

### ***І.І. Федорак***

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування», вул. І. Приходька, 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна  
Телефон: (068) 974-57-67, E-mail: ivigfed@gmail.com  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4503-1858>

### ***А.О. Сулим***

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування», вул. І. Приходька, 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна  
Телефон: (05366) 6-03-54, E-mail: sulim1.ua@gmail.com  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8144-8971>

### ***П.О. Хозя***

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування», вул. І. Приходька, 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна  
Телефон: (067) 736-68-20, E-mail: Pavlo.khozia@gmail.com  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8948-6032>

### ***С.О. Столетов***

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування», вул. І. Приходька, 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна  
Телефон: (067) 367-40-43, E-mail: stoletoff.s.a@gmail.com  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8819-2534>

## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВАГОНА-ПЛАТФОРМИ МОДЕЛІ 13-1894 ДЛЯ ВЕЛИКОТОННАЖНИХ КОНТЕЙНЕРІВ**

*В статті викладено методику та результати експериментальних досліджень вагона-платформи для великотоннажних контейнерів моделі 13-1894 (далі – вагона-платформи) при проведенні випробувань з визначення статичних та динамічних показників міцносних та динамічних якостей.*

*Наведено та зазначено технічні характеристики вагона-платформи, підданого для проведення статичних та динамічних науково-експериментальних досліджень методом проведення комплексу випробувань. Описано конструктивні особливості вагона-платформи, що відрізняє його від інших однотипних вантажних вагонів.*

*Проаналізовано результати статичних міцнісних науково-експериментальних досліджень вагона-платформи та виконано порівняння отриманих значень із нормативними. Наведено діаграми отриманих напружень в елементах конструкції вагона за I та III розрахунковими режимами та місця розташування тензорезисторів під час проведення міцнісних досліджень.*

© Федорак І.І., Сулим А.О., Хозя П.О., Столетов С.О., 2024

---

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

---

*Визначено результати ходових динамічних показників у порожньому та завантаженому станах вагона-платформи, а також виконано порівняння отриманих значень із нормативними. Наведено діаграми експериментального визначення коефіцієнта вертикальної динаміки кузова та коефіцієнта запасу стійкості від сходу колеса з рейки.*

*На підставі отриманих експериментальних даних під час ходових міцнісних досліджень визначено коефіцієнти запасу опору втомі елементів конструкції вагона з розрахунку його експлуатації протягом 32 років. Отримані фактичні значення перебувають у межах нормативних вимог.*

*Наведено діаграми максимальних сумарних напружень в елементах конструкції вагона під час співудару. За результатами проведених досліджень вагона-платформи на співудар нормативними силами встановлено, що максимальні сумарні напруження зафіксовані в боковій балці та не перевищують допустимої величини.*

*Ключові слова: вагон-платформа для великотоннажних контейнерів, експериментальні дослідження, міцність, співудар, ходові якості.*

**Вступ та постановка проблеми.** Контейнери забезпечують підвищену безпеку перевезення вантажів, оскільки служать додатковою міцною зовнішньою упаковкою, яка запломбовується. Використання контейнерів у транспортній інфраструктурі дає змогу швидше перевантажувати вантаж із одного виду транспорту на інший, що прискорює перевезення на великі відстані. Для задоволення ринкового попиту, збільшення обсягів контейнерних перевезень та розширення номенклатури продукції вагонобудівні заводи розробили й виготовили різні конструкції довгобазних платформ, зокрема для перевезення великотоннажних контейнерів.

Основними проблемами на стадії розробки є відсутність власного виробництва сортаменту профілів для вагонобудування, втомна міцність вагонів-платформ зі збільшеною базою, міцність при співударі на сортувальних гірках і погіршені ходові якості у порожньому стані порівняно з вагоном-еталоном. Тому існує необхідність проведення експериментальних досліджень для підтвердження точності теоретичних розрахунків та перевірки на відповідність нормативних вимог.

У ході цих досліджень визначаються фактична міцність елементів конструкції вагона та показники, що характеризують безпеку руху. Режим навантаження приймається для найбільш несприятливого поєднання максимальних сил, які виникають в експлуатації.

Отже, експериментальні дослідження є важливим етапом допуску рухомого складу на колії загального призначення. За їхніми результатами оцінюється раціональність конструкції, визначаються шляхи її вдосконалення, робляться висновки щодо відповідності фактично отриманих показників вимогам нормативної документації.

**Аналіз останніх досліджень.** У попередніх дослідженнях було виконано науково-експериментальні дослідження різних типів вантажних вагонів, зокрема вагонів-думпкарів промислового призначення [1, 2], вагонів-платформ [3-6], вагонів-цистерн [7, 8], бункерних вагонів для перевезення зерна та інших харчових продуктів [9-12].

У цій роботі викладено результати науково-експериментальних досліджень конструкції вагона-платформи моделі 13-1894, яка має нові конструктивні особливості. Тому дослідження міцності конструкції та ходових якостей вагона-

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

платформи є актуальним і дозволить оцінити можливість допуску цього рухомого складу на мережу магістральних колій шириною 1520 мм загального призначення.

**Мета статті** – проведення науково-експериментальних досліджень міцності конструкції та ходових якостей вагона-платформи.

**Матеріал та результати досліджень.** Об'єктом міцнісних та динамічних досліджень є вагон-платформа моделі 13-1894, призначена для перевезення великотоннажних контейнерів довжиною 20 та 40 футів, а також спеціалізованих великотоннажних танк-контейнерів (контейнерів-цистерн). Загальний вигляд вагона-платформи зображено на рис. 1.

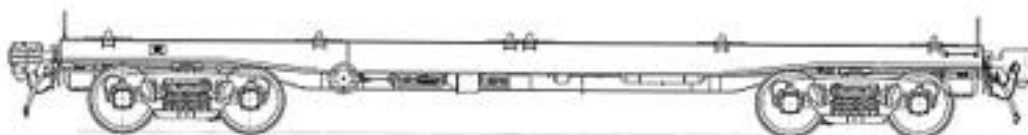


Рис. 1. Загальний вид вагона-платформи моделі 13-1894

Вагон-платформа складається з: рами з упорами для контейнерів, гальмівної системи, ходових частин та автотягачних пристроїв. Рама вагона являє собою несну зварну конструкцію, що складається з хребтової балки, двох бокових балок, двох шворневих балок, двох кінцевих балок, а також поздовжніх та поперечних елементів. Ходова частина складається з двох двовісних візків моделі 18-999 [13]. У зв'язку з тим, що конструкція рами є складною просторовою системою, яка повинна забезпечувати максимальну вагову ефективність за заданої міцності, розрахунок вівся з використанням спеціалізованого програмного забезпечення кінцево-елементного аналізу.

Основні технічні характеристики вагона-платформи моделі 13-1894, наведено в табл. 1.

Таблиця 1. – Основні технічні характеристики вагона-платформи моделі 13-1894 [13]

Найменування параметру або розміру	Значення параметру або розміру
1	2
Вантажопідйомність, т	73,5
Маса тари, т	20,5
Максимальне розрахункове статичне навантаження від колісної пари на рейки, кН (тс)	230,5 (23,5)
Питома матеріалоемність (маса тари/вантажопідйомність)	0,274
Довжина по осях зчеплення автотягачів, мм	14620 ±20

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Кінець таблиці 1

1	2
Довжина по лобовим балкам, мм	13400 ±20
База, мм	9720 ±5
Конструкційна швидкість, км/год	120

Експериментальні дослідження виконувалися тензометричним методом, а обробка даних статичних випробувань міцності здійснювалася з використанням автоматизованих комплексів обробки експериментальних даних за допомогою статистичних методів.

Вимірювана величина під час статичних випробувань визначалася як різниця показань засобів вимірювальної техніки до навантаження та після нього [14].

$$\sigma = (\Delta - \Delta_0) \cdot K, \quad (1)$$

де:  $\Delta$  – показання засобів вимірювальної техніки у завантаженому стані об'єкта випробувань;

$\Delta_0$  – показання засобів вимірювальної техніки у порожньому стані об'єкта випробувань;

$K$  – калібрувальний коефіцієнт засобів вимірювальної техніки, визначений за формулою (2).

$$K = \frac{R_0}{R_{ш} \cdot A_{ш}}, \quad (2)$$

де:  $R_0$  – опір тензорезистора, Ом;

$R_{ш}$  – опір калібрувального шунта, Ом;

$A_{ш}$  – амплітуда (відхилення) процесу, виміряна при калібруванні, В.

Напруження  $\sigma$ , МПа, в елементах конструкції в місцях установки тензорезисторів визначалися за наступними формулами:

- для одиночних тензорезисторів:

$$\sigma = a \cdot \frac{R_0}{R_{ш} \cdot A_{ш}} \cdot \frac{E}{K_c}, \quad (3)$$

де:  $a$  – амплітуда (відхилення) процесу, В;

$E$  – модуль пружності матеріалу досліджуваної деталі, МПа;

$K_c$  – коефіцієнт чутливості тензорезистора;

Отримані в результаті обробки даних напруження від статичного навантаження бруто використовувалися для оцінки міцності конструкції вагона при співударі.

Динамічні ударні випробування вантажних вагонів, за яких поздовжні ударні сили прикладаються до рами вагона через автозчепи, проводять з метою визначення динамічних напружень і їх розподілу в елементах рами і кузова вагона, граничної допустимої величини поздовжньої сили, при якій може відбутися руйнування рами або кузова вагона.

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Оцінку міцності конструкції за результатами випробувань на співудар виконують за формулою (4):

$$(\sigma_{\text{верт.}} + \sigma_{\text{уд.}}) \leq \sigma_m. \quad (4)$$

де  $\sigma_{\text{верт.}}$  – напруження від дії вертикального навантаження бруто, МПа;

$\sigma_{\text{уд.}}$  – напруження від дії удару зусиллям 3,5 МН;

$\sigma_m$  – межа плинності матеріалу, МН.

На підставі аналізу результатів проведених статичних міцнісних випробувань вагона-платформи моделі 13-1894 встановлено максимальні сумарні напруження в основних елементах конструкції від квазістатичних навантажень згідно з методами, викладеними в [15]:

– за I розрахунковим режимом вони зафіксовані в хребтовій балці на нижньому листі та становлять 176 МПа, що відповідає 56,7 % від допустимої величини;

– за III розрахунковим режимом вони зафіксовані в хребтовій балці на нижньому листі та становлять 146,9 МПа, що відповідає 70 % від допустимої величини.

Місця встановлення тензорезисторів, які фіксують напруження в елементах конструкції вагона-платформи за I та III розрахунковими режимами під час проведення статичних міцнісних випробувань, випробувань на співудар та визначення коефіцієнта запасу опору втомі, зображено на рис. 2-4.

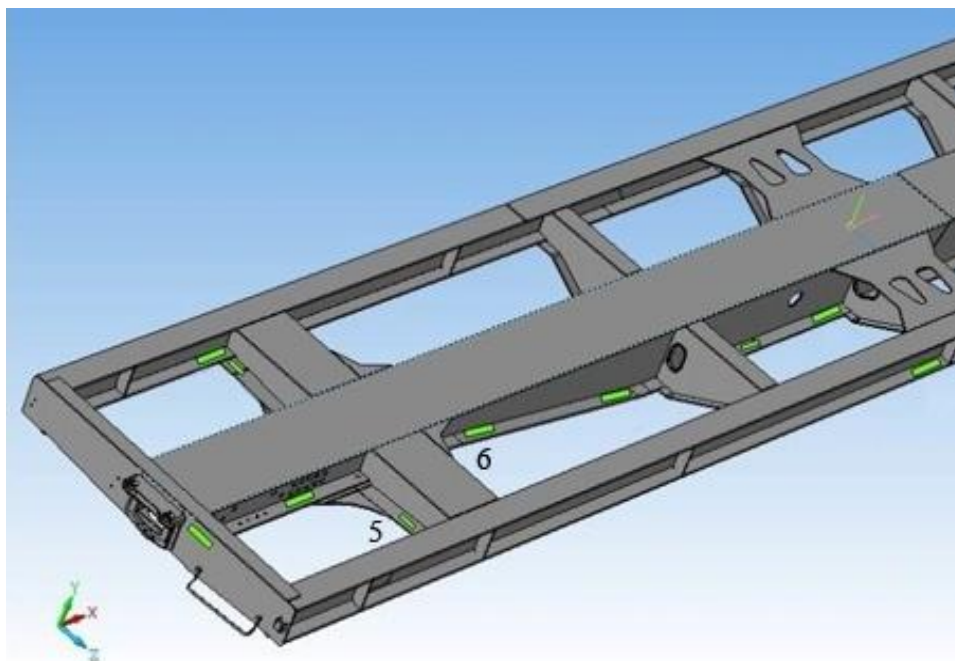


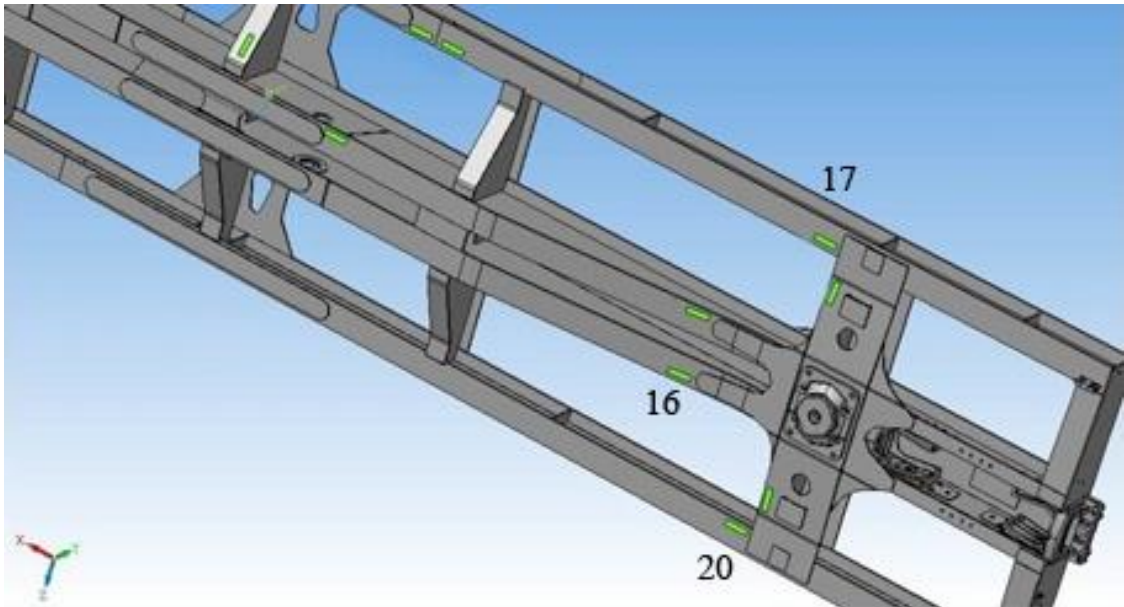
Рис. 2. Схема розміщення тензорезисторів на елементах конструкції вагона-платформи (консольна частина)



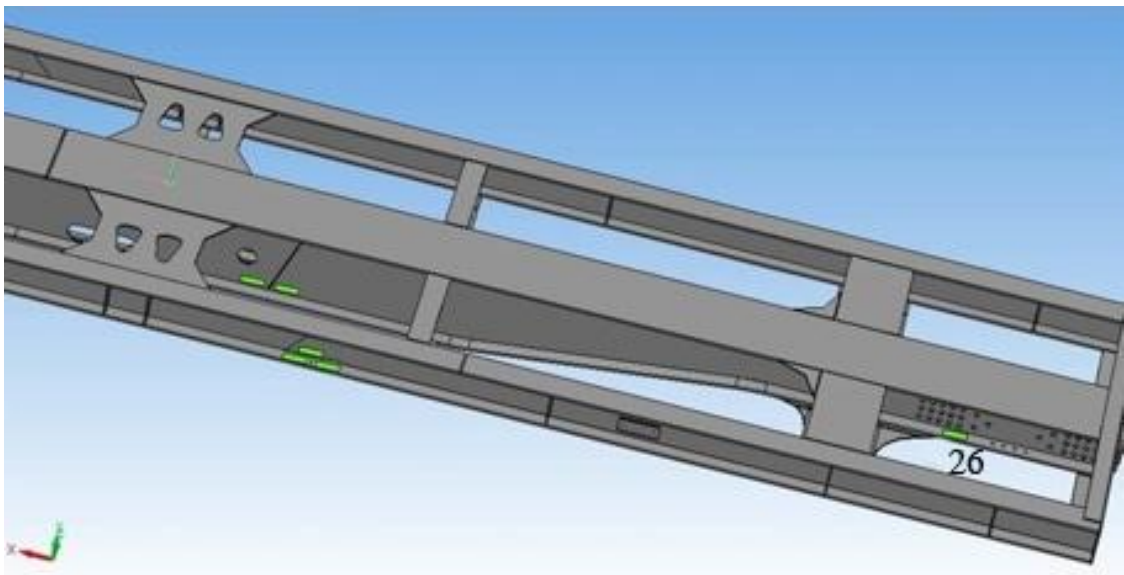
## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

---

Діаграми отриманих напружень в елементах конструкції вагона за I та III розрахунковими режимами за результатами проведених статичних міцнісних випробувань вагона-платформи моделі 13-1894 зображено на рис. 5, 6.

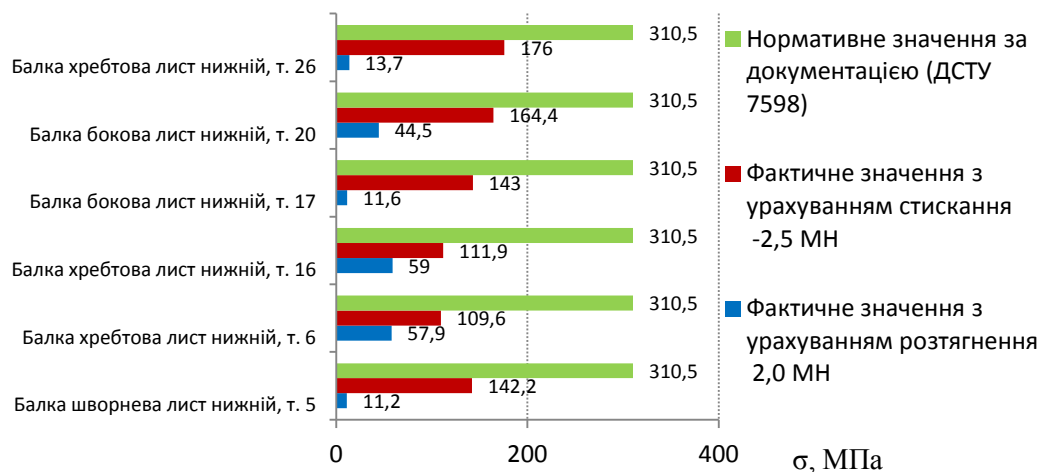


*Рис. 3.* Схема розміщення тензорезисторів на елементах конструкції вагона-платформи (консольна частина, вид знизу)

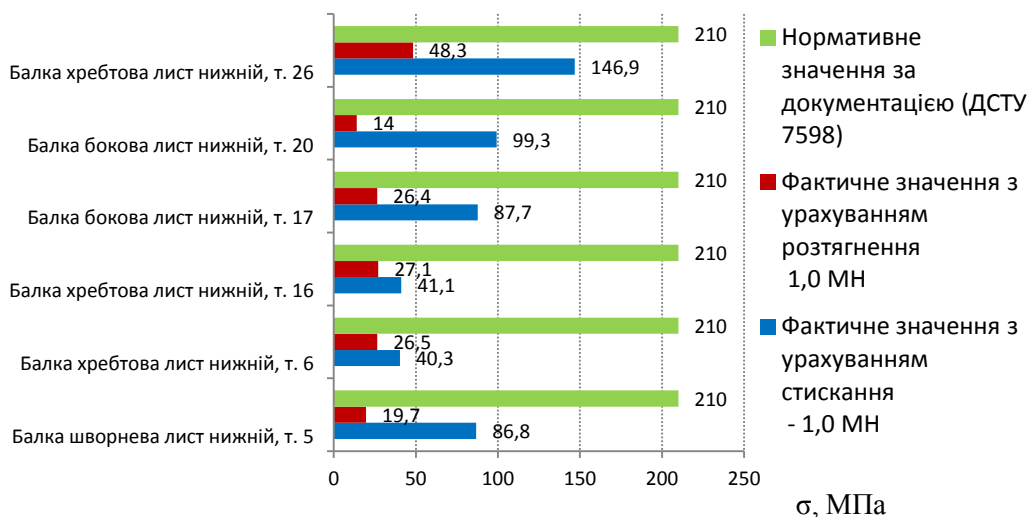


*Рис. 4.* Схема розміщення тензорезисторів на елементах конструкції вагона-платформи (консольна частина, вид з іншої сторони)

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД



**Рис. 5. Максимальні сумарні напруження в елементах конструкції вагона-платформи за I розрахунковим режимом**



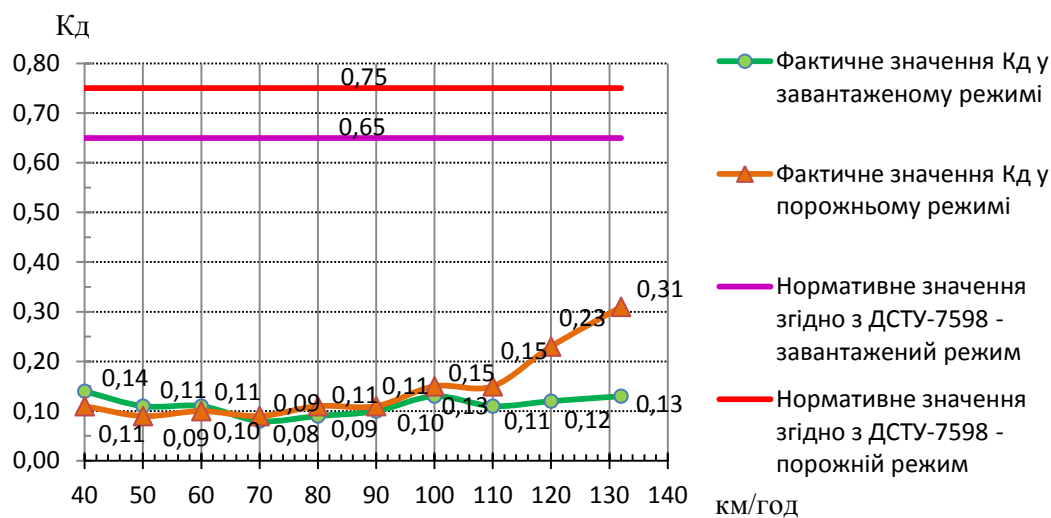
**Рис. 6. Максимальні сумарні напруження в елементах конструкції вагона-платформи за III розрахунковим режимом**

Аналіз результатів визначення ходових динамічних показників у порожньому та завантаженому станах вагона-платформи моделі 13-1894 типу показує:

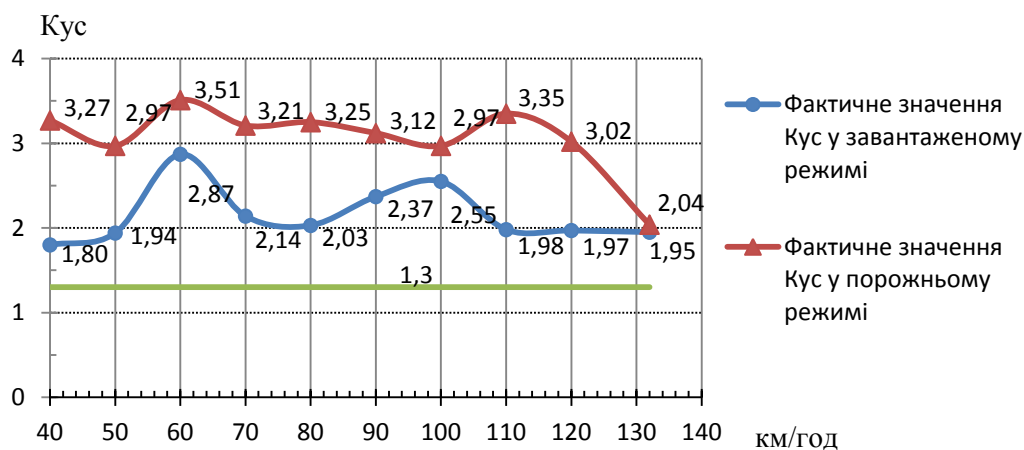
– ходові динамічні показники якості ходу вагона в порожньому та завантаженому станах відповідають нормативним вимогам для вантажних вагонів у всьому діапазоні експлуатаційних швидкостей аж до конструкційної включно на залізничних коліях, які за станом поточного утримання відповідають вимогам руху із вказаними швидкостями;

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

- максимальній коефіцієнт вертикальної динаміки кузова Кд у порожньому режимі складає 0,31, при допустимому не більше ніж 0,75;
  - максимальній коефіцієнт вертикальної динаміки кузова Кд у завантаженому режимі складає 0,13, при допустимому не більше ніж 0,65;
  - мінімальний коефіцієнт запасу стійкості від сходу колеса з рейки у порожньому режимі складає 2,04, при допустимому не менше ніж 1,3;
  - мінімальний коефіцієнт запасу стійкості від сходу колеса з рейки у завантаженому режимі складає 1,8 при допустимому не менше ніж 1,3;
- Залежності коефіцієнта вертикальної динаміки кузова від швидкості руху та коефіцієнту запасу стійкості від сходу колеса з рейки від швидкості руху, наведені на рис. 7, 8.



**Рис. 7. Експериментальні та нормативні значення коефіцієнта вертикальної динаміки вагона-платформи**



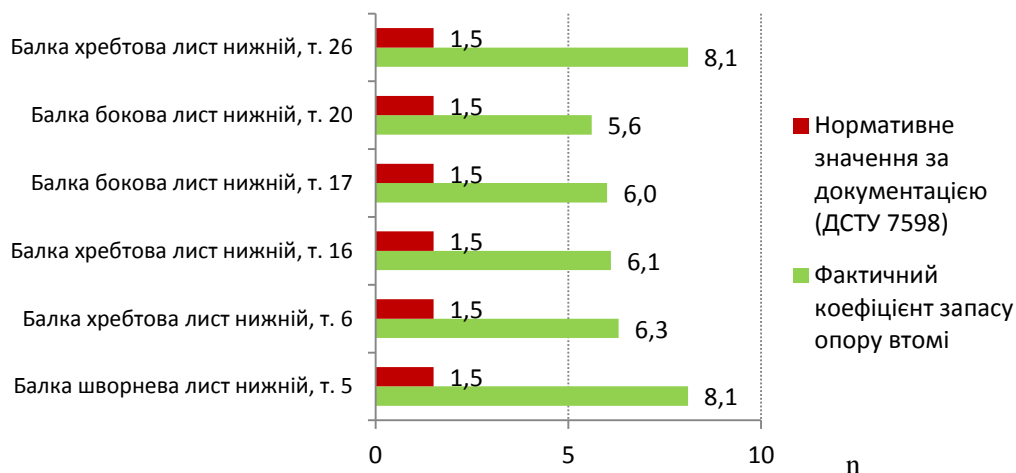
**Рис. 8. Експериментальні та нормативні значення коефіцієнта запасу стійкості від сходу колеса з рейки вагона-платформи**



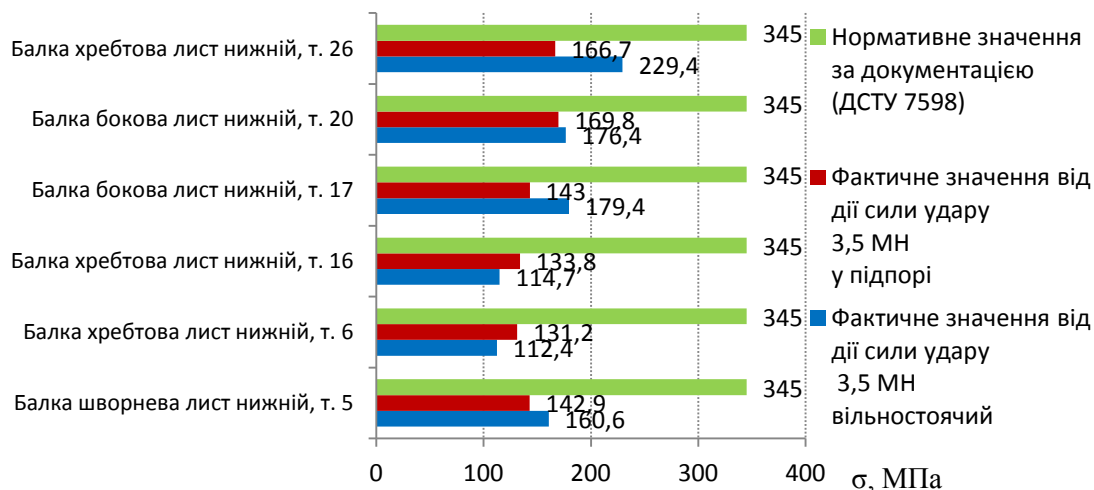
## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Аналіз результатів визначення ходових міцносних показників вагона-платформи свідчить, що коефіцієнти запасу опору втомі елементів конструкції, із розрахунку його експлуатації протягом 32 років, отримані в межах нормативних вимог. Мінімальний коефіцієнт запасу опору втомі становить 5,6 при допустимому не менше ніж 1,5 (за ДСТУ 7598) [15]. Діаграма отриманих коефіцієнтів запасу опору втомі наведена на рис. 9.

Діаграми максимальних сумарних напружень в елементах конструкції вагона при співударі, наведені на рисунку 10.



*Рис. 9. Експериментальні та нормативні значення коефіцієнтів запасу опору втомі*



*Рис. 10. Експериментальні та нормативні значення максимальних сумарних напружень в елементах конструкції вагона-платформи під час співудару*

На підставі аналізу результатів проведених випробувань вагона-платформи на співудар нормативними силами встановлено, що максимальні сумарні напруження

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

зафіксовані в хребтовій балці на нижньому листі та становлять 229,4 МПа, що відповідає 66,5 % від допустимої величини.

**Висновки.** На основі аналізу результатів науково-експериментальних досліджень вагона-платформи моделі 13-1894 встановлено відповідність міцності його конструкції та ходових якостей вимогам чинної нормативної документації. За результатами отриманих експериментальних даних помітно, що деякі з зафіксованих показників мають значні запаси щодо чинних нормативних значень, зокрема максимальні сумарні напруження в основних елементах конструкції від квазістатичних навантажень за III розрахунковим режимом та під час співудару, а також показники ходових якостей. Це підтверджує застосування вдалих конструктивних рішень під час проектування цієї моделі вагона.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Хозя П.О., Юшко О.О., Орлов О.В., Хвоенко Є.О., Григорошенко М.В. Науково-експериментальні дослідження технічних характеристик вагона-самоскида моделі 33-7141. Збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад». 2022. Вип. 25. С. 129–143. DOI: <https://doi.org/10.47675/2304-6309-2022-25-129-143>
2. ДР № 0121U114037Звіт про НДР. Науково-експериментальні дослідження технічних характеристик вагона-самоскида моделі 33-7141 на тривісних візках моделі 18-7142 / керівник Хозя П.О.; викон. Єськов Д.І., Ільчишин В. В., Бреславець Т. А. [та ін.]. Кременчук, ДП «УкрНДІВ», 2020. 309 с.
3. ДР № 0119U102793 Звіт про НДР. Науково-експериментальні дослідження технічних характеристик вагона-платформи для великотоннажних контейнерів моделі 13-6961(заклучний) /; керівник Сафронов О.М.; викон. Ільчишин В.В., Шелейко Т.В., Хозя П.О., [та ін.]. Кременчук, ДП «УкрНДІВ», 2017. 215 с.
4. Костриця С.А., Федоров Є.Ф., Болотов В.В., Грановська Н.Й. Ходові динамічні та міцнісні випробування вагона-платформи моделі 13-7133 на візках з ковзунами зазорного типу для перевезення крупнотонажних контейнерів. Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: матеріали 81 Міжнародної науково-практичної конференції, 22-23 квітня 2021 р. / за заг. ред. А.В. Радкевича, Р.В. Рибалки. Дніпров. нац. ун-т. залізнич. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. Дніпро, 2021. С.307–308.
5. Fedosov-Nikonov D.V., Sulym A.O., Ilchyshyn V.V., Safronov O.M., Kelrikh M.B. Study of strength characteristics of the long wheelbase flat cars. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020. Vol. 985. P. 1-7. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/985/1/012029>
6. Кельріх М.Б., Федосов-Ніконов Д.В. Дослідження на міцність конструкції довгобазної платформи. Вісник Східноукраїнського нац. ун-ту імені В. Даля. 2016. №1 (225). С. 90–94.
7. Кельріх М.Б., Брайковська Н.С., Фомін О.В., Прокопенко П.М. Особливості проведення випробувань вагона-цистерни для перевезення небезпечних вантажів. Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. Фізичні науки. 2019. № 3 (251). С. 77-83.
8. Кукін С.В., Водянніков Ю.Я., Можейко Є.Р., Можейко А.Є., Павлов С.А. Оцінка гальмівної ефективності вагона цистерни моделі 15-7140 на дотримання вимог ГОСТ 34434-2018. Збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад». 2020. Вип. 21. С. 120–132. DOI: <https://doi.org/10.47675/2304-6309-2020-21-120-132>
9. ДР № 0119U102806 Звіт про НДР. Науково-експериментальні дослідження технічних характеристик вагона-хопера моделі 19-4152 для зерна та інших харчових вантажів / керівник Ільчишин В.В.; Шелейко Т.В., Хозя П.О., Стринжа А.М., [та ін.]. Кременчук, ДП «УкрНДІВ», 2017. 248 с.
10. Ільчишин В.В., Стринжа А.М., Худієнко В.А., Федосов-Ніконов Д.В., Полулях В.М., Долінський С.В. Теоретичні та експериментальні дослідження міцності інноваційної конструкції бункерного вагона. Збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад». 2018. Вип. 17. С. 79–86.
11. Петренко В.О., Кельріх М.Б., Прокопенко П.М., Кара С.В. Оцінка несвіної здатності модернізованої рами вагона-зерновоза. Залізничний транспорт України. 2022. № 3. С. 4-10. DOI: <https://doi.org/10.34029/2311-4061-2022-144-3-04-10>
12. Ільчишин В.В., Стринжа А.М., Худієнко В.А., Полулях В.М., Шушмарченко В.О. Міцнісні дослідження елементів конструкції бункерного вагона. Збірник наукових праць ДУІТ. Серія «Транспортні системи і технології». 2018. Вип. 32. Т.2. С. 5–13.
13. 1894.00.000ТЗ Технічне завдання на дослідно-конструкторську роботу «Вагон-платформа для великотоннажних контейнерів моделі 13-1894». Жмеринка, ЖВРЗ «Експрес», 2024. 24 с.

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

---

14. РД 24.050.37-95 Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и ходовое качества. ГосНИИВ, Москва, 1995. 101 с.

15. ДСТУ 7598:2014 Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних). Введено на підставі наказу ДП «УкрНДНЦ» від 02.12.2014 № 1430. Київ, ДП «УкрНДНЦ», 2014. 162 с.

### ***I.I. Fedorak***

State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»,  
33 I. Prykhodka St., Kremenchuk, 39621, Ukraine  
Tel.: (068) 974-57-67, E-mail: ivigfed@gmail.com  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4503-1858>

### ***A.O. Sulym***

State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»,  
33 I. Prykhodka St., Kremenchuk, 39621, Ukraine  
Tel.: (05366) 6-03-54, E-mail: sulim1.ua@gmail.com  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8144-8971>

### ***P.O. Khozia***

State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»,  
33 I. Prykhodka St., Kremenchuk, 39621, Ukraine  
Tel.: (067) 736-68-20, E-mail: Pavlo.khozia@gmail.com  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8948-6032>

### ***S.O. Stoletov***

State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»,  
33 I. Prykhodka St., Kremenchuk, 39621, Ukraine  
Tel.: (067) 367-40-43, E-mail: stoletoff.s.a@gmail.com  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8819-2534>

## EXPERIMENTAL STUDIES OF THE FLAT CAR MODEL 13-1894 FOR LARGE-CAPACITY CONTAINERS

*The article describes the methodology and results of experimental studies of a flat car for large-capacity containers of model 13-1894 (hereinafter referred to as the flat car) during tests to determine static and dynamic strength and dynamic qualities.*

*The technical characteristics of the flat car subjected to static and dynamic scientific and experimental studies by the method of carrying out a set of tests are presented and indicated. The design features of the flat car that distinguish it from other similar freight cars are described.*

*The paper analyzes the results of static strength research and experimental studies of a flat car and compares the obtained values with the normative ones. The diagrams of the obtained stresses in the structural elements of the car for the first and third design modes and the location of strain gauges during strength tests are presented.*

*The results of running dynamic parameters in the empty and loaded states of the platform car are determined, and the obtained values are compared with the normative ones. The diagrams of the experimental determination of the coefficient of vertical body dynamics and the coefficient of stability from wheel derailment are shown.*

*Based on the experimental data obtained during the running strength studies, the fatigue resistance factors of the structural elements of the railroad car were determined based on its operation for 32 years. The actual values obtained are within the limits of regulatory requirements.*

*Diagrams of the maximum total stresses in the structural elements of a railroad car under impact are presented. Based on the results of the study of the platform car for impact by regulatory forces, it was found that the maximum total stresses recorded in the side beam do not exceed the permissible value.*

**Key words:** flat car for gross weight containers, experimental studies, strength, impact, ride performance.

### REFERENCES

1. Khozia, P.O., Yushko, O.O., Orlov, O.V., Khvienko, E.O., & Hryhoroshenko, M.V. (2022). Naukovo-eksperymentalni doslidzhennia tekhnichnykh kharakterystyk vahona-samoskyda modeli 33-7141 [Scientific and experimental studies of the technical characteristics of the dump car model 33-7141]. *Zbirnyk nau-kovykh prats «Reikovyi rukhomiy sklad» - Collection of scientific works "Railbound rolling stock"*, 25, 129-143. DOI: <https://doi.org/10.47675/2304-6309-2022-25-129-143> [in Ukrainian]
2. Yeskov, D.I., Ilchyshyn, V.V., & Breslavets, T.A. (2020) *Naukovo-eksperymentalni doslidzhennia tekhnichnykh kharaktery-styk vahona-samoskyda modeli 33-7141 na tryvisnykh vizkakh modeli 18-7142 [Report on research and development. Scientific and experimental research of technical characteristics of the dump car model 33-7141 on three-axle bogies model 18-7142]. DR No. 0121U114037. Khozia P.(Ed.) Kremenчук: SE «UkrNDIV»* [in Ukrainian]
3. Ilchyshyn, V.V., Sheleiko, T.V., & Khozia, P.O., (2017). *Naukovo-eksperymentalni doslidzhennia tekhnichnykh kharaktery-styk vahona-platformy dlia velykotonnazhnykh konteineriv modeli 13-6961(zakliuchnyi) [Report on research and development. Scientific and experimental research of technical characteristics of the flat car for large-tonnage containers model 13-6961 (final)] DR № 0119U102793. Safronov, O.M. (Ed). Kremenчук: SE «UkrNDIV»* [in Ukrainian]
4. Kostytsia, S.A., Fedorov, E.F., Bolotov, V.V., & Granovska, N.Y. (2021). *Khodovi dynamichni ta mitsnosni vyprobuvannia vahona-platformy modeli 13-7133 na vizkakh z kovzunamy zazornoho typu dlia perevezennia krupnotonnazhnykh konteineriv. Problemy ta perspektyvy rozvytku zaliznychnoho transportu [Running dynamic and strength tests of the platform car model 13-7133 on bogies with gap type slides for the transportation of large-tonnage containers. Problems and prospects for the development of railway transport]. Proceedings from 81 Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii, 22-23 kvitnia 2021 r. - The 81st International Scientific and Practical Conference, April 22-23, 2021. A. Radkevych, R. Rybalka (Ed.).(pp. 307-308). Dniprov. natsionalnoho universytet zaliznych. transp. im. akad. V. Lazariana - Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan. Dnipro* [in Ukrainian]
5. Fedosov-Nikonov, D.V., Sulym, A.O., Ilchyshyn, V.V., Safronov, O.M., & Kelrich, M.B. (2020). Study of strength characteristics of the long wheelbase flat cars. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 985, 1-7. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/985/1/012029>
6. Kelrich, M.B., Fedosov-Nikonov, D.V. (2016). *Doslidzhennia na mitsnist konstrukttsii dovhobaznoi platformy [Research on the strength of the structure of a long-base platform]. Visnyk Skhidnoukrainskoho natsionalnoho. universytetu imeni V. Dalia - Bulletin of the East Ukrainian National University named after V. Dahl, 1 (225), 90-94* [in Ukrainian]
7. Kelrich, M.B., Braikovska, N.S., Fomin, O.V., & Prokopenko, P.M. (2019). *Osoblyvosti provedennia vyprobuvan vahona-tsysterny dlia perevezennia nebezpechnykh vantazhiv [Features of testing a tank car for the transportation of dangerous goods]. Visnyk Skhidnoukrainskoho natsionalnoho universytetu imeni Volodymyra Dalia. Fizychni nauky -Bulletin of the East Ukrainian National University named after Vladimir Dahl. Physical Sciences, 3 (251),77-83* [in Ukrainian]
8. Kukin, S.V., Vodiannikov, Y.Y., Mozheiko, E.R., Mozheiko, A.E., & Pavlov, S.A. (2020). *Otsinka halmvivnoi efektyvnosti vahona tsysterny modeli 15-7140 na dotrymannia vymoh HOST 34434-2018 [Evaluation of the braking efficiency of a tank car model 15-7140 for compliance with the requirements of GOST 34434-2018]. Zbirnyk naukovykh prats «Reikovyi rukhomiy sklad» - Collection of scientific works «Railbound rolling stock», 21, 120-132. DOI: <https://doi.org/10.47675/2304-6309-2020-21-120-132> [in Ukrainian]*

9. Sheleiko, T.V., Khozia, P.O., & Strynzha, A.M. (2017). *Naukovo-eksperymentalni doslidzhennia tekhnichnykh kharakterystyk vahona-khopera modeli 19-4152 dlia zerna ta inshykh kharchovykh vantazhiv. Zvit pro NDR. DR No. 0119U102806 [Report on research and development. Scientific and experimental studies of technical characteristics of the hopper car model 19-4152 for grain and other food cargo]*. Ilchyshyn V.V. (ed.). Kremenchuk: SE «UkrNDIV» [in Ukrainian]
10. Ilchyshyn, V.V., Strynzha, A.M., Khudienko, V.A., Fedosov-Nikonov, D.V., Poluliakh, V.M., & Dolinskyi, S.V. (2018). Teoretychni ta eksperymentalni doslidzhennia mitsnosti innovatsiinoi konstruktsii bunkernoho vahona [Theoretical and experimental studies of the strength of the innovative design of the bunker car]. *Zbirnyk naukovykh prats «Reikovy rukhomiy sklad» - Collection of scientific papers "Rail rolling stock"*, 17, 79-86 [in Ukrainian]
11. Petrenko, V.O., Kelrich, M.B., Prokopenko, P.M., & Kara, S.V. (2022). Otsinka nesivnoi zdatnosti modernizovanoi ramy vahona-zernovoza [Evaluation of the bearing capacity of the modernized frame of a grain car]. *Zaliznychnyi transport Ukrainy -Railway transport of Ukraine*, 3, 4-10. DOI: <https://doi.org/10.34029/2311-4061-2022-144-3-04-10>[in Ukrainian]
12. Ilchyshyn, V.V., Strynzha, A.M., Khudienko, V.A., Poluliakh, V.M., & Shushmarchenko, V.O. (2018). Mitsnisi doslidzhennia elementiv konstruktsii bunkernoho vahona [Strength studies of the elements of the bunker car structure]. *Zbirnyk naukovykh prats DUIT. Seriya «Transportni systemy i tekhnologii» - Collection of scientific papers of the DUIT. Series "Transport systems and technologies"*, 32, Vol. 2, 5-13 [in Ukrainian]
13. *Tekhnichne zavdannya na doslidno-konstruktorsku robotu «Vahon-platforma dlia velykotonnazhnykh konteineriv modeli 13-1894» 1894.00.000TZ – ZhVRZ «Ekspres» [Terms of reference for the research and development work «Flat car for large-tonnage containers model 13-1894» 1894.00.000T3 – ZhVRZ «Express»*.(2024). Zhmerynka [in Ukrainian]
14. Vagony gruzovye i passazhyrskie. Metody ispytaniy na prochnost i khodovye kachestva [Freight and passenger cars. Test methods for strength and running characteristics] (1995). *RD 24.050.37-95*. Moscow: GosNIIV
15. Vahony vantazhni. Zahalni vymohy do rozrakhunkiv ta proektuvannia novykh i modernizovanykh vahoniv kolii 1520 mm (nesamokhidnykh) [Freight cars. General requirements for the calculation and design of new and modernized railcars of 1520 mm gauge (non-self-propelled)]. (2014). *DSTU 7598:2014* [in Ukrainian]