

УДК 629.463.67

Олексій Кошель, аспірант

(аспірант, Державний університет інфраструктури та технологій)

Світлана Сапронова, д.т.н., проф.

(доктор технічних наук, професор, Державний університет інфраструктури та технологій)

Дмитрій Буліч, аспірант

(аспірант, Державний університет інфраструктури та технологій)

Ткаченко Віктор, д.т.н., проф.

(доктор технічних наук, професор, Державний університет інфраструктури та технологій)

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ НЕСУЧИХ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ВАГОНІВ ХОПЕР-ДОЗАТОРІВ ТА ДУМПКАРІВ (САМОСКИДІВ) НА ОСНОВІ РЕЗУЛЬТАТІВ ТЕХНІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ТА ТИПОВИХ ВИПРОБУВАНЬ

В статті проведено дослідження залишкового ресурсу несучих металевих конструкцій вагонів хопер-дозаторів та думпкарів (самоскидів) на основі результатів технічного діагностування та типових випробувань. Проведено аналіз співвідношення фактичних товщин хребтової балки вагонів до номінальних значень. Визначено ймовірні місця виникнення типових дефектів у вагонів хопер-дозаторів та думпкарів (самоскидів). Отримані практичні та теоретичні результати дають змогу розробити комплекс заходів для оцінки залишкового ресурсу несучих металевих конструкцій вагонів хопер-дозаторів та думпкарів (самоскидів).

***Ключові слова:** залишковий ресурс, хопер-дозатор, думпкар (самоскид), технічне діагностування, типові випробування, експлуатаційні характеристики, несучі конструкції.*

Вступ. На теперішній час більше 80% вагонів хопер-дозаторів та думпкарів (самоскидів) власності АТ «Укрзалізниця» використовуються за межами призначеного терміну служби заводом-виробником та мають подовжений термін служби. В більшості випадків термін служби вагонів вже перевищив полуторний, а в деяких – і подвійний термін експлуатації призначений заводом-виробником. У зв'язку з відсутністю можливості АТ «Укрзалізниця» своєчасно оновлювати вагонний парк, який вислужив призначений термін служби, виникає потреба у визначенні залишкового ресурсу несучих металевих конструкцій (далі – НМК) рухомого складу.

Аналіз останніх досліджень і постановка проблеми. Ресурс (техніка) – наробіток пристрою (механізму) від початку його експлуатації або після ремонту і до досягнення їм граничного стану, який визначається нормативно-технічною документацією [12]. Для різних механізмів ресурс може виражатися в різних одиницях вимірювання, наприклад, в годинах роботи, кілометрах пробігу, роках, тощо.

Залишковий ресурс – сумарний наробіток, що прогнозується за результатами технічного діагностування обладнання, від початку контролю його технічного стану до переходу у граничний стан. В наукових дослідженнях [2, 3, 13] розглянуто загальні принципи визначення залишкового ресурсу вантажних вагонів.

DOI:10.32703/2617-9040-2020-35-2

Особливості визначення залишкового ресурсу вагоповірочних вагонів на базі вантажних вагонів наведені в дослідженні [4].

В роботі [1] запропоновано проведення модернізації, яка дозволить подовжити термін служби вагон-зерновоза та підвищити опір динамічним зусиллям, що діють на раму кузова вагона. Робота включає дослідження місць і причин виникнення тріщин, а їх результат став основою запропонованої модернізації рами вагона.

Прогнозуванню залишкового ресурсу вагона хопер-дозатора приділено увагу у роботі [5]. Головну увагу в даній роботі присвячено відбиранню зразків з металевих несучих конструкцій й проведення дослідження хімічного складу та фізико-механічних характеристик відібраного матеріалу.

Дослідження міцності кузова напіввагона з урахуванням його конструктивного нововведення для перевезення поромом наведено в статті [7].

В роботі [6] розглянуто шляхи вдосконалення металевих конструкцій напіввагонів та збільшення їх терміну служби.

В більшості перерахованих наукових публікаціях досліджується збільшення строку експлуатації різних типів вантажних вагонів шляхом удосконалення їх конструктивних властивостей [14, 15].

Дослідження залишкового ресурсу вантажних вагонів в Україні проводиться філією «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут залізничного транспорту» публічного акціонерного товариства «Українська залізниця». Але методики цих досліджень ґрунтуються на проведенні стендових ресурсних випробувань та підготовці рекомендацій з продовження строку служби вантажних вагонів без достатнього наукового обґрунтування.

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є визначення залишкового ресурсу НМК вагонів хопер-дозаторів та думпкарів (самоскидів).

Завданням дослідження є проведення аналізу технічного діагностування та типових випробувань та надання рекомендацій для подальшого наукового дослідження питань визначення залишкового ресурсу НМК вагонів хопер-дозаторів та думпкарів (самоскидів).

Технічне діагностування – дослідження залишкового ресурсу та обґрунтування можливості подовження експлуатації вантажних вагонів після закінчення призначеного заводом-виробником терміну служби (виявлення пошкоджень деталей і вузлів в експлуатації, механічного або корозійного зносу, залишкових деформацій, тріщин, контроль товщини стінок несучих елементів кузова та рами), призначення необхідного для цього виду й обсягу ремонту або виключення.

Типові (контрольні) випробування – експериментальна перевірка відповідності показників міцності конструкції вагона вимогам діючим нормативним документам, які включають: статичні випробування на міцність від дії вертикального навантаження; скидання з клинів; ресурсні випробування на міцність при зіткненні. Для НМК вагонів хопер-дозаторів та думпкарів (самоскидів) такої методики не існує.

Матеріали та методи дослідження. Найбільш поширеними вагонами, які використовуються в колійному господарстві є ваони хопер-дозатори та думпкари (самоскиди).

Хопер-дозатор (рис. 1,а) – транспортний засіб для перевезення, механізованого розвантаження, укладки на колію, дозування і розрівнювання баласту при побудові, ремонті і поточному утриманні залізничної колії. Кузов хопер-дозатора суцільнометалевий бункерного типу, має 4 розвантажувальні пристрої з кришками, а також дозуючий пристрій. Рама дозуючого пристрою при розвантаженні знаходиться над поверхнею колії на висоті, що рівна товщині баластного шару. Управління дозуючим і розвантажувальними пристроями здійснюється пневмосистемою. Під час руху хопер-дозатора кришки відкриваються пневмоциліндрами, вантаж висипається і розрівнюється рамою дозатора шаром заданої товщини. Експлуатаційні характеристики вагона: конструкційна швидкість 120 км/год, вантажопідйомність 60 т, максимальне розрахункове статичне навантаження від колісної пари на рейку 210 кН, термін служби, призначений заводом-виробником, 25 років.

Думпкари (самоскиди) (рис. 1,б) є спеціалізованим рухомих складом і від інших вагонів вантажного парку відрізняються будовою кузова та наявністю спеціалізованого обладнання для його нахилу під час розвантаження.

Думпкар (самоскид) призначений для перевезення та механізованого розвантаження сипучих вантажів та щебіню із щільністю 1,7...2,0 т/м³ та являє собою суцільнометалеву зварну конструкцію з кузовом, здатним нахилитись на певні кути, та бортами, що відкриваються вниз, для розвантаження. Конструкція несучих елементів кузова розрахована на навантаження масою 2-2,5 т з висоти до 2 м на кузов, що покритий мілким вантажем. При нахилі кузова за допомогою пневматичних циліндрів розвантаження здійснюється у будь-який бік залізничної колії.

Експлуатаційні характеристики вагона: конструкційна швидкість 120 км/год, вантажопідйомність 60 т, максимальне розрахункове статичне навантаження від колісної пари на рейку 212,7 кН, термін служби призначений заводом-виробником 22 роки.

Скидання з клинів – оцінка власних частот коливань та динамічних напружень в елементах НМК рами і кузова вагона. Залежно від кількості використаних клинів і місця їх розташування під відповідними колесами вагона визначають види коливання при проході і скиданні вагона з клинів.

Ресурсні випробування на міцність при зіткненні – визначення і оцінка динамічних напружень і деформацій в НМК рами та кузова вагона при прикладанні нормативних ударних сил через автозчепне обладнання.

Випробування на співудар проводяться шляхом накочування локомотивом вагона-бойка на дослідний вагон, який знаходиться в підпертому та вільному станах. Співудари при типових випробуваннях проводяться за швидкостями, які указані в таблиці 1.



Рис. 1. Загальний вигляд вантажного вагона: а) хопер-дозатор; б) думпкар (самоскид)

Таблиця 1. Кількість співударів вагона в кожному стані

Діапазон швидкості зіткнення, км/год	Кількість співударів	
	Підпертий стан	Вільний стан
Від 3 до 6 вкл.	3	3
Від 6 до 10 вкл.	3	3
Від 10 до 12 вкл.	1	1

Статичні випробування на міцність – визначення напруженого стану, деформацій, стійкості елементів конструкції кузова, рами вагона та рами візка з реально наявними товщинами на період обстеження при дії статично прикладеного навантаження.

На рис. 2 та 3 наведено схеми установки тензорезисторів на рами хопер-дозатора та думпкара (самоскида) відповідно при проведенні контрольних випробувань.

На підставі проведення технічного діагностування та типових випробувань визначається можливість встановлення нового призначеного терміну служби вагонів.

Обчислюється фактична швидкість корозії:

$$V_{кор} = \frac{S_{ном} - S_{ф}}{T} \text{ мм/рік}, \quad (1)$$

де $S_{ном}$ – номінальна товщина елемента, мм;

$S_{ф}$ – фактична товщина елемента конструкції за результатами вимірювань, мм;

T – термін служби вагона до моменту проведення вимірювань, років.

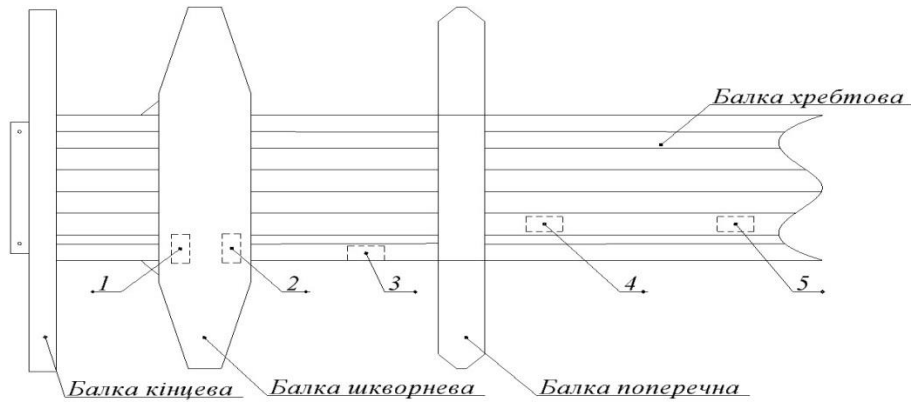


Рис. 2. Схема встановлення тензорезисторів на несучих металевих конструкціях хопер-дозатора

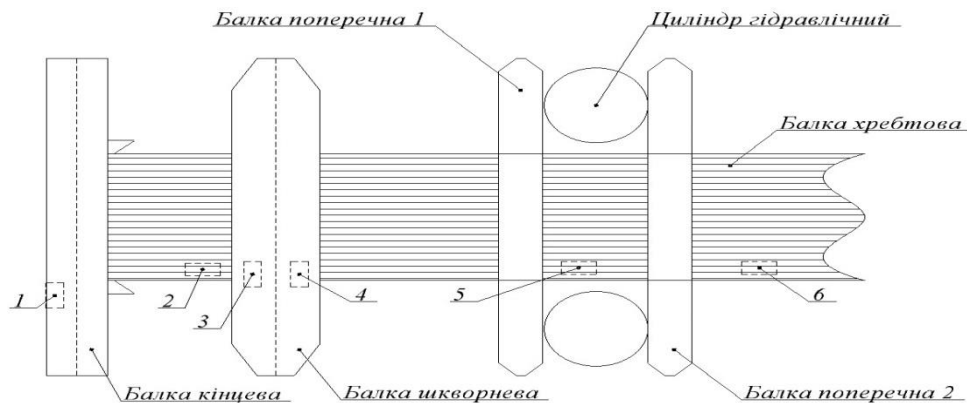


Рис. 3. Схема встановлення тензорезисторів на несучих металевих конструкціях думпкара

Залишковий термін служби визначається за формулою:

$$T_3 = \frac{S_{ф} - S_{min}}{V_{кор}} \text{ років}, \quad (2)$$

де S_{min} – мінімально допустима товщина елемента за умовами міцності та стійкості, мм.

В табл. 2 на основі проведених робіт з технічного діагностування вагонів хопер-дозаторів та думпкарів (самоскидів) проведено аналіз років побудови та фактичної товщини вертикальної стінки хребтової балки. Номінальна товщина вертикальної стінки хребтової балки вагонів хопер-дозаторів та думпкарів (самоскидів) становить $S_{ном} = 9,0 \text{ мм}$.

Для визначення залишкового терміну служби вагонів з табл. 2 підставляємо середні значення до залежностей (1) та (2) та отримуємо для вагона хопер-дозатора $T_3 = 14,3$ роки, для вагона думпкара (самоскида) $T_3 = 22,5$ років.

Таблиця 2. Аналіз фактичних років побудови та товщини вертикальної стінки хребтової балки вагонів хопер-дозаторів та думпкарів (самоскидів) на основі результатів технічного діагностування

№ з/п	Хопер-дозатор		Думпкар (самоскид)	
	T , років	S_ϕ , мм	T , років	S_ϕ , мм
1	2	3	4	5
1	39	7,3	31	7,7
2	39	7,1	31	7,8
3	45	7,3	31	7,5
4	46	7,2	31	7,7
5	46	7,0	31	7,6
6	46	7,1	32	7,5
7	46	7,0	32	7,3
8	51	6,9	32	7,4
9	53	6,8	33	7,1
10	55	6,5	33	7,1
11	55	6,8	33	7,3
12	55	6,7	33	7,2
13	55	6,8	33	7,4
14	55	6,7	33	7,2
15	56	6,6	33	7,3
Середнє значення	49,5	6,9	32,1	7,4

Залишковий ресурс встановлюється по одному з мінімальних розрахункових значень, отриманих за математичною залежністю для розрахунку залишкового терміну служби. Якщо за результатами розрахунків виявиться, що ресурс вичерпаний, то залишковий термін служби визначається за результатами стендових випробувань на втому.

При визначенні залишкового ресурсу під час типових випробувань проводиться оцінка показників запасу опору втомі з врахуванням напруження несучих конструкцій вагона під час випробувань.

Оцінку запасу опору втомі проведено таким чином:

$$n = \frac{\sigma_{a,N}}{\sigma_{a,e}} \geq [n], \quad (3)$$

де $\sigma_{a,N}$ – границя витривалості (за амплітудою) натурної деталі в разі симетричного циклу та сталого режиму навантаження на базі випробування $N_0 = 10^7$ циклів, МПа;

$\sigma_{a,e}$ – розрахункове значення амплітуди динамічного напруження умовного симетричного циклу, приведеного до бази N_0 , еквівалентне за пошкоджуваною дією реальному режиму експлуатаційних випадкових напружень протягом проектного терміну служби, МПа;

$[n]$ – допустимий коефіцієнт запасу опору втомі.

Розрахункове значення границі витривалості визначається за формулою

$$\sigma_{a,N} = \overline{\sigma_{a,N}} \times (1 - z_p \times \mathcal{G}_{\sigma_{a,N}}), \quad (4)$$

де $\overline{\sigma_{a,N}}$ – середнє (медіанне) значення границі витривалості дослідного зразка;
 $z_p = 1,645$ – квантиль розподілу, що відповідає односторонній ймовірності $P = 0,95$;
 $\mathcal{G}_{\sigma_{a,N}} = 0,5$ – коефіцієнт варіації границі витривалості.

$$\overline{\sigma_{a,N}} = \frac{\overline{\sigma_{-1}}}{(K_{\sigma})_K}, \quad (5)$$

де $\sigma_{-1} = 225 \text{ МПа}$ – границя витривалості;
 $(K_{\sigma})_K$ – значення загального коефіцієнта зниження границі витривалості натурної деталі.

$$\sigma_{a,e} = \sqrt[m]{\frac{N_c}{N_0} \times \sum \sigma^m P}, \quad (6)$$

де $N_0 = 10^7$ – базова кількість циклів;
 m – показник ступеню в рівнянні кривої втоми у амплітуді;
 N_c – сумарна кількість циклів динамічних напружень на розрахунковий термін служби.
 Приймається фактичний термін служби;
 $\sigma^m P$ – значення рівня напружень з урахуванням її масової долі під час експлуатації.

$$m = \frac{A}{(K_b)_k}, \quad (7)$$

де A – коефіцієнт згідно з [8];
 $(K_b)_k$ – середнє значення загального коефіцієнта зниження границі витривалості натурної деталі по відношенню до границі витривалості гладкого стандартного зразка;
 m – визначається згідно з [8].

$$N_c = \mathcal{G}_e \times T_p, \quad (8)$$

де T_p – сумарний час дії динамічних напружень.

$$T_p = B \times T_K, \quad (9)$$

де B – коефіцієнт переводу календарного розрахункового строку служби у роках в час неперервного руху в секундах;
 T_K – фактичний сумарний час дії динамічних напружень.

$$\mathcal{G}_e = \frac{a}{2\pi} \times \sqrt{\frac{g}{f_{CT}}}, \quad (10)$$

де a – коефіцієнт для рами кузова вагона [8];

$$g = 9,81 \text{ м/с}^2;$$

f_{CT} – статичний прогин підвищення.

$$B = 365 \times \frac{10^3 \overline{L}_C}{\overline{V}}, \quad (11)$$

де \overline{L}_C – середньодобовий пробіг вантажного вагона, який досліджується;

\overline{V} – середня швидкість вагона, який досліджується, км/год.

Розрахункові значення n – коефіцієнта запасу опору втомі у дослідних місцях вагону згідно з [8] приведено у таблиці 3.

Таблиця 3. Розрахункові значення n у дослідних місцях вагона

Номер каналу	Вагон хопер-дозатор			Вагон думпкар (самоскид)		
	$\sigma_{a,N}$, МПа	$\sigma_{a,e}$, МПа	n	$\sigma_{a,N}$, МПа	$\sigma_{a,e}$, МПа	n
1	6,56	17,73	8,97	5,47	35,48	7,20
2	22,64	73,72	2,20	2,93	40,36	8,55
3	18,72	77,45	2,61	2,22	21,65	14,46
4	33,48	233,91	1,38	10,16	36,22	5,44
5	30,93	128,28	1,55	13,57	76,34	3,25
6	29,04	89,66	1,94	26,54	161,07	1,63
7	17,82	200,21	1,58	10,63	55,09	4,37
8	36,61	164,34	1,54	7,74	24,62	7,34
9	4,69	82,48	4,37	1,12	20,83	18,12
10	9,42	41,36	5,12	19,58	79,33	2,67

За отриманими результатами зниження коефіцієнту запасу опору втомі до мінімального рекомендованого відповідає термін служби для вагонів хопер-дозаторів щонайменше 65,5 років, а для вагонів думпкарів (самоскидів) 55,5 років.

Результати технічного діагностування вагонів хопер-дозаторів та думпкарів (самоскидів) за період 2016-2019 рр. наведено в табл. 4.

Таблиця 4. Статистичний аналіз технічного діагностування хопер-дозаторів та думпкарів (самоскидів) за 2016-2019 рр.

№ з/п	Тип вантажного вагона	Кількість продіагностованих вагонів за 2016-2019 рр., од.	Кількість виявлених дефектів за 2016-2019 рр., од.	Співвідношення виявлених дефектів до продіагностованих вагонів, %
1	Хопер-дозатор	1173	186	15,9
2	Думпкар (самоскид)	620	65	10,5

За результатами технічного діагностування вагонів хопер-дозаторів та думпкарів (самоскидів) було проведено поглиблений аналіз виконаних робіт та систематизовано типові дефекти, що дало змогу виявити послаблення в НМК вагонів, які на даний час діючими нормативними документами АТ «Укрзалізниця» усувати заборонено та такі вагони повинні підлягати виключенню з інвентарного парку.

Висновки. За результатами проведених досліджень, було визначено, що стан несучих металевих конструкцій вагонів після тривалої експлуатації не наближається до граничного.

Після проведення аналізу експлуатаційних характеристик вагонів хопер-дозаторів та думпкарів (самоскидів) встановлено, що їхній середньодобовий пробіг не перевищує 42 км, а швидкість – 18 км/год, тобто дані показники на +70% менші ніж проектні.

Таким чином, отримані практичні та теоретичні результати дають можливість розробити науково-обґрунтовану методику оцінки залишкового ресурсу несучих металевих конструкцій вантажних вагонів, які експлуатуються на залізницях України.

ЛІТЕРАТУРА

1. Фомін, О.В., Прокопенко, П.М., Горбунов, М.І., Сапронова, С.Ю. Поліпшення несучої здатності вагона-хопера для перевезення зерна з метою підвищення опору динамічним зусиллям. *Вісник СНУ ім. В.Даля. Северодонецьк: Вид-во СНУ ім. В.Даля*, 2017. №5[235]. С. 88-99.
2. Сапронова, С.Ю., Кошель, О.О., Ткаченко, В.П., Буліч, Д.І., Радкевич, М.М. Аналіз методів подовження терміну служби вантажних вагонів. *Транспортні системи і технології*. Київ: Вид-во ДУІТ, 2019, Том 1, №33. С. 118-129.
3. Сапронова, С.Ю., Буліч, Д.І., Ткаченко, В.П. Продовження терміну експлуатації вантажних вагонів. *Вісник СНУ ім. В.Даля. Северодонецьк: Вид-во СНУ ім. В.Даля*, 2017. №3[233]. С. 158-162.
4. Фомін, О.В., Прокопенко, П.М., Горбунов, М.І., Сова, С.С. Особливості визначення залишкового ресурсу вагопвірочних вагонів з терміном служби, який перевищує призначений. *Транспортні системи і технології*. Київ: Вид-во ДУІТ, 2019, №34. С. 95-105.
5. Kanavalau, Y., Putsiata, A. Evaluation Techniques for Residual in-Use Utility of the Railway Car Hopper-Batcher Bearing Structure with a Long-term Service. *Procedia Engineering*. 2016. 9th International Scientific Conference Transbaltica 2015. №134. P. 57-63.
6. Kelrykh, M., Fomin, O. Perspective directions of planning carrying systems of gondolas. Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry». 2014. №6. P. 64-67.
7. Lovskaya, A.A. Peculiarities of computer modeling of strength of body bearing construction of gondola car during transportation by ferry-bridge. Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry». 2015. №1. P. 49-54.
8. ДСТУ ГОСТ 33211:2017. Вагони вантажні. Вимоги до міцності та динамічних якостей. К.: Держстандарт України, 2017. 53 с.
9. Myamlin S., Lingaitis L.P., Dailydka S., Vaičiūnas G., Bogdevičius M., & Bureika G. Determination of the dynamic characteristics of freight wagons with various bogie. *Journal «Transport»*. Vilnius. 2015. №1 (30). P. 88-92.
10. Мурадян, Л.А., Шапошник, В.Ю., Мищенко, А.А. Методологические основы определения эксплуатационных характеристик несамоходного подвижного состава. *Наука и прогресс транспорта. Вестник ДНУЖТ*. Днепропетровск: Изд-во ДНУЖТ им. академика В. Лазаряна, 2016. №1 (61). С. 169-179.
11. Недужа, Л.О., Швець, А.О. Теоретичні та експериментальні дослідження міцнісних якостей хребтової балки вантажного вагона. *Наука та прогрес транспорту. Вісник ДНУЗТ*. Дніпро: Вид-во ДНУЗТ ім. академика В. Лазаряна, 2018. №1 (73). С. 131-147.
12. Политехнический словарь / Редкол.: А. Ю. Ишлинский (гл. ред.) и др. - 3-е изд., перераб. и доп. М.: ПИ50 Большая Российская Энциклопедия, 2000. 656 с.: ил.
13. Fomin, O. Lovska, A., Masliyev, V., Tymbaliuk, A., Burlutski, O. (2019). Determining strength indicators for the bearing structure of a covered wagon's body made from round pipes when transported by a railroad ferry. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 7, 1 (97). P. 33-40.
14. Oleksij Fomin, Juraj Gerlici, Alyona Lovskaya, Kateryna Kravchenko, Pavlo Prokopenko, Anna Fomina and Vladimir Hauser. (2018). Research of the strength of the bearing structure of the flat wagon body from round pipes during transportation on the railway ferry. *MATEC Web of Conferences*. Vol. 235.00003
15. Fomin, O., Logvinenko, O., Burlutsky, O., Rybin, A. (2018). Scientific Substantiation of Thermal Leveling for Deformations in the Car Structure. *International Journal of Engineering & Technology*. Vol.7. №4.3. P.125-129.

REFERENCES

1. Fomin, O.V., Prokopenko, P.M., Horbunov, M.I., Saproнова, S. Yu. (2017). Polipshennya nesuchoyi zdatnosti vahona-khopera dlya perevezennya zerna z metoyu pidvyshchennya oporu dynamichnym zusylyyam. [Improve the carrying

- capacity of the hopper wagon for grain transportation in order to increase resistance by dynamic forces]. *Newsletter of SNU them. V.Dala. Severodonetsk.* 5 [235]. P. 88-99.
2. Sapronova, S.Yu., Koshel, O.O., Tkachenko, V.P., Bulich, D.I., Radkevich M.M. (2019). Analiz metodiv podovzhennya terminu sluzhby vantazhnykh vahoniv. [Analysis of methods for the extension of freight wagon service life]. *Transport Systems and Technologies.* Kyiv: SUIIT. Vol. 1, Issue 33. P. 118-129.
3. Sapronova, S.Yu., Bulich, D.I., Tkachenko, V.P. (2017). Prodovzhennya terminu ekspluatatsiyi vantazhnykh vahoniv [Extension of the life of freight wagons]. *Newsletter of SNU them. V.Dala. Severodonetsk.* 3 [233]. P. 158-162.
4. Fomin, O.V., Prokopenko, P.M., Horbunov, M.I., Sova, S.S. (2019). Osoblyvosti vyznachennya zalyskovoho resursu vahopovirochnykh vahoniv z terminom sluzhby, yakyy perevyschchuye pryznachenyy. [Peculiarities of determining the residual resource of weight-test wagons with a service life that exceeds the appointed]. *Transport Systems and Technologies.* Kyiv: SUIIT. Issue 34. P. 95-105.
5. Kanavalau, Y., Putsiata, A. (2015). Evaluation Techniques for Residual in-Use Utility of the Railway Car Hopper-Batcher Bearing Structure with a Long-term Service. *Procedia Engineering.* 2016. 9th International Scientific Conference Transbaltica. №134. P. 57-63.
6. Kelrykh, M., Fomin, O. (2014). Perspective directions of planning carrying systems of gondolas. *Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry».* №6. P. 64-67.
7. Lovskaya, A.A. (2015). Peculiarities of computer modeling of strength of body bearing construction of gondola car during transportation by ferry-bridge. *Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry».* №1. P. 49-54.
8. *Freight wagons. Requirements to structural strength and dynamic qualities.* (2017). DSTU GOST 33211:2017 from 1 July 2017. Kyiv: Derzhstandart Ukraine. 53.
9. Myamlin, S., Lingaitis, L.P., Dailydka, S., Vaičiūnas, G., Bogdevičius, M., Bureika, G. (2015). Determination of the dynamic characteristics of freight wagons with various bogie. *Journal «Transport».* Vilnius. №1 (30). P. 88-92.
10. Muradian, L.A., Shaposhnyk, V.Yu., Mischenko, A.A. (2016). Metodologicheskiye osnovy opredeleniya ekspluatatsionnykh kharakteristik samokhodnogo podvizhnogo sostava. [Methodological fundamentals of determination of unpowered rolling stock maintenance characteristics]. *Science and Transport Progress. Bulletin of DNURT.* Dnipropetrovsk. 1 [61]. P. 169-179.
11. Neduzha, L.O., Shvets, A.O. (2018). Teoretychni ta eksperymental'ni doslidzhennya mitsnisnykh yakostey khrebtovoyi balky vantazhnoho vahona. [Theoretical and experimental research of strength properties of spine beam of freight cars]. *Science and Transport Progress. Bulletin of DNURT.* Dnipro. 1 [73]. P. 131-147.
12. *Politekhnichestkiy slovar' [Polytechnical Dictionary].* (2000). Red.: A. YU. Ishlinskiy. M. P50 Big Russian Encyclopedia, 2000.656 p.
13. Fomin, O. Lovska, A., Masliyev, V., Tsybaliuk, A., Burlutsky, O. (2019). Determining strength indicators for the bearing structure of a covered wagon's body made from round pipes when transported by a railroad ferry. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* Vol. 7, 1 (97). P. 33-40.
14. Oleksij Fomin, Juraj Gerlici, Alyona Lovskaya, Kateryna Kravchenko, Pavlo Prokopenko, Anna Fomina and Vladimír Hauser. (2018). Research of the strength of the bearing structure of the flat wagon body from round pipes during transportation on the railway ferry. *MATEC Web of Conferences.* Vol. 235.00003
15. Fomin, O., Logvinenko, O., Burlutsky, O., Rybin, A. (2018). Scientific Substantiation of Thermal Leveling for Deformations in the Car Structure. *International Journal of Engineering & Technology.* Vol.7. №4.3. P.125-129.

**Алексей Кошель, аспирант,
(аспирант, Государственный университет инфраструктуры и технологий)
Светлана Сапронова,
(доктор технических наук, профессор, Государственный университет инфраструктуры
и технологий)
Дмитрий Булич, аспирант,
(аспирант, Государственный университет инфраструктуры и технологий)
Ткаченко Виктор, д.т.н., проф.,
(доктор технических наук, профессор, Государственный университет инфраструктуры
и технологий)**

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА НЕСУЩИХ МЕТАЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ВАГОНОВ ХОППЕР-ДОЗАТОРОВ И ДУМПКАРОВ (САМОСВАЛОВ) НА ОСНОВЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И ТИПОВЫХ ИСПЫТАНИЙ

Большинство вагонов хоппер-дозаторов и думпкарвов (самосвалов) на железных дорогах Украины имеют срок службы, который значительно превышает установленный заводом-

изготовителем. В статье проведено исследование остаточного ресурса несущих металлических конструкций вагонов хоппер-дозаторов и думпкаров (самосвалов) на основе результатов технического диагностирования и типовых испытаний. Проведен анализ соотношения фактических толщин хребтовой балки вагонов до номинальных значений. Определены возможные места возникновения типичных дефектов у вагонов хоппер-дозаторов и думпкаров (самосвалов). Сделан вывод о том, что состояние несущих металлических конструкций вагонов после длительной эксплуатации не приближается к предельному. Полученные практические и теоретические результаты позволяют разработать комплекс мероприятий для оценки остаточного ресурса несущих металлических конструкций вагонов хоппер-дозаторов и думпкаров (самосвалов).

Ключевые слова: остаточный ресурс, хоппер-дозатор, думпкар (самосвал), техническое диагностирование, типовые испытания, эксплуатационные характеристики, несущие конструкции.

*Oleksii Koshel, Graduate student,
(Graduate student, State University of Infrastructure and Technologies)
Svitlana Sapronova, D.T.S., Prof.,
(Doctor of Technical Science, Professor, State University of Infrastructure and Technologies)
Dmutry Bulich, Graduate student,
(Graduate student, State University of Infrastructure and Technologies)
Tkachenko Viktor, D.T.S., Prof.,
(Doctor of Technical Science, Professor, State University of Infrastructure and Technologies)*

**DETERMINATION OF THE RESIDUAL RESOURCE OF CARRYING METAL FRAMES
OF CARS OF HOPPER DOSERS AND DUMPKARS (DUMPERS) BASED
ON THE RESULTS OF TECHNICAL DIAGNOSTICS AND TYPICAL TESTS**

Most of the cars of hopper dosers and dumpkars (dumpers) on the railways of ukraine have a service life that significantly exceeds that established by the manufacturer. The article studies the residual life of load-bearing metal structures of hopper dosers and dumpkars (dumpers) based on the results of technical diagnostics and type tests. The analysis of the ratio of the actual thickness of the spinal beam of cars to the nominal values. Possible places of occurrence of typical defects in hopper dosers and dumpkars (dumpers) are determined. it is concluded that the state of the supporting metal structures of cars after long-term operation does not approach the limit. the obtained practical and theoretical results allow us to develop a set of measures to assess the residual life of the bearing metal structures of hopper dosers and dumpkars (dumpers).

Keywords: *residual life, hopper dosers, dumpkars (dumpers), technical diagnostics, type tests, operational characteristics, carrying metal structures.*