

УДК 629.463.65+629.463.66  
UDC 629.463.65+629.463.66

### **АНАЛІЗ ВИПРОБУВАНЬ МОДЕРНІЗОВАНИХ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ ВАГОНІВ-ХОПЕРІВ ДЛЯ ОКАТИШІВ ТА АГЛОМЕРАТУ МОДЕЛІ 20-9749**

*Фомін О.В.*, доктор технічних наук, Державний економіко-технологічний університет транспорту, м. Київ, Україна.

*Сапронова С.Ю.*, доктор технічних наук, Державний економіко-технологічний університет транспорту, м. Київ, Україна.

*Кочешкова Н.С.*, кандидат біологічних наук, Державний економіко-технологічний університет транспорту, м. Київ, Україна.

*Фомін В.В.*, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, м. Северодонецьк, Україна.

### **ANALYSIS OF FIELD EXPERIENCE OF MODERNISED SPECIALISED HOPPER CARRIAGES FOR PELLETS AND AGGLOMERATE OF MODEL 20-9749**

*Fomin A.V.*, PhD, Economy and Technology University of Transport, Kyiv, Ukraine.

*Sapronova S.U.*, PhD, Economy and Technology University of Transport, Kyiv, Ukraine

*Kocheshkova N.S.*, PhD, State Economy and Technology University of Transport, Kyiv, Ukraine.

*Fomin V.V.*, East Ukrainian Volodymyr Dahl National University, Sievierodonetsk, Ukraine

### **АНАЛИЗ ИСПЫТАНИЙ МОДЕРНИЗИРОВАННЫХ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ВАГОНОВ- ХОПЕРОВ ДЛЯ ОКАТЫШЕЙ И АГЛОМЕРАТА МОДЕЛИ 20-9749**

*Фомин А.В.*, доктор технических наук, Государственный экономико-технологический университет транспорта, г. Киев, Украина

*Сапронова С.Ю.*, доктор технических наук, Государственный экономико-технологический университет транспорта, г. Киев, Украина

*Кочешкова Н.С.*, кандидат биологических наук, Государственный экономико-технологический университет транспорта, г. Киев, Украина

*Фомин В.В.*, Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля, г. Северодонецк, Украина

**Постановка проблеми.** На сьогоднішній день в сфері вантажних перевезень залізничним транспортом існує достатня кількість невирішених проблем. Однією з них є забезпечення залізниць України справним рухомим складом. Незважаючи на те, що чинними державними актами передбачається оновлення вагонного парку, цільових коштів в бюджеті країни на закупівлю нових одиниць рухомого складу для забезпечення потреб перевізників недостатньо. При цьому власні фінансові можливості залізниць не дозволяють їм в достатній мірі поповнювати вантажний парк новими вагонами. Таким чином, відбувається інтенсивне «старіння» рухомого складу, що призводить до виключення значної кількості одиниць з інвентарю. В той же час модернізація та подовження термінів експлуатації існуючих вагонів ускладнюється тим, що переважна їх більшість спроектовані в 60-70рр.. минулого століття з використанням старої елементної бази. За споживчими якостями такі вагони не задовольняють вимогам до сучасних вантажоперевезень. Тому транспортна стратегія України на період до 2020 року, затверджена Розпорядженням Кабінету Міністрів України № 2147-р від 20.10.2010 р. передбачає постійне оновлення рухомого складу за рахунок виготовлення вантажних вагонів нового покоління.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** З урахуванням вимог ринку транспортних послуг світова тенденція технічного переозброєння вантажного вагонного парку полягає у поповненні його спеціалізованими вагонами [1]. Оскільки, багато видів промислових, сільськогосподарських, будівельних, торгівельних та інших видів вантажів вимагають спеціальних умов проведення завантажувально-розвантажувальних робіт та власне процесу перевезення. Правильність такого підходу відображає практика залізниць США, Канади, Росії, Центральної та Західної Європи, де питома вага спеціалізованих вагонів у загальному вантажному парку яких складає в середньому 70 %. На залізницях України даний показник становить близько 40 %. При цьому переваги

спеціалізації вагонів у порівнянні з універсалізацією загальновідомі, оскільки, це дозволяє більш ефективно використовувати ресурс та задовольняти вимоги кожної сторони перевізного процесу залізничним транспортом.

Залізничними перевезеннями транспортується близько 60 % всіх вантажів України. Так, загальний вантажообіг залізничного транспорту за 2015 рік становив 194 321,6 млн.ткм., значну частину якого складають промислові вантажі, зокрема, кам'яне вугілля, нафтопродукти, залізна та марганцева руда, метали, добрива тощо [2]. Більшість з них вимагають особливих умов перевезення, внаслідок габаритності, займистості, високих температур тощо. Так, перевезення продуктів грудкування залізної руди після процесу збагачення – окатишів та агломерату – здійснюється у розжареному вигляді при температурі близько 700°C. Відповідно рухомий склад для їх транспортування повинен буди спеціалізованим, тобто в даному випадку стійким до дії високих температур, а також забезпечувати зручність та безпеку проведення завантажувально-розвантажувальних робіт.

Однією з актуальних проблем сучасного вагонобудування [3-6] є створення спеціалізованого рухомого складу для транспортування конкретних видів вантажів, які вимагають особливих умов перевезення, завантаження та розвантаження. **Метою даної роботи** було висвітлення результатів та особливостей проведеного експериментального дослідження (випробувань) модернізованих спеціалізованих вагонів-хоперів для перевезення гарячих окатишів та агломерату (окатишевозів) моделі 20-9749 [7-9]. Вичерпний комплекс випробувань для підтвердження працездатності запропонованих рішень з удосконалення досліджуваної конструкції окатишевозів включав проведення: статичних випробувань на міцність – від дії вертикального навантаження, випробувань на співудар, ресурсних випробувань на циклічну довговічність при багаторазовій дії ударних навантажень еквівалентного спектру.

**Виклад основного матеріалу.** Випробування проводились на території ДП «Укрспецвагон» з участю фахівців ДП «УкрНДІВ», за температури навколишнього середовища від + 5 °С до + 15 °С та відносній вологості 70 % на модернізованих вагонах-окатишевозах (рисунок 1) моделі 20-9749 з: дослідним зразком стикованої хребтової балки (рисунок 2) та зварного надп'ятникового вузла і дослідним зразком суцільнозварної хребтової балки та зварного надп'ятникового вузла укомплектовані згідно з чинною технічною документацією, остаточно прийняті відділом технічного контролю підприємства-виробника і представником інспекції ПАТ «Укрзалізниця» з оформленням акта відбору та ідентифікації. Зовнішній вигляд, конструкція (склад), технологія виготовлення, маркування та комплектація об'єктів випробувань, що відібрані, відповідають вимогам [7] та робочим кресленням згідно специфікації К28.04-00.00.00.0-00 з урахуванням змін.

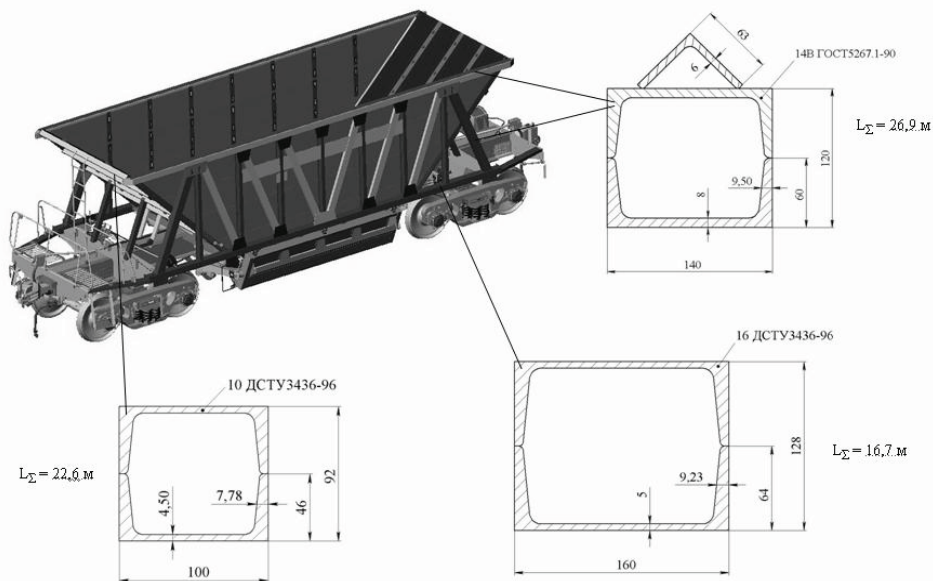


Рисунок 1 – Модернізована конструкція вагону-окатишевозу моделі 20-9749

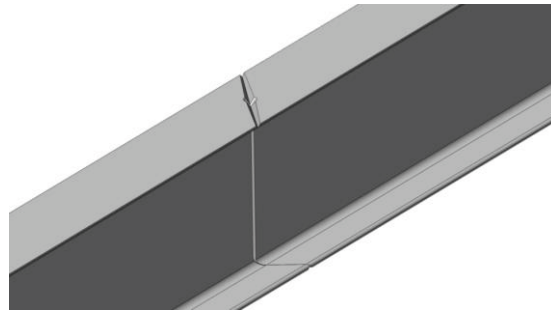


Рисунок 2 – Стикована хребтова балка вагону-окатишевозу моделі 20-9749

Конструкції окатишевозів, що піддавалися випробуванням, були модернізовані (рисунок 1) шляхом удосконалення каркасу бокової стіни: розкіс швелер № 14 (вагонний) замінений на швелер № 10; крайній розкіс, що складається з двох швелерів № 16, повернутий на 90°. Також внесено зміни щодо зменшення товщини листів: а) в горбилі з 12 мм до 10 мм; б) обшиви з 6 мм до 5 мм з можливістю застосування профілю гофрованого з товщиною 5 мм. Зазначені удосконалення спрямовані на зниження собівартості вагона та забезпечують зниження металоємності вагона на 470 кг. Так, тара вагона першого дослідного зразка складала – 24,3 т, маса вантажу (щебінь) – 69,5 т, тара другого зразка – 24,36 т, маса вантажу – 69,34 т.

**Методи та методики.** Випробування проводились за сучасними методиками експериментальних досліджень рухомого складу на спеціалізованому повіреному обладнанні у два етапи:

- на першому етапі робіт визначався напружено-деформований стан основних несучих елементів конструкції вагона (стикованої хребтової балки та зварного надп'ятникового вузла, суцільнозварної хребтової балки та зварного надп'ятникового вузла) від дії нормованих [10] ударних навантажень з силами від 0,1 МН до 3,5 МН з інтервалом 0,5 МН. Співударяння проводились методом накочування на дослідний вагон вагона-бойка за допомогою локомотива, з одночасною реєстрацією деформацій (напружень) та швидкості накочування вагона-бойка за допомогою засобів виміральної техніки;

- на другому етапі визначалась циклічна довговічність несучих елементів конструкції окатишевозу під час проведення ресурсних випробувань (від багаторазової дії ударних навантажень еквівалентного спектру). Ресурсні випробування проводились окремими серіями співударянь, які відповідали за пошкоджуючою дією одному року експлуатації вагона. Після кожної серії (5-7 ударів) співударянь проводилась перевірка технічного стану вагонів і його обладнання.

В процесі випробувань проводилась реєстрація наступних показників [11]:

- швидкість накочування вагона-бойка;
- сила удару в автозчеп;
- деформації в дослідних перерізах елементів конструкції;
- кількість дії циклів ударних навантажень еквівалентного спектру.

Для проведення ресурсних випробувань була прийнята двоударна схема ударного навантаження та були визначені:

- розрахункова кількість циклів на один рік експлуатації для даного типу вагону ( $N_6$ );
- величина еквівалентної випробувальної сили удару ( $F_{екв}^m$ );
- накопичені розрахункові пошкодження ( $D_{розр}$ )

Загальна розрахункова кількість циклів на один рік експлуатації визначалась за формулою:

$$N_{заг}^{розр} = N_{розр}^{уд} \cdot T_{розр} \cdot K_{реж} \cdot K_{уд}, \quad (1)$$

де,  $N_{розр}^{уд}$  – загальна кількість циклів дії ударних поздовжніх сил за 1 рік середньо мережевої експлуатації вагонів (20 200 циклів),  $T_{розр}$  – розрахунковий період експлуатації вагону,  $K_{реж}$  – коефіцієнт, що враховує вплив порожнього пробігу вагону ( $K_{реж} = 1$ ),  $K_{уд}$  – коефіцієнт, що враховує несиметричність навантаження конструкції по довжині та рівновірогідність прикладення ударних сил навантаження ( $K_{уд} = 0,6$ ).

Величина еквівалентної випробувальної сили удару  $F_{екв}$  прийнята за 2,8 МН.

Базова кількість циклів співударів визначається за формулою:

$$N_6 = \frac{N_{\text{заг}}^{\text{розр}} \sum^k F_i^m - P_i}{F_{\text{кр}}^m}, \quad (2)$$

де,  $F_{\text{екв}}^m$  – еквівалентна випробувальна сила (2,8 МН),  $F_i$ ,  $P_i$  – величини ударних сил та їх частоти в середині  $i$ -того інтервалу, МН,  $m$  – коефіцієнт кривої втоми.

Накопичені розрахункові пошкодження визначалися за формулою:

$$D_{\text{розр}} = \sum(F_i^m \cdot n), \quad (3)$$

де  $F_i$  – величина сили першого та другого ударів при двоударній схемі із зусиллями першого удару  $F_1^m = 2,8$  МН та другого  $F_2^m = 2,3$  МН,  $n$  – кількість співударів.

Фактична величина еквівалентної випробувальної сили удару  $F_{\text{екв.ф.}}$  та фактична сума накопичених пошкоджень визначалися за формулою:

$$F_{\text{екв.ф.}} = \sqrt{\sum(P_i^m \cdot P_i)}, \quad D_{\text{ф}} = \sum(F_i^m \cdot n) \quad (4)$$

Термін строку служби вагонів, в залежності від фактичної та розрахункової суми накопичувальних пошкоджень визначається за формулою:

$$\text{Термін строку служби} = \frac{\sum D_{\text{ф}}}{D_{\text{розр}}} \quad (5)$$

Випробування проводились з використанням випробувального обладнання та засобів вимірювальної техніки ВЦ ПВ ДП «УкрНДІВ», які внесені в Паспорт ВЦ ПВ ДП «УкрНДІВ». Максимальна похибка вимірювань показників деформації з використанням тензодатчиків та вимірювальної системи СИИТ-3 та ВНП 7/1 складає  $\pm 2,5$  %. Максимальна похибка вимірювань показників деформації з використанням тензорезисторів та вимірювальної системи тензометричної СИИТ-3 складає  $\pm 3,25$  %.

Обробка результатів випробувань виконувалася на ЕОМ з використанням стандартного програмного математичного забезпечення статистичної обробки процесів.

Міцність елементів кузова і рами вагонів для окатишів та агломерату від дії статичних навантажень визначена при завантаженні його до номінальної вантажопідйомності. Оцінка міцності конструкції окатишевозів при співударяннях проводилась за сумарними напруженнями від дії вертикального статичного навантаження бруто та від дії поздовжнього навантаження при силі удару 3,0 МН та 3,5 МН [10].

**Результати.** Реєстрація процесів проводилась датчиками, які встановлювались на елементах конструкції кузова та рами у відповідності зі схемами рисунок 3 та 4. За зареєстрованими даними статичних та динамічних процесів обчислювались показники деформації (напруження) у контрольних точках кузова і рами вагонів при статичних випробуваннях від дії вертикальних сил та випробуваннях на співудар.

Результати випробувань та допустимі напруження в елементах конструкцій окатишевозів наведені у таблицях 1-3.

Таблиця 1 – Допустимі напруження в елементах конструкції окатишевоза у режимі співудару

Назва елемента	Матеріал	Допустимі напруження $[\sigma]$ , МПа
Хребтова балка	09Г2С	295
Шворнева балка	09Г2С	295
Стійка шворнева	09Г2С	295
Лист бокової стіни	09Г2Д	295
Лист горбиля	09Г2Д	295
Розкіс	09Г2С	295

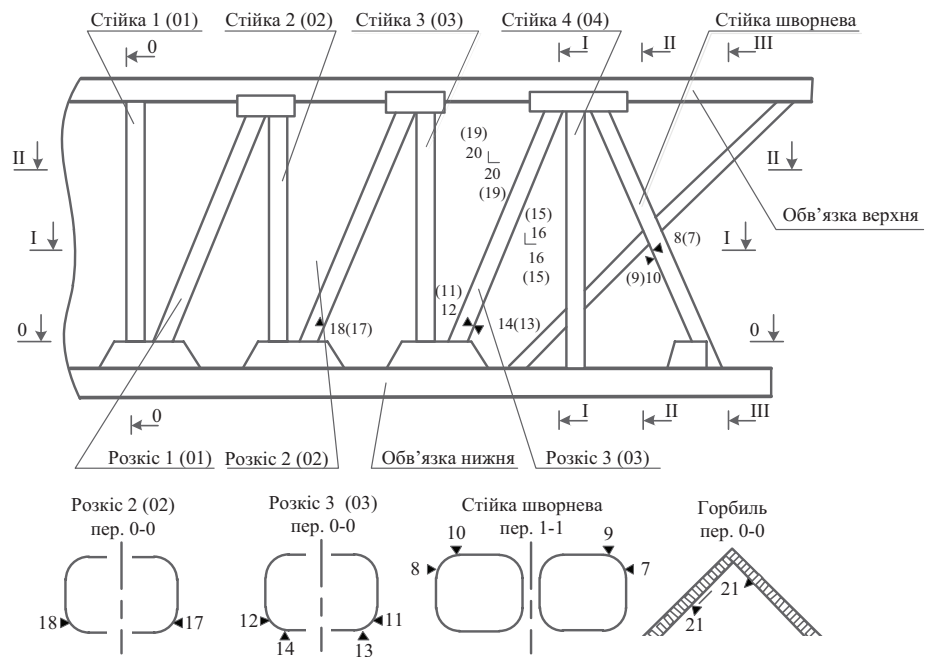


Рисунок 3 – Схема розміщення перерізів та розташування тензорезисторів на елементах кузова окатишевоза

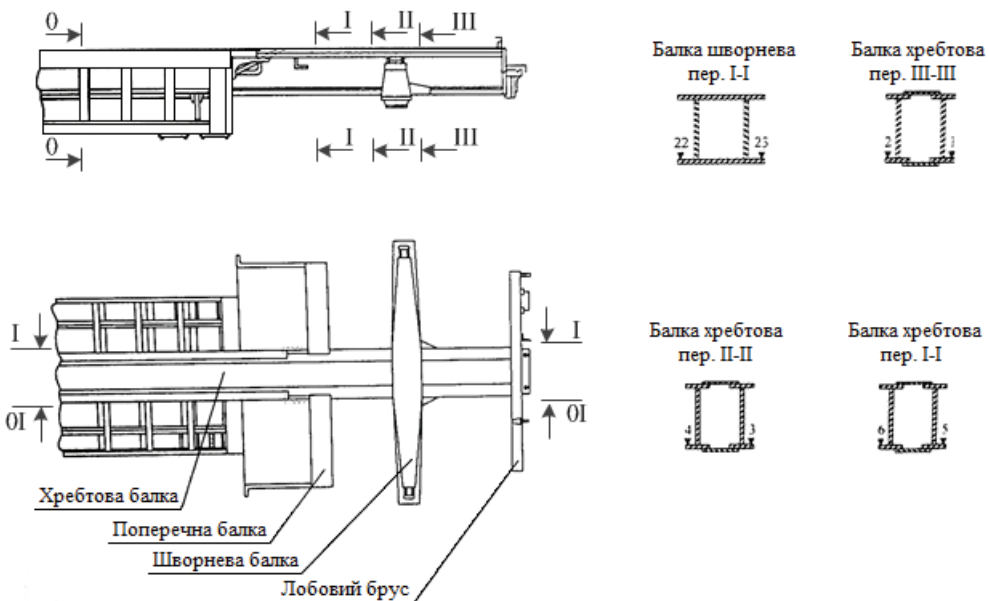


Рисунок 4 – Схема розміщення перерізів та розташування тензорезисторів на рамі окатишевоза

Таблиця 2 – Максимальні сумарні напруження в елементах конструкції окатишевоза з дослідним зразком хребтової балки суцільнозварної у режимі співудару

Характеристики, що контролюються (елементи вагона, переріз, точка)	№ точки	Фактичні максимальні сумарні напруження від поздовжніх (удар = -3,5 МН) та вертикальних сил, МПа
Розкіс 2 пер. 0-0	17	44,0
Стойка шворнева пер. I-I	7	98,8
Розкіс 3 пер. 0-0	13	31,1
Розкіс 3 пер. 0-0	11	32,7
Стойка шворнева пер. I-I	9	-96,9

Характеристики, що контролюються (елементи вагона, переріз, точка)	№ точки	Фактичні максимальні сумарні напруження від поздовжніх (удар = -3,5 МН) та вертикальних сил, МПа
Хребтова балка пер. I-I	5	-204,1
Хребтова балка пер. III-III	2	-204,4
Хребтова балка пер. I-I	6	-206,0
Хребтова балка пер. II-II	3	-230,1
Хребтова балка пер. II-II	4	-125,1
Шворнева балка пер. I-I	23	281,3
Шворнева балка пер. I-I	22	-155,6
Хребтова балка пер. III-III	1	-160,3

Таблиця 3 – Максимальні сумарні напруження в елементах конструкції вагону-окатишевоза з дослідним зразком хребтової балки стикованої у режимі співудару

Характеристики, що контролюються (елементи вагона, переріз, точка)	№ точки	Фактичні максимальні сумарні напруження від поздовжніх (удар = -3,5 МН) та вертикальних сил, МПа
1	2	3
Розкіс 2 пер. 0-0	17	34,5
Стійка шворнева пер. I-I	7	100,3
Розкіс 3 пер. 0-0	13	27,0
Розкіс 3 пер.0-0	11	26,3
Стійка шворнева пер. I-I	9	-90,4
Хребтова балка пер. I-I	5	-189,0
Хребтова балка пер. III-III	2	-186,7
1	2	3
Хребтова балка пер. I-I	6	-199,1
Хребтова балка пер. II-II	3	-239,3
Хребтова балка пер. II-II	4	-174,7
Шворнева балка пер. I-I	23	279,0
Шворнева балка пер. I-I	22	-152,8
Хребтова балка пер. III-III	1	-148,7
Лист бокової стіни пер. I-I	15'-15	28,8
Лист бокової стіни пер. II-II	19'-19	18,0
Лист горбиля пер. 0-0	21'-21	19,7

В ході розрахунку режиму ресурсних випробувань загальна розрахункова кількість циклів становить  $N_{\text{заг}}^{\text{розр}} = 7105$  циклів за 1 рік експлуатації, враховуючи, що фактичний середньодобовий пробіг вагону становить 170 км, а розрахунковий – 290 км.

При цьому базова кількість циклів співудару  $N_6$ , згідно розрахунків, становить 447 ударів за 1 рік експлуатації при одно ударній схемі навантаження. При двоударній схемі – 307 циклів за 1 рік експлуатації, що за 15 років в сумі становить 4 605 ударів.

Накопичені розрахункові пошкодження за 1 рік експлуатації вагону становлять становлять  $D_{\text{розр}} = 27\,461$  МН<sup>4</sup>, а за 15 років – 411 915 МН<sup>4</sup>.

Фактичні результати ресурсних випробувань на циклічну довговічність несучих елементів конструкції досліджуваної моделі вагону наведені у таблиці 4.

Таблиця 4 – Результати ресурсних випробувань на циклічну довговічність несучих елементів конструкції окатишевоза

Інтервал сили удару, МН	Середина інтервалу, МН	Кількість ударів, $N_{\phi}$	Частість, $P_i$	Накопичені пошкодження, $D_{\text{екв.ф.}}$ МН <sup>4</sup>
2,4-2,6	2,5	207	0,042185	8 085,9
2,6-2,8	2,7	1 056	0,215203	56 120,2
2,8-3,0	2,9	1 300	0,264928	91 946,5
3,0-3,2	3,1	995	0,202772	91 890,3
3,2-3,4	3,3	923	0,1880,99	109 460,5
3,4-3,6	3,5	424	0,086815	63 926,6
Всього		4 907	1,000	421 430,1

Таким чином, фактично під час випробувань було зроблено 4 907 ударів ( $N_{\phi}$ ) з еквівалентною силою удару 3,04 МН ( $F_{\text{екв.ф.}}$ ) та сумою накопичених пошкоджень 421 430,1 МН<sup>4</sup> ( $D_{\phi}$ ). При цьому дотримується необхідна умова оцінки результатів ресурсних випробувань, що  $N_{\phi} \geq N_{\phi}$ .

Отже, за фактичною сумою накопичених пошкоджень  $D_{\phi}$  та розрахунковою сумою накопичених пошкоджень  $D_{\text{розр}}$  за 1 рік, термін строку служби окатишевозів моделі 20-9749 становить 15,35 року, тобто повністю задовольняє діючим вимогам.

**Висновки.** В результаті проведених випробувань встановлено, що максимальні сумарні напруження в елементах конструкції окатишевозів від дії вертикального статичного навантаження бруто та поздовжнього навантаження при силі удару 3,5 МН не перевищують допустимі нормовані напруження. У результаті проведених ресурсних випробувань на циклічну довговічність несучих елементів конструкції окатишевозів від багаторазової дії ударних навантажень еквівалентного спектру встановлено, що:

- ушкоджень елементів окатишевозів, залишкових деформацій, тріщин по основному металу і зварних швах від дії нормативних навантажень не виявлено та стан вагонів в цілому задовільний;
- термін строку служби вагонів для окатишів та агломерату моделі 20-9749, визначений за фактичною сумою накопичених пошкоджень, складає 15,35 року.

Представлені результати комплексу випробувань модернізованих вагонів-окатишевозів моделі 20-9749 підтвердили ефективність запропонованих та впроваджених інноваційних технічних рішень. Розроблений авторами та використаний при модернізації досліджуваної моделі спеціалізованих вагонів метод [1, 4, 6] удосконалення конструкцій вантажного вагонобудування доцільно використовувати при поліпшенні техніко-економічних показників інших вантажних вагонів а також засобів транспортного машинобудування.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Фомін, О.В. Оптимізаційне проектування елементів кузовів залізничних напіввагонів та організація їх виробництва: монографія/ О.В.Фомін. – Донецьк: ДонІЗТ УкрДАЗТ, 2013. – 251с.
2. Статистичний бюлетень за 2015 р. – К.: Державна служба статистики України, 2016. – 101 с.
3. Fomin, O.V. Modern requirements to carrying systems of railway general-purpose gondola cars/ O.V. Fomin / Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry». 2014, No. 5 – P.31-43.
4. Fomin, O.V. Increase of the freight wagons ideality degree and prognostication of their evolution stages / O.V. Fomin // Scientific Bulletin of National Mining University . 2015, Issue 2, p.68-76.
5. Сапронова С.Ю. Оптимізація профілів бандажів коліс локомотивів: монографія / С.Ю. Сапронова. – Луганськ: Вид-во СХУ ім. В.Даля, 2011. – 171с.
6. Ткаченко В.П., Сапронова С.Ю. Оцінка стійкості залізничних екіпажів від сходу з рейок / В.П. Ткаченко, С.Ю. Сапронова // Вісник СХУ ім. В.Даля. – Сєверодонецьк: Вид-во СХУ ім. В.Даля, 2015. – №1 [218]. – С. 266–271.
7. Вагон-хопер чотирирівнісний для гарячих окатишів та агломерату моделі 20-9749. Технічні умови. ТУ У 35.2.–01124454-035:2005. м. Київ.

8. Фомін, О.В. Використання профілю з перерізом у вигляді прямокутної труби в якості елементів каркасів кузовів залізничних напіввагонів / О.В. Фомін, В.В. Фомін // Зб. наук. праць. – Луганськ: СНУ ім. В.Даля, 2012. – Вип.№3(174)- С.244-250
9. Пат. 101213 Україна, МПК (2013.01) B61D 7/00 (2006.01) B61F 1/02 (2006.01) B61 D 7/16 (2006.01) B61 D 17/06 (2006.01) B61 D 17/08 (2006.01) Залізничний піввагон-хопер для гарячих котунів та агломерату / В.В.Фомін, О.В.Фомін (Україна); власник: автори. – № а201103663; заявка 23.03.2011; публ. 11.03.2013, бюл. №5.
10. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) и изменения и дополнения. – М.: ГосНИИВ – ВНИИЖТ, 1996. – 319 с.
11. РД 24.050.37-95 „Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и ходовые качества”

## REFERENCES

1. Fomin, O.V. Optimization design elements of gondola bodies and organization of production: Monograph / O.V. Fomin. – Donetsk: DonIZT UkrDAZT. 2013. 251 p. (Ukr)
2. Statistical bulletin 2015 – Kyiv: Government service of statistics of Ukraine, 2016. – 101 p. (Ukr)
3. Fomin, O.V. Modern requirements to carrying systems of railway general-purpose gondola cars/ O.V. Fomin / Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry». 2014 (5). P. 31-43.
4. Fomin, O.V. Increase of the freight wagons ideality degree and prognostication of their evolution stages / O.V. Fomin // Scientific Bulletin of National Mining University . 2015 (2). P. 68-76.
5. Sapronova S.U. Optimization design profiles of bracer wheel of locomotive: Monograph / S.U. Sapronova – Lugansk: Vyd. EU V. Dahl National University. 2011. 171 p. (Ukr)
6. Tkachenko V.P., Sapronova S.U. Estimation of firmness from derailing / V.P. Tkachenko, S.U. Sapronova // Vistnyk EU V. Dahl National University. 2015 (1 [218]). – P.. 266-271. (Ukr)
7. Hopper carriages for pellets and agglomerate of model 20-9749. Technical requirements. TU У 35.2.–01124454-035:2005. Kyiv. (Ukr)
8. Fomin, O.V. Using of rectangle profiles by elements of gondola bodies / O.V. Fomin, V.V. Fomin, // Zbirnyk naukovykh prac' EU V. Dahl National University. 2012 (3(174)) – P. 244-250.
9. Patent 101213 Ukraine, MPK (2013.01) B61D 7/00 (2006.01) B61F 1/02 (2006.01) B61 D 7/16 (2006.01) B61 D 17/06 (2006.01) B61 D 17/08 (2006.01) Railway gondola-hoper for pellets and agglomerate of model / V.V. Fomin, O.V. Fomin (Ukraine); owner: authors. – № а201103663; request 23.03.2011; publ. 11.03.2013, bul. № 5. (Ukr)
10. Norms calculating and designing railways carriages IPS gage railway 1520 mm (nesamohodnuh) s Changes and additions]. - HosNYIV - VNYIZHT. Moscow, 1996. (Rus)
11. RD 24.050.37-95 «Railways carriages freight and passenger. Methods of tests on durability and working internals». (Rus)

## РЕФЕРАТ

Фомін О.В. Аналіз випробувань модернізованих спеціалізованих вагонів-хоперів для окатишів та агломерату моделі 20-9749 / О.В. Фомін, С.Ю. Сапронова, Н.С. Кочешкова, В.В. Фомін // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

На сьогоднішній день в сфері вантажних перевезень залізничним транспортом існує проблема з забезпечення залізниць України ефективними, сучасними вантажними вагонами. Тому актуальним та важливим науково-прикладним завданням для вагонобудування є створення спеціалізованого рухомого складу для транспортування конкретних видів вантажів, які вимагають особливих умов перевезення, завантаження та розвантаження.

В даній роботі представлено результати та особливості проведеного експериментального дослідження (випробувань) модернізованих спеціалізованих вагонів-хоперів для перевезення гарячих окатишів та агломерату (окатишевозів) моделі 20-9749. Вичерпний комплекс випробувань для підтвердження працездатності запропонованих рішень з удосконалення досліджуваної конструкції окатишевозів включав проведення: статичних випробувань на міцність – від дії вертикального навантаження, випробувань на співудар, ресурсних випробувань на циклічну довговічність при багаторазовій дії ударних навантажень еквівалентного спектру.

Представлені результати комплексу випробувань модернізованих вагонів-окатишевозів моделі 20-9749 підтвердили ефективність запропонованих та впроваджених інноваційних технічних рішень. Розроблений авторами та використаний при модернізації досліджуваної моделі



спеціалізованих вагонів метод удосконалення конструкцій вантажного вагонобудування доцільно використовувати при поліпшенні техніко-економічних показників інших вантажних вагонів, а також засобів транспортного машинобудування.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ЗАЛІЗНИЧНЕ МАШИНОБУДУВАННЯ, СПЕЦІАЛІЗОВАНІ ВАНТАЖНІ ВАГОНИ, ВАГОН-ОКАТИШЕВОЗ, УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ, ВИПРОБУВАННЯ.

#### **ABSTRACT**

Fomin O.V., Sapronova S.U., Kocheshkova N.S., Fomin V.V. Analysis of field experience of modernised specialised hopper carriages for pellets and agglomerate of model 20-9749. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

There is an urgent need for efficient modern freight cars in rail freight today in Ukraine. In this regard, designing and building specialized rolling stock for certain types of goods, which require special transporting, loading, and unloading conditions is a very important and major task for the railcar building industry.

In this paper we present the results and main features of field experience of modernized specialized hopper cars for hot pellets and agglomerate of model 20-9749.

The full range of tests that confirm the efficiency of the proposed improvements of the experimental construction of the pellet carriages includes conducting static vertical load strength tests, collision tests, and resource tests for cyclic durability under multiple impact loads of equivalent spectrum. The obtained results of the test range of the modernized specialized hopper cars for pellets of model 20-9749 confirm the efficiency of the proposed and implemented innovative technical solutions.

The method of improving freight railcar constructions designed by the authors and used in modernization of the experimental specialized car model is recommended for use for technical and economic performance improvement of other types of freight cars or different types of transport.

**KEYWORDS:** RAILWAY ENGINEER, SPECIALIZED FREIGHT CARRIAGES, HOPPER CARRIAGES FOR PELLETS AND AGGLOMERATE, IMPROVEMENTS of CONSTRUCTIONS, TEST.

#### **РЕФЕРАТ**

Фомин А.В. Анализ испытаний модернизированных специализированных вагонов-хоперов для окатышей и агломерата модели 20-9749 / А.В. Фомин, С.Ю. Сапронова, Н.С. Кочешкова, В.В. Фомин // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

Сегодня в железнодорожных грузоперевозках Украины существует острая потребность в эффективных современных грузовых вагонах. В связи с этим актуальной и важной научно-прикладной задачей, стоящей перед вагоностроением есть создание специализированного подвижного состава для транспортирования конкретных видов грузов, требующих специальных условий перевозки, погрузки и разгрузки.

В данной работе представлены результаты и особенности проведенного экспериментального исследования модернизированных специализированных вагонов-хоперов для перевозки горячих окатышей и агломерата (окатышевозов) модели 20-9749. Полный комплекс испытаний, подтверждающих работоспособность предложенных решений по усовершенствованию опытной конструкции окатышевозов, включал в себя проведение статических испытаний на прочность от действия вертикальной нагрузки, испытаний на соударение, ресурсных испытаний на циклическую долговечность при многоразовых ударных нагрузках эквивалентного спектра.

Полученные результаты комплекса испытаний модернизированных вагонов-окатышевозов модели 20-9749 подтвердили эффективность предложенных и внедренных инновационных технических решений. Разработанный авторами и использованный при модернизации опытной модели специализированных вагонов метод усовершенствования конструкций грузового вагоностроения целесообразно использовать при повышении технико-экономических показателей других видов грузовых вагонов или других средств транспортного машиностроения.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ, СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ГРУЗОВЫЕ ВАГОНЫ, ВАГОН-ОКАТЫШЕВОЗ, УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ, ИСПЫТАНИЯ.

**АВТОРИ:**

Фомін О.В., доктор технічних наук, доцент, професор кафедри «Вагони та вагонне господарство», Державний економіко-технологічний університет транспорту, e-mail: fomin1985@list.ru, тел. +380951429074, вул. Лукашевича, 19, м. Київ, 03049, Україна.

Сапронова С.Ю., доктор технічних наук, професор, професор кафедри «Вагони та вагонне господарство», Державний економіко-технологічний університет транспорту, e-mail: doc\_sapronova@mail.ru, тел. +380505834854, вул. Лукашевича, 19, м. Київ, 03049, Україна.

Кочешкова Н.С., кандидат біологічних наук, доцент кафедри «Вагони та вагонне господарство», Державний економіко-технологічний університет транспорту, e-mail: Kocheshkova\_N@bigmir.net, тел. +380952723682, вул. Лукашевича, 19, м. Київ, 03049, Україна.

Фомін В.В., аспірант кафедри «Залізничний, автомобільний транспорт та підйомно-транспортні машини», Східноукраїнський національний університет ім. В.Даля, e-mail: fomin1971@list.ru, тел. + 380951429074, пр-т Центральний 59-а, м. Северодонецьк, 93400, Україна.

**AUTHORS:**

Oleksiy V. Fomin, PhD, associate professor, professor of the Department 'Cars and Carriage Facilities', State Economy and Technology University of Transport, e-mail: fomin1985@list.ru, tel. +380951429074, st. M. Lukashovich, 19, Kyiv, 03049, Ukraine.

Svetlana U.Sapronova, PhD, professor, professor of the Department 'Cars and Carriage Facilities', State Economy and Technology University of Transport, e-mail: doc\_sapronova@mail.ru, tel. +380505834854, st. M. Lukashovich, 19, Kyiv, 03049, Ukraine.

Natalia S. Kocheshkova, PhD, Associate Professor of Department 'Cars and Carriage Facilities', State Economy and Technology University of Transport, e-mail: Kocheshkova\_N@bigmir.net, tel. +380952723682, st. M. Lukashovich, 19, Kyiv, 03049, Ukraine.

Volodymyr V. Fomin, postgraduate student, 'Railway, road transport and handling machines', East Ukrainian Volodymyr Dahl National University, e-mail: fomin1971@list.ru, тел. + 380951429074, Central av. 59-a, Sievierodonetsk, 93400, Ukraine.

**АВТОРЫ:**

Фомин А.В., доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство», Государственный экономико-технологический университет транспорта, e-mail: fomin1985@list.ru, тел. +380951429074, ул. Лукашевича, 19, г. Киев, 03049, Украина.

Сапронова С.Ю., доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство», Государственный экономико-технологический университет транспорта, e-mail: doc\_sapronova@mail.ru, тел. +380505834854, ул. Лукашевича, 19, м. Киев, 03049, Украина.

Кочешкова Н.С., кандидат биологических наук, доцент кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство», Государственный экономико-технологический университет транспорта, e-mail: Kocheshkova\_N@bigmir.net, тел. +380952723682, ул. Лукашевича, 19, м. Киев, 03049, Украина.

Фомин В.В., аспирант кафедры «Железнодорожный, автомобильный транспорт и подъемно-транспортные машины», Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля, e-mail: fomin1971@list.ru, тел. + 380951429074, пр-т Центральный 59-а, г. Северодонецк, 93400, Украина.

**РЕЦЕНЗЕНТИ:**

Савенко В.Я., доктор технічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України, завідувач кафедри будівництва та експлуатації доріг Національного транспортного університету.

Ткаченко В.П., доктор технічних наук, професор кафедри тяговий рухомий склад Державного економіко-технологічного університету транспорту.

**REVIEWER:**

Savenko V.Ia., PhD, professor, National Transport University, Honoured worker of science and technology of Ukraine, head of the department of construction and maintenance of roads, Kyiv, Ukraine.

Tkachenko V.P., professor, State Economy and Technology University of Transport, professor of the department of traction rolling stock of railways.