей вагона-платформи, але найбільш напруженою її частиною залишається середня частина хребтової балки;

виявлені характерні зони руйнувань довгобазних вагонів-платформ, які потребують підсилення та зміцнення;

удосконалення та підвищення міцності конструкції довгобазних вагонів-платформ переважно виконується за трьома основними напрямками - використання матеріалів підвищеного класу міцності, удосконалення технології виробництва та розроблення принципово нових конструкційних рішень найбільш напружених вузлів.

Отже, підвищенню міцності довгобазних вагонів-платформ заводи-виробники приділяють значну кількість уваги, однак на даний час, це питання залишається повністю не вирішеним, та потребує детального опрацювання при виконанні подальших досліджень.

### ЛІТЕРАТУРА

1. О.В. Фомін, Д.В. Федосов-Ніконов. Дослідження конструкції довгобазного вагона-платформи на міцність. – Збірник наукових праць Державного університету інфраструктури та технологій, серія „Транспортні системи і технології”, випуск 31, Київ - ДУІТ - 2017, С. 140-147.
2. О.В. Фомін, В.М. Іщенко, Д.В. Федосов-Ніконов. Довгобазні платформи. Проблеми міцності конструкції – *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – Дніпро: МПА, 2018. – Вип. 2. – С. 84-90.
3. А.В. Фомин, Д.В. Федосов-Никонов Научно-практическое исследование прочности рамы длиннобазной платформы – *«Вестник науки и образования»*, 2018. – 10 (46) С. 8-15.
4. Д.В. Федосов-Никонов. Анализ экспериментальных исследований прочности и надежности конструкции длиннобазной платформы. Матеріали XIII Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми механіки залізничного транспорту», ДИИТ, м. Дніпропетровськ, 23.05-25.05.2012 р., С. 145.
5. Федосов-Никонов Д.В. Покращення міцносних якостей довгобазних вагонів-платформ шляхом удосконалення їх конструкцій та методів розрахунків: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.07/Федосов-Ніконов Дмитро В'ячеславович; Державний університет інфраструктури та технологій. – К, 2018.- 24 с.
6. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). ГосНИИВ-ВНИИЖТ. М., 1996. – С. 319
7. ДСТУ 7598:2014 «Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних)». – С. 162
8. А.Г. Рейдемейстер, В.А. Калашник, А.А. Шикун. Модернізація як спосіб поліпшення використання універсальних вагонів // *Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. Наука та прогрес транспорту*. – 2016. – № 2 (62). – С. 148-156. DOI <https://doi.org/10.15802/stp2016/67334>