

В.В. Федоров

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування», вул. І. Приходька, 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-13-84, E-mail: f.vladimir.ua@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0963-7265>

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ НЕСНИХ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ ВАГОНІВ-ХОПЕРІВ ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ОХОЛОДЖЕНОГО КОКСУ

В статті проаналізовано експлуатаційний парк вагонів-хоперів для перевезення охолодженого коксу на коксохімічних промислових підприємствах. Визначено, що на даний час основу цього експлуатаційного парку складають вагони-хопери для перевезення охолодженого коксу моделей 22-4070 та 22-1764 побудови ПАТ «Дніпровагонмаш» та ПАТ «Азовзагальмаш» відповідно, що виступили призначений нормативний строк служби та перевищують його більше ніж у 1,5 рази.

Проведено науково-експериментальні дослідження технічного стану вагонів-хоперів для перевезення охолодженого коксу, їх несних металоконструкцій та кузовів з метою визначення фактичного залишкового ресурсу та прийняття обґрунтованого рішення про можливість проведення ремонту з подовженням строку експлуатації обстежених вагонів.

Встановлено, що елементи несної металоконструкції та кузова обстежених вагонів в значній мірі мають ознаки корозійних пошкоджень, а не механічних. Виявлено значні корозійні пошкодження нижньої обв'язки та елементів обшиви кузова у деяких з обстежуваних вагонів-хоперів. За результатами виконаних досліджень оформлено 29 технічних рішень, згідно яких частина вагонів була виключена з експлуатаційного парку в переважній більшості через наявні корозійні пошкодження. При цьому значно більша частина обстежуваних вагонів, їх несні металоконструкції та кузова, знаходиться у задовільному технічному стані та має незначні пошкодження механічного та корозійного характеру.

Обґрунтовано можливість проведення вагонам-хоперам для перевезення охолодженого коксу, капітальний ремонт з подовженням строку експлуатації на 5 років за результатами виконання науково-експериментальних досліджень.

В подальшому результати цієї роботи можуть бути використані під час удосконалення конструкції вантажних вагонів для перевезення охолодженого коксу або їх окремих комплектуючих.

Ключові слова: вагон-хопер, експлуатаційний парк, залишковий ресурс, несна металоконструкція, строк служби.

© Федоров В.В., 2024

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Вступ та постановка проблеми. Кокс – вид твердого палива, яке одержують нагріванням кам'яного вугілля, торфу тощо до високих температур без доступу повітря. Найчастіше застосовують кокс з кам'яного вугілля - твердий поруватий міцний вуглецевий продукт сірого кольору. Застосовують переважно як паливо й відновник у металургійній промисловості.

На залізницях промислових підприємств цей вид вантажу перевозиться спеціалізованими вагонами-хоперами в охолодженому стані за температури, що не перевищує 100 °С. Цей спеціалізований рухомий склад є дефіцитним та має нормативний строк служби 15 років, що обумовлює необхідність подовження йому строку служби як альтернативу закупівлі нового. Під час проведення науково-експериментальних досліджень щодо можливості подовження строку служби актуальним постає питання детального аналізу технічного стану несних металокопструкцій та кузовів цих вагонів.

Аналіз останніх досліджень. Подовження строку експлуатації залізничному вантажному рухомому складу, що вислужив призначений строк, є розповсюдженим явищем, що дозволяє зекономити значні обсяги коштів, запобігти різкому скороченню експлуатаційного парку та забезпечити стабільність залізничних перевезень. Цей напрям підтримання експлуатаційного парку обирають чимало залізниць різних країн. Наприклад, АТ «Укрзалізниця» внаслідок недостатнього фінансового забезпечення має сталу практику подовження строку експлуатації свого залізничного вантажного рухомого складу. Тому, науково-експериментальні дослідження у цьому напрямку останнім часом активно проводились, а їх результати опубліковані у багатьох наукових роботах.

Так, у статтях [1-3] наведено дослідження технічного стану універсальних напіввагонів. У роботах [4, 5] розглянуто питання щодо дослідження корозійних пошкоджень елементів конструкції напіввагонів та впливу вантажів, що перевозяться у цих вагонах, на швидкість корозійних процесів. У статтях [6, 7] наведено результати аналізу експлуатаційних відмов вагонів-хоперів для перевезення зерна до та після проведення модернізації рам. У роботі [8] визначено залишковий ресурс несної здатності металокопструкції вагона для перевезення зерна з вичерпаним строком служби. Роботи [9-11] присвячені дослідженням з аналізу пошкоджень і несправностей, визначення залишкового ресурсу та можливого удосконалення конструкції вагонів-думпкарів. Результати технічного обстеження вагонів-цистерн для перевезення нафтопродуктів висвітлені в роботі [12]. У статтях [13, 14] наведено результати досліджень щодо можливості подовження строку служби вагонам-хоперам для перевезення гарячих окатишів та агломерату.

Аналіз існуючих робіт свідчить, що ці дослідження стосувались переважно найбільш поширених типів вантажних вагонів та їх окремих елементів, як то напіввагонів, вагонів бункерного типу, вагонів-думпкарів, вагонів-цистерн тощо. При цьому науково-експериментальним дослідженням технічного стану спеціалізованих вагонів-хоперів для перевезення охолодженого коксу, які вислужили призначений нормативний строк служби, приділено недостатньо уваги. Тому виникла необхідність проведення таких досліджень.

Мета статті – проведення науково-експериментальних досліджень технічного стану вагонів-хоперів для охолодженого коксу, металокопструкцій рами та кузова з метою визначення фактичного залишкового ресурсу та прийняття обґрунтованого рішення про доцільність проведення ремонту з продовженням строку експлуатації обстежених вагонів.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Матеріал та результати досліджень. За результатами аналізу експлуатаційного парку промислових підприємств коксохімічної галузі встановлено, що на даний час основу цього парку складають вагони-хопери для перевезення охолодженого коксу моделей 22-4070 та 22-1764 виробництва ПАТ «Дніпровагонмаш» та ПАТ «Азовзгальмаш» відповідно, що виступили призначений нормативний строк служби та перевищують його більше ніж у 1,5 рази. Зовнішній вигляд вагонів для перевезення охолодженого коксу моделей 22-4070 та 22-1764 зображено на рис. 1. Технічні характеристики зазначених моделей вагонів, наведено в таблиці 1.



а)



б)

Рис. 1. Вагони-хопери для перевезення коксу моделей 22-7040 (а) та 22-1764 (б)

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Таблиця 1. – Основні технічні характеристики вагонів-хоперів

| Найменування характеристики | Модель вагона-хопера | |
|---|----------------------|--------------|
| | 22-7040 | 22-1764 |
| Вантажопідйомність, т | 61 | 61 |
| Об'єм кузова, м ³ | 130 | 130 |
| Маса тари вагона, т | 33 | 33 |
| Коефіцієнт тари | 0,545 | 0,545 |
| Питомий об'єм, м ³ /т | 2,131 | 2,131 |
| Розрахункове навантаження від колісної пари на рейку, кН (тс) | 230,5 (23,5) | 230,5 (23,5) |
| Погонне навантаження, кН/м (тс/м) | 51,0 (5,2) | 51,2 (5,22) |
| Ширина колії, мм | 1520 | 1520 |
| Конструкційна швидкість, км/год | 120 | 120 |
| База вагона, мм | 13600 | 13600 |
| Довжина по осях зчеплення, мм | 17820 | 17820 |
| Модель візка | 18-100 | 18-100 |
| Габарит по ГОСТ 9238 | 1-Т | 1-Т |
| Нормативний строк служби, років | 15 | 15 |
| Рік постановки на серійне виробництво | 1992 | 2005 |

У період з 2020 по 2021 роки спеціалістами Державного підприємства «Український науково-дослідний інститут вагонобудування» (ДП «УкрНДІВ») були проведені на під'їзних коліях регіональної філії «Придніпровська залізниця» та «Донецька залізниця» АТ «Укрзалізниця» науково-експериментальні дослідження 147 вагонів-хоперів для охолодженого коксу (технічне діагностування) зазначених виробників, побудованих у 1993-2006 роках.

В процесі технічного діагностування було виявлено основні несправності несних конструкцій та елементів кузова, визначено залишковий ресурс металоконструкцій кожного з обстежених вагонів-хоперів моделей 22-4070 та 22-1764. Виявлені характерні механічні та корозійні пошкодження досліджуваних вагонів-хоперів під час технічного діагностування, зображено на рис. 2.

За підсумками аналізу результатів технічного діагностування, оформлено 29 технічних рішень щодо можливості подальшої експлуатації вагонів-хоперів, згідно яких незначна частина з цих вагонів була виключена із інвентарного парку, а іншій (більшій частині) подовжено строк експлуатації. Результати проведених досліджень оброблялись та аналізувались, відповідно до вимог положень: ЦВ-0063 Правила виключення вантажних вагонів із інвентарного парку [15], Положення про продовження строку служби вантажних вагонів Укрзалізниці, затвердженого наказом Укрзалізниці від 21.05.2015 р. № 148-Ц/од) [16].

За результатами обстеження технічного стану вагонів було встановлено, що механічні пошкодження елементів металоконструкцій їх кузовів практично відсутні. При цьому були виявлені значні корозійні пошкодження нижньої об'язки та елементів обшиви кузова. Слід зазначити, що корозійні пошкодження бокових балок (нижньої об'язки) деяких вагонів перевищують 50 % (максимально зафіксовані корозійні пошкодження склали 62 %) від конструктивних розмірів, на ділянці дов-

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

жиною більше 500 мм. Згідно вимог [15] такі вагони мають бути виключені з інвентарного парку.



Рис. 2. Механічні та корозійні пошкодження вагонів-хоперів для перевезення охолодженого коксу

а – тріщина зварного шва з'єднання накладного листа та верхньої полки швелера хребтової балки;
б – корозійне пошкодження розвантажувального бункера; *в* – корозія обшиви кузова; *г* – тріщина бокової балки (нижньої об'язки), *д* – тріщина зварного шва з'єднання нижньої полки хребтової балки та нижнього листа шворневої балки, *е* – корозійне пошкодження балки пневмоциліндрів розвантажувального механізму

Загальний стан елементів несних конструкцій вагонів в цілому оцінювався як задовільний. Виявлені корозійні пошкодження основних несних елементів метало-конструкцій рами мають локальний характер та не перевищують, від номінальної

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

товщини елементів: балки хребтові 9 %, балки шворневі 12 %, балки проміжні 10 %, кінцеві балки 7 %.

Стосовно кузовів вагонів-хоперів було виявлено, що елементи конструкції мають корозійні пошкодження які не перевищують 15 % від конструкційних розмірів, а саме: стійки проміжні та шворневі 5 %, обв'язка верхня 12 %. Дослідження показали, що обшиви бокових (торцевих) стін та розвантажувальні бункери, мають найбільші механічні пошкодження та чисельну наскрізну корозію.

Таким чином, в цілому механічні пошкодження практично відсутні, а виявлені корозійні пошкодження основних несних елементів металоконструкцій та кузов переважно знаходяться на рівні допустимих та відповідають вимогам чинної нормативної документації. Проте деякі з обстежуваних вагонів були виключені з інвентарного парку через наявні значні наскрізні корозійні пошкодження нижньої обв'язки та обшиви кузова.

Висновки. За результатами технічного обстеження вантажних вагонів для перевезення охолодженого коксу визначено наступне.

1. Несні елементи металоконструкції переважно мають пошкодження локального характеру, що дозволяє подовжити строк експлуатації вагонам на 5 років за умови усунення виявлених пошкоджень під час назначеного виду ремонту, зазначених в технічних рішеннях.

2. Виключення з інвентарного парку вагонів виконувались через пошкодження або сукупність пошкоджень, які не гарантують безпечну експлуатацію вагонів. Згідно технічних рішень вагони виключались через корозійне пошкодження нижньої обв'язки вагона більше ніж 50% від конструктивних розмірів на ділянці довжиною більше 500 мм (максимальні корозійні пошкодження нижньої обв'язки склали 62 %).

3. Основні характерні пошкодження, що виявлені та зафіксовані під час технічного обстеження є: корозійне пошкодження нижньої обв'язки вагона; наскрізна корозія і тріщини листів обшиви стін вагона, бункерів та розвантажувальних люків; тріщини зварних швів з'єднань нижнього листа шворневої та нижньої полки швелера хребтової балки; тріщини зварних швів хребтової балки у зоні шворневого вузла; деформації стін вагона, стійок, кінцевих балок та обшиви.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мартинов І.Е., Шовкун В.О., Труфанова О.В., Литовченко О.М., Дмитренко М.В., Балашов О.О. Дослідження технічного стану універсальних напіввагонів. Збірник наукових праць УкрДУЗТ. 2024. Вип. 209. С. 66–75. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2015/55337>
2. Фомін О.В., Бурлуцький О.В. Аналіз та класифікація пошкоджень універсальних напіввагонів, які виникають за час їх життєвого циклу. Вісник Вінницького політехнічного інституту. Серія «Машинобудування і транспорт». 2012. № 4. С. 163-167.
3. Фомін О.В. Дослідження дефектів та пошкоджень несучих систем залізничних напіввагонів: монографія / О.В. Фомін. К.: ДЕДУТ, 2014. 299 с.
4. Федосов-Ніконов Д.В., Стринжа А.М., Шамшей Д.О., Полулях В.М. Дослідження корозійних пошкоджень елементів вагонів під час технічного діагностування. Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. 2019. № 3 (251). С. 181-184.
5. Буліч Д.І., Сапронова С.Ю., Ткаченко В.П., Кошель О.О. Дослідження корозійного зносу несучих металевих конструкцій вантажних вагонів під час проведення заходів щодо продовження терміну служби. Збірник наукових праць ДУІТ. Серія «Транспортні системи і технології». 2020. Вип. 36. С. 43–53. DOI: <https://doi.org/10.32703/2617-9040-2020-36-5>
6. Петренко В.О., Гордієнко Т.М. Експлуатаційні відмови вагонів-хоперів для перевезення зерна. Залізничний транспорт України. 2020. № 1. С. 40–49. DOI: <https://doi.org/10.34029/2311-4061-2020-134-1-40-49>

7. Петренко В.О. Аналіз відмов модернізованих рам вагонів для перевезення зерна моделі 19-752. Збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад». 2022. Вип. 25. С. 144–152. DOI: <https://doi.org/10.47675/2304-6309-2022-25-144-152>
8. Фомін О.В., Прокопенко П.М., Швець А.О., Лахай О.І., Свідерський Р.В. Визначення залишкового ресурсу несучої здатності базової конструкції вагона-зерновоза з протермінованим строком служби. Вісник сертифікації залізничного транспорту. 2019. № 05 (57). С. 5–18.
9. Кошель О.О., Сапронова С.Ю., Буліч Д.І., Ткаченко В.П. Визначення залишкового ресурсу несучих металевих конструкцій вагонів хопер-дозаторів (самоскидів) на основі результатів технічного діагностування та типових випробувань. Збірник наукових праць ДУІТ. Серія «Транспортні системи і технології». 2020. Вип. 35. С. 14–23. DOI: <https://doi.org/10.32703/2617-9040-2020-35-2>
10. Сулим А.О., Хозя П.О., Стринжа А.М., Речкалов В.С., Федоров В.В. Шляхи та перспективи удосконалення вагонів-думпкарів, призначених для експлуатації магістральними коліями 1520 мм. Збірник наукових праць ДУІТ. Серія «Транспортні системи і технології». 2022. Вип. 39. С. 51–65. DOI: <https://doi.org/10.32703/2617-9040-2022-39-6>
11. Сулим А.О., Стринжа А.М., Бородай О.О., Федоров В.В. Технічні характеристики та шляхи удосконалення вагонів-думпкарів для промислового транспорту. Збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад». 2021. Вип. 23. С. 54–73. DOI: <https://doi.org/10.47675/2304-6309-2021-23-54-73>
12. Федосов-Ніконов Д.В., Шушмарченко В.О., Полулях В.М., Бородай О.О. Результати технічного обстеження вагонів-цистерн для перевезення нафтопродуктів. Матеріали конференції: II Міжнародна науково-практична конференція «Актуальні проблеми і перспективи інноваційного розвитку економіки та техніки в умовах інтеграції України в Європейський науково-виробничий простір». Кременчук, 09 червня 2022 року. Кременчук: ДП «УкрНДІВ», 2022. С. 54-57.
13. Анофрієв В.Г., Рейдемейстер А.Г., Калашник В.А., Кулешов В.П. К вопросу продления полезного срока службы вагонов для перевозки окатышей. Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. 2016. № 3 (63). С. 148–160. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2016/74749>
14. Ільчишин В.В., Стринжа А.М., Федосов-Ніконов Д.В. Обстеження технічного стану та контрольні випробування вантажних вагонів. Збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад». 2016. Вип. 13. С. 49–51.
15. ЦВ-0063. Правила виключення вантажних вагонів з інвентарного парку, затвердженого наказом Укрзалізниці від 11.05.2005 № 151-ЦЗ, Київ, 2005. 38 с.
16. Положення про продовження строку служби вантажних вагонів Укрзалізниці, затвердженого наказом Укрзалізниці від 21.05.2015 р. № 148-Ц/од. Київ, 2015. 6 с.

V.V. Fedorov

State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»,
33 I. Prykhodka Str., Kremenchuk, Poltava region, Ukraine, 39621
Tel: (05366) 6-13-84, E-mail: f.vladimir.ua@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0963-7265>

STUDY OF THE TECHNICAL CONDITION OF THE LOAD-BEARING METAL STRUCTURES OF HOPPER CARS FOR THE TRANSPORTATION OF COOLED FOUNDRY COKE

The article analyzes the operating fleet of hopper cars for the transportation of cooled foundry coke at coke-chemical industrial enterprises. It has been determined that currently the basis of this operational fleet is made up of hopper cars for the transportation of cooled coke models 22-4070 and 22-1764 built by PJSC Dneprovagonmash and PJSC Azovzagalmash, respectively, which have served their designated standard service life and exceed it by more than 1.5 times.

Scientific and experimental studies of the technical condition of hopper cars for transportation of cooled coke, their load-bearing metal structures and bodies were carried out to determine the actual residual lifetime and make an informed decision on the possibility of repairing and extending the service life of the cars under study.

It was found that the elements of the bearing metal structure and body of the examined rail cars largely show signs of corrosion damage rather than mechanical damage. Significant corrosion damage to the side sill and body lining elements of some of the examined hopper cars was defined. Based on the results of the research, 29 technical decisions were made, according to which some of the hopper cars were excluded from the operating fleet in the vast majority due to corrosion damage. At the same time, a much larger part of the examined railcars, their load-bearing metal structures and bodies, are in satisfactory technical condition and have minor mechanical and corrosion damage.

The possibility of overhauling the hopper cars for the transportation of cooled foundry coke with an extension of the service life by 5 years based on the results of scientific and experimental studies has been substantiated.

In the future, the results of this work can be used to improve the design of freight cars for the transportation of cooled coke or their individual components.

Key words: hopper car, operating fleet, residual lifetime, non-steel metal structure, service life.

REFERENCES

1. Martynov, I.E., Shovkun, V.O., Trufanova, O.V., Lytovchenko, O.M., Dmytrenko, M.V., & Balashov, O.O. (2024). Doslidzhennia tekhnichnoho stanu universalnykh napivvahoniv [Study of the technical condition of universal gondola cars]. *Zbirnyk naukovykh prats UkrDUZT - Collection of scientific works of UkrDUZT*, 209, 66–75. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2015/55337> [in Ukrainian]
2. Fomin, O.V., & Burlutskyi, O.V. (2012). Analiz ta klasyfikatsiia poskodzhen universalnykh napivvahoniv, yaki vynykaiut za chas yikh zhyttievoho tsykladu [Analysis and classification of damage to universal gondola cars that occur during their life cycle]. *Visnyk Vinnytskoho politekhnichnoho instytutu. Seriya «Mashynobuduvannia i transport» - Bulletin of Vinnytsia Polytechnic Institute. Series “Mechanical Engineering and Transport”*, 4, 163-167 [in Ukrainian]
3. Fomin, O.V. (2014). Doslidzhennia defektiv ta poskodzhen nesuchykh system zaliznychnykh napivvahoniv [Study of defects and damage to the bearing systems of railway gondola cars]. *Monograph*. Kyiv: DETUT [in Ukrainian]
4. Fedosov-Nikonov, D.V., Strynzha, A.M., Shamshei, D.O., & Poluliakh, V.M. (2019). Doslidzhennia koroziiynykh poskodzhen elementiv vahoniv pid chas tekhnichnoho diahnostuvannia [Study of corrosion damage to railroad car elements during technical diagnostics]. *Visnyk Skhidnoukrainskoho natsionalnoho universytetu imeni Volodymyra Dalia - Bulletin of the East Ukrainian National University named after Volodymyr Dahl*, 3 (251), 181-184 [in Ukrainian]
5. Bulich D.I., Sapronova S.Iu., Tkachenko V.P., & Koshel O.O. (2020). Doslidzhennia koroziiynoho znosu nesuchykh metalevykh konstrukttsii vantazhnykh vahoniv pid chas provedennia zakhodiv shchodo prodovzhennia terminu sluzhby [Study of corrosion wear of bearing metal structures of freight cars during measures to extend the service life]. *Zbirnyk naukovykh prats DUIT. Seriya «Transportni systemy i tekhnolohii» - Collection of scientific papers of the DUIT. Series “Transport systems and technologies”*, 36, 43–53. DOI: <https://doi.org/10.32703/2617-9040-2020-36-5> [in Ukrainian]
6. Petrenko, V.O., & Hordiienko, T.M. (2020). Ekspluatatsiini vidmovy vahoniv-khoperiv dlia perevezennia zerna [Operational failures of hopper cars for grain transportation]. *Zaliznychnyi transport Ukrainy - Railway transport of Ukraine*, 1, 40–49. DOI: <https://doi.org/10.34029/2311-4061-2020-134-1-40-49> [in Ukrainian]
7. Petrenko, V.O. (2022). Analiz vidmov modernizovanykh ram vahoniv dlia perevezennia zerna modeli 19-752 [Failure analysis of modernized frames of grain carriages of model 19-752]. *Zbirnyk naukovykh prats «Reikovy i rukhomiy sklad» - Collection of scientific papers “Rail rolling stock”*, 25, 144–152. DOI: <https://doi.org/10.47675/2304-6309-2022-25-144-152> [in Ukrainian]

8. Fomin, O.V., Prokopenko, P.M., Shvets, A.O., Lakhai, O.I., & Sviderskyi, R.V. (2019). Vyznachennia zalyskovooho resursu nesuchoi zdatnosti bazovoi konstruktсии vahona-zernovoza z proterminovanyim strokom sluzhby [Determination of the residual resource of the bearing capacity of the basic structure of a grain car with an extended service life]. *Visnyk sertyfikatsii zaliznychnoho transportu - Bulletin of Railway Transport Certification*, 05 (57), 5–18 [in Ukrainian]
9. Koshel, O.O., Saproнова, S.Iu., Bulich, D.I., & Tkachenko, V.P. (2020). Vyznachennia zalyskovooho resursu nesuchykh metalevykh konstruktсии vahoniv khoper-dozatoriv (samoskydiv) na osnovi rezultativ tekhnichnoho diah-nostuvannia ta typovykh vyprovuban [Determination of the residual life of load-bearing metal structures of hopper cars (dump trucks) based on the results of technical diagnostics and typical tests]. *Zbirnyk naukovykh prats DUIT. Serii «Transportni systemy i tekhnolohii» - Collection of scientific papers of the DUIT. Series “Transport systems and technologies”*, 35, 14–23. DOI: <https://doi.org/10.32703/2617-9040-2020-35-2> [in Ukrainian]
10. Sulym, A.O., Khozia, P.O., Strynzha, A.M., Rechkalov, V.S., & Fedorov, V.V. (2022). Shliakhy ta perspektyvy udoskonalennia vahoniv-dumpkariv, pryznachenykh dlia ekspluatatsii mahistralnykh koliiamy 1520 mm. [Ways and prospects for improving dump cars intended for operation on 1520 mm mainline gauge]. *Zbirnyk naukovykh prats DUIT. Serii «Transportni systemy i tekhnolohii» - Collection of scientific papers of the DUIT. Series “Transport systems and technologies”*, 39, 51–65. DOI: <https://doi.org/10.32703/2617-9040-2022-39-6> [in Ukrainian]
11. Sulym, A.O., Strynzha, A.M., Borodai, O.O., & Fedorov, V.V. (2021). Tekhnichni kharakterystyky ta shliakhy udoskonalennia vahoniv-dumpkariv dlia promyslovooho transportu [Technical characteristics and ways to improve dump cars for industrial transport]. *Zbirnyk naukovykh prats «Reikovy rukhomiy sklad» - Collection of scientific papers “Railbound rolling stock”*, 23, 54–73. DOI: <https://doi.org/10.47675/2304-6309-2021-23-54-73> [in Ukrainian]
12. Fedosov-Nikonov, D.V., Shushmarchenko, V.O., Poluliakh, V.M., & Borodai, O.O. (2022). Rezultaty tekhnichnoho obstezhennia vahoniv-tsystern dlia perevezennia naftoproduktiv [Results of technical inspection of tank cars for the transportation of oil products]. *Proceedings from II Mizhnarodna nauково-praktychna konferentsiia «Aktualni problemy i perspektyvy innovatsiinooho rozvytku ekonomiky ta tekhniky v umovakh intehtratsii Ukrainy v Yevropeiskyi nauково-vyrobnychiy prostir» - II International Scientific and Practical Conference “Actual problems and prospects of innovative development of economy and technology in the context of Ukraine’s integration into the European Scientific and Production Area”* (pp. 54-57). Kremenchuk: DP «UkrNDIV» [in Ukrainian]
13. Anofriev, V.H., Reidemeister, A.H., Kalashnik, V.A., & Kuleshov, V.P. (2016). K voprosu prodleniia poleznogo stroka sluzhby vagonov dlia perevozki okatyshei [On the issue of extending the useful life of wagons for the transportation of pellets]. *Nauka ta prohres transportu. Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transport - Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipro National University of Railway Transport*, 3 (63), 148 – 160. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2016/74749> [in Russian]
14. Ilchyshyn, V.V., Strynzha, A.M., & Fedosov-Nikonov, D.V. (2016). Obstezhennia tekhnichnoho stanu ta kontrolni vyprovubannia vantazhnykh vahoniv [Inspection of the technical condition and routine tests of freight cars]. *Zbirnyk naukovykh prats «Reikovy rukhomiy sklad» - Collection of scientific papers «Railbound rolling stock»*, 13, 49–51 [in Ukrainian]
15. Pravyly vykliuchennia vantazhnykh vahoniv z inventarnoho parku, zatverdzenoho nakazom Ukrzaliznytsi № 151-TsZ [Rules for the exclusion of freight cars from the inventory fleet, approved by the order of Ukrzaliznytsia № 151-TsZ]. (2005). *TsV-0063 from 11th of May 2005*. Kyiv [in Ukrainian]
16. Polozhennia pro prodovzhennia stroku sluzhby vantazhnykh vahoniv Ukrzaliznytsi, zatverdzenoho nakazom Ukrzaliznytsi № 148-Ts/od. [Regulation on the extension of the service life of freight cars of Ukrzaliznytsia, approved by the order of Ukrzaliznytsia № 148-Ts/od] (2015). Kyiv [in Ukrainian].