



УДК 629.463.65+629.463.66

БЛОЧНО-ІЄРАРХІЧНА СТРУКТУРА ОКАТИШЕВОЗІВ

Фомін О.В., докт. техн. наук, професор, Державний університет інфраструктури та технологій, м. Київ, Горбунов М.І., докт. техн. наук, професор, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, м. Сєвєродонецьк, Фомін В.В., канд. техн. наук, філія «Панютинський вагоноремонтний завод» АТ «Укрзалізниця», Швець А.О., провідний інженер, Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, м. Дніпро, Мельник О.В., студент, Державний університет інфраструктури та технологій, м. Київ, Україна

Fomin O., Doctor of Technical Sciences, Professor, State University of Infrastructure and Technologies, Kyiv, Gorbunov M.I. Doctor of Technical Sciences, Professor, East Ukrainian Volodymyr Dahl National University, Sievierodonetsk, Fomin V., Ph.D., PANYUTYN CAR REPAIR PLANT BRANCH OF UKRZALIZNYTSIA JSC, Shvets A., Senior Engineer, Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Dnipro, Melnik O., students, State University of Infrastructure and Technologies, Kyiv

У статті представлено запропоноване авторами формалізоване описання конструкції напіввагонів-хоперів для гарячих окатишів та агломерату у вигляді блочно-ієрархічної схеми та приклад його використання.

Ключові слова: напіввагон-хопер для гарячих окатишів та агломерату, оптимізаційне проектування, блочно-ієрархічна схема.

Постановка проблеми і аналіз результатів останніх досліджень. Для підвищення рентабельності роботи та конкурентоспроможності залізничного транспорту України Державною цільовою програмою реформування залізничного транспорту на 2010-2015 роки, затвердженою розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 року №1390 та Стратегією розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року, яку схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 року №1555-р. ставиться завдання оновлення парку вантажних транспортних засобів, зокрема шляхом створення рухомого складу нового покоління та поліпшення існуючих конструкцій. При цьому найбільша частка рухомого складу залізниць України належить вантажним вагонам, серед яких більша частина це – напіввагони [1,2, 10-14], які призначені для перевезення насипних та штучних вантажів, які не вимагають захисту від атмосферних опадів.

Парк напіввагонів об'єднує універсальні та спеціалізовані їх типи [3-7]. Універсальні напіввагони призначені для перевезення широкої номенклатури насипних, штучних та штабельних вантажів. Спеціалізовані напіввагони призначені для перевезення окремих

вантажів або груп вантажів. Одним із найбільш специфічних вантажів, які перевозяться залізничними спеціалізованими напіввагонами є гарячі окатиші та агломерат. Особливостями перевезення останніх є висока температура вантажу при завантаженні (біля 700°C) та розвантаження безпосередньо у бункери доменної печі. З урахуванням зазначених особливостей було спроектовано спеціалізований напіввагон-хопер для перевезення гарячих окатишів та агломерату (рис.1), особливостями конструкції якого є те, що обшиву кузова виконано із наборних панелей, які не мають жорсткого з'єднання з каркасом, торцеві стіни похилі, система розвантаження механізована.

Поряд із сказаним призначений термін служби напіввагонів-хоперів для гарячих окатишів та агломерату (окатишевозів) становить лише 16 років, до того ж в останній час у відповідності до [\[www.ukrstat.gov.ua\]](http://www.ukrstat.gov.ua) спостерігається чітка тенденція зростання обсягів перевезень гарячих окатишів та агломерату (тільки за 2010р. їх об'єм перевезень у порівнянні з 2009р. зріс на 16 %). Вищевказане аргументує необхідність постійного оновлення та збільшення парку окатишевозів. На сьогоднішній день основними вагонобудівними підприємствами, які виготовляють такі спеціалізовані напіввагони-хопери на території України є – ВАТ "Крюківський вагонобудівний завод", ВАТ "Днепрвагонмаш", ДП «Укрспецвагон». В Росії – ВАТ "Алтайвагон", ВАТ "НБК"Уралвагонзавод".

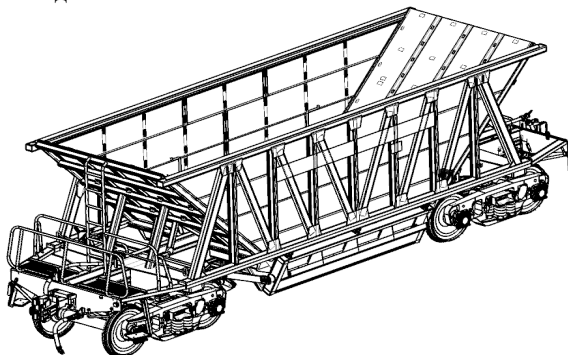


Рис.1 Напіввагон-хопер для перевезення гарячих окатишів та агломерату моделі 20-9749

Разом з цим, відповідно до зазначених вище Державних цільових програм та у зв'язку з необхідністю підвищення конкурентоспроможності вітчизняного рухомого складу необхідно створювати моделі окатишевозів з поліпшеними техніко-економічними показниками: зменшеними тарою, собівартістю виготовлення та експлуатації, збільшеними вантажопідйомністю, навантажувальним об'ємом кузова, призначеним терміном служби і т.д. На сучасному рівні вирішення таких актуальних науково-прикладних завдань потребує розробки та використання нових підходів та методів для проектування окатишевозів на основі теорії оптимізації. При цьому вузловим питанням є створення формалізованих описань [4-6, 13-18]

конструкції напіввагонів-хоперів для гарячих окатишів та агломерату, але аналіз чисельної науково-технічної літератури з профілю питань, що розглядаються засвідчив про відсутність таких описань.

Мета статті та викладення основного матеріалу. В статті представлено запропонований авторами новий підхід до формалізованого описання конструкції залізничних напіввагонів-хоперів для гарячих окатишів та агломерату, розроблений на основі використання принципів ієрархічності та декомпозиції (блочності). Використання принципу ієрархічності передбачає структурування опису конструкції окатишевозу за ступенем детальності з виділенням окремих ієрархічних рівнів. Застосування принципу декомпозиції забезпечує розділення описів конструкції вагона на кожному ієрархічному рівні на ряд відповідних блоків (конструкційних модулів) з можливостями їхнього роздільного проектування та дослідження. Вищезазначені принципи в повній мірі віддзеркалюються у блочно-ієрархічній моделі окатишевозу, яка найбільш часто представляється у вигляді відповідної схеми, і є основою формалізованого описання його конструкції.

На основі запропонованого авторами підходу були розроблені блочно – ієрархічні схеми напіввагонів-хоперів для гарячих окатишів та агломерату. Для конкретизації викладення матеріалу далі використовується блочно-ієрархічна схема (рис.2) напіввагону-хопера для гарячих окатишів та агломерату моделі 20-9749 [7,8, 15-18].

Як видно з рис.2 формалізоване описання конструкції окатишевозу моделі 20-9749 передбачає виділення трьох ієрархічних рівнів:

Рівень 1 – містить основні модулі конструкції вагону;

Рівень 2 – містить декомпозиційні елементи складових модулів конструкції першого рівня;

Рівень 3 – містить декомпозиційні складові другого ієрархічного рівня, які розглядаються як базові елементи конструкції (описи яких умовно не підлягають подальшому розподілу).

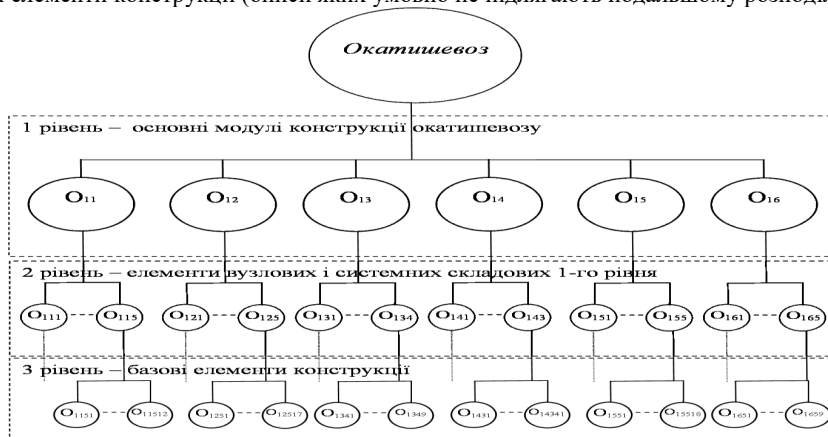


Рис.2 Блочно-ієрархічна схема напіввагону-хопера для гарячих окатишів та агломерату моделі 20-9749

До першого ієрархічного рівня віднесено такі основні модулі конструкції напіввагону-хопера для гарячих окатишів та агломерату моделі 20-9749: модуль кузова O_{11} , модуль рами O_{12} , модуль автозчепного пристрою O_{13} , модуль гальмівного обладнання O_{14} , модуль ходової (екіпажної) частини O_{15} , модуль розвантажувального устаткування O_{16} . Для усіх моделей окатишевозів, що досліджувались перший рівень блочно-ієрархічного описання однаковий за складом.

Основу другого ієрархічного рівня складають укрупнені декомпозиційні елементи кожного модуля першого рівня. У якості таких елементів для **модуля кузова O_{11}** (рис.2) розглядаються - стіна бокова O_{111} , стіна торцева O_{112} , вузол огороження, підніжок та дробин O_{113} , комплекс посилення та з'єднання елементів кузова O_{114} , вузол кріплення кришки люка O_{115} . Конструкцію цього модуля представлено на рис.3.

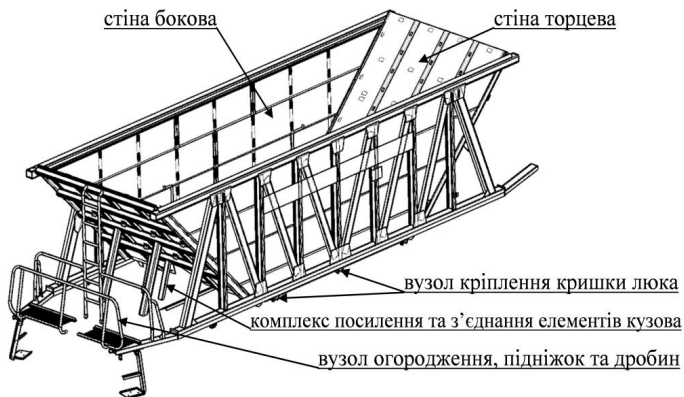


Рис. 3 Конструкція модуля кузова

Модуль рами O_{12} (рис.2) на другому ієрархічному рівні представлений такими елементами: балка хребтова O_{121} , балка шворнева O_{122} , балка проміжна O_{123} , балка кінцева O_{124} , вузол бункеру O_{125} . Креслення модуля рами наведено на рис.4.



Рис. 4 Конструкція модуля рами

Для модуля автозчепного пристрою O_{13} (рис.2) вузловими елементами є – корпус з механізмом O_{131} , розчіпний привод O_{132} , ударно-центруючий прилад O_{133} , упруге обладнання O_{134} . Для модуля гальмівного обладнання O_{14} - автогальмо O_{141} , важільна передача O_{142} , гальмо стоянкове O_{143} . Для модуля ходової частини O_{15} - колісна пара O_{151} , вузол боковини O_{152} , буксовий вузол O_{153} , вузол надресорної балки O_{154} , гальмове обладнання O_{155} . Для модуля розвантажувального устаткування O_{16} – механізм керування розвантаженням O_{161} , вузол пневматичної системи розвантаження O_{162} , вузол важільного обладнання O_{163} , вузол системи змащування O_{164} , вузол кришки люка O_{165} . На рис.5 представлено конструкцію модуля розвантажувального устаткування.

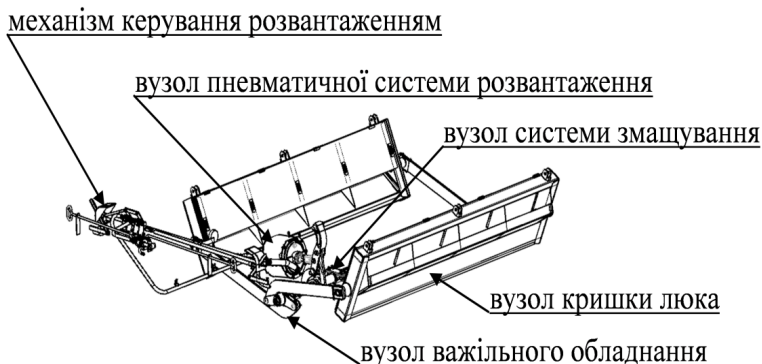


Рис.5 Конструкція модуля розвантажувального устаткування

Третій ієрархічний рівень розробленої блочно-ієрархічної моделі (рис.2) складається з базових елементів конструкції відповідних вузлів другого рівня. Таких декомпозиційних елементів блочно – ієрархічна схема конструкції окатишевозу налічує 375 одиниць, тому в статті у якості прикладу третього ієрархічного рівня наведено декомпозиційний склад тільки шворневої балки O_{122} , який детально зображено на рис.6 у загальній схемі модуля рами O_{12} .

Представлений на рис.6 декомпозиційний склад шворневої балки O_{122} включає шість наступних базових елементів: лист вертикальний O_{1221} , лист шворневий верхній O_{1222} , лист шворневий нижній O_{1223} , діафрагма O_{1224} , планка O_{1225} , ковзун O_{1226} .

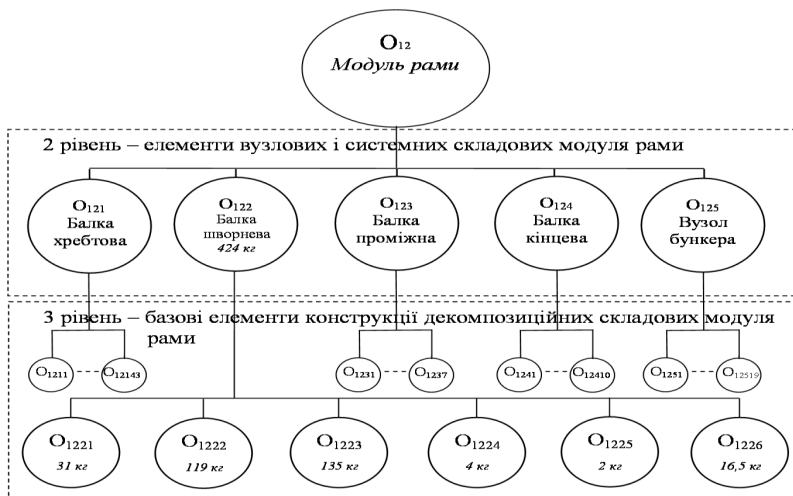


Рис.6 Загальна схема модуля рами O_{12}

Слід відмітити, що загальна конструкція залізничного напіввагону-хопера для гарячих окатишів та агломерату моделі 20-9749 налічує 2787 базових елементів. При цьому в розробленій та представленій блочно – ієрархічній схемі (рис.2) елементи, що дублюються наведені тільки по одному. Наприклад в описанні модуля рами O_{12} наведена тільки одна балка шворнева O_{122} , а в її описанні на третьому ієрархічному рівні розглядається один лист вертикальний O_{1221} з чотирьох. Це необхідно враховувати при вирішенні задач оптимізації конструкції окатишевозів, які спрямовані наприклад на зменшення їх матеріалоємності.

Розроблену блочно-ієрархічну схему окатишевозу було використано при проведенні попередніх оптимізаційних робіт зі зменшення їх тари. Для цього було розроблено математичне описання формування матеріалоємності [9, 14-16] конструкції окатишевозу досліджуваної моделі. Завдяки аналізу розробленого описання було визначено складові модулів кузова, рами, розвантажувального устаткування за рахунок модернізації яких доцільно знижувати загальну матеріалоємність конструкції. Для прикладу у статті представлено математичне описання формування матеріалоємності вузла балки шворневої.

У загальному вигляді формула для визначення матеріалоємностей елементів другого (вузлового) ієрархічного рівня має вид:

$$m_{O_{ijk}} = \sum_{m=1}^a V_{ijkm} \cdot \rho \cdot \eta_m + \sum_{m=1}^a \sum_{i,j,k} S_{ijkm} \cdot l_m \cdot \rho, \quad (1)$$

де $m_{O_{ijk}}$ – матеріалоємність конструкційного блока (вузла) другого ієрархічного



рівня, що розглядається;

$\sum_{m=1}^a V_{ijkm} \cdot \rho \cdot n_m$ – сумарна матеріалоемність базових елементів, які входять до складу

відповідного вузла;

V_{ijkm} – об'єм базової m -ої складової; i, j, k, m – рівнево-позиційні індекси, які відповідають шифру досліджуваної складової блочно-ієрархічної схеми (i – відповідає порядковому номеру досліджуваного варіанту конструкції окатишевозу; j – відповідає позиційному номеру модуля формалізованого описання, до складу якого входить складова, що досліджується; k – відповідає порядковому номеру вузла у складі відповідного модуля; m – відповідає порядковому номеру базового елемента, який входить до складу відповідного вузла).

a – кількість базових елементів, які входять до складу відповідного вузла;

ρ – питома вага конструкційного матеріалу, із якого виготовлено елемент;

n_m – кількість однойменних m -их базових елементів у вузлі, що досліджується;

$\sum_{m=1}^a S_{ijkm} \cdot l_m \cdot \rho$ – маса зварювальних швів які утворюються при складанні

досліджуваного вузла із базових елементів;

S_{ijkm} – площа m -го типу шву, який використовується при складанні досліджуваного

вузла;

a – змінюється в залежності від кількості типів зварювальних швів, які використовуються при складанні відповідного вузла,

l_m – довжина m -го шву.

Для визначення матеріалоемності вузла балки шворневої описання прийме вид:

$$m_{012} = \sum_{m=1}^6 V_{112m} \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} \cdot n_m + \sum_{m=1}^3 S_{112m} \cdot l_m \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 424,5 \text{ кг.}$$

Попередні дослідження розробленого описання дозволили виявити складові вузла балки шворневої за рахунок удосконалення яких доцільно знижувати тару окатишевозу. Наприклад завдяки поліпшенню його вертикальних та горизонтальних листів, можна знизити загальну тару напіввагону більш ніж на 170 кг, що забезпечить збільшення маси перевозимого вантажу у складі поїзда з 60-ти таких вагонів на 10,4 т.

Ця публікація виконана по результатам виконання проєкту: « Розроблення концептуальних засад для відновлення ефективного функціонування застарілих вантажних вагонів (*Development of conceptual frameworks for restoring the efficient operation of obsolete freight cars*)» (Ресстраційний номер проєкту: 2020.02/0122), фінансування якого здійснюється Національним фондом досліджень України за кошти державного бюджету.

Висновки і рекомендації щодо подальшого використання. В статті авторами запропоновано формалізоване описання конструкції залізничних напіввагонів-хоперів для гарячих окатишів та агломерату у вигляді блочно-ієрархічної схеми. Розроблене описання доцільно використовувати при проектуванні нових та удосконаленні вже існуючих моделей цих спеціалізованих напіввагонів з метою поліпшення їх техніко-економічних показників.

Приведений у роботі практичний приклад використання запропонованого формалізованого описання окатишевозів засвідчив про доцільність його використання при вирішенні актуальних науково-прикладних задач з удосконалення їх конструкції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Фомін, О.В. Модернізація елементів стіни бокової універсальних напіввагонів вітчизняного виробництва [Текст] / О.В. Фомін // Зб. наук. праць. – Донецьк: ДонІЗТ, 2011. – Вип. №26.- С.111-115.
2. Динамика грузовых вагонов с учетом поперечного смещения тележек / Н. И. Луханин, С. В. Мямлин, Л. А. Недужая, А. А. Швец // Зб. наук. праць Донецького інституту заліз. тр-ту. – Донецьк, 2012. – Вип. 29. – С. 234–241.
3. 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 [Text] / 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. doi: 10.15587/1729-4061.2019.154282
4. 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.
5. Fomin, O. Determining the dynamic loading on a semi-wagon when fixing it with a viscous coupling to a ferry deck [Text] / O. Fomin, A. Lovska, I. Kulbovskiy, H. Holub, I. Kozarchuk, V. Kharuta // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2019. – Vol. 8, Issue 2/7 (98). – P. 6–12. doi: 10.15587/1729-4061.2019.160456
6. Experimental confirmation of the theory of implementation of the coupled design of center girder of the hopper wagons for iron ore pellets / Fomin O., Kulbovsky I., Sorochinska E., Sapronova S., Bambura O. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2017. Vol. 5, Issue 1 (89). P. 11–18. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.109588>
7. Фомін, О.В. Варіаційне описання конструктивних виконань вантажних вагонів [Текст] / О.В. Фомін, А.В. Гостра // Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту Міністерства освіти і науки України: Серія «Транспортні системи і технології». – Київ: ДЕТУТ, 2015. – Вип.26-27. – С.137–147.
8. Макаренко, М. В. Комплексний аналіз економічного ефекту від життєвого циклу сучасного напіввагону [Текст] / М. В. Макаренко // Науково-практичний журнал «Залізничний транспорт України». – К.: ДНДЦ УЗ. – 2014. – №. 5. – С. 107.
9. 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 DOI: 10.29202/nvngu/2018-1/3

10. Мороз, В.І. Математичний запис задачі оптимізаційного проектування напіввагонів за критерієм мінімальної матеріалоємності [Текст] / В.І. Мороз // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2009. – С. 121 – 131.

11. Швець, А. О. Вплив поздовжнього та поперечного зміщення центру ваги вантажу в піввагонах на їх динамічні показники / А. О. Швець // Наука та прогрес транспорту. – 2018. – № 5(77). – С. 115–128.doi: 10.15802/stp2018/146432.

12. Lovska A. The study of dynamic load on a wagon-platform at a shunting collision [Text] / A. A. Lovska, A. Rybin // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – № 3 – p. 4 – 8.

13. Фомін, О.В. Впровадження круглих труб в несучі системи напіввагонів з забезпеченням раціональних показників міцності [Текст] / О.В. Фомін // Науковий журнал – «Технологический аудит и резервы производства». – Харків, 2015. – № 4/1(24) – С. 83-89.

14. Research into a possibility to prolong the time of operation of universal open top wagon bodies that have exhausted their standard resource / Okorokov A., Fomin O., Lovska A., Vernigora R., Zhuravel I., Fomin V. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. Vol. 3, Issue 7 (93). P. 20–26. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.131309>

15. Tkachenko, V. Research of resistance to the motion of vehicles related to the direction by railway [Text] / V. Tkachenko, S. Saponova, I. Kulbovskiy, O. Fomin // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – Vol. 5, Issue 7 (89). – P. 65–72. doi: 10.15587/1729-4061.2017.109791

16. Фомін О.В. Математичні моделі зміни основних показників базових несучих елементів кузовів напіввагонів / О.В. Фомін, О.А. Логвіненко, Р.Ю. Дьомін, Г.П. Бородай, В.В. Фомін, О.В. Бурлуцький // Науково-практичний журнал «Залізничний транспорт України». – Київ: ДНДЦ УЗ, 2013. – № 5/6(102/103). – С. 95–104.

17. Kondratiev A. Method for determining the thickness of a binder layer at its non-uniform mass transfer inside the channel of a honeycomb filler made from polymeric paper [Text] / A. Kondratiev, M. Slivinsky. – Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2018. – Vol 6/5 (96). – Pp. 42 – 48. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.150387

18. Saponova, S., Tkachenko, V., Fomin, O., Hachenko, V., Maliuk, S. (2017). Research on the safety factor against derailment of railway vehicles. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6 (7 (90)), 19–25. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.116194>

References

1. Fomin, O.V. (2011) Modernization of elements wall lateral of universal freight gondola domestic production// Scientific-and-technical (Sci.-Tech.) collected works – Donetsk: DonIZT., – Vol. No. 26.- pp.111-115 [in Ukrainian]

2. Lukhanin N. I., Myamlin S. V., Neduzhaya L. A., Shvets A. A. Freight cars dynamics taking into account transversal displacement of the bogies. Proc. of theDonetsk Railway Transport Institute, 2012, issue 29, pp. 234-241. (in Russian).



3. 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 [Text] / O. Fomin, A. Lovska, V. Masliyev, A. Tsybaliuk, O. Burlutski // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2019. – Vol. 7, Issue 1 (97). – P. 33–40. doi: 10.15587/1729-4061.2019.154282
4. 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.
5. Fomin, O. Determining the dynamic loading on a semi-wagon when fixing it with a viscous coupling to a ferry deck [Text] / O. Fomin, A. Lovska, I. Kulbovskiy, H. Holub, I. Kozarchuk, V. Kharuta // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2019. – Vol. 8, Issue 2/7 (98). – P. 6–12. doi: 10.15587/1729-4061.2019.160456
6. Fomin, O., Kulbovsky, I., Sorochinska, E., Sapronova, S., Bambura, O. (2017). Experimental confirmation of the theory of implementation of the coupled design of center girder of the hopper wagons for iron ore pellets. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (1 (89)), 11–18. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.109588>
7. Fomin, O.V., Gostra, A. V. (2015) *Variacijne opisannja konstruktivnih vikonan' vantazhnih vagoniv* [Variations describe the structural designs of freight cars] *Proceedings of the State Economic and Technological University of Transport, Ministry of Education and Science of Ukraine series "Transport systems and technologies"*, Vol. 26-27, 137-147 [in Ukrainian].
8. Makarenko, M. V. (2014) *Kompleksnyi analiz ekonomichnoho efektu vid zhyttievoho tsyklu suchasnoho napivvahonu* [Comprehensive analysis of the economic impact of the life cycle of a modern gondola]. *Naukovo-praktychnyi zhurnal «Zaliznychnyi transport Ukrainy»* - Scientific and Practical Journal "Railway Transport of Ukraine", Vol 5, 107 [in Ukrainian].
9. 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 DOI: 10.29202/nvngu/2018-1/3
10. Moroz, V.I. (2009) *Matematychnyy zapys zadachi optymizatsiynoho proektuvannya piv-vahoniv za kryteriyem minimal'noyi materialoemnosti* [Mathematical notation of problem of optimizing design of open goods wagons by criterion of the minimum material capacity]. *Zbirnyk naukovykh prats* - Collection of scientific papers, Vol. 111, 121-131 [in Ukrainian].
11. Shvets, A. O. (2018). Influence of the longitudinal and transverse displacement of the center of gravity of the load in gondola cars on their dynamic indicators. *Science and Transport Progress*, 5(77), 115-128. doi: 10.15802/stp2018/146432 (in Ukrainian)
12. Lovska A., Rybin A. (2015). The study of dynamic load on a wagon-platform at a shunting collision. *Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies*, 3, 4–8.
13. Fomin, O. V. (2015) *Vprovadzhennya kruglih trub v nesuchI sistemi napivvagoniv z zabezpechennym ratsionalnih pokaznikiv mItsnosti* [Introduction of round pipes in the carrier systems of gondolas with the provision of rational indicators of strength]. *Naukoviy zhurnal – «Tehnologicheskyy audit i rezervy proizvodstva»* – Science magazine - "Technological audit and production reserves", Vol. 4/1(21), 83-89 [in



Ukrainian].

14. Okorokov, A., Fomin, O., Lovska, A., Vernigora, R., Zhuravel, I., Fomin, V. (2018). Research into a possibility to prolong the time of operation of universal open top wagon bodies that have exhausted their standard resource. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (7 (93)), 20–26. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.131309>

15. Tkachenko, V. Research of resistance to the motion of vehicles related to the direction by railway [Text] / V. Tkachenko, S. Sapronova, I. Kulbovskiy, O. Fomin // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2017. – Vol. 5, Issue 7 (89). – P. 65–72. doi: 10.15587/1729-4061.2017.109791

16. Fomin O.V. Matematicheskiye modeli osnovopolagayushchikh pokazaniy bazovykh nesushchikh elementov kuzova / O.V. Fomin, O.A. Logvinenko, R.YU. D'omin, G.P. Boroday, V.V. Fomin, O.V. Burluts'kiy // *Naukovo-prakticheskiy zhurnal «Zalізничniy transport Ukraїni»*. - Kiїv: DNDTS UZ, 2013. - № 5/6 (102/103). - S. 95-104.

17. Kondratiev A. Method for determining the thickness of a binder layer at its non-uniform mass transfer inside the channel of a honeycomb filler made from polymeric paper [Text] / A. Kondratiev, M. Slivinsky. – *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2018. – Vol 6/5 (96). – Pp. 42 – 48. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.150387

18. Sapronova, S., Tkachenko, V., Fomin, O., Hachenko, V., Maliuk, S. (2017). Research on the safety factor against derailment of railway vehicles. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (7 (90)), 19–25. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.116194>
