

**Фомін О.В., Прокопенко П.М. Горбунов М.І., Кара С.В., Фомін В.В.**

### **ОЦІНКА МІЦНОСТІ НЕСІВНИХ КОНСТРУКЦІЙ ВАНТАЖНОГО ВАГОНА З ВРАХУВАННЯМ ЇХ ДЕГРАДАЦІЙНИХ ЗМІН**

*В описаному матеріалі викладена процедура оцінки міцності несівних конструкцій напіввагона з врахуванням їх деградаційних змін після тривалої експлуатації теоретичним та експериментальним методом, проведено розрахунки несучих конструкцій вантажного напіввагона з імітацією зносів характерних після експлуатації та контрольні випробування вантажного вагона з терміном служби, що більший за встановлений виробником. В рамках даної роботи розроблено скінченно-ементну модель несівної конструкції вантажного вагона з врахуванням фактичних товщин вагона після тривалого терміну експлуатації. Виконання даної роботи дозволить оцінити ресурс та міцність несівних конструкцій напіввагона. Проведені теоретичні дослідження із оцінкою ресурсу несівних конструкцій напіввагона. В останній період відбувається зношення експлуатаційного парку вантажних вагонів. В теперішній час на залізницях України експлуатуються напіввагони різних моделей та модифікацій з строком служби 22 р. та більше. Проведений аналіз стану несівних конструкцій напіввагонів вказує на те, що більша їх частина перебуває у задовільному технічному стані. Фінансування для закупки нових вантажних вагонів для забезпечення безперебійного виконання вантажних перевезень залізничним транспортом на даний час є недостатнім, що в свою чергу актуалізує комплекс робіт з дослідження та оцінки залишкового ресурсу і можливості продовження експлуатації вагонів на залізницях України. Але визначення можливості з продовження експлуатації вагонів потребує теоретичних та експериментальних підтверджень. Мета даної роботи – описання процесу та результату комплексних досліджень вантажного вагона з визначенням характеристик міцності несівних конструкцій вагона, залишкового ресурсу і можливості продовження строку його служби. Щоб досягти поставлену мету були визначені та вирішені наступні задачі: проаналізовано технічний стан напіввагона, визначено швидкість корозії несівних елементів вагона, проведено комплекс випробувань вантажного вагона, що складав: ударні випробування, оцінку частот коливань.*

**Ключові слова:** вантажний вагон, несівні конструкції, хребтова балка, рама, випробування, ресурс, розрахунки, термін служби.

**Актуальність дослідження.** В останній час відбулося вагоме старіння експлуатаційного парку напіввагонів. В теперішній час на залізницях України експлуатуються напіввагони різних моделей та модифікацій з терміном служби 22 р. та більше.

Щоб вирішити питання можливості подальшої безпечної експлуатації вантажних вагонів з закінченим строком експлуатації виконується технічна діагностика. Проведений аналіз технічного стану вагонів після тривалої експлуатації вказує, що більша їх частина перебуває в задовільному технічному стані.

Зменшене виділення коштів для закупки нових вантажних вагонів для забезпечення безвідмовного виконання залізничних вантажних перевезень показує доцільність проведення робіт для досліджень та оцінки ресурсу і можливості продовження експлуатації вагонів на залізницях України.

**Постановка проблеми.** Необхідно сформулювати доцільність виконання комплексу робіт з визначення та оцінювання міцності несівних конструкцій вантажного вагона (напіввагона) після тривалої експлуатації. Проведені роботи з оцінки та визначення залишкового ресурсу несівних конструкцій вантажного вагона. Проведений аналіз стану несівних конструкцій напіввагонів вказує на те, що більша їх частина перебуває у задовільному технічному стані. Але визначення можливості з продовження експлуатації вагонів потребує теоретичних та експериментальних підтверджень.

**Теоретичний аналіз дослідження.** В теперішній час питання досліджень несівної спроможності кузовів вантажних присвячено ряд праць, це пояснює їхню актуальність та економічну обґрунтованість. В роботі [2] описано напрямки покращення конструкцій вагона шляхом збільшення строку експлуатації. Але збільшення терміну експлуатації вантажного вагона пропонують досягати через покращення їхніх конструктивних властивостей, як приклад через впровадження матеріалів з покращеними показниками якості.

В праці [1] приведено результат досліджень несівної здатності вантажного вагона. Але ціль цих досліджень була оцінка конструктивних резервів з зменшення матеріалоемності описаної моделі вагону. Відповідно несуча спроможність конструкції кузова з характерними зносами для 1,5 терміну служби не висвітлювалась.

В праці [3] приведений аналіз властивостей матеріалів кузовів вагонів нового покоління. Також зазначено перевагу впровадження нових сучасних матеріалів для окремих частин конструкції вагону. Але питання продовження цього напрямку при роботах з продовження строку служби вантажних вагонів не описано.

Робота [4] описує удосконалення несівної конструкції кузова вагона для забезпечення надійного кріплення на палубі залізничного порому. Наведені результати математичних розрахунків міцності кузова з врахуванням кріплення його відносно палуби. Але створення і використання динамічної моделі, яка враховуватиме зношеність несівної конструкції напіввагонів дозволить виконувати дослідження для різних конструкцій вагонів.

Вивчення динаміки вагона з відкритою з платформою описано в [5]. Розрахунок виконаний в середовищі MSC Adams. Оцінка стійкості від перекидання вагону виконувалася при вписуванні його в криву радіус 250 м з врахуванням різного діапазону швидкості.

Оцінка пропускної можливості залізничних шляхів, що призначаються для транспортування сировини і готової продукції металургійної промисловості описано у [6].

Проектування рухомого складу який перевозить великовагові вантажів викладені у [7]. Вивчення динаміки і міцності проведено за допомогою новітніх засобів програмного забезпечення CosmosWorks та ProMechanica. Під час проектування несучої конструкції вагона транспортера виконано дослідження можливості його виконання з різних сучасних матеріалів.

Особливості конструкції вагона для використання в інтермодальних перевезеннях досліджені у [8]. Вагон має понижену середню частину, а наявність оборотної частини дає можливість здійснювати завантаження або вивантаження автотехніки на або з нього самостійно.

В роботі [9] описані результати із оцінки характеру і рівнів впливу різних вантажних візків на міцнісні якості несучих систем вагонів. Однак в задачі такого дослідження не включались питання визначення відповідного впливу на кузова які експлуатуються поза нормований строк.

В статті [10] представлено вплив профілю кочення передніх за рухом коліс візка на загальну динаміку одиниці рухомого складу. При цьому імітації відповідних експлуатаційних зносів та дослідженню динамічних якостей в такому випадку увага не була приділена.

В дослідженні [11] аналізувались особливості руху та взаємодії одиниць рухомого складу з параметрами, які відповідають новій техніці. А відповідні дослідження для одиниць з параметрами, які відображають експлуатаційний знос не проведені.

Робота [12] присвячена висвітленню результатів удосконалення динамічних якостей рухомого складу при проходженні кривих ділянок колії шляхом покращення відповідних конструктивних елементів. Поряд з цим не визначено можливості та вплив впровадження таких інновацій на зношений рухомий склад, в тому числі напіввагони.

В статті [14] описано розробку несучої конструкції критого вантажного вагона, особливість якої є, що елементи кузова виготовлено з труб круглого перерізу.

В матеріалі [15] автори описують логістичні системи й технології управління доставкою вантажів в умовах металургійного підприємства з урахуванням взаємодії автомобільного й залізничного транспорту.

В праці [16] викладено особливості проектування та виготовлення відкритих вантажних вагонів нового покоління їхні несучі системи з круглих труб що дає змогу зменшити витрати.

В підсумку викладеного вище аналізу слідує висновок, що в даний час питання про можливість продовження терміну експлуатації несівних конструкцій вантажних вагонів приділено недостатньо уваги.

**Мета статті.** Мета даної роботи – описання процесу та результату комплексних досліджень вантажного вагона з визначенням характеристик міцності несівних конструкцій вагона, залишкового ресурсу і можливості продовження строку його служби.

Завдання типових випробувань на міцність під час зіткнення: оцінка та визначення динамічних напружень та деформацій у несівній конструкції вантажного вагона при прикладенні нормативних навантажень через автозчепний пристрій.

Завдання ударних випробувань – це оцінка появи та розвитку дефектів і залишкових деформацій в несівних конструкціях вантажного вагона при прикладенні поздовжніх зусиль через автозчепне обладнання.

**Задачі дослідження.** Щоб досягти поставлену мету було визначені та вирішені наступний ряд задач:

- вибір дослідного вагона і аналіз технічного стану;
- створення комп'ютерної моделі напіввагона і його розрахунок
- визначення швидкості корозії несучих елементів конструкції;
- виконання комплексних досліджень напіввагона, що включає: ударні випробування і оцінку частот коливань.

**Викладення основного матеріалу дослідження.** Об'єктом досліджень було обрано вантажний вагон моделі 12-532, (рисунок 1, 2) з строком служби, що більший за полуторний який встановлений виробником.

Під час виконання технічного діагностування додаткову увагу звертають на несучі елементи конструкції, а саме хребтова балка, шворнева балка а місця їх з'єднання.



Рис. 1 Вантажний вагон моделі 12-532



Рис. 2 Дослідний напіввагон

Під час дослідження фактичного технічного стану вантажного вагона виявлено корозію основних несівних елементів конструкції, числові показники приведені в таблиці 1.

Представлені дані по товщинам основних елементів рами та кузова напіввагона, який був оглянутий після строку служби що перевищує полуторний від встановленого заводом виробником.

Швидкість корозії зовнішньої поверхні елементів рами не перевищувала 0,2 мм/рік, що не більше допустимого значення. Середні значення отримані в результаті проведення не менше 3-х замірів в кожній точці.

Таблиця 1

Показники фактичної товщини металу від номінальних значень

Місце контролю	Номінальне значення, мм	Середня фактичне значення, мм
Хребтова балка	16,0	14,8
Шворнева балка	12,0	10,6
Кінцева балка	7,0	5,8
Сійки проміжні	13,0	11,3
Нижня обв'язка	10,0	8,8
Поперечні основні балки	8,0	6,9
Сійки кутові	10,0	9,1

З метою оцінки міцності несівної конструкції вантажного вагона з урахуванням зносів, характерних експлуатації, товщини несучих елементів які зменшені на величину зносів в процесі експлуатації, розроблено комп'ютерну модель кузова напіввагона. Розрахунки проведені методом скінчених елементів. розроблена модель несівної конструкції вантажного вагона з імітацією зносів приведена на рисунку 3.

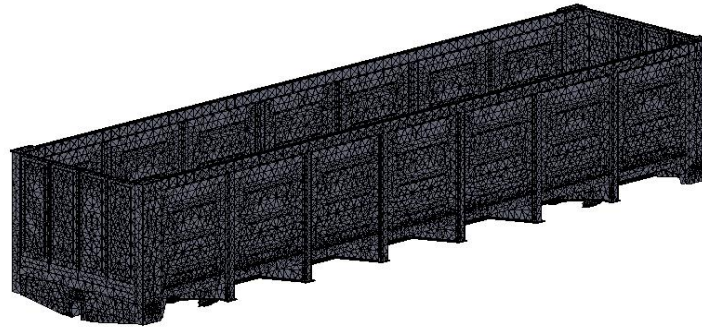


Рис. 3 Розроблена модель несівної конструкції кузова

За розробленою моделлю з урахуванням фактичних товщин несучих конструкцій після тривалої експлуатації виконано розрахунки і результат приведений на рисунках 4 – 6.



Рис. 4 Епюра навантажень при ударі I розрахунковий режим

Отримані найбільші напруження під час I розрахункового режиму (удар) в зоні з'єднання хребтової балки та шворневої і склали 348 МПа, максимальне зміщення вузлів відбулося в середній зоні рами і дорівнюють 4,5 мм, максимальна деформація становить  $2,79 \cdot 10^{-3}$ .

Отримані найбільші напруження під час «ривку» в зоні з'єднання хребтової балки та шворневої і склали 318 МПа, максимальне зміщення вузлів відбулося в середній зоні рами і дорівнюють 4,5 мм, максимальна деформація становить  $3,19 \cdot 10^{-3}$ .

Отримані найбільші напруження під час «стиснення» склали 258 МПа, максимальне зміщення вузлів дорівнює 4,5 мм, максимальна деформація становить  $2,68 \cdot 10^{-3}$ . Під час «розтягу» напруження 259 МПа, зміщення, 4,51 та деформація  $3,25 \cdot 10^{-3}$ .

Епюри навантажень при III розрахунковому режимі приведені на рисунку 5.

Отримані напруження складають 287 МПа, переміщення вузлів складають 4,82 мм, максимальна деформація дорівнює  $3,1 \cdot 10^{-3}$ .

Епюри навантажень при III розрахунковому режимі (ривок, розтягнення) приведені на рисунку 6.

Отримані напруження складають 308 МПа, найбільші переміщення в вузлів – 4,65 мм, максимальна деформація дорівнює  $4,81 \cdot 10^{-3}$ .

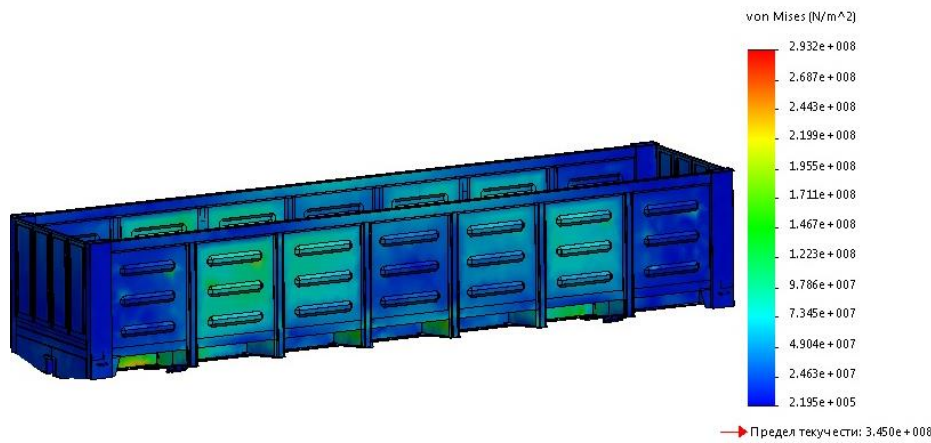


Рис. 5 Епюра навантажень при удар, стиснення III розрахунковий режим



Рис. 6 Епюра навантажень при розтягненні, ривку III розрахунковий режим

Визначення динамічних напружень в елементах рами та надресорній балці здійснюється за результатами випробувань «скидання з клинів».

Дослідний напіввагон, наїжджає на встановлені клини з різними схемами розміщення під колесами, які імітують: підсакування, скручування, галопування, бокову хитавицю.

Під час визначення залишкового терміну служби вагонів враховують вертикальні та поздовжнє динамічне навантаження, які виникають в процесі експлуатації. Розрахунок проводять за формулою:

$$T_r = \frac{\left(\frac{\sigma_{a,N}}{[\sigma]}\right)^m \cdot N_0}{N_{cl} \cdot \sum_j (\sigma_{aj}^I)^m \cdot P_j^I + N_{clII} \cdot \sum_k (\sigma_{aj}^{II})^m \cdot P_k^{II}}, \quad (1)$$

Кількість циклів протягом періоду експлуатації вантажного визначаємо за формулою :

$$N_{zag}^{rozr} = N_{zag}^{yd} \cdot T_{rozr} \cdot K_{rez} \cdot K_{yd}, \quad (2)$$

Ця публікація виконана в рамках проекту: "Розроблення концептуальних засад для відновлення ефективного функціонування застарілих вантажних вагонів (Development of conceptual frameworks for restoring the efficient operation of obsolete freight cars)" (Реєстраційний номер проекту: 2020.02/0122), фінансування якого здійснюється Національним фондом досліджень України за кошти державного бюджету.

**Висновки.** Проведений аналіз несправностей, що з'являються у несівних конструкціях напіввагонів на різних етапах експлуатації, дозволяє прогнозувати дефекти у експлуатації та визначати можливі причини та ймовірність їх виникнення. Покладаючись на виконаний аналіз технічного стану несівних конструкцій вантажного вагона з характерними для 1,5 строку служби зносами визначені фактичні показники зносів несівних елементів кузовів на піввагонів та розроблено уточнені розрахункові скінчено-елементні моделі несівних конструкцій напіввагона, що дають змогу більш точно виконувати оцінку міцності несівних конструкцій вантажного вагона. Виконано розрахунок на міцність несівної конструкції кузова напіввагона з характерними для 1,5 терміну експлуатації зносами та отримано значення максимальних еквівалентних напружень в несучих елементах при основних режимах експлуатаційних навантажень. Числові показники максимальних напружень

не перевищують допустимих значень близько 259 МПа, що в свою чергу дає можливість подальшої безпечної експлуатації вантажного вагона з зменшеними показниками.

### Література

1. Fomin, O. Improvement of upper bundling of side wall of gondola cars of 12-9745 model. O.V. Fomin. Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry». 2015, №1. P.45-48.
2. Kelrykh, M. Perspective directions of planning carrying systems of gondolas. M. Kelrykh, O. Fomin. Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry». 2014, №6. – P.64-67.
3. Freight cars major metals. Trains, Marts. 20 p.
4. Lovska A. A. Peculiarities of computer modeling of strength of body bearing construction of gondola car during transportation by ferry-bridge. A. A. Lovska. Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry». 2015. №1. p. 49 – 54.
5. Mirosław, Nader. Kolejowy wagon transportowy jako nowatorskie, innowacyjne rozwiązanie konstrukcyjne do przewozu naczep siodłowych i zestawów drogowych dla transportu intermodalnego. Mirosław Nader, Marian Sala, Jarosław Korzeb, Arkadiusz Kostrzewski. Logistyka. 2014. №4. P. 2272 – 2279.
6. Panchenko S.V. Formation of an automated traffic capacity calculation system of rail networks for freight flows of mining and smelting enterprises. S.V. Panchenko, T.V. Butko, A.V. Prokhorchenko, L.O. Parkhomenko. Naukovyi Visnyk NHU. 2015. №1. P. 49 – 54.
7. Divya Priya G. Modeling and analysis of twenty tonne heavy duty trolley. G. Divya Priya, A. Swarnakumari. Intern. J. of Innovative Technology and Research. 2014. – Vol. 2, №. 6. P. 1568–1580.
8. Krason W. Fe numerical tests of railway wagon for intermodal transport according to PN-EU standards. W. Krason, T. Niezgodna. Bulletin of the Polish Academy of Sciences Technical Sciences. 2014. Vol. 62. Iss. 4. P. 843–851.
9. Myamlin, S. Determination of the dynamic characteristics of freight wagons with various bogie. S. Myamlin, L. P. Lingaitis, S. Dailydka, G. Vaičiūnas, M. Bogdevičius, G. Bureika. Transport. – 2015. – Vol. 30, Issue 1. P. 88–92.
10. Hauser V., Nozhenko O.S., Kravchenko K.O., Loulová M., Gerlici J., Lack T. Impact of wheelset steering and wheel profile geometry to the vehicle behavior when passing curved track. «Manufacturing Technology». June 2017, Vol. 17, No. 3, p. 306-312.
11. Tartakovskiy, E. Improving the process of driving a locomotive through the use of decision support systems. E. Tartakovskiy, O. Gorobchenko, A. Antonovych. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. Vol. 5, Issue 3 (83). P. 4–11.
12. Vladimír Hauser, Olena S. Nozhenko, Kateryna O. Kravchenko, Mária Loulová, Juraj Gerlici, Tomáš Lack. Proposal of a Mechanism for Setting Bogie Wheelsets to Radial Position while Riding Along Track Curve. «Manufacturing Technology». April 2017, Vol. 17 No 2. p. 186-192.
13. Богомаз, Г. И. Нагруженность контейнеров-цистерн, расположенных на железнодорожной платформе, при ударах в автосцепку. Г. И. Богомаз, Д. Д. Мехов, О. П. Пилипченко, Ю. Г. Черномашенцева. Зб. наук. праць “Динаміка та керування рухом механічних систем” Київ: АНУ, Інститут технічної механіки. 1992. С. 87 – 95.
14. Fomin, O. Determining strength indicators for the bearing structure of a covered wagon's body made from round pipes when transported by a railroad ferry. O. Fomin, A. Lovska, V. Masliyev, A. Tsymbaliuk, O. Burlutski. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2019. Vol. 7, Issue 1 (97). P. 33–40.
15. Turpak, S.M. Logistic technology to deliver raw material for metallurgical production. S.M. Turpak, I.O. Taran, O.V. Fomin, O.O. Tretiak. Scientific Bulletin of National Mining University. 2018, Issue 1, p.162-169.
16. Fomin, Oleksij, Juraj Gerlici, Alyona Lovska, Kateryna Kravchenko, Pavlo Prokopenko, Anna Fomina, and Vladimir Hauser. Durability Determination of the Bearing Structure of an Open Freight Wagon Body Made of Round Pipes during its Transportation on the Railway Ferry. Communications-Scientific letters of the University of Zilina 21, no. 1 (2019): 28-34.

### References

1. Fomin, O. (2015), Improvement of upper bundling of side wall of gondola cars of 12-9745 model. Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry», 1, 45-48.
2. Kelrykh M., Fomin O. (2014), Perspective directions of planning carrying systems of gondolas. Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry», 6, 64-67.
3. Freight cars major metals (2015). Trains, Marts. 20.
4. Lovska, 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, 49-54.
5. Mirosław, Nader, Marian, Sala, Jarosław, Korzeb, Arkadiusz, Kostrzewski. (2014). Kolejowy wagon transportowy jako nowatorskie, innowacyjne rozwiązanie konstrukcyjne do przewozu naczep siodłowych i zestawów drogowych dla transportu intermodalnego. Logistyka. 4, 2272 – 2279.
6. Panchenko S.V., Butko T.V, Prokhorchenko A.V., Parkhomenko L.O. (2016). Formation of an automated traffic capacity calculation system of rail networks for freight flows of mining and smelting enterprises. Naukovyi Visnyk NHU. 2, 93-99.
7. Divya Priya G., Swarnakumari A. (2014) Modeling and analysis of twenty tonne heavy duty trolley. Of Innovative

Technology and Research, Vol. 2, 6, 1568–1580.

8. Krason W, Niezgodna T. (2014) Fe numerical tests of railway wagon for intermodal transport according to PN-EU standards. Bulletin of the Polish Academy of Sciences Technical Sciences, Vol. 62, 4, 843–851.
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. Transport, 30 (1), 88–92.
10. Hauser V., Nozhenko O.S., Kravchenko K.O., Loulová M., Gerlici J., Lack T. (2017). Impact of wheelset steering and wheel profile geometry to the vehicle behavior when passing curved track. Manufacturing Technology. Vol. 17, 3, 306-312.
11. Tartakovskiy, E., Gorobchenko, O., Antonovych, A. (2016). Improving the process of driving a locomotive through the use of decision support systems. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5 (3 (83)), 4–11.
12. Vladimír Hauser, Olena S. Nozhenko, Kateryna O. Kravchenko, Mária Loulová, Juraj Gerlici, Tomáš Lack (2017). Proposol of a Mechanism for Setting Bogie Wheelsets to Radisl Position while Riding Along Track Curve. «Manufacturing Technology». Vol. 17 No 2. p. 186-192.
13. Bogomaz, G. I., Mehov, D. D., Pilipchenko, O. P., Chernomashentseva, Yu. G. (1992). Nagruzhenost konteynerov-tsistern, raspolozhennyih na zheleznodorozhnoy platforme, pri udarah v avtostsepk. Zb. nauk. prats “Dinamika ta keruvannya ruhom mehanichnih sistem”. 87 – 95.
14. O. Fomin, A. Lovska, V. Masliyev, A. Tsymbaliuk, O. (2019). Burlutski 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, Issue 1 (97). P. 33–40.
15. S.M. Turpak, I.O. Taran, O.V. Fomin, O.O. Tretiak. (2018). Logistic technology to deliver raw material for metallurgical production.. Scientific Bulletin of National Mining University. Issue 1, p.162-169.
16. Fomin, Oleksij, Juraj Gerlici, Alyona Lovska, Kateryna Kravchenko, Pavlo Prokopenko, Anna Fomina, and Vladimir Hauser. (2019) Durability Determination of the Bearing Structure of an Open Freight Wagon Body Made of Round Pipes during its Transportation on the Railway Ferry. Communications-Scientific letters of the University of Zilina 21, no. 1. 28-34.

*В описанном материале изложена процедура оценки прочности несущих конструкций полувагона с учетом их деграцийных изменений после длительной эксплуатации теоретическим и экспериментальным методом, проведены расчеты несущих конструкций грузового полувагона с имитацией сносов характерных после эксплуатации и контрольные испытания грузового вагона со сроком службы, больше установленного производителем. В рамках данной работы разработана конечно-элементная модель несущей конструкции грузового вагона с учетом фактических толщин вагона после длительного срока эксплуатации. Выполнение данной работы позволит оценить ресурс и прочность несущих конструкций полувагона. Проведенные теоретические исследования по оценке ресурса несущих конструкций полувагона. В последний период происходит износ эксплуатационного парка грузовых вагонов. В настоящее время на железных дорогах Украины эксплуатируются полувагоны различных моделей и модификаций с сроком службы 22 г. И больше. Проведенный анализ несущих конструкций полувагонов указывает на то, что большая их часть находится в удовлетворительном техническом состоянии. Финансирование для закупки новых грузовых вагонов для обеспечения бесперебойного выполнения грузовых перевозок железнодорожным транспортом в настоящее время недостаточно, что в свою очередь актуализирует комплекс работ по исследованию и оценке остаточного ресурса и возможности продления эксплуатации вагонов на железных дорогах Украины. Но определение возможности эксплуатации вагонов требует теоретических и экспериментальных подтверждений. Цель данной работы - описание процесса и результата комплексных исследований грузового вагона с определением характеристик прочности несущих конструкций вагона, остаточного ресурса и возможности продления срока его службы. Чтобы достичь поставленной цели были определены и решены следующие задачи: проанализированы техническое состояние полувагона, определена скорость коррозии несущих элементов вагона, проведен комплекс испытаний грузового вагона составлял: ударные испытания, оценку частот колебаний.*

**Ключевые слова:** полувагон, несущие конструкции, рама, хребтовая балка, ударные испытания, расчеты, ресурс, срок службы.

*The described material describes the procedure for assessing the strength of the open wagon supporting structures, taking into account their degradation changes after long-term operation, by a theoretical and experimental method, calculations of the load-carrying structures of a freight gondola car with imitation of demolitions typical after operation and control tests of a freight car with a service life longer than that established by the manufacturer. Within the framework of this work, a finite-element model of the load-carrying structure of a freight car has been developed, taking into account the actual thickness of the car after a long service life. The implementation of this work will make it possible to assess the resource and strength of the gondola car supporting structures. Conducted theoretical studies to assess the service life of the open wagon bearing structures. In the last period, the wear of the operating fleet of freight cars has occurred. Currently, gondola cars of various models and modifications with a service life of 22 g and more are operated on the railways of Ukraine. The analysis of the supporting structures of gondola cars indicates that most of them are in satisfactory technical condition. Funding for the purchase of new freight cars to ensure the uninterrupted performance*

*of freight transportation by rail is currently insufficient, which in turn actualizes the complex of works on the study and assessment of the residual resource and the possibility of extending the operation of cars on the railways of Ukraine. But the determination of the feasibility of the carriages operation requires theoretical and experimental confirmation. The purpose of this work is to describe the process and the result of complex studies of a freight car with the determination of the characteristics of the strength of the load-bearing structures of the open wagon, the residual resource and the possibility of extending its service life. To achieve the set goal, the following tasks were identified and solved: the technical condition of the gondola car was analyzed, the corrosion rate of the load-carrying elements of the car was determined, a complex of tests of the freight car was carried out: shock tests, assessment of vibration frequencies.*

**Key words:** *open wagon, supporting structures, frame, center beam, impact tests, calculations, resource, service life.*

**Фомін О.В.** – д.т.н., проф. кафедри «Вагони та вагонне господарство» ДУІТ, м. Київ.

**Прокопенко П.М.** – аспірант кафедри «Вагони та вагонне господарство» ДУІТ, м. Київ.

**Горбунов М.І.** – д.т.н., професор, зав. кафедри Залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин Східноукраїнського національного університету імені В. Даля.

**Кара С.В.** – к. т. н., начальник управління інжинірингу філії «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут залізничного транспорту» АТ «Укрзалізниця».

**Фомін В.В.** – к.т.н., начальник виробничого відділу філії «Панютинський вагоноремонтний завод» АТ «Укрзалізниця».