

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>

О.В. Орлов

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування», вул. І. Приходька, 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна

Телефон: (098) 780-40-45, E-mail: oleh.orlov81@gmail.com

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1555-0297>

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>

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>

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ І ХОДОВИХ ЯКОСТЕЙ ВАГОНА ДЛЯ ЦЕМЕНТУ БУНКЕРНОГО ТИПУ

В статті викладено методику та результати експериментальних досліджень напружено-деформованого стану конструкції вагона для цементу бункерного типу при проведенні комплексу робіт з визначення показників міцнісних та динамічних якостей.

Наведено та зазначено технічні характеристики вагона для цементу бункерного типу моделі 17-1890, який прийнято в якості об'єкта для проведення міцнісних та динамічних науково-експериментальних досліджень. Описано конструктивні особливості вагона для цементу бункерного типу моделі 17-1890, що відрізняє його від інших типів вантажних вагонів.

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

© Сулим А.О., Орлов О.В., Столетов С.О., Федорак І.І., 2024

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Проаналізовано результати визначення ходових динамічних показників у порожньому та завантаженому станах вагона для цементу бункерного типу, а також виконано порівняння отриманих значень з нормативними. Наведено діаграми експериментального визначення коефіцієнту вертикальної динаміки кузова та коефіцієнту запасу стійкості від сходу колеса з рейки.

На підставі отриманих експериментальних даних під час ходових міцнісних досліджень визначено коефіцієнти запасу опору втомі елементів конструкції рами та бункерів вагона із розрахунку його експлуатації протягом 28 років. Отримані фактичні значення знаходяться в межах нормативних вимог.

Наведено діаграми максимальних сумарних напружень в елементах конструкції вагона при співударі. За результатами проведених досліджень вагона бункерного типу моделі 17-1890 на співудар нормативними силами встановлено, що максимальні сумарні напруження зафіксовані в балці боковій та не перевищують допустимої величини.

Ключові слова: вагон для цементу бункерного типу, експериментальні дослідження, міцність, співудар, ходові якості.

Вступ та постановка проблеми. Одним із основних завдань технічного розвитку парку вантажних вагонів залишається його оновлення, а також удосконалення технічних та експлуатаційних характеристик.

Складність конструкції вагона бункерного типу та різноманітність експлуатаційних навантажень зумовлюють необхідність оцінки точності теоретичних розрахунків шляхом проведення експериментальних досліджень. У ході проведення даних досліджень визначається фактична міцність елементів конструкції вагона та показники, що характеризують безпеку руху. Режим навантаження приймається для найбільш не вигідного поєднання максимальних сил, що виникають в експлуатації.

Отже, експериментальні дослідження є досить важливим етапом можливості допуску рухомого складу на мережу магістральних колій 1520 мм та за їх результатами оцінюється раціональність конструкції, визначаються шляхи її вдосконалення, робляться висновки щодо відповідності фактично одержаних показників вимогам нормативної документації, а також перевіряється збіжність результатів з виконаними теоретичними розрахунками на етапі проєктування вагона.

Аналіз останніх досліджень. В попередніх дослідженнях виконувались науково-експериментальні дослідження різного типу 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].

Проте в цій роботі пропонується дослідити конструкцію вагона для цементу бункерного типу моделі 17-1890, що має суттєві відмінні особливості від розглянутих типів вагонів, в тому числі існуючих типів бункерних вагонів. Тому, проведення науково-експериментальних досліджень міцності конструкції та ходових якостей вагона бункерного типу моделі 17-1890 є актуальним та дозволить оцінити можливість допуску цього рухомого складу на мережу магістральних колій 1520 мм.

Мета статті – проведення науково-експериментальних досліджень міцності конструкції та ходових якостей вагона бункерного типу.

Матеріал та результати досліджень. Об'єктом міцнісних та динамічних досліджень є вагон для цементу бункерного типу моделі 17-1890, призначений для без-

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

тарного транспортування цементу від виробника до замовника та його пневматичного вивантаження. Загальний вид вагона представлений рисунку 1.



Рис. 1. Загальний вид вагона для цементу бункерного типу моделі 17-1890

Вагон для цементу має суттєві відмінні риси від вантажних вагонів інших типів, а саме – наявність завантажувальних бункерів, які багато в чому визначають динаміко-міцнісні якості даного типу рухомого складу. У зв'язку з тим, що конструкція кузова є складною просторовою системою, яка повинна забезпечувати максимальну вагову ефективність за заданої міцності, розрахунок вівся з використанням програмних пакетів кінцево-елементного аналізу.

Рама вагона представляє суцільнозварну металоконструкцію, основними несними елементами якої є бокові, шворневі, поперечні та кінцеві балки. Бокові балки представляють собою двотавр змінного по висоті перетину рівного опору. Шворневі та бокові балки виконані у вигляді коробчастого перерізу, підсиленого ребрами та діафрагмами. Бункери складаються з циліндричної обичайки, конічних днищ та еліптичної кришки.

Основні технічні характеристики вагона для цементу бункерного типу моделі 17-1890, наведено в табл. 1.

Таблиця 1. – Технічні параметри вагона для цементу бункерного типу

Найменування параметру	Значення параметру
1	2
1 Вантажопідйомність, т, не більше	67,5
2 Маса тари, т	
- максимальна	26,5
- мінімальна	25,5
- мінімальна в експлуатації	23,4
3 Корисний об'єм, м ³	71

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Кінець таблиці 1

1	2
4 Кількість бункерів, шт	3
5 Максимальне розрахункове статичне навантаження від колісної пари на рейки, кН (тс)	230,5 (23,5)
6 Питома матеріалоємність (маса тари/матеріалоємність)	0,392
7 Довжина по осям зчеплення автозчепів, мм	13940±20
8 База вагона, мм	9720±5
9 Довжина по кінцевих балках, мм	12720±20
10 Кут нахилу конусу бункерів, °	53
11 Тиск повітря, МПа	
- розвантаження	0,25
- випробувальний	0,375
- розрахунковий	0,5
12 Мінімальний радіус вписування у криву, м	60
13 Висота від рівня головок рейок до осі автозчепу, мм	1060±20
14 Конструктивна швидкість, км/год	120
15 Габарит згідно з ДСТУ Б В.2.3-29	1-Т

Експериментальні дослідження виконані тензометричним методом, обробка даних статичних випробувань міцності виконувалася з використанням автоматизованих комплексів обробки дослідних даних за допомогою статистичних методів.

Вимірювана величина при статичних випробуваннях визначалася по різниці показань засобів вимірювальної техніки до навантаження та після нього [13]:

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

де: Δ – показання засобів вимірювальної техніки у завантаженому стані об'єкта випробувань;

Δ_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.

Напруги σ , МПа, в елементах конструкції в місцях установки тензорезисторів визначалися за наступними формулами [13]:

- для одиночних тензорезисторів:

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

$$\sigma = a \cdot \frac{R_{\theta}}{R_{\mu} \cdot A_{\mu}} \cdot \frac{E}{K_{\chi}}, \quad (3)$$

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

E – модуль пружності матеріалу досліджуваної деталі, МПа;

K_{χ} – коефіцієнт чутливості тензорезистора;

- для одиночних розеток

$$\sigma = E \cdot \varepsilon, \quad (4)$$

де: ε – деформація датчика у розетці, В;

- для розетки з трьох датчиків (віялового типу) визначаються деформації у напрямку головних напружень

спочатку визначають напрямок головних напружень за кутом α :

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2 \cdot \varepsilon_{45} - (\varepsilon_0 + \varepsilon_{90})}{\varepsilon_0 - \varepsilon_{90}} \quad (5)$$

де: $\varepsilon_0, \varepsilon_{45}, \varepsilon_{90}$ - деформації датчиків під кутом відповідно $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$ у розетці.

Після цього визначають деформації $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ у напрямку головних напружень [13]:

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{2} \cdot \left(\varepsilon_0 + \varepsilon_{90} + \frac{(\varepsilon_0 - \varepsilon_{90})}{\cos 2\alpha} \right) \quad (6)$$

$$\varepsilon_2 = \frac{1}{2} \cdot \left(\varepsilon_0 + \varepsilon_{90} + \frac{(\varepsilon_0 - \varepsilon_{90})}{\cos 2\alpha} \right) \quad (7)$$

і визначаються головні напруження за залежностями

$$\sigma_1 = E \cdot \frac{\varepsilon_1 + \mu \cdot \varepsilon_2}{1 - \mu^2} \quad (8)$$

$$\sigma_2 = E \cdot \frac{\varepsilon_2 + \mu \cdot \varepsilon_1}{1 - \mu^2} \quad (9)$$

де: μ – коефіцієнт Пуассона; $\mu=0,35$.

- для Т образної розетки, посилаючись на те, що напрямок головних напружень відомий (σ_1 і σ_2 мають напрямки $\varepsilon_1, \varepsilon_2$)

$$\sigma_1 = 1,1\varepsilon_1 \cdot E + 0,33\varepsilon_2 \cdot E; \quad (10)$$

$$\sigma_2 = 1,1\varepsilon_2 \cdot E + 0,33\varepsilon_1 \cdot E, \quad (11)$$

де: $\varepsilon_1, \varepsilon_2$, - відносні деформації датчиків.

E – модуль пружності I роду. Для сталі $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа.

Еквівалентні напруження визначають за формулою (12) [13]:

$$\sigma_E = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1 \cdot \sigma_2}. \quad (12)$$

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

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.

Оцінка міцності конструкції за результатами випробувань на співудар виконують за формулою (13) [13]:

$$(\sigma_{\text{верт.}} + \sigma_{\text{уд.}}) \leq \sigma_{\text{т.}} \quad (13)$$

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

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

$\sigma_{\text{т.}}$ – межа плинності матеріалу, МН.

На підставі аналізу результатів проведених статичних міцнісних випробувань вагона для цементу бункерного типу моделі 17-1890 встановлено максимальні сумарні напруження в основних елементах конструкції від квазістатичних навантажень, згідно з методами, викладеними в [14]:

– за I розрахунковим режимом зафіксовані в балці боковій та становлять 288,8 МПа, що дорівнює 93 % від допустимої величини;

– за III розрахунковим режимом зафіксовані в балці боковій та становлять 152,3 МПа, що дорівнює 72,5 % від допустимої величини.

Місця встановлення тензорезисторів, що фіксують напруження в елементах конструкції вагона за I та III розрахунковими режимами під час проведення статичних міцнісних випробувань, випробувань на співудар та з визначення коефіцієнту запасу опору втомі, зображено на рис. 2-5. Діаграми отриманих напружень в елементах конструкції вагона за I та III розрахунковими режимами за результатами проведених статичних міцнісних випробувань вагона для цементу бункерного типу моделі 17-1890, зображено на рис. 6, 7.

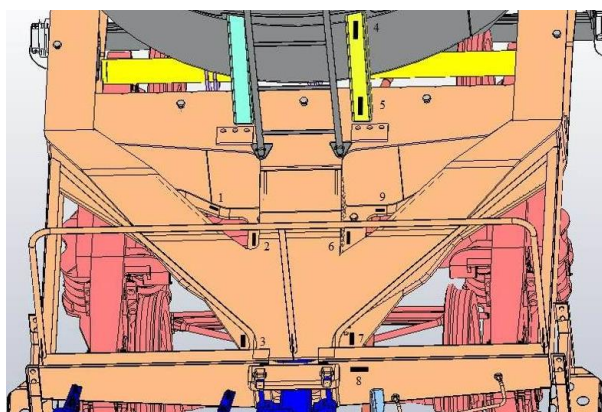


Рис. 2. Схема розміщення тензорезисторів на елементах конструкції вагона (консольна частина)

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

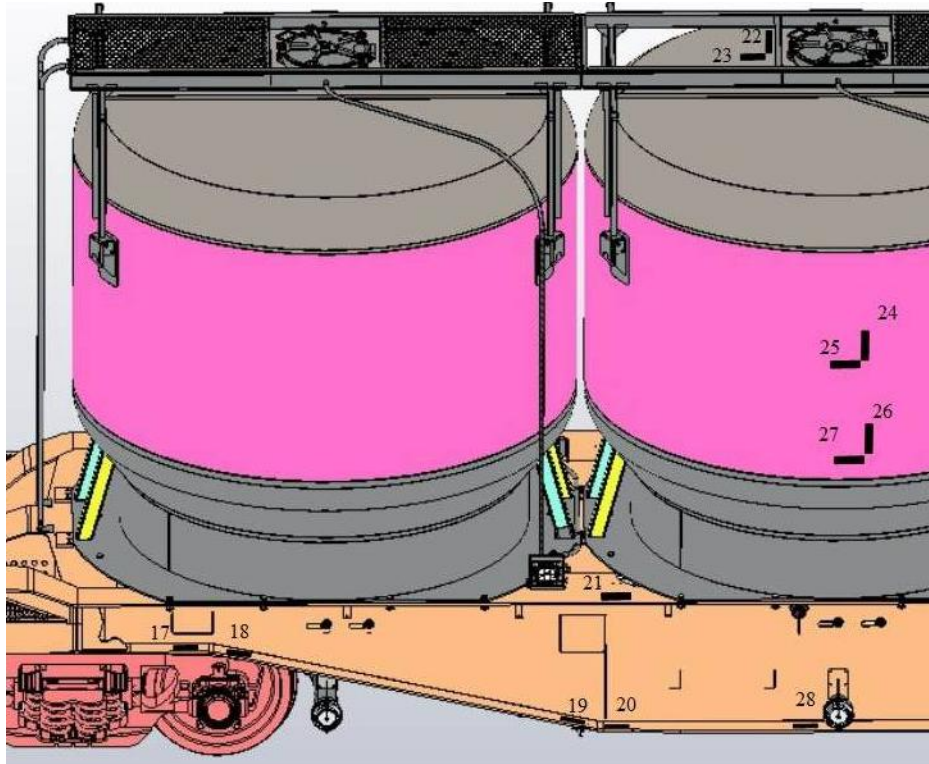


Рис. 3. Схема розміщення тензорезисторів на елементах конструкції вагона (вид збоку)

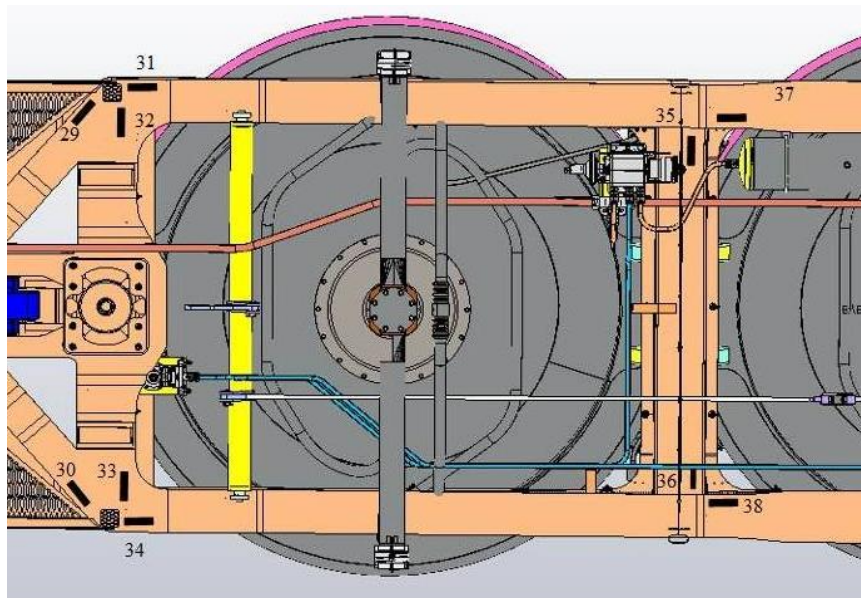


Рис. 4. Схема розміщення тензорезисторів на елементах конструкції вагона (вид знизу)

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

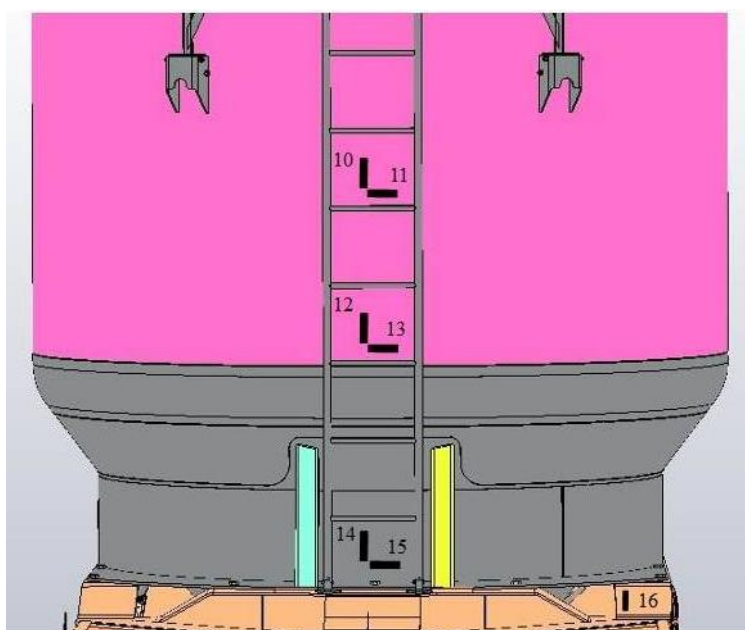


Рис. 5. Схема розміщення тензорезисторів на елементах конструкції вагона (бункер, вид з торцевої частини вагона)

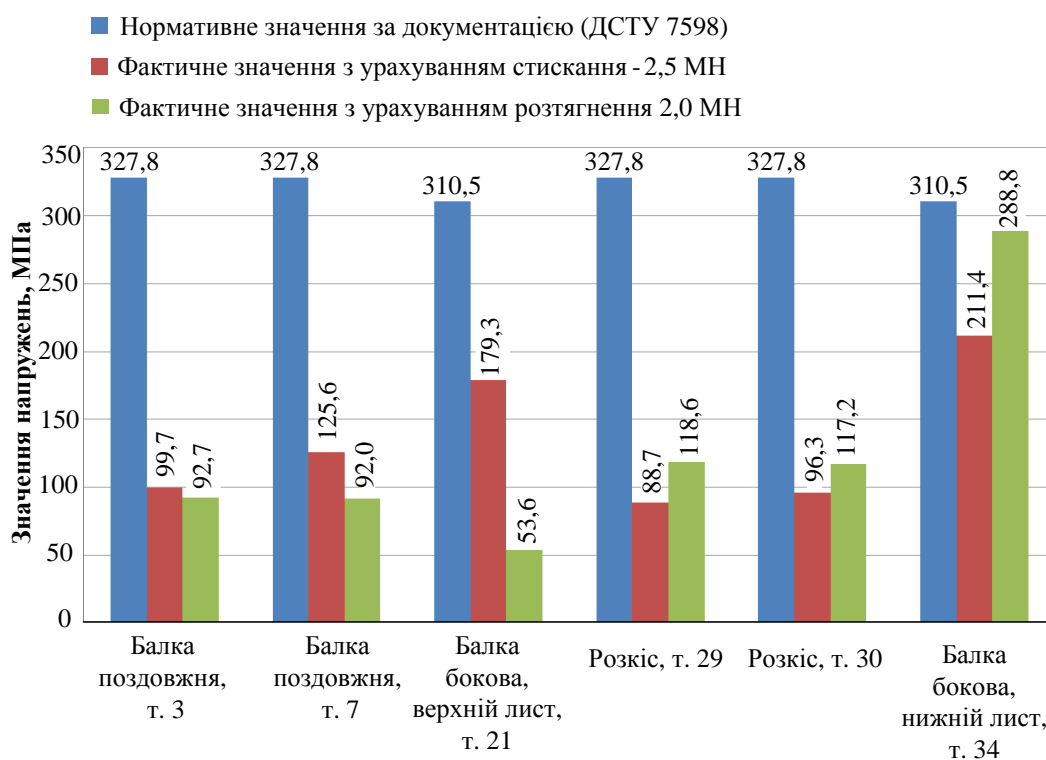


Рис. 6. Максимальні сумарні напруження в елементах конструкції вагона за I розрахунковим режимом

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

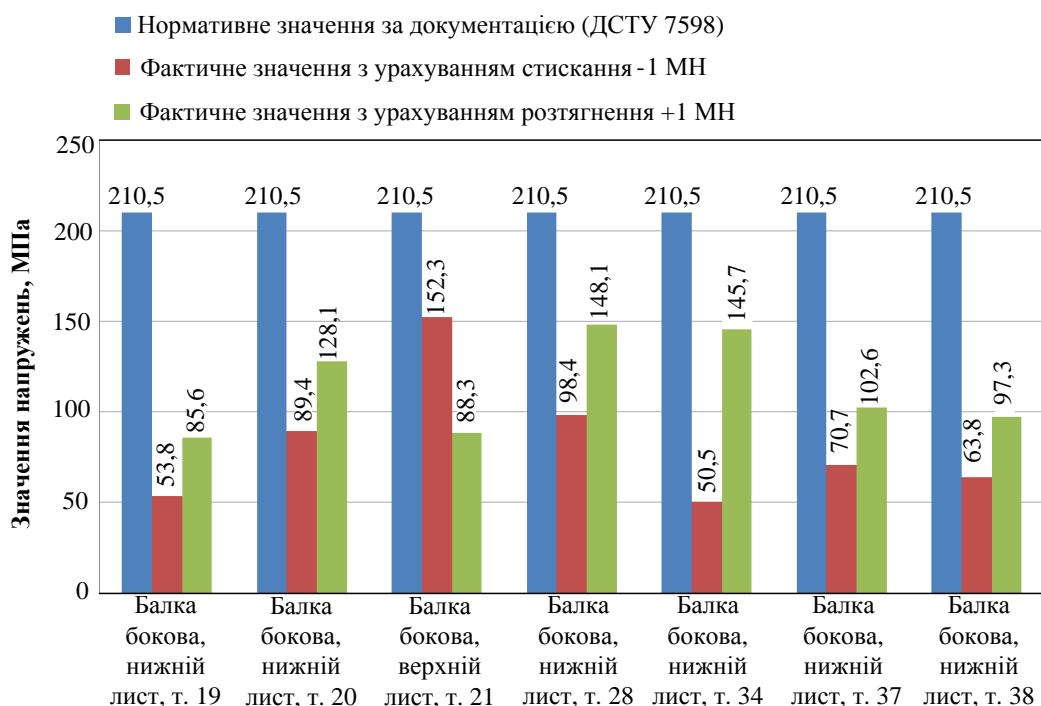


Рис. 7. Максимальні сумарні напруження в елементах конструкції вагона за III розрахунковим режимом

Аналіз результатів визначення ходових динамічних показників у порожньому та завантаженому станах вагона для цементу бункерного моделі 17-1890 типу показує:

– ходові динамічні показники якості ходу вагона в порожньому та завантаженому станах відповідають нормативним вимогам для вантажних вагонів у всьому діапазоні експлуатаційних швидкостей до 120 км/год включно на залізничних коліях, які за станом поточного утримання відповідають вимогам руху із вказаними швидкостями;

– максимальний коефіцієнт вертикальної динаміки кузова K_d у порожньому режимі складає 0,22, при допустимому не більше ніж 0,75;

– максимальний коефіцієнт вертикальної динаміки кузова K_d у завантаженому режимі складає 0,16, при допустимому не більше ніж 0,65;

– мінімальний коефіцієнт запасу стійкості від сходу колеса з рейки у порожньому режимі складає 1,59, при допустимому не менше ніж 1,3;

– мінімальний коефіцієнт запасу стійкості від перекидання на зовнішню сторону кривої у порожньому режимі складає 4,1 при допустимому не менше ніж 1,8;

– мінімальний коефіцієнт запасу стійкості від перекидання на внутрішню сторону кривої у порожньому режимі складає 10,1 при допустимому не менше ніж 1,8;

– мінімальний коефіцієнт запасу стійкості від сходу колеса з рейки у завантаженому режимі складає 2,04 при допустимому не менше ніж 1,3;

– мінімальний коефіцієнт запасу стійкості від перекидання на зовнішню сторону кривої у завантаженому режимі складає 6,1 при допустимому не менше ніж 1,8;

– мінімальний коефіцієнт запасу стійкості від перекидання на внутрішню сторону кривої у завантаженому режимі складає 8,1 при допустимому не менше ніж 1,8.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Залежності коефіцієнта вертикальної динаміки кузова та коефіцієнта запасу стійкості від сходу колеса з рейки від швидкості, наведені на рис. 8, 9.

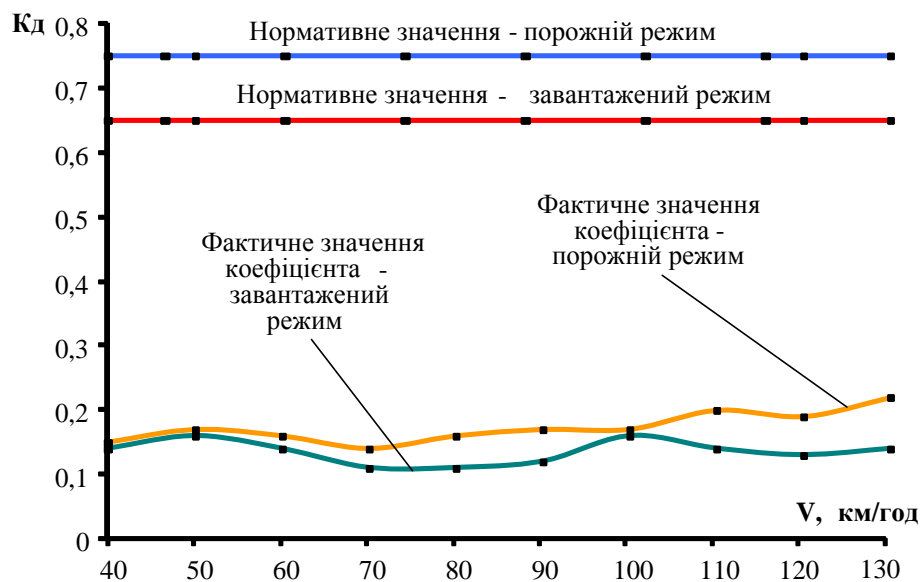


Рис. 8. Експериментальні та нормативні значення коефіцієнта вертикальної динаміки кузова вагона для цементу

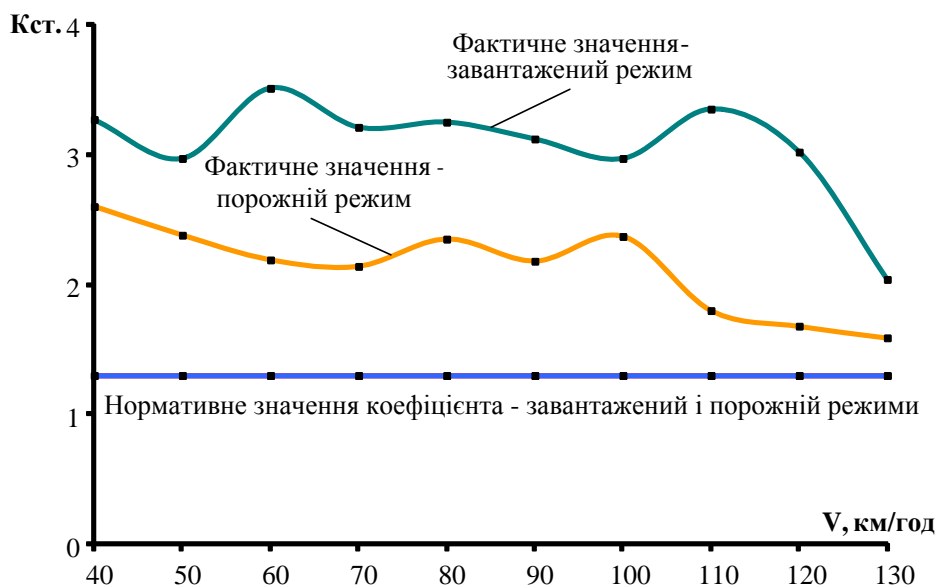


Рис. 9. Експериментальні та нормативні значення коефіцієнта запасу стійкості від сходу колеса з рейки вагона для цементу

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Аналіз результатів визначення ходових міцнісних показників вагона для цементу бункерного типу моделі 17-1890 свідчить, що коефіцієнти запасу опору втомі елементів конструкції рами та бункерів, із розрахунку його експлуатації протягом 28 років, отримані в межах нормативних вимог. Мінімальний коефіцієнт запасу опору втомі становить 1,6 при допустимому не менше ніж 1,5 (за ДСТУ 7598) [14]. Діаграма отриманих коефіцієнтів запасу опору втомі наведена на рис. 10.

Діаграми максимальних сумарних напружень в елементах конструкції вагона при співударі, наведені на рисунку 11.

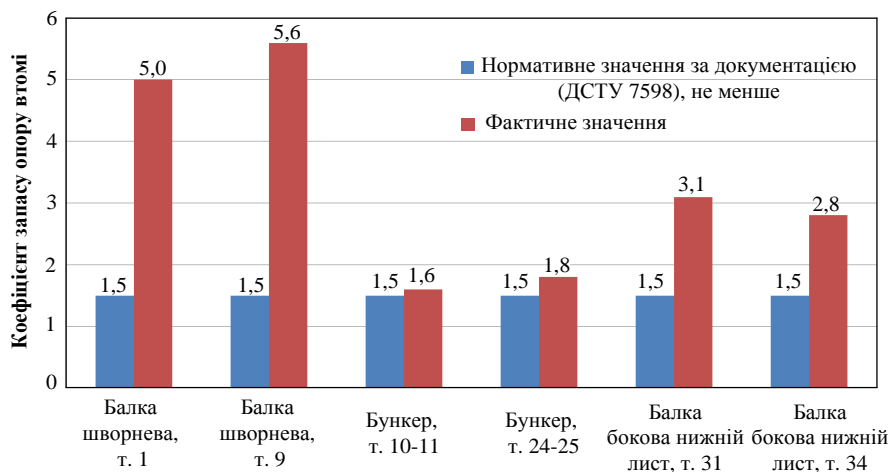


Рис. 10. Експериментальні та нормативні значення коефіцієнтів запасу опору втомі

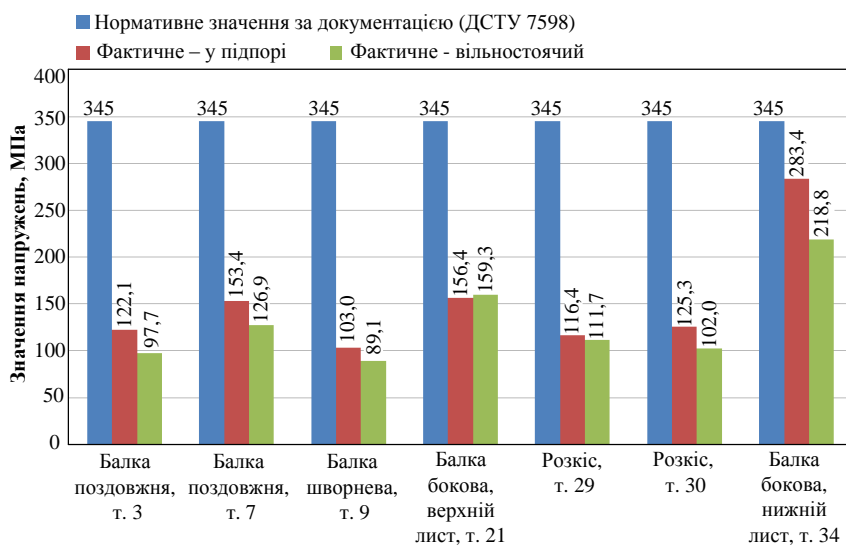


Рис. 11. Експериментальні та нормативні значення максимальних сумарних напружень в елементах конструкції вагона для цементу під час співудару

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

На підставі аналізу результатів проведених випробувань вагона для цементу бункерного типу моделі 17-1890 на співудар нормативними силами встановлено, що максимальні сумарні напруження зафіксовані в балці боковій та становлять 283,4 МПа, що дорівнює 82,1 % від допустимої величини.

Висновки. За аналізом результатів науково-експериментальних досліджень вагона бункерного типу моделі 17-1890 встановлено відповідність його міцності конструкції та ходових якостей вимогам чинної нормативної документації. Також за результатами отриманих експериментальним шляхом даних помітно, що деякі з зафіксованих показників мають значні запаси до чинних нормативних значень, зокрема максимальні сумарні напруження в основних елементах конструкції від квазі-статичних навантажень за III розрахунковим режимом та під час співудару, показники ходових якостей, що підтверджує застосування вдалих конструктивних рішень під час проектування цієї моделі вагона та відповідність сучасним вимогам до вантажних вагонів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Хозя П.О., Юшко О.О., Орлов О.В., Хвоєнко 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 № 0121U114037 Звіт 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 зazorного 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., Ilchysyn V.V., Safronov O.M., Kelrikh M.V. 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. 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 несівної 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>

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

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

14. ДСТУ 7598:2014 Вагоны 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.

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>

O.V. Orlov

State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»,

33 I. Prykhodka St., Kremenchuk, 39621, Ukraine

Tel.: (098) 780-40-45, E-mail: oleh.orlov81@gmail.com

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1555-0297>

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>

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>

EXPERIMENTAL STUDIES OF STRENGTH CONSTRUCTION AND RUNNING CHARACTERISTICS OF A HOPPER CEMENT CAR

The article presents the methodology and results of experimental studies of the stress-strain state of the structure of a hopper cement car during a set of works to determine the indicators of strength and dynamic qualities.

The article presents and specifies the technical characteristics of the hopper cement car of the model 17-1890, which is used as an object for strength and dynamic scientific and experimental studies. The article describes the design features of the hopper cement car of the model 17-1890, which distinguishes it from other types of freight cars.

The article analyses the results of static strength research and experimental studies of the hopper cement car and compares the obtained values with the normative ones.

The diagrams of the obtained stresses in the structural elements of the carriage under the first and third design modes and the location of strain gauges during strength studies are presented.

The article analyses the results of determining the running dynamic indicators in the empty and loaded states of the hopper cement car and compares the obtained values with the normative ones. The diagrams of the experimental determination of the coefficient of a body dynamics and the coefficient of safety margin against wheel derailment are presented.

Based on the experimental data obtained during the running strength tests, the fatigue resistance factors of the frame and bunker structural elements of the car were determined considering its operation for 28 years. The actual values obtained are within the limits of regulatory requirements.

Diagrams of the maximum total stresses in the structural elements of a railcar under a collision are presented. According to the results of the studies of the hopper car of the model 17-1890 for impact by regulatory forces, it was found that the maximum total stresses recorded in the side beam do not exceed the permissible value.

Keywords: hopper cement car, experimental studies, strength, impact, driving characteristics.

REFERENCES

1. Khozya P.O., Yushko O.O., Orlov O.V., Khvoyenko YE.O., Hryhoroshenko M.V. Naukovo-eksperymentalni doslidzhennya tekhnichnykh kharakterystyk vahona-samoskyda modeli 33-7141. [Scientific and experimental studies of the technical characteristics of the dump truck model 33-7141 Zbirnyk naukovykh prats «Reikovy rukhomiy sklad» - Collection of scientific works "Railbound Rolling Stock", 25, 129-143 [in Ukrainian]
2. DR № 0121U114037 Zvit pro NDR. Naukovo-eksperymentalni doslidzhennya tekhnichnykh kharakterystyk vahona-samoskyda modeli 33-7141 na tryvisnykh vizkakh modeli 18-7142 [Report on SRW. Scientific and experimental studies of the technical characteristics of the dump truck model 33-7141 on three-axle trolleys model 18-7142] / head of the work Khozya P.O.; executed by Yeskov D.I., Ilchyshyn V. V., Breslavets T. A. [others]. Kremenchuk, SE "UkrNDIV", 2020, 309. [in Ukrainian]
3. DR № 0119U102793 Zvit pro NDR. Naukovo-eksperymentalni doslidzhennya tekhnichnykh kharakterystyk vahona-platformy dlya velykotonnazhnykh konteyneriv modeli 13-6961(zaklyuchnyy) [Report on GDR. Scientific and experimental studies of the technical characteristics of the flat car for large-tonnage containers model 13-6961 (final)]; head of the work Safronov O.M.; executed by. Il'chysyn V.V., Sheleyko T.V., Khozya P.O., [others]. [in Ukrainian]
4. Kostytsya S.A., Fedorov YE.F., Bolotov V.V., Hranovska N.Y. Khodovi dynamichni ta mitsnosni vyprovuvannya vahona-platformy modeli 13-7133 na vizkakh z kovzunamy zazornoho typu dlya perevezennya krupnotonazhnykh konteyneriv. Problemy ta perspektyvy rozvytku zaliznychnoho transportu: materialy 81 Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi, 22-23 kvitnya 2021 r. [Running dynamic and strength tests of the flat car model 13-7133 on bogies with clearance-type slides for the transportation of large-tonnage containers. Problems and prospects of the development of railway transport: materials of the 81st International Scientific and Practical Conference, April 22-23, 2021 / by general ed. A.V. Radkevich, R.V. Fishermen/ [in Ukrainian]
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. Kelrikh M.B., Fedosov-Nikonov D.V. Doslidzhennya na mitsnist konstruktsiyi dovhobaznoyi platformy. [Research on the strength of the structure of the long-base platform]. Visnyk Skhidnoukrayinskoho nats. un-tu imeni V. Dalya - Bulletin of the Eastern Ukrainian National University named after V. Dahl. [in Ukrainian]
7. Kelrikh M.B., Braykovska N.S., Fomin O.V., Prokopenko P.M. Osoblyvosti provedennya vyprovuvannya vahona-tsysterny dlya perevezennya nebezpechnykh vantazhiv. [Peculiarities of carrying out tests of a tank car for the transportation of dangerous goods] Visnyk Skhidnoukrayinskoho nats. un-tu imeni V. Dalya Fizychni nauky. - Bulletin of the Eastern Ukrainian National University named after V. Dahl. 2019. 3 (251). 77-83 [in Ukrainian]
8. Kukin S.V., Vodyannikov YU.YA., Mozheyko YE.R., Mozheyko A.YE., Pavlov S.A. Otsinka halmivnoyi efektyvnosti vahona tsysterny modeli 15-7140 na dotrymannya vymoh

HOST 34434-2018. [Evaluation of the braking efficiency of the tank car model 15-7140 in compliance with the requirements of GOST 34434-2018] Zbirnyk naukovykh prats «Reikovy 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. DR № 0119U102806 Zvit pro NDR. Naukovo-eksperymental'ni doslidzhennya tekhnichnykh kharakterystyk vahona-khopera modeli 19-4152 dlya zerna ta inshykh kharchovykh vantazhiv [Report on the SRW. Scientific and experimental studies of the technical characteristics of the hopper car model 19-4152 for grain and other food cargo] head of the work Ilchyshyn V.V.; Sheleyko T.V., Khozya P.O., Strynzha A.M., [ta in.]. Kremenchuk, SE «UkrNDIV», 2017. 248 [in Ukrainian]

10. Ilchyshyn V.V., Strynzha A.M., Khudiyenko V.A., Fedosov-Nikonov D.V., Polulyakh V.M., Dolinsky S.V. Teoretychni ta eksperymentalni doslidzhennya mitsnosti innovatsiyoi konstruktsiyi bunkernoho vahona [Theoretical and experimental studies of the strength of the innovative structure of the bunker car.] Zbirnyk naukovykh prats «Reikovy rukhomiy sklad» - Collection of scientific works "Railbound Rolling Stock", 2018, 17, 79-86 [in Ukrainian]

11. Petrenko V.O., Kel'rikh M.B., Prokopenko P.M., Kara S.V. Otsinka nesivnoyi zdatnosti modernizovanoyi ramy vahona-zernovoza. [Evaluation of the load-carrying capacity of the modernized grain wagon frame. Railway transport of Ukraine.] Zaliznychnyi transport Ukrainy - Railway transport of Ukraine, 2022. 4-10. DOI: <https://doi.org/10.34029/2311-4061-2022-144-3-04-10> [in Ukrainian]

12. Ilchyshyn V.V., Strynzha A.M., Khudiyenko V.A., Polulyakh V.M., Shushmarchenko V.O. Mitsnisni doslidzhennya elementiv konstruktsiyi bunkernoho vahona. [Strength monitoring of elements of the structure of the bunker car.] Zbirnyk naukovykh prats DUIT. Seriya «Transportni systemy i tekhnolohii» - Collection of scientific papers DUIT. "Transport systems and technologies" series, 2018. 32. Vol.2. 5-13. [in Ukrainian]

13. RD 24.050.37-95 Vagony gruzovyye i passazhirskiye. Metody ispytaniy na prochnost i khodovyye kachestva [Cargo and passenger cars. Test methods for strength and driving qualities.] GosNIIV, Moscow, 1995. 101 p. [in Russian]

14. DSTU 7598:2014 Vahony vantazhni. Zahalni vymohy do rozrakhunkiv ta proektuvannya novykh i modernizovanykh vahoniv koliyi 1520 mm (nesamokhidnykh). [Freight cars. General requirements for calculations and design of new and modernized cars of 1520 mm gauge (non-self-propelled)] Entered on the basis of the order of the SE "UkrNDNC" dated 02.12.2014 No. 1430. Kyiv, SE "UkrNDNC", 2014. 162. [in Ukrainian]