

Український державний університет залізничного транспорту
Міністерство освіти і науки України

Український державний університет залізничного транспорту
Міністерство освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ЛОВСЬКА АЛЬОНА ОЛЕКСАНДРІВНА

УДК 629.4.02.001.5

ДИСЕРТАЦІЯ

**РОЗВИТОК НАУКОВИХ ОСНОВ РОЗРАХУНКІВ КОНСТРУКЦІЙ
ВАГОНІВ ШЛЯХОМ УРАХУВАННЯ НАДНОРМОВАНИХ РЕЖИМІВ
ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів

27 – Транспорт

Подається на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне

джерело



А. О. Ловська

Науковий консультант

ФОМІН Олексій Вікторович

доктор технічних наук, професор

Харків – 2021

АНОТАЦІЯ

Ловська А. О. Розвиток наукових основ розрахунків конструкцій вагонів шляхом урахування наднормованих режимів при експлуатації. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація за здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів (273 – залізничний транспорт). – Український державний університет залізничного транспорту, МОН України, Харків, 2021.

У представленій роботі проведено дослідження динамічної навантаженості та міцності несучих конструкцій вагонів при наднормованих режимах навантажень, а також запропоновано заходи щодо їх удосконалень. Актуальність роботи обумовлена тим, що існуюча нормативна база згідно якої здійснюється проектування рухомого складу не відображає особливостей навантажень несучих конструкцій при наднормованих режимах, що зумовлює необхідність її уточнення та доповнення для створення високоефективного рухомого складу.

У Вступі наведено загальну характеристику дисертаційної роботи, зазначено її актуальність, зв'язок із науковими темами, сформульовано мету, а також задачі досліджень, представлено практичне значення роботи та наукову новизну.

У першому розділі проведено класифікацію основних наднормованих режимів навантажень несучих конструкцій вагонів в експлуатації. Проаналізовано дослідження вітчизняних та закордонних вчених з визначення навантаженості несучих конструкцій вагонів при наднормованих режимах. Досліджено заходи щодо зменшення динамічної навантаженості несучих конструкцій вагонів в експлуатації. Проаналізовано дослідження щодо визначення динамічної навантаженості та міцності несучих конструкцій засобів комбінованого транспорту. Розглянуто особливості навантаженості несучих

конструкцій вагонів при наднормованих режимах експлуатації (залізнично-поромні перевезення, контейнерні перевезення, маневрові співударяння). Досліджено основні пошкодження несучих конструкцій вагонів при наднормованих режимах навантаження. Визначено найбільш пошкодзовані елементи несучих конструкцій вагонів.

У другому розділі визначено динамічну навантаженість контейнерів у складі комбінованих поїздів, а також несучих конструкцій вагонів при перевезенні на залізничних поромах. Важливо зазначити, що досі дані питання не висвітлювалися належним чином, оскільки функціонування поїздів комбінованого транспорту на Україні розпочалося з 2016 року. Досліджено динамічну навантаженість вагонів-платформ з контейнерами, а також контейнерами-цистернами при перевезенні на залізничних поромах морем.

До уваги прийняті три схеми взаємодії контейнерів, а також контейнерів-цистерн з рамами вагонів-платформ:

– відсутність переміщень вагона-платформи з контейнерами або контейнерами-цистернами відносно палуби. Тобто при коливаннях залізничного порому вагон-платформа та контейнери або контейнери-цистерни, розміщені на ньому, повністю повторюють траєкторію коливань судна;

– наявність переміщень вагона-платформи відносно палуби та відсутність переміщень контейнерів або контейнерів-цистерн відносно рами вагона-платформи;

– наявність переміщень вагона-платформи відносно палуби та контейнерів або контейнерів-цистерн відносно рами вагона-платформи.

При цьому до уваги прийняті курсові кути морської хвилі по відношенню до корпусу залізничного порому. Визначені прискорення несучих конструкцій контейнерів та контейнерів-цистерн враховано при дослідженні їх стійкості на вагонах-платформах з урахуванням типової схеми взаємодії, тобто пари —фітингові упори – фітинги». Визначено допустимі кути крену залізничного порому при яких забезпечується безпека перевезень комбінованих поїздів морем. Встановлено, що з урахуванням типової схеми взаємодії стійкість

контейнера на вагоні-платформі забезпечується при кутах крену залізничного порому до 25^0 . З метою забезпечення безпеки перевезень наливних вантажів у контейнерах-цистернах морем важливим є дотримання кутів крену залізничного порому до 10^0 .

Проведено комп'ютерне моделювання динамічної навантаженості несучої конструкції вагона-платформи з контейнерами та контейнерами-цистернами при перевезенні залізничними поромами. Розрахунки реалізовані за методом скінчених елементів в програмному комплексі SolidWorks Simulation (CosmosWorks). Визначено чисельні значення прискорень та поля їх розподілення відносно несучих конструкцій вагона-платформи та контейнерів, а також контейнерів-цистерн. Проведено верифікацію розроблених моделей за F-критерієм.

Удосконалено несучу конструкцію вагона-платформи з метою забезпечення стійкості контейнерів при перевезенні залізничним поромом шляхом постановки зйомних надбудов на раму. Для зменшення динамічної навантаженості контейнерів здійснюється використання на внутрішніх поверхнях надбудов матеріалу з в'язкими властивостями. Запропоновані технічні рішення щодо удосконалення обґрунтовані відповідними розрахунками.

Удосконалено схему взаємодії несучих конструкцій вагонів з палубою залізничного порому шляхом використання в'язких стяжок. Розрахунки здійснені стосовно напіввагона, як одного з найбільш поширених типів вагонів, що перевозяться на залізничних поромах морем. Проведено математичне та комп'ютерне моделювання динамічної навантаженості несучої конструкції вагона при перевезенні залізничним поромом з урахуванням запропонованих заходів. Здійснено верифікацію розроблених моделей динамічної навантаженості.

У третьому розділі проведено визначення динамічної навантаженості вагона-платформи з контейнерами та контейнерами-цистернами при маневровому співударянні. До уваги взято дві схеми навантажень несучих

конструкцій вагона-платформи та контейнерів, а також контейнерів-цистерн: відсутність переміщень контейнерів або контейнерів-цистерн відносно рами вагона-платформи при ударі, а також наявність переміщень, обумовлених зазорами в парах –фітингові упори – фітинги. Це має місце коли динамічне навантаження, яке діє на контейнер або контейнер-цистерну перевищує силу тертя між горизонтальними поверхнями фітингів та фітингових упорів. Для зменшення динамічної навантаженості несучих конструкцій вагона-платформи та контейнерів, а також контейнерів-цистерн запропоновано використання між фітинговими упорами та фітингами пружних, в'язких або пружно-в'язких зв'язків. Запропоновані рішення обґрунтовані результатами проведеного математичного моделювання динамічної навантаженості вагона-платформи, завантаженого контейнерами та контейнерами-цистернами при маневровому співударянні з урахуванням дії на задній упор автозчепу навантаження у 3,5 МН. Для визначення чисельних значень прискорень та полів їх розподілення відносно несучих конструкцій вагона-платформи та контейнерів, а також контейнерів-цистерн з урахуванням удосконалень проведено комп'ютерне моделювання. Здійснено верифікацію розроблених моделей динамічної навантаженості. Проведено дослідження міцності фітингових упорів вагона-платформи, а також фітингів контейнерів та контейнерів-цистерн з урахуванням запропонованих заходів. Встановлено, що міцність фітингових упорів та фітингів забезпечується.

У четвертому розділі здійснено обґрунтування впровадження в'язких зв'язків в несучі конструкції вагонів з труб круглого перерізу.

Для зменшення динамічної навантаженості несучих конструкцій вагонів в експлуатації запропоновано застосування концепту упряжного пристрою автозчепу. При цьому здійснено виключення упряжних пристроїв автозчепів із несучої конструкції вагона та перекладено їх функції по поглинанню енергії, яка виникає від дії експлуатаційних навантажень, на хребтову балку, а також верхні та нижні обв'язування бокових стін, які пропонується виконувати із труб круглого перерізу та заповнювати матеріалом з демпфуючими та

антикорозійними властивостями. Таке рішення сприяє зменшенню матеріалоємності вагона та відповідно підвищенню його вантажопідйомності і навантажувального об'єму кузова, а також подовженню безремонтного строку експлуатації.

Проведено визначення динамічної навантаженості вагона з урахуванням запропонованих рішень. Встановлено, що прискорення, яке діє на несучу конструкцію вагона, обладнаного концептами упряжних пристроїв при маневровому співударянні нижче на 10% від величин прискорень, отриманих при типовій схемі сприйняття навантажень хребтовою балкою вагона.

Проведено комп'ютерне моделювання динамічної навантаженості несучої конструкції вагона, обладнаного концептами упряжних пристроїв. Здійснено верифікацію моделей динамічної навантаженості несучої конструкції вагона.

Для підвищення ефективності експлуатації вагонів запропоновано створення на базі їх конструкцій вагонів зчленованого типу. Особливістю цих вагонів є те, що несучі елементи виконані з труб круглого перерізу. До уваги взяті основні типи вагонів, які використовуються в експлуатації: напіввагон, критий вагон, вагон-платформа та вагон-хопер. Проведено математичне моделювання повздовжньої динамічної навантаженості вагонів зчленованого типу. Визначено чисельні значення прискорень, які діють на їх несучі конструкції. Проведено розрахунок на міцність несучих конструкцій вагонів за методом скінчених елементів. Запропоновано використання концептів упряжних пристроїв на вагонах зчленованого типу з труб круглого перерізу. Результати проведених досліджень підтвердили доцільність даного рішення. Встановлено, що з урахуванням використання концептів упряжних пристроїв на вагонах зчленованого типу стає можливим знизити їх динамічну навантаженість майже на 10% у порівнянні з типовим автозчепним пристроєм.

У п'ятому розділі висвітлені особливості мультифункціональних виконань несучих складових вантажних вагонів. Для зменшення динамічної навантаженості несучої конструкції вагона з труб круглого перерізу запропоновано використання, у якості їх наповнювача, енергопоглинаючого

матеріалу. Дане рішення розглянуто на прикладі піноалюмінію. Запропоновано несучу конструкцію напіввагона зі зчленованих оболонок, заповнених піноалюмінієм. Дані рішення обґрунтовані математичним та комп'ютерним моделюванням динамічної навантаженості несучої конструкції вагона з послідуною верифікацією запропонованих моделей. Встановлено, що максимальні прискорення, які діють на несучу конструкцію напіввагона, складові якого заповнені піноалюмінієм, знижуються на 3,5% у порівнянні з трубною конструкцією без наповнювача.

Обґрунтовано впровадження пружних елементів в несучі конструкції вагонів для підвищення втомної міцності в експлуатації шляхом зменшення їх динамічної навантаженості. Це досягається за рахунок часткового перетворення динамічних навантажень в роботу сил сухого тертя, що виникають між складовими хребтової балки (повздожніх балок) рами. Дане рішення реалізоване на прикладі напіввагона, довгобазної конструкції вагона-платформи, а також критого вагона. Результати досліджень показали, що з урахуванням запропонованих рішень стає можливим зменшити динамічну навантаженість несучих конструкцій вагонів у порівнянні з вагонами-прототипами: напіввагон – на 25%, вагон-платформа – на 15%, критий вагон – на 20%.

У шостому розділі наведені результати експериментального дослідження міцності несучої конструкції вагона-платформи при маневрових співудареннях. При цьому проведено натурні дослідження міцності несучої конструкції вагона-платформи з контейнерами з урахуванням типової схеми взаємодії, а також пружної. Дослідження проведені з використанням методу електричного тензометрування. Випробування здійснені відповідно до розробленої «Програми та методики випробувань». В якості прототипу обрано вагон-платформу моделі 13-401 побудови Дніпродзержинського вагонобудівного заводу. Місця монтажу тензорезисторів на несучій конструкції вагона-платформи визначені за результатами проведених теоретичних розрахунків та отриманих полів розподілення напружень. При цьому використані

тензорезистори з базою 10 мм та опором 200 Ом. Дослідження проведені в діапазоні швидкостей співударянь: 3 – 6 км/год., 6 – 10 км/год. та більше 10 км/год.

Результати проведених досліджень дозволили визначити уточнені значення показників міцності несучої конструкції вагона-платформи та підтвердити результати теоретичних досліджень. Максимальна розбіжність між результатами математичного та фізичного експерименту при типовій схемі взаємодії вагона-платформи з контейнерами склала 17,0%, а при пружній – 17,5%.

Проведено техніко-економічне обґрунтування запропонованих рішень щодо удосконалення несучих конструкцій вагонів при наднормованих режимах навантажень.

Основні положення та рекомендації дисертаційної роботи передані з метою розгляду та подальшого впровадження в ДП «Український науково-дослідний інститут вагонобудування» (м. Кременчук) та ДМЗ «Карпати» (м. Новий Розділ). Також результати дисертаційної роботи використовуються в навчальному процесі УкрДУЗТ при підготовці бакалаврів та магістрів за спеціальністю 273 «Залізничний транспорт», а також для слухачів факультету підвищення кваліфікації кадрів.

Ключові слова: транспортна механіка, залізний транспорт, рухомий склад залізниць, вагони, наднормовані режими, комбіновані перевезення.

Список публікацій здобувача

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

1. Fomin O.V., Lovska A.O., Plakhtii O.A., Nerubatskyi V.P. The influence of implementation of circular pipes in load-bearing structures of bodies of freight cars on their physico-mechanical properties. *Scientific Bulletin of National Mining University*. 2017. №6. С. 89–96. (видання індексується в базі *Scopus*).
2. Fomin O., Lovska A., Kulbovskyi I., Holub H., Kozarchuk I., Kharuta V. Determining the dynamic loading on a semi-wagon when fixing it with a viscous coupling to a ferry deck. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. № 2/7 (98). Р. 6–12. (видання індексується в базі *Scopus*).
3. Fomin O., Lovska A., Masliyev V., Tsymbaliuk A., Burlutski O. 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*. 2019. № 1/7 (97). Р. 33–40. (видання індексується в базі *Scopus*).
4. Fomin O., Lovska A., Daki O., Bohomia V., Tymoshchuk O., Tkachenko V. Determining the dynamic loading on an open-top wagon with a two-pipe girder beam. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. №3/7(99). Р. 18–25. (видання індексується в базі *Scopus*).
5. Fomin O., Lovska A., Skliarenko I., Klochkov Yu. Substantiating the optimization of the loadbearing structure of a hopper car for transporting pellets and hot agglomerate. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. № 1/7 (103). Р. 65–74. (видання індексується в базі *Scopus*).
6. Fomin O., Lovska A., Kovtun O., Nerubatskyi V. Defining patterns in the longitudinal load on a train equipped with the new conceptual couplers.

Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. № 2/7 (104)
P. 33–40. (видання індексується в базі Scopus).

7. Фомін О. В., Ловська А. О. Дослідження доцільності застосування круглих труб в якості елементів несучих систем залізничних вагонів-платформ. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені В. Даля*. 2015. №1(218). С. 38–45.
8. Fomin O. V., Gorbunov N. I., Lovskaya A. A. Prospective concept of the draft system of open boxcars. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2016. Вип. 6 (101). Частина 1. С. 76–85.
9. Ловська А. О. Визначення навантаженості контейнерів у складі комбінованих поїздів при перевезенні залізничним поромом. *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна*. 2017. Вип. 6 (72) С. 49– 60.
10. Ловська А. О. Особливості моделювання динамічної навантаженості вагона-платформи зчленованого типу з контейнерами. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені В. Даля*. 2017. №4(234). С. 138–145.
11. Ловська А. О. Дослідження міцності несучих конструкцій контейнерів у складі комбінованих поїздів при перевезенні залізничним поромом. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Транспортне машинобудування*. 2018. Вип. 29 (1305). С. 62–68.
12. Ловська А. О. Моделювання навантаженості контейнера-цистерни при перевезенні у складі комбінованого поїзда на залізничному поромі. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Динаміка і міцність машин*. 2018. Вип. 33. С. 28–32.
13. Ловська А. О. Визначення стійкості контейнера-цистерни відносно рами вагона-платформи при перевезенні на залізничному поромі. *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного*

університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. 2019. № 1 (79). С. 139–150.

14. Ловська А. О., Рибін А. В. Особливості дослідження динамічної навантаженості контейнера-цистерни при перевезенні на залізничному поромі. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені В. Даля.* 2019. №3 (251). С. 117–122.
15. Ловська А. О. Вплив тиску насипного вантажу на стійкість контейнера при перевезенні залізничним поромом. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ».* Серія: Динаміка і міцність машин. 2019. № 1. С. 23–27.
16. Ловська А. О. Визначення навантаженості контейнера, розміщеного на вагоні-платформі при пружно-в'язкій взаємодії фітингів з фітинговими упорами. *Збірник наукових праць УкрДУЗТ.* 2019. Вип. 184. С. 6–19.
17. Ловська А. О. Особливості комп'ютерного моделювання навантаженості контейнера з пружно-в'язкими зв'язками у фітингах при експлуатаційних режимах. *Збірник наукових праць Державного університету інфраструктури та технологій Міністерства освіти і науки України: Серія «Транспортні системи і технології».* 2019. Вип. 33. Т. 2. С. 28–37.
18. Вагон-платформа зчленованого типу для перевезення контейнерів: пат. 122328 Україна, МПК В61D 3/08 (2006.01), В61D 3/10 (2006.01), В61D 3/20 (2006.01), В60P 7/13 (2006.01), В60P 7/08 (2006.01), В61F 1/08 (2006.01), В61F 1/02 (2006.01). а2017 04241; заявл. 28.04.17; опубл. 26.10.20, Бюл. № 20.
19. Критий вагон: пат. 111572 Україна, МПК (2016.01) В61D 3/00, В61F 1/00, В61F 1/02 (2006.01), В61F 1/08 (2006.01), В61D 17/04 (2006.01), В61D 17/08 (2006.01), В61D 17/12 (2006.01); а2015 09003. заявл. 18.09.2015; опубл. 10.05.2016. Бюл. №9.

Публікації у виданнях інших держав:

20. Fomin O., Lovska A. Concept of freight wagons made of round pipes. Tallinn: Scientific Route. – 2020. – p. 72. doi: <https://doi.org/10.21303/978-9916-9516-3-7>
21. Fomin O., Lovska A. Improvements in passenger car body for higher stability of train ferry. *Engineering Science and Technology an International Journal*. 2020, Vol. 23. Issue 6. P. 1455–1465. <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2020.08.010> (видання індексується в базі Scopus, Q1, WoS).
22. Lovska Alyona, Fomin Oleksij, Píštěk Václav, Kučera Pavel. Dynamic load modelling within combined transport trains during transportation on a railway ferry. *Applied Science*. 2020. №10. 5710. doi:10.3390/app10165710 (видання індексується в базі Scopus, Q1, WoS).
23. Lovska Alyona, Fomin Oleksij, Píštěk Václav, Kučera Pavel. Calculation of loads on carrying structures of articulated circular-tube wagons equipped with new draft gear. *Applied Science*. – 2020. – №10, 7441. doi:10.3390/app10217441 (видання індексується в базі Scopus, Q1, WoS).
24. Fomin Oleksij, Gerlici Juraj, Lovskaya Alyona, Kravchenko Kateryna, Prokopenko Pavlo, Fomina Anna, Hauser Vladimir. 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*. 2019. Vol. 21, Issue 1. P. 28–34. (видання індексується в базі Scopus, Q2).
25. Fomin Oleksij, Lovska Alyona, Radkevych Valentyna, Horban Anatoliy, Skliarenko Inna, Gurenkova Olga. The dynamic loading analysis of containers placed on a flat wagon during shunting collisions. *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2019. Vol. 14, No. 21. P. 3747–3752. (видання індексується в базі Scopus, Q2).
26. Fomin Oleksij, Fomin Oleksij, Lovska Alyona, Daki Olena, Bohomia Volodymyr, Tymoshchuk Olena, Prokopenko Pavlo. The substantiation of the

- concept of creating containers with viscous-elastic connections in fitting. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2019. Vol. 14, No. 15. P. 2771–2776. (видання індексується в базі Scopus, Q2).
27. Alyona Lovska. Simulation of loads on the carrying structure of an articulated flat car in combined transportation. *International Journal of Engineering & Technology*. 2018. 7 (4.3). P. 140–146. (видання індексується в базі Scopus).
28. Fomin Oleksij, Lovska Alyona, Gorobchenko Oleksandr, Turpak Serhii, Kyrychenko Iryna, Burlutski Oleksii. Analysis of dynamic loading of improved construction of a tank container under operational load modes. *EUREKA: Physics and Engineering*. 2019. 2. P. 61–70. (видання індексується в базі Scopus, Q2).
29. Fomin Oleksij, Lovska Alyona, Pištěk, Václav, Kučera Pavel. Research of stability of containers in the combined trains during transportation by railroad ferry. *MM SCIENCE JOURNAL*. 2020. MARCH. P. 3728–3733. (видання індексується в базі Scopus, Q2, WoS).
30. Lovskaya Alyona, Fomin Oleksij, Gerlici Juraj, Kravchenko Kateryna, Pavlo Prokopenko, Tomas Lack. Improvement of the bearing structure of the wagon-platform of the articulated type to ensure the reliability of the fixing on the deck of the railway ferry. *MATEC Web of Conferences*. 2019. Vol. 254. (видання індексується в базі WoS).
31. Fomin Oleksij, Gerlici Juraj, Lovskaya Alyona, Gorbunov Mykola, Kravchenko Kateryna, Prokopenko Pavlo, Lack Tomas. Dynamic loading of the tank container on a flat wagon considering fittings displacement relating to the stops. *MATEC Web of Conferences*. 2018. Vol. 234. (видання індексується в базі Scopus, WoS).
32. Fomin Oleksij, Gerlici Juraj, Lovskaya Alyona, Kravchenko Kateryna, Prokopenko Pavlo, Fomina Anna, Hauser Vladimír. 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*. 2018. Vol. 235. (видання індексується в базі Scopus).
33. Fomin Oleksij, Lovska Alyona, Píštěk Václav, Kučera Pavel. Dynamic load computational modelling of containers placed on a flat wagon at railroad ferry transportation. *VIBROENGINEERING PROCEDIA*. 2019. Vol. 29. P. 118–123. (видання індексується в базі Scopus).
34. Fomin O., Gerlici J., Lovska A., Kravchenko K., Fomina Yu., Lack T. Determination of the strength of the containers fittings of a flat wagon loaded with containers during shunting. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019. Vol. 659. 012056. doi:10.1088/1757-899X/659/1/012056. (видання індексується в базі Scopus).
35. Fomin O., Lovska A., Bazyl L., Radkevych O., Skliarenko I. Determination of the strength of the flat wagon fitting stops by elastic viscous interaction with fittings of the tank container. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2019. Vol. 708. 012008. doi:10.1088/1757-899X/708/1/012008. (видання індексується в базі Scopus).
36. Fomin Oleksij, Vatulia Glib, Lovska Alyona. Formation of flash-concept for a resource-saving articulated hopper car to transport hot pellets and agglomerate. *E3S Web of Conferences*. 2020. Vol. 166. 07002 (2020) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016607002>. (видання індексується в базі Scopus).
37. Fomin O., Lovska A., Lack T., Bykovets N., Shatkovska H., Kravchenko K. Determination of the strength of a flat wagon by elastic viscous interaction with tank containers. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2020. Vol. 776. 012015. doi:10.1088/1757-899X/776/1/012015. (видання індексується в базі Scopus).
38. Fomin Oleksij, Lovska Alyona, Píštěk, Václav, Kučera Pavel. The research of the influence of viscous interaction between wagon and container on the dynamic load during transportation by rail ferry. *VIBROENGINEERING PROCEDIA*. 2020. Vol. 31. P. 62–67.

<https://doi.org/10.21595/vp.2020.21439>. (видання індексується в базі *Scopus*).

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

39. Ловська А. О. Особливості конструкції та перевірочних розрахунків на міцність несучої системи вагону-платформи із круглих труб. *Логістичне управління та безпека руху на транспорті*: зб. тез міжнародної науково-практичної конференції. (Лозова, 4 – 8 травня 2015 р.). Лозова: СНУ ім. В. Даля, 2015. С. 25 – 26.
40. Ловська А. О. Обґрунтування доцільності оптимізації та комп'ютерне моделювання міцності кузову напіввагону з використанням у якості несучих елементів конструкції круглих труб. *Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті*: матеріали 77 міжнародної науково-технічної конференції науково-практичної конференції. (Харків, 21–23 квітня 2015 р.). Харків: УкрДАЗТ, 2015. С. 63–64.
41. Ловська А. О. Дослідження динамічних навантажень, що діють на несучі конструкції кузовів вагонів при комбінованих перевезеннях. *Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті*: матеріали 78 міжнародної науково-технічної конференції. (Харків, 26–28 квітня 2016 р.). Харків: УкрДАЗТ, 2016. С. 39–40.
42. Ловська А. О. Дослідження динамічного навантаження вагона-платформи з контейнерами, розміщеними на ньому при маневровому співударянні. *Інновації інфраструктури транспортно-логістичних систем. Проблеми, досвід, перспективи*: зб. тез міжнародної науково-практичної конференції. (Трускавець, 11–17 квітня 2016 р.). Трускавець: СНУ ім. В. Даля, 2016. С. 108–110.
43. Ловська А. О. Уточнення величин динамічних навантажень, що діють на несучі конструкції кузовів вагонів при перевезенні залізничними поромами. *Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту*: матеріали 76 міжнародної науково-практичної

- конференції. (Дніпропетровськ, 19–20 травня 2016 р.). Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2016. С. 49–50.
44. Ловська А. О., Ялова І. В. Дослідження динамічних навантажень, які діють на вагон-платформу з контейнерами при перевезенні на залізничному поромі. *Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: матеріали 77 міжнародної науково-практичної конференції*. (Дніпро, 11–12 травня 2017 р.). Дніпро: ДНУЗТ, 2017. С. 53–55.
45. Ловська А. О., Равлюк В. Г. Дослідження динамічної навантаженості несучих конструкцій контейнерів при перевезенні на вагонах-платформах. *Dynamika naukowych badań-2017: materiały XIII międzynarodowej naukowipraktycznej konferencji*. (Przemyśl, 07–15 lipca 2017 roku). Przemyśl: Nauka i studia, 2017. С. 24–26.
46. Ловська А. О. Визначення динамічної навантаженості удосконаленої несучої конструкції вагона-платформи зчленованого типу при комбінованих перевезеннях. *Логістичне управління та безпека руху на транспорті: збірник наукових праць науково-практичної конференції студентів та молодих*. (Лиман, 5–7 жовтня 2017 р.). Лиман: СНУ ім. В. Даля, 2017. С. 92–94.
47. Ловская А. А. Особенности математического моделирования динамической нагруженности несущих конструкций контейнеров, размещенных на вагонах-платформах при эксплуатационных режимах нагружения. *Проблемы безопасности на транспорте: VIII-я Международная научно-практическая конференция, посвященная Году науки*. (Гомель, 23–24 ноября 2017 г.). Гомель: БелГУТ, 2017. С. 116–117.
48. Ловська А. О. Дослідження динамічних навантажень, які діють на вагон-платформу зчленованого типу з контейнерами при експлуатаційних режимах навантаження. *Проблеми розвитку транспорту і логістики:*

- збірник тез VII-ї міжнародної науково-практичної конференції. (Одеса, 26–28 квітня 2017 р.). Одеса: СНУ ім. В. Даля, 2017. С. 97–98.
49. Alyona Lovska. Research of loads on carrying structures of containers in combined trains in rail ferry transportation. *Globalization of scientific and educational space. Innovations of transport. Problems, experience, prospects: Theses of international scientific and practical conference.* (Italy, May 2018). Italy: Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 2018. P. 71–74.
50. Ловська А. О., Рибін А. В. Визначення навантаженості контейнера-цистерни при перевезенні у складі комбінованого поїзда на залізничному поромі. *Science and technology of the present time: priority development directions of Ukraine and Poland: International Multidisciplinary Conference.* (Wolomin, 19–20 October 2018). Wolomin, 2018. С. 110–111.
51. Ловська А. О. Комп'ютерне моделювання навантаженості контейнера-цистерни при експлуатаційних режимах. *Логістичне управління та безпека руху на транспорті: збірник наукових праць науково-практичної конференції студентів та молодих вчених.* (Київ, 16–17 листопада 2018 р.). Київ: СНУ ім. В. Даля, 2018. С. 114–116.
52. Ловська А. О. Моделювання навантаженості несучої конструкції вагона-платформи зчленованого типу при комбінованих перевезеннях. *Технології та інфраструктура транспорту: тези доповідей міжнародної науково-технічної конференції.* (Харків, 14–16 травня 2018 р.). Харків: УкрДУЗТ, 2018. С. 125–126.
53. Ловська А. О., Фомін О. В., Горбань А. В., Скок П. О. Дослідження динамічної навантаженості контейнера, розміщеного на вагоні-платформі при перевезенні залізничним поромом. *Актуальні проблеми інженерної механіки: Тези доповідей VI Міжнародної конференції.* (Одеса, 20–24 травня 2019 р.). Одеса: ОДАБА, 2019. С. 198–200.
54. Ловська А. О. Математичне моделювання динамічної навантаженості контейнера-цистерни при перевезенні на залізничному поромі.

- Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: матеріали 79 міжнародної науково-практичної конференції. (Дніпро, 16–17 травня 2019 р.).* Дніпро: ДНУЗТ, 2019. С. 55–56.
55. Ловська А. О., Рибін А. В. Моделювання навантаженості контейнера типорозміру 1СС при перевезенні на залізничному поромі. *Логістичне управління та безпека руху на транспорті: збірник наукових праць науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти та молодих вчених. (Лиман, 14–16 листопада 2019 р.).* Лиман: СНУ ім. В. Даля, 2019. С. 96–99.
56. Ловська А. О., Рибін А. В. Визначення стійкості контейнера типорозміру 1СС при перевезенні залізничним поромом. *НАУКА, ТЕХНІКА І ТЕХНОЛОГІЇ: ГЛОБАЛЬНІ ТА СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ: Міжнародна науково-практична конференція. (Прага, 27–28 грудня, 2019 р.).* Прага, 2019. С. 54–56.
57. Lovska Alyona. Research of dynamic loading of a container located on a flat wagon at visco-elastic interaction between fittings and fitting stops. *Globalization of scientific and educational space. Innovations of transport. Problems, experience, prospects: Theses of international scientific and practical conference. (Salou, 4–11 May 2019).* Salou: Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 2019. P. 57–58.
58. Ловська А. О. Дослідження динамічної навантаженості контейнерів з пружно-в'язкими зв'язками у фітінгах при експлуатаційних режимах. *Вагони нового покоління: із XX в XXI сторіччя: Тези доповідей II Всеукраїнської конференції. (Харків, 23–25 квітня 2019 р.).* Харків: УкрДУЗТ, 2019. С. 13–14.
59. Fomin Oleksij, Gerlici Juraj, Lovska Alyona, Kravchenko Kateryna, Fomina Yuliia, Lack Tomas. Determination of the strength of the containers fittings of a flat wagon. *Research and Development of Mechanical Elements and Systems, IRMES 2019: Book of Abstracts for the 9th International Scientific*

- Conference [on]. (Kragujevac, 5–7 September 2019.). Kragujevac, 2019. P. 228–229.
60. Фомін О. В., Ловська А. О., Чимшир В. І., Букатова О. М., Яренчук Л. Г. Особливості визначення навантаженості несучої конструкції кузова напіввагона зчленованого типу з круглих труб. *Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті: тези доповідей 8-ої Міжнародної науково-технічної конференції*. (Харків, 20–22 листопада 2019 р.). Харків: УкрДУЗТ, 2019. С. 95–96.
61. Ловська А. О. Визначення динамічної навантаженості контейнерів при експлуатаційних режимах. *Транспорт і логістика: проблеми та рішення: збірник наукових праць IX-ї міжнародної науково-практичної конференції*. (Одеса, 22–24 травня 2019 р.). Одеса: СНУ ім. В. Даля, 2019. С. 81–84.

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації

62. Lovskaya Alyona, Gerlici Juraj, Fomin Oleksij, Kravchenko Kateryna, Fomina Yuliia, Lack Tomas. Special Aspects of Determining the Dynamic Load of the Tank Container During Its Transportation in an Integrated Train Set by a Railway Ferry. *TRANSBALTICA XI: Transportation Science and Technology Proceedings of the International Conference TRANSBALTICA*. Vilnius, Lithuania, 2019. P. 58–590.
63. Ловська А. О. Дослідження динамічної навантаженості вагона-платформи з контейнерами при перевезенні на залізничному поромі. *Залізничний транспорт України*. 2017. № 2. С. 16–20.
64. Контейнер-цистерна: пат. 134400 Україна, МПК (2019.01) B61D 3/00, B61D 3/20 (2006.01), B61D 5/00, B65D 88/06 (2006.01), B65D 88/12 (2006.01). u2018 12988; заявл. 27.12.18; опубл. 10.05.19, Бюл. № 9.
65. Вагон-платформа для перевезення контейнерів: пат. 134913 Україна, МПК B61D 3/08 (2006.01), B61D 3/20 (2006.01). u2018 13016; заявл. 28.12.18; опубл. 10.06.19, Бюл. №11.

66. Контейнер-цистерна: пат. 135552 Україна, МПК (2019.01) B65D 88/12 (2006.01), B61D 3/00, B61D 3/20 (2006.01). u2018 12989; заявл. 27.12.18; опубл. 10.07.19, Бюл. № 13.
67. Пристрій для закріплення вагона відносно палуби залізничного порома: пат.136743 Україна, МПК (2019.01) B60P 7/08 (2006.01), B60P 7/135 (2006.01), B60P 3/06 (2006.01), B63B 25/00; u2019 03401. заявл. 04.04.19; опубл. 27.08.19, Бюл. №16.
68. Ударно-тяговий прилад залізничного вагона: пат. 138422 Україна, МПК B65G 11/16 (2006.01), B65G 11/18 (2006.01). u2019 05595; заявл. 23.05.19; опубл. 25.11.19, Бюл. №22.
69. Вагон-платформа зчленованого типу для перевезення контейнерів: пат. 145433 Україна, МПК (2020.01) B61D 3/00, B61D 3/08 (2006.01), B61F 1/08 (2006.01). u2020 04117; заявл. 07.07.20; опубл. 10.12.20, Бюл. № 23.

ANNOTATION

Lovska A. O. Development of scientific foundations for calculating wagon structures by taking into account the above-norm cases of their operation. – Qualification scientific work – manuscript copyright.

Dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences in the speciality 05.22.07 – rolling stock of railways and train traction (273 – railway transport); Ukrainian State University of Railway Transport, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2021.

In the presented work, the research of dynamic loading and durability of load-bearing structures of wagons in above-norm modes of loadings is carried out, and also measures concerning their improvements are offered. The relevance of the work relates to the fact that the existing regulatory framework, according to which the rolling stock is designed, does not reflect the peculiarities of load-bearing structures in above-norm modes, which necessitates its refinement and addition to create highly efficient rolling stock.

The Introduction provides a general description of the dissertation, its relevance, connection with scientific topics, formulates the purpose and objectives of the research, presents the practical significance of the work and scientific novelty.

In the first section, classification of the main above-norm modes of loadings of load-bearing structures of wagons in operation is carried out. The research of domestic and foreign scientists into determination of loading of load-bearing structures of wagons in above-norm modes is analyzed. Measures to reduce dynamic loading of load-bearing structures of wagons in operation are studied. The research on determination of dynamic loading and durability of load-bearing structures of means of combined transport is analyzed. Peculiarities of loading of load-bearing structures of wagons in above-norm modes of operation (railway-ferry transportation, container transportation, shunting collisions) are considered. The main kinds of damage of load-bearing structures of wagons in above-norm loading modes are

investigated. The most damage-prone elements of load-bearing structures of wagons are identified.

In the second section, dynamic loading of containers as a part of combined trains, as well as the load-bearing structures of wagons during transportation on railway ferries is determined. It is important to note that these issues have not been adequately covered so far, as the operation of combined transport trains in Ukraine began in 2016. Dynamic loading of flat wagons with containers, as well as tank containers during transportation on railway ferries by sea is studied.

Three schemes of interaction of containers, as well as tank containers, with the frames of flat wagons are taken into account:

- the absence of movement of the flat wagon with containers or tank containers relative to the deck. It means that when the railway ferry oscillates, the flat wagon and the containers or tank containers placed on it completely repeat the trajectory of the vessel's oscillations;

- the presence of movements of the flat wagon relative to the deck and the absence of movements of containers or tank containers relative to the frame of the flat wagon;

- the presence of movements of the flat wagon relative to the deck and containers or tank containers relative to the frame of the flat wagon.

In the process, course angles of the sea wave in relation to the hull of the ferry are taken into account. The determined accelerations of load-bearing structures of containers and tank containers are taken into consideration, when studying their stability on flat wagons, taking into account the typical scheme of interaction, i.e. pairs –fitting supports – fittings". Permissible roll angles of the railway ferry are defined, at which the safety of transportation of combined trains by the sea is provided. It is established that taking into account the typical scheme of interaction, the stability of the container on the flat wagon is provided at the roll angles of the railway ferry up to 25° . In order to ensure the safety of bulk cargo transportation in tank containers by sea, it is important to observe the roll angles of the railway ferry up to 10° .

Computer simulation of dynamic loading of the load-bearing structure of the flat wagon with containers and tank containers during transportation by railway ferries is carried out. Calculations are implemented by the finite element method in the SolidWorks Simulation (CosmosWorks) software complex. Numerical values of accelerations and fields of their distribution relative to the load-bearing structures of the flat wagon and containers, as well as tank containers are defined. Verification of the developed models by F-criterion is carried out.

The load-bearing structure of the flat wagon is improved in order to ensure the stability of containers during transportation by railway ferry by means of placing removable superstructures on the frame. To reduce dynamic loading of containers, a material with viscous properties is used on the inner surfaces of the superstructures. The proposed technical solutions for improvement are justified by appropriate calculations.

The scheme of interaction of load-bearing structures of wagons with the deck of the railway ferry is improved by using viscous ties. Calculations are made for the gondola car, as one of the most common types of wagons transported on railway ferries by sea. Mathematical and computer modelling of dynamic loading of the load-bearing structure of the wagon during transportation by railway ferry is performed, taking into account the proposed measures. Verification of the developed models of dynamic loading is carried out.

In the third section, determination of dynamic loading of the flat wagon with containers and tank containers during shunting collision is carried out. Two loading schemes of load-bearing structures of the flat wagon and containers, as well as tank containers are taken into account: the absence of movements of containers or tank containers relative to the frame of the flat wagon in the event of an impact, as well as the presence of movements due to gaps in the pairs "fitting supports – fittings". This occurs when dynamic loading acting on the container or tank container exceeds friction force between the horizontal surfaces of the fittings and the fitting supports. To reduce dynamic loading of the load-bearing structures of the flat wagon and containers, as well as tank containers, the use of elastic, viscous or viscoelastic

connections between fitting supports and fittings is proposed. The proposed solutions are substantiated by the results of mathematical modelling of dynamic loading of the flat wagon loaded with containers and tank containers during shunting collision, taking into account the loading of 3.5 MN acting on the rear support of the automatic coupler.

Computer simulation is performed to determine the numerical values of accelerations and their distribution fields relative to the load-bearing structures of the flat wagon and containers, as well as tank containers, taking into account the improvements. Verification of the developed models of dynamic loading is carried out. The strength of the fitting supports of the flat wagon, as well as the fittings of containers and tank containers is studied, taking into account the proposed measures. It is established that the strength of the fitting supports and the fittings is provided.

In the fourth section, substantiation of introduction of viscous connections in load-bearing structures of wagons made of pipes of round section is carried out.

To reduce dynamic loading of the load-bearing structures of wagons in operation, it is proposed to introduce the concept of an automatic coupler harness. At the same time, the automatic coupler harnesses are excluded from the load-bearing structure of the wagon and their functions of absorption of energy arising from the action of operational loads are transferred to the spine beam, as well as upper and lower sidewall straps which are proposed to be formed from pipes of round section and filled with a material with damping and anticorrosion properties. This solution helps to reduce the material capacity of the wagon and, accordingly, increase its carrying capacity and loading volume of the body, as well as extend its maintenance-free life.

Dynamic loading of the wagon is determined, taking into account the proposed solutions. It is established that acceleration acting during shunting collision on the load-bearing structure of a wagon equipped with the concepts of harnesses is lower by 10% than acceleration values obtained in case of the typical scheme of load supported by the spine beam of the wagon.

Computer simulation of dynamic loading of the load-bearing structure of a wagon equipped with the concepts of harnesses is carried out. Verification of models of dynamic loading of the load-bearing structure of the wagon is performed.

To increase the efficiency of operation of wagons, it is proposed to create articulated wagons on the basis of their designs. The peculiarity of these wagons is that the load-bearing elements are made of pipes of round section. The main types of wagons used in operation are taken into account: a gondola car, a covered wagon, a flat wagon and a hopper car.

Mathematical modelling of longitudinal dynamic loading of wagons of articulated type is carried out. Numerical values of accelerations acting on their load-bearing structures are determined. The strength of the load-bearing structures of wagons is calculated by the finite element method. It is proposed to use the concepts of harnesses on articulated wagons made of pipes of round section.

The results of the research confirmed the feasibility of this solution. It is established that taking into account the use of concepts of harnesses on wagons of articulated type it becomes possible to reduce their dynamic loading by almost 10% in comparison with a typical automatic coupler.

The fifth section highlights the features of multifunctional versions of the load-bearing components of freight wagons. To reduce dynamic loading of the load-bearing structure of the wagon made of pipes of round section, the use of energy-absorbing material as their filler is proposed. This solution is considered on the example of foamed aluminum. A load-bearing structure of a gondola car made of articulated shells filled with foamed aluminum is proposed. These solutions are justified by mathematical and computer modelling of dynamic loading of the load-bearing structure of the wagon with subsequent verification of the proposed models. It is established that the maximum accelerations acting on the load-bearing structure of the gondola car, the components of which are filled with foamed aluminum, are reduced by 3.5% compared to the tubular structure without filler.

It is substantiated to introduce elastic elements in the load-bearing structures of wagons to increase the fatigue strength in operation by reducing their dynamic

loading. This is achieved by partially converting dynamic loadings into the work of dry friction forces arising between the components of the spine beam (longitudinal beams) of the frame. This solution is implemented on the example of the gondola car, the long-base structure of the flat wagon, as well as the covered wagon. The research results showed that taking into account the proposed solutions it becomes possible to reduce dynamic loading of the load-bearing structures of wagons in comparison with prototype wagons: the gondola car – by 25%, the flat wagon – by 15%, the covered wagon – by 20%.

The sixth section presents the results of an experimental study of the strength of the load-bearing structure of the flat wagon in shunting collisions. At the same time, field studies of the strength of the load-bearing structure of the flat wagon with containers are carried out, taking into account the typical scheme of interaction, as well as elastic one. The research is conducted using the method of electric strain gauging. The tests are carried out in accordance with the developed "Test programme and methods".

The flat wagon of model 13-401 built by the Dniprodzerzhynsk wagon-building plant is chosen as a prototype. The mounting locations of strain gauges on the load-bearing structure of the flat wagon are determined by the results of theoretical calculations and the obtained stress distribution fields. In this case, strain gauges with a base of 10 mm and resistance of 200 Ohms are used.

The studies are conducted in the range of collision speeds: 3 – 6 km/h, 6 – 10 km/h and more than 10 km/h. The results of the conducted research allowed determining the specified values of strength indicators of the flat wagon load-bearing structure and confirm the results of theoretical research. The maximum discrepancy between the results of mathematical and physical experiment in the typical scheme of interaction of the flat wagon with containers is 17.0%, and in the elastic one – 17.5%.

Feasibility study of the proposed solutions for improving the load-bearing structures of wagons in above-norm loading modes is performed.

The main principles and recommendations of the dissertation are submitted for consideration and further implementation in the State Enterprise — Ukrainian scientific

railway car building research institute (Kremenchuk) and Research and Mechanical Plant of the Karpaty (Novij Rozdil). Also, the results of the dissertation are used in the educational process of Ukrainian State University of Railway Transport in the preparation of bachelors and masters in the speciality 273 –Railway Transport, as well as for students of the faculty of advanced training of staff.

Key words: transport mechanics, railway transport, railway rolling stock, wagons, above-normal modes, combined transportation.

The list of author's publications

Journals where basic scientific results of the thesis has been published

1. Fomin O. V., Lovska A. O., Plakhtii O. A., Nerubatskyi V. P. The influence of implementation of circular pipes in load-bearing structures of bodies of freight cars on their physico-mechanical properties. *Scientific Bulletin of National Mining University*. 2017. №6. С. 89–96. (видання індексується в базі Scopus).
2. Fomin O., Lovska A., Kulbovskyi I., Holub H., Kozarchuk I., Kharuta V. Determining the dynamic loading on a semi-wagon when fixing it with a viscous coupling to a ferry deck. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. № 2/7 (98). P. 6–12. (видання індексується в базі Scopus).
3. Fomin O., Lovska A., Masliyev V., Tsymbaliuk A., Burlutski O. 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*. 2019. № 1/7 (97). P. 33–40. (видання індексується в базі Scopus).
4. Fomin O., Lovska A., Daki O., Bohomia V., Tymoshchuk O., Tkachenko V. Determining the dynamic loading on an open-top wagon with a two-pipe girder beam. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. № 3/7 (99). P. 18–25. (видання індексується в базі Scopus).
5. Fomin O., Lovska A., Skliarenko I., Klochkov Yu. Substantiating the optimization of the loadbearing structure of a hopper car for transporting pellets and hot agglomerate. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. № 1/7 (103). P. 65–74. (видання індексується в базі Scopus).
6. Fomin O., Lovska A., Kovtun O., Nerubatskyi V. Defining patterns in the longitudinal load on a train equipped with the new conceptual couplers. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. № 2/7 (104) P. 33–40. (видання індексується в базі Scopus).
7. Fomin O. V., Lovska A. O. Research of expediency of application of round pipes as elements of bearing systems of railway flat wagons. *Visnik*

- Skhidnoukrayinskogo naczionalnogo universitetu imeni V. Dalya*. 2015. №1 (218). P. 38–45.
8. Fomin O. V., Gorbunov N. I., Lovskaya A. A. Prospective concept of the draft system of open boxcars. *Visnik Kremenchuczkiego naczionalnogo universitetu imeni Mikhajla Ostrogradskogo*. 2016. Vip. 6 (101). Part 1. pp. 76–85.
 9. Lovska A. O. Determination of container load as a part of combined trains during transportation by railway ferry. *Nauka ta progres transportu. Visnik Dnipropetrovskogo naczionalnogo universitetu zaliznichnogo transportu imeni akademika V. Lazaryana*. 2017. Vip. 6 (72) P. 49–60.
 10. Lovska A. O. Features of modeling of dynamic loading of the flat wagon of the articulated type with containers. *Visnik Skhidnoukrayinskogo naczionalnogo universitetu imeni V. Dalya*. 2017. №4 (234). P. 138–145.
 11. Lovska A. O. Investigation of the strength of bearing structures of containers as a part of combined trains during transportation by railway ferry. *Visnik Naczionalnogo tekhnichnogo universitetu «KhPI». Seriya: Transportne mashinobuduvannya*. 2018. Vip. 29 (1305). P. 62–68.
 12. Lovska A. O. Modeling of tank-container load during transportation as a part of a combined train on a railway ferry. *Visnik Naczionalnogo tekhnichnogo universitetu «KhPI». Seriya: Dinamika i micznist mashin*. 2018. Vip. 33. P. 28–32.
 13. Lovska A. O. Determination of the stability of the container-tank relative to the frame of the car-platform during transportation by rail. Science and progress of transport. *Nauka ta progres transportu. Visnik Dnipropetrovskogo naczionalnogo universitetu zaliznichnogo transportu imeni akademika V. Lazaryana*. 2019. № 1 (79). P. 139–150.
 14. Lovska A. O., Rybin A.V. Features of the study of the dynamic load of the tank-container during transportation by rail. *Visnik Skhidnoukrayinskogo naczionalnogo universitetu imeni V. Dalya*. 2019. №3 (251). P. 117–122.

15. Lovska A. O. Influence of bulk pressure on the stability of the container during transportation by rail. *Visnik Nacjonalnogo tekhnichnogo universitetu «KhPI». Seriya: Dinamika i micznist mashin.* 2019. № 1. P. 23–27.
16. Lovska A. O. Determination of the load of the container placed on the flat wagon with elastic-viscous interaction of fittings with fitting stops. *Zbirnik naukovikh pracz UkrDUZT.* 2019. Vip. 184. P. 6–19.
17. Lovska A. O. Features of computer modeling of the load of the container with elastic-viscous bonds in the fittings under operating conditions. *Zbirnik naukovikh pracz Derzhavnogo universitetu infrastrukturi ta tekhnologii Ministerstva osviti i nauki Ukrajini: Seriya «Transportni sistemi i tekhnologiyi».* 2019. Vip. 33. T. 2. P. 28–37.
18. Articulated type flat wagon for container transportation: Patent 122328 Ukraine, MPC B61D 3/08 (2006.01), B61D 3/10 (2006.01), B61D 3/20 (2006.01), B60P 7/13 (2006.01), B60P 7/08 (2006.01), B61F 1/08 (2006.01), B61F 1/02 (2006.01). a2017 04241; declared 04.28.17; published on 26.10.20, Bulletin № 20.
19. Covered wagon: Patent 111572 Ukraine, MPC (2016.01) B61D 3/00, B61F 1/00, B61F 1/02 (2006.01), B61F 1/08 (2006.01), B61D 17/04 (2006.01), B61D 17/08 (2006.01), B61D 17/12 (2006.01); a2015 09003.; a201509003. declared on 09/18/2015; published on 10.05.2016. Bulletin №9.
Publications in other countries:
20. Fomin O., Lovska A. Concept of freight wagons made of round pipes. Tallinn: Scientific Route. – 2020. – p. 72. doi: <https://doi.org/10.21303/978-9916-9516-3-7>
21. Fomin O., Lovska A. Improvements in passenger car body for higher stability of train ferry. *Engineering Science and Technology an International Journal.* 2020, Vol. 23. Issue 6. P. 1455–1465. <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2020.08.010> (видання індексується в базі Scopus, Q1, WoS).
22. Lovska Alyona, Fomin Oleksij, Pištěk Václav, Kučera Pavel. Dynamic load modelling within combined transport trains during transportation on a railway

- ferry. *Applied Science*. 2020. №10. 5710. doi:10.3390/app10165710 (видання індексується в базі Scopus, Q1, WoS).
23. Lovska Alyona, Fomin Oleksij, Píštěk Václav, Kučera Pavel. Calculation of loads on carrying structures of articulated circular-tube wagons equipped with new draft gear. *Applied Science*. – 2020. – №10, 7441. doi:10.3390/app10217441 (видання індексується в базі Scopus, Q1, WoS).
24. Fomin Oleksij, Gerlici Juraj, Lovskaya Alyona, Kravchenko Kateryna, Prokopenko Pavlo, Fomina Anna, Hauser Vladimir. 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*. 2019. Vol. 21, Issue 1. P. 28–34. (видання індексується в базі Scopus, Q2).
25. Fomin Oleksij, Lovska Alyona, Radkevych Valentyna, Horban Anatoliy, Skliarenko Inna, Gurenkova Olga. The dynamic loading analysis of containers placed on a flat wagon during shunting collisions. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2019. Vol. 14, No. 21. P. 3747–3752. (видання індексується в базі Scopus, Q2).
26. Fomin Oleksij, Fomin Oleksij, Lovska Alyona, Daki Olena, Bohomia Volodymyr, Tymoshchuk Olena, Prokopenko Pavlo. The substantiation of the concept of creating containers with viscous-elastic connections in fitting. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2019. Vol. 14, No. 15. P. 2771–2776. (видання індексується в базі Scopus, Q2).
27. Alyona Lovska. Simulation of loads on the carrying structure of an articulated flat car in combined transportation. *International Journal of Engineering & Technology*. 2018. 7 (4.3). P. 140–146. (видання індексується в базі Scopus).
28. Fomin Oleksij, Lovska Alyona, Gorobchenko Oleksandr, Turpak Serhii, Kyrychenko Iryna, Burlutski Oleksii. Analysis of dynamic loading of improved construction of a tank container under operational load modes. *EUREKA: Physics and Engineering*. 2019. 2. P. 61–70. (видання індексується в базі Scopus, Q2).

29. Fomin Oleksij, Lovska Alyona, Píštěk, Václav, Kučera Pavel. Research of stability of containers in the combined trains during transportation by railroad ferry. *MM SCIENCE JOURNAL*. 2020. MARCH. P. 3728–3733. (видання індексується в базі Scopus, Q2, WoS).
30. Lovskaya Alyona, Fomin Oleksij, Gerlici Juraj, Kravchenko Kateryna, Pavlo Prokopenko, Tomas Lack. Improvement of the bearing structure of the wagon-platform of the articulated type to ensure the reliability of the fixing on the deck of the railway ferry. *MATEC Web of Conferences*. 2019. Vol. 254. (видання індексується в базі WoS).
31. Fomin Oleksij, Gerlici Juraj, Lovskaya Alyona, Gorbunov Mykola, Kravchenko Kateryna, Prokopenko Pavlo, Lack Tomas. Dynamic loading of the tank container on a flat wagon considering fittings displacement relating to the stops. *MATEC Web of Conferences*. 2018. Vol. 234. (видання індексується в базі Scopus, WoS).
32. Fomin Oleksij, Gerlici Juraj, Lovskaya Alyona, Kravchenko Kateryna, Prokopenko Pavlo, Fomina Anna, Hauser Vladimír. 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*. 2018. Vol. 235. (видання індексується в базі Scopus).
33. Fomin Oleksij, Lovska Alyona, Píštěk Václav, Kučera Pavel. Dynamic load computational modelling of containers placed on a flat wagon at railroad ferry transportation. *VIBROENGINEERING PROCEDIA*. 2019. Vol. 29. P. 118–123. (видання індексується в базі Scopus).
34. Fomin O., Gerlici J., Lovska A., Kravchenko K., Fomina Yu., Lack T. Determination of the strength of the containers fittings of a flat wagon loaded with containers during shunting. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019. Vol. 659. 012056. doi:10.1088/1757-899X/659/1/012056. (видання індексується в базі Scopus).
35. Fomin O., Lovska A., Bazyl L., Radkevych O., Skliarenko I. Determination of the strength of the flat wagon fitting stops by elastic viscous interaction with

- fittings of the tank container. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2019. Vol. 708. 012008. doi:10.1088/1757-899X/708/1/012008. (видання індексується в базі Scopus).
36. Fomin Oleksij, Vatulia Glib, Lovska Alyona. Formation of flash-concept for a resource-saving articulated hopper car to transport hot pellets and agglomerate. *E3S Web of Conferences*. 2020. Vol. 166. 07002 (2020) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016607002>. (видання індексується в базі Scopus).
37. Fomin O., Lovska A., Lack T., Bykovets N., Shatkovska H., Kravchenko K. Determination of the strength of a flat wagon by elastic viscous interaction with tank containers. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2020. Vol. 776. 012015. doi:10.1088/1757-899X/776/1/012015. (видання індексується в базі Scopus).
38. Fomin Oleksij, Lovska Alyona, Píštěk, Václav, Kučera Pavel. The research of the influence of viscous interaction between wagon and container on the dynamic load during transportation by rail ferry. *VIBROENGINEERING PROCEDIA*. 2020. Vol. 31. P. 62–67. <https://doi.org/10.21595/vp.2020.21439>. (видання індексується в базі Scopus).

Proceedings that certify an approvement of thesis materials

39. Lovska A. O. Features of construction and test calculations for the strength of the bearing system of the flat wagon of round pipes. *Logistics management and traffic safety: coll. abstracts of the international scientific-practical conference*. (Lozova, May 4 – 8, 2015). Lozova: Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 2015. pp. 25–26.
40. Lovska A. O. Substantiation of expediency of optimization and computer modeling of strength of a body of a gondola car with use as bearing elements of a design of round pipes. *Development of scientific and innovative activity on transport: materials of the 77th international scientific and technical conference of scientific and practical conference*. (Kharkiv, April 21-23, 2015). Kharkiv: UkrSART, 2015. P. 63–64.

41. Lovska A. O. Investigation of dynamic loads acting on the load-bearing structures of car bodies in combined transportation. *Development of scientific and innovative activity on transport: materials of the 78th international scientific and technical conference*. (Kharkiv, April 26-28, 2016). Kharkiv: UkrSART, 2016. P. 39–40.
42. Lovska A. O. Research of dynamic loading of the car-platform with the containers placed on it at shunting collision. *Innovations in the infrastructure of transport and logistics systems. Problems, experience, prospects: coll. abstracts of the international scientific-practical conference*. (Truskavets, April 11–17, 2016). Truskavets: Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 2016. P. 108–110.
43. Lovska A. O. Clarification of the values of dynamic loads acting on the load-bearing structures of car bodies during transportation by rail ferries. *Problems and prospects of railway transport development: materials of the 76th international scientific-practical conference*. (Dnipropetrovsk, May 19–20, 2016). Dnipropetrovsk: DNURT, 2016. P. 49–50.
44. Lovska A. O., Yalova I. V. Investigation of dynamic loads acting on a platform car with containers during transportation by rail. *Problems and prospects of railway transport development: materials of the 77th international scientific-practical conference*. (Dnipropetrovsk, May 11–12, 2017). Dnipropetrovsk: DNURT, 2017. P. 53–55.
45. Lovska A. O., Ravlyuk V. G. Research of dynamic loading of bearing designs of containers at transportation on cars-platforms. *Dynamics of Scientific Meetings-2017: Proceedings of the XIII International Scientific and Practical Conference*. (Przemyśl, 07–15 July 2017). Przemyśl: Nauka i studia, 2017. P. 24–26.
46. Lovska A. O. Determination of dynamic loading of the improved bearing design of the car-platform of the articulated type at the combined transportations. *Logistics management and traffic safety: a collection of scientific papers of the scientific-practical conference of students and young people*. (Lyman, October

- 5-7, 2017). Lyman: Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 2017. P. 92–94.
47. Lovskaya A. O. Features of mathematical modeling of dynamic loading of bearing designs of the containers placed on cars-platforms at operational modes of loading. *Transport safety issues: VIII International Scientific and Practical Conference dedicated to the Year of Science*. (Gomel, November 23-24, 2017). Republic of Belarus, Gomel: BelGUT, 2017. P. 116–117.
48. Lovska A. O. Research of dynamic loads acting on the car-platform of articulated type with containers at operational load modes. *Problems of transport and logistics development: a collection of abstracts of the VII International Scientific and Practical Conference*. (Odessa, April 26-28, 2017). Odessa: Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 2017. P. 97–98.
49. Alyona Lovska. Research of loads on carrying structures of containers in combined trains in rail ferry transportation. *Globalization of scientific and educational space. Innovations of transport. Problems, experience, prospects: Theses of international scientific and practical conference*. (Italy, May 2018). Italy: Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 2018. P. 71–74.
50. Lovska A. O., Rybin A. V. Determination of the load of the tank-container during transportation as part of a combined train on a railway ferry. *Science and technology of the present time: priority development directions of Ukraine and Poland: International Multidisciplinary Conference*. (Wolomin, 19–20 October 2018). Wolomin, 2018. P. 110–111.
51. Lovska A. O. Computer modeling of tank container load under operating conditions. *Logistics management and traffic safety: a collection of scientific papers of the scientific-practical conference of students and young scientists*. (Kyiv, November 16-17, 2018). Kyiv: Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 2018. P. 114–116.
52. Lovska A. O. Modeling of loading of a bearing design of the car-platform of the articulated type at the combined transportations. *Transport technologies and infrastructure: abstracts of reports of the international scientific and technical*

- conference*. (Kharkiv, May 14–16, 2018). Kharkiv: UkrSURT, 2018. P. 125–126.
53. Fomin O. V., Lovska A. O., Gorban A. V., Skok P. O. Investigation of the dynamic load of the container placed on the car-platform during transportation by rail ferry. *Current issues of engineering mechanics: Abstracts of the VI International Conference*. (Odessa, May 20-24, 2019). Odessa: OSACEA, 2019. P. 198–200.
 54. Lovska A. O. Mathematical modeling of the dynamic load of the tank-container during transportation by rail. *Problems and prospects of railway transport development: materials of the 79th international scientific-practical conference*. (Dnipro, May 16-17, 2019). Dnipro: DNURT, 2019. P. 55–56.
 55. Lovska A. A., Rybin A. V. Modeling of loading of the container of the standard size ICC at transportation on the railway ferry. *Logistics management and traffic safety: a collection of scientific papers of the scientific-practical conference of applicants for higher education and young scientists*. (Lyman, November 14-16, 2019). Lyman: Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 2019. P. 96–99.
 56. Lovska A. O., Rybin A. V. Determination of the stability of the container size ICC when transported by rail. *SCIENCE, ENGINEERING AND TECHNOLOGIES: GLOBAL AND CURRENT TRENDS: International scientific-practical conference*. (Prague, Czech Republic, December 27–28, 2019). Prague, Czech Republic, 2019. P. 54–56.
 57. Lovska Alyona. Research of dynamic loading of a container located on a flat wagon at visco-elastic interaction between fittings and fitting stops. *Globalization of scientific and educational space. Innovations of transport. Problems, experience, prospects: Theses of international scientific and practical conference*. (Salou (Spain), 4–11 May 2019). Salou (Spain): Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 2019. P. 57–58.
 58. Lovska A. O. Investigation of the dynamic load of containers with elastic-viscous bonds in fittings under operating conditions. *New generation wagons:*

from the XX to the XXI century: Abstracts of the II All-Ukrainian Conference. (Kharkiv, April 23-25, 2019). Kharkiv: UkrSURT, 2019. P. 13–14.

59. Fomin Oleksij, Gerlici Juraj, Lovska Alyona, Kravchenko Kateryna, Fomina Yuliia, Lack Tomas. Determination of the strength of the containers fittings of a flat wagon. *Research and Development of Mechanical Elements and Systems, IRMES 2019: Book of Abstracts for the 9th International Scientific Conference* [on]. (Kragujevac, 5–7 September 2019.). Kragujevac, 2019. P. 228–229.
60. Fomin O. V., Lovska A. O., Chimshir V. I., Bukatova O. M., Yarenchuk L. G. Features of determining the load of the load-bearing structure of the body of a gondola car of articulated type of round pipes. *Problems of reliability and durability of engineering structures and buildings on railway transport: abstracts of reports of the 8th International scientific and technical conference.* (Kharkiv, November 20-22, 2019). Kharkiv, UkrSURT, 2019. P. 95–96.
61. Lovska A. O. Determination of dynamic loading of containers at operating modes. *Transport and logistics: problems and solutions: a collection of scientific papers of the IX International Scientific and Practical Conference.* (Odessa, May 22-24, 2019). Odessa: Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 2019. P. 81–84.

Scientific works that additionally reflect scientific dissertation results

62. Lovskaya Alyona, Gerlici Juraj, Fomin Oleksij, Kravchenko Kateryna, Fomina Yuliia, Lack Tomas. Special Aspects of Determining the Dynamic Load of the Tank Container During Its Transportation in an Integrated Train Set by a Railway Ferry. *TRANSBALTICA XI: Transportation Science and Technology Proceedings of the International Conference TRANSBALTICA.* Vilnius, Lithuania, 2019. P. 580–590.
63. Lovska A. A. Investigation of the dynamic load of the flat wagon with containers during transportation by rail. *Railway transport of Ukraine.* 2017. № 2. P. 16–20.

64. Tank container: Patent 134400 Ukraine, MPC (2019.01) B61D 3/00, B61D 3/20 (2006.01), B61D 5/00, B65D 88/06 (2006.01), B65D 88/12 (2006.01). u2018 12988; declared 12/27/18; published 10.05.19, Bulletin № 9.
65. Flat wagon of articulated type for transporting containers: Patent 134913 Ukraine, MPC B61D 3/08 (2006.01), B61D 3/20 (2006.01). u2018 13016; declared 28.12.18; published 10.06.19, Bulletin № 11.
66. Tank container: Patent 135552 Ukraine, MPC (2019.01) B65D 88/12 (2006.01), B61D 3/00, B61D 3/20 (2006.01). u2018 12989; declared 12/27/18; published 10.07.19, Bulletin № 13.
67. Device for securing a wagon relative to a railway ferry deck: Patent 136743 Ukraine, MPC (2019.01) B60P 7/08 (2006.01), B60P 7/135 (2006.01), B60P 3/06 (2006.01), B63B 25/00; u2019 03401; declared 04.04.19; published on 27.08.19, Bulletin №16.
68. Impact-traction device of a railway car: Patent 138422 Ukraine, MPC B65G 11/16 (2006.01), B65G 11/18 (2006.01). u2019 05595; declared 23.05.19; published 25.11.19, Bulletin № 22.
69. Flat wagon of articulated type for transporting containers: Patent 145433 Ukraine, MPC (2020.01) B61D 3/00, B61D 3/08 (2006.01), B61F 1/08 (2006.01). u2020 04117; declared 07.07.20; published on 10.12.20, Bulletin № 23.

ЗМІСТ

ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ	44
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	46
Вступ	47
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ З ВИЗНАЧЕННЯ НАВАНТАЖЕНОСТІ КОНСТРУКЦІЙ ВАГОНІВ ПРИ НАДНОРМОВАНИХ РЕЖИМАХ	57
1.1 Особливості навантажень несучих конструкцій вагонів при наднормованих режимах експлуатації	57
1.2 Дослідження основних пошкоджень несучих конструкцій вагонів при наднормованих режимах	60
1.3 Аналіз основних науково-технічних публікацій з питань досліджень динамічної навантаженості та міцності вагонів	66
1.4 Висновки до розділу 1	84
РОЗДІЛ 2 ФОРМУВАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ ТА КОМП'ЮТЕРНИХ МОДЕЛЕЙ ДИНАМІЧНОЇ НАВАНТАЖЕНОСТІ КОНТЕЙНЕРІВ У СКЛАДІ КОМБІНОВАНИХ ПОЇЗДІВ, А ТАКОЖ НЕСУЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ВАГОНІВ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ НА ЗАЛІЗНИЧНИХ ПОРОМАХ	86
2.1 Формування математичних моделей динамічної навантаженості суховантажних контейнерів у складі комбінованих поїздів при перевезенні на поромах	86
2.2 Формування математичних моделей динамічної навантаженості контейнерів-цистерн у складі комбінованих поїздів при перевезенні на поромах	96
2.3 Формування комп'ютерних моделей динамічної навантаженості контейнерів при перевезенні на залізничному поромі	101
2.4 Удосконалення схеми взаємодії контейнера з вагоном-платформою при перевезенні на залізничному поромі	107
2.5 Удосконалення схеми взаємодії кузовів вагонів з палубою залізничного	

	40
порому	116
2.5.1 Визначення динамічної навантаженості несучої конструкції вагона при перевезенні залізничним поромом	116
2.5.2 Комп'ютерне моделювання динамічної навантаженості кузовів вантажних вагонів при перевезенні на залізничному поромі	121
2.5.3 Конструкційні особливості пристрою для закріплення вагонів відносно палуби	127
2.5.4 Формування математичної моделі динамічної навантаженості кузова напіввагона при перевезенні на залізничному поромі	130
2.5.5 Формування комп'ютерної моделі динамічної навантаженості кузова напіввагона при перевезенні на залізничному поромі	133
2.6 Удосконалення несучої конструкції пасажирського вагона для забезпечення надійності закріплення на залізничному поромі	137
2.6.1 Конструкційні особливості пристрою для закріплення кузова пасажирського вагона на залізничному поромі	137
2.6.2 Математичне моделювання динамічної навантаженості кузова пасажирського вагона з урахуванням заходів щодо удосконалення при перевезенні на залізничному поромі	139
2.6.3 Розрахунок на міцність кузова пасажирського вагона з урахуванням заходів щодо удосконалення при перевезенні на залізничному поромі	140
2.7 Висновки до розділу 2	142
РОЗДІЛ 3 ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІЧНОЇ НАВАНТАЖЕНОСТІ ВАГОНІВ ПРИ МАНЕВРОВОМУ СПІВУДАРЯННІ	147
3.1 Математичне моделювання динамічної навантаженості несучої конструкції вагона-платформи з суховантажними контейнерами при маневровому співударянні	147
3.2 Математичне моделювання динамічної навантаженості несучої конструкції вагона-платформи з контейнерами-цистернами при маневровому співударянні	151
3.3 Комп'ютерне моделювання динамічної навантаженості несучої	

конструкції вагона-платформи з суховантажними контейнерами при маневровому співударянні	155
3.4 Комп'ютерне моделювання динамічної навантаженості несучої конструкції вагона-платформи з контейнерами-цистернами при маневровому співударянні	159
3.5 Теоретичне обґрунтування впровадження пружних, в'язких та пружно-в'язких зв'язків в несучі конструкції засобів комбінованого транспорту для зменшення динамічної навантаженості в експлуатації	162
3.5.1 Теоретичне обґрунтування впровадження пружних, в'язких та пружно-в'язких зв'язків в несучу конструкцію суховантажного контейнера	162
3.5.2 Теоретичне обґрунтування впровадження пружних, в'язких та пружно-в'язких зв'язків в несучу конструкцію контейнера-цистерни	168
3.5.3 Формування комп'ютерної моделі динамічної навантаженості контейнера, розміщеного на вагоні-платформі при маневровому співударянні	172
3.5.4 Формування комп'ютерної моделі динамічної навантаженості контейнера-цистерни, розміщеного на вагоні-платформі при маневровому співударянні	176
3.6 Визначення міцності фітингових упорів вагона-платформи з урахуванням в'язкої та пружно-в'язкої взаємодії з контейнером або контейнером-цистерною	181
3.7 Висновки до розділу 3	188
РОЗДІЛ 4 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ В'ЯЗКИХ ЗВ'ЯЗКІВ В НЕСУЧІ КОНСТРУКЦІЇ ВАГОНІВ З ТРУБ КРУГЛОГО ПЕРЕРІЗУ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ДИНАМІЧНОЇ НАВАНТАЖЕНОСТІ В ЕКСПЛУАТАЦІЇ	193
4.1 Формування математичної моделі динамічної навантаженості вагона при маневровому співударянні	193
4.2 Формування комп'ютерної моделі динамічної навантаженості вагона з урахуванням використання концепту упряжного пристрою	200

4.3 Особливості проектування вагонів зчленованого типу з труб круглого перерізу	209
4.4 Особливості проектування контейнерів-цистерн з труб круглого перерізу	226
4.5 Висновки до розділу 4	236
РОЗДІЛ 5 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ПРИНЦИПІВ МУЛЬТИФУНКЦІОНАЛЬНОСТІ В НЕСУЧІ КОНСТРУКЦІЇ ВАГОНІВ	239
5.1 Теоретичне обґрунтування впровадження піноалюмінію в несучі конструкції залізничних вагонів	239
5.2 Теоретичне обґрунтування впровадження пружних елементів в несучі конструкції вагонів для підвищення втомної міцності в експлуатації	254
5.2.1 Теоретичне обґрунтування впровадження пружних елементів в несучу конструкцію напіввагона для підвищення втомної міцності в експлуатації	254
5.2.2 Теоретичне обґрунтування впровадження пружних елементів в несучу конструкцію вагона-платформи для підвищення втомної міцності в експлуатації	266
5.2.3 Теоретичне обґрунтування впровадження пружних елементів в несучу конструкцію критого вагона для підвищення втомної міцності в експлуатації	281
5.3 Розрахунок економічного ефекту від впровадження запропонованих заходів	287
5.4 Висновки до розділу 5	297
РОЗДІЛ 6 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ НЕСУЧОЇ КОНСТРУКЦІЇ ВАГОНА-ПЛАТФОРМИ ПРИ НАДНОРМОВАНИХ РЕЖИМАХ	300
6.1 Експериментальне дослідження міцності несучої конструкції вагона-платформи при типовій схемі взаємодії фітингів з фітинговими упорами	300
6.2 Експериментальне дослідження міцності несучої конструкції вагона-платформи при пружній взаємодії фітингів з фітинговими упорами	313

	43
6.3 Висновки до розділу 6	320
ВИСНОВКИ	322
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	327
Додаток А Акти про впровадження результатів дисертації	352
Додаток Б Список публікацій здобувача за темою дисертації та відомості про апробацію результатів дисертації	359
Додаток В Програма та методика випробувань вагона-платформи, завантаженого контейнерами при типовій схемі взаємодії фітінгів з фітінговими упорами, а також з урахуванням удосконалень	372

ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ

Вагоноконструкція – конструкція залізничного вагону.

Втомна міцність (опір втомі) – властивість матеріалу не руйнуватися з часом під дією робочих навантажень.

Динамічна навантаженість – процес, що характеризується швидкою зміною в часі значень, напрямків або точок (зон) прикладання динамічних навантажень і виникнення в елементах конструкції динамічних сил.

Інноваційна конструкція вагона – несуча конструкція вагона, яка дозволяє при серійному впровадженні досягти значного економічного ефекту та підвищену ефективність експлуатації рухомого складу.

Інтероперабельність – властивість залізничного транспорту підтримувати безпечний та безперебійний рух рухомого складу, що відповідає необхідному рівню якості роботи і залежить від рівня технічного, технологічного, організаційного, кваліфікаційного забезпечення, необхідного для дотримання відповідності технічним специфікаціям оперативної сумісності (Проект закону України —Про залізничний транспорт України, №9512).

Залізничний пором – судно, призначене для перевезення залізничних транспортних засобів.

Концепт — інноваційна ідея, що містить в собі творчий сенс.

Міцність – властивість матеріалу чинити опір руйнуванню під дією напружень, що виникають під впливом зовнішніх сил.

Модуль вагона – конструктивно закінчена складова вагону, призначена для реалізації цільових і/або забезпечуючих функцій.

Мультиматеріальність – принцип, згідно з яким конструкція виготовляється більш ніж з одного виду матеріалу.

Мультифункціональність – принцип, згідно з яким кожен елемент або вузол виконує в конструкції більш ніж одну функцію одночасно.

Наднормований режим – режим, при якому несуча конструкція випробовує навантаження, що перевищують нормативні значення.

Напружений стан – сукупність нормальних та дотичних напружень, що виникають на різних майданчиках, які проходять через дану точку.

Напружено-деформований стан – сукупність напружень і деформацій, що виникають при дії на матеріальне тіло зовнішніх навантажень, температурних полів та інших факторів.

Несуча конструкція вагону – сукупність конструкційних елементів, що сприймають основні навантаження в експлуатації.

Пошкодження вагона – подія, що полягає в порушенні справного стану вагону при збереженні працездатного стану.

Проектний строк служби вагона – це період, протягом якого вагон за належного утримання може виконувати передбачені проектом функції, а рівень безпеки при цьому не знижується нижче показників, встановлених правилами експлуатації.

Режим експлуатації вагона – інтенсивність використання вагона за призначенням з параметрами, визначеними проектом або встановленими в процесі його експлуатації.

Ресурсозберігаюча конструкція вагона – конструкція вагона, при виготовленні якої використані принципи раціоналізації використання матеріально-технічних, трудових, фінансових, природних та інших ресурсів з метою отримання конструкції з покращеними показниками.

Строк служби вагона – календарна тривалість експлуатації вагона від початку експлуатації або її відновлення після ремонту, або модернізації до переходу до граничного стану.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ВАТ	–	Відкрите акціонерне товариство
ВПФ	–	вагон-платформа
ДН	–	динамічна навантаженість
ДП	–	Державне підприємство
ЗП	–	залізничний пором
ІПТ	–	ізопараметричний тетраедр
КЦ	–	контейнер-цистерна
МСЕ	–	метод скінчених елементів
НВЦ	–	Науково-впроваджувальний центр
НДС	–	напружено-деформований стан
НС	–	напружений стан
СЕ	–	скінчений елемент
СЕМ	–	скінчено-елементна модель
УММ	–	узагальнена математичн модель

ВСТУП

Актуальність теми. Перспективи техніко-економічного розвитку України зумовлюють підвищення ефективності експлуатації залізничного рухомого складу, як провідної галузі транспортної системи. Для конкурентоспроможності залізничного рухомого складу на сучасному етапі розвитку транспортної галузі важливим є створення мультифункціональних конструкцій. Досягти цього можливо шляхом урахування на стадії проектування уточнених динамічних навантажень, які виникають при наднормованих режимах експлуатації (залізнично-поромні перевезення, маневрове співударяння, падіння брила вантажу на несучу конструкцію вагона, дія ударних навантажень на кришку люка напіввагона, дія циклічних навантажень на несучу конструкцію напіввагона при використанні вібротриб для дорозвантаження кузова, розвантаження кузова грейферним ковшем, відкриття кришки люка без торсіонного механізму тощо). Це сприятиме зменшенню пошкоджень вагонів в експлуатації, підвищенню безпеки руху, екологічної безпеки перевезень вантажів, покращенню інтегрованості (контейнерні перевезення (суховантажні та КЦ), залізнично-поромні, контрейлерні тощо).

У відповідності до Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року (від 30 травня 2018 р. № 430-р) для підвищення ефективності перевізного процесу у міжнародному сполученні необхідним є впровадження в експлуатацію високоефективного рухомого складу з покращеними техніко-економічними, експлуатаційними та екологічними характеристиками. Нормативна база згідно якої здійснюється проектування рухомого складу не відображає особливостей навантажень несучих конструкцій при наднормованих режимах, що зумовлює необхідність її уточнення та доповнення для створення високоефективного рухомого складу.

Зважаючи на згадане, дисертаційна робота присвячена розвитку наукових основ розрахунків конструкцій вагонів шляхом урахування наднормованих режимів при експлуатації, зокрема залізнично-поромні перевезення поїздів комбінованого транспорту, маневрове співударяння ВПФ, завантажених контейнерами або КЦ з урахуванням технологічних зазорів. Це дозволить знизити матеріалоємність вагонів, підвищити вантажопідйомність, збільшити середні швидкості руху в завантаженому та порожньому станах, покращити антикорозійні та антифрикційні властивості, збільшити термін служби та зменшити загальну виробничу та експлуатаційну собівартість.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами. Дисертаційна робота виконана у відповідності з Національною транспортною стратегією України на період до 2030 року (від 30 травня 2018 р. № 430-р), Комплексною програмою оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2020 роки, затвердженою розпорядженням Кабінету Міністрів України від 14 жовтня 2008 року № 1259, Стратегічними пріоритетними напрямками інноваційної діяльності на 2011-2021 роки.

Дослідження за темою дисертаційної роботи проводились дисертантом при виконанні держбюджетних науково-дослідних робіт: «Створення концептуально-нових вантажних вагонів модульного типу, як основа забезпечення позицій України на ринках залізничних вантажоперевезень та машинобудування» (№0117U000564); «Фундаментальні основи створення адекватно-спрямованого напружено-деформованого стану мультифункціональних модулів вагоноконструкцій з можливостями перспективного широкого машинобудівного застосування» (№0119U100437); «Інноваційні засади створення ресурсозберігаючих конструктивів вагонів шляхом урахування уточнених динамічних навантажень та функціонально-адаптивних флеш-концептів» (№0120U102037); «Розроблення концептуальних засад для відновлення ефективного функціонування застарілих вантажних вагонів» (№0120U104943).

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є вирішення науково-прикладної проблеми – покращення ефективності функціонування вагонів шляхом урахування наднормованих режимів при експлуатації.

Для досягнення поставленої мети вирішені такі науково-прикладні задачі:

- проаналізувати наукові дослідження з визначення навантаженості конструкцій вагонів при наднормованих режимах;

- сформувати математичні моделі для визначення ДН контейнерів та КЦ у складі комбінованих поїздів при перевезенні на ЗП з урахуванням таких схем їх взаємодії: відсутність переміщень ВПФ та контейнера відносно початкового положення; наявність переміщень ВПФ при коливаннях ЗП та нерухомість контейнерів відносно рами; наявність переміщень ВПФ відносно палуби та контейнерів відносно рами ВПФ.

- визначити ДН несучих конструкцій вагонів при використанні в'язких стяжок для закріплення на палубах ЗП;

- дослідити ДН контейнерів та КЦ, розміщених на ВПФ при маневровому співударянні;

- сформувати математичні моделі для визначення ДН контейнерів та КЦ з урахуванням пружних, в'язких та пружно-в'язких зв'язків у фітінгах;

- провести теоретичне обґрунтування впровадження в'язких зв'язків в несучі конструкції вагонів з труб круглого перерізу з метою зменшення ДН в експлуатації;

- провести теоретичне обґрунтування створення вагонів зчленованого типу з труб круглого перерізу, обладнаних новими концептами упряжних пристроїв;

- провести теоретичне обґрунтування мультифункціональних виконань несучих конструкцій вагонів;

- провести експериментальне дослідження міцності вагона при наднормованих режимах навантажень;

- провести техніко-економічне обґрунтування запропонованих рішень щодо удосконалення несучих конструкцій вагонів та контейнерів при наднормованих режимах навантажень.

Об'єкт дослідження – процеси виникнення, сприйняття та перерозподілу навантажень в конструктивах вагонів, а також їх інноваційного розвитку.

Предмет дослідження – закономірності функціонування конструктивів вагонів при наднормованих режимах експлуатації; дослідження, а також моделювання ДН та мультифункціональне виконання їх складових.

Методи дослідження. При виконанні дисертаційної роботи використовувалися такі теорії та методи дослідження: сучасні методи математичної статистики при дослідженні пошкоджень несучих конструкцій ВПФ в експлуатації; класичні методи складання диференціальних рівнянь руху механічних систем, зокрема, метод Лагранжа II роду, при дослідженні ДН несучих конструкцій вагонів при наднормованих режимах експлуатації; методи теоретичної механіки при визначенні стійкості контейнерів та КЦ на ВПФ; МСЕ при визначенні основних показників міцності та комп'ютерному моделюванні ДН несучих конструкцій вагонів; метод Фішера для перевірки адекватності сформованих моделей; метод математичного планування експерименту при визначенні оптимальних параметрів несучих елементів транспортних засобів з труб круглого перерізу; сучасні методи експериментальних досліджень при визначенні навантаженості ВПФ при наднормованих режимах експлуатації; метод визначення проектного строку служби для визначення проектного строку служби удосконалених несучих конструкцій вагонів.

Обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків, рекомендацій, які захищаються обумовлені використанням сучасних методів математичного моделювання, коректними допущеннями, підтверджуються задовільною збіжністю розрахункових і експериментальних даних.

Наукова новизна отриманих результатів.

Розвинуті наукові основи розрахунків конструкцій вагонів при наднормованих режимах експлуатації, а саме, при перевезенні поїздів комбінованого транспорту на ЗП, а також маневровому співударянні.

Вперше:

- розроблено метод урахування наднормованих режимів навантаженості несучих конструкцій вагонів в експлуатації, а саме при перевезенні комбінованих поїздів на ЗП та маневрових співударяннях ВПФ, завантажених контейнерами або КЦ з пружними, в'язкими та пружно-в'язкими зв'язками у фітингах;

- сформовано математичні моделі для визначення ДН контейнерів або КЦ у складі комбінованих поїздів при перевезенні на ЗП з урахуванням таких схем їх взаємодії: відсутність переміщень ВПФ та контейнера відносно початкового положення; наявність переміщень ВПФ при коливаннях ЗП та нерухомість контейнерів відносно рами; наявність переміщень ВПФ відносно палуби та контейнерів відносно рами ВПФ;

- отримано аналітичні та графічні залежності ДН суховантажних контейнерів та КЦ при перевезенні у складі комбінованих поїздів на ЗП, що дозволяють визначити стійкість контейнерів, а також КЦ на ВПФ;

- отримано залежності ДН суховантажних контейнерів та КЦ, розміщених на ВПФ при маневрових співударяннях з урахуванням пружних, в'язких або пружно-в'язких зв'язків у фітингах.

Дістали подальший розвиток:

- доопрацьовано математичну модель ДН несучої конструкції вагона при дії повздовжньої сили на нього з урахуванням застосування концепту упряжного пристрою автозчепу. Модель дозволяє отримати закономірності ДН вагонів з несучими елементами із труб круглого перерізу;

- доопрацьовано математичні моделі ДН несучих конструкцій вагонів з урахуванням використання пружних або в'язких зв'язків із засобами

комбінованих перевезень (ЗП, ВПФ, контейнер), що дозволяють отримати закономірності їх ДН при експлуатації.

Удосконалено:

- науковий підхід щодо проектування несучих конструкцій вагонів, зокрема, обґрунтовано доцільність заповнення зчленованих оболонок, які є боковими та торцевими стінами напіввагонів, енергопоглинаючим матеріалом, а також використання пружних елементів в несучих конструкціях вагонів (напіввагон, ВПФ, критий вагон).

Практичне значення одержаних результатів.

Запропоновані практичні рішення щодо покращення ефективності функціонування вагонів в експлуатації.

- сформовані СЕМ вагонів, які дозволяють визначити їх динамічну навантаженість, а також міцність при наднормованих режимах та можуть бути використані при проведенні відповідних науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт;

- удосконалені та запатентовані: несучі конструкції вагонів, контейнерів та КЦ, пристрій для закріплення вагона відносно палуби залізничного порому, ударно-тяговий прилад (Патенти України: 122328, 111572, 134400, 134913, 135552, 136743, 138422, 145433);

- запропоновані доповнення нормативного документу ДСТУ 7598-2014 —Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних)», шляхом врахування наднормованих режимів навантажень вагонів в експлуатації;

- основні положення та рекомендації дисертаційної роботи передані з метою розгляду та подальшого впровадження в ДП –Український науково-дослідний інститут вагобудування» (м. Кременчук) та ДМЗ –Карпати» (м. Новий Розділ). Також результати дисертаційної роботи використовуються в навчальному процесі УкрДУЗТ при підготовці бакалаврів та магістрів за спеціальністю 273 –Залізничний транспорт», а також для слухачів факультету підвищення кваліфікації кадрів.

Особистий внесок здобувача. Усі результати дисертаційної роботи, які виносяться на захист, отримані особисто здобувачем або за його безпосередньої участі. Наукові публікації [9 – 13, 15– 18, 29, 39 – 43, 46 – 49, 51, 52, 54, 57, 58, 61, 63] опубліковані без співавторів. У роботах, опублікованих у співавторстві, дисертанту належить:

- створення скінчено-елементних моделей несучих конструкцій вагонів та проведення розрахунку на міцність при основних експлуатаційних режимах навантаження – [1, 3, 4, 5, 7, 20, 24, 36, 59, 60];

- створення закономірностей динамічної навантаженості несучих конструкцій вагонів, обладнаних концептом упряжного пристрою – [1, 4, 6, 8, 23];

- створення закономірностей динамічної навантаженості контейнерів та контейнерів-цистерн, розміщених на вагонах-платформах при основних експлуатаційних режимах навантаження – [25, 27, 31, 45];

- створення закономірностей динамічної навантаженості вагонів, контейнерів та контейнерів-цистерн, розміщених на вагонах-платформах при перевезенні у складі комбінованих поїздів на залізничних поромках – [14, 21, 22, 28, 30, 33, 44, 50, 53, 55, 56, 62];

- впровадження пружно-в'язких зв'язків в несучі конструкції контейнерів та контейнерів-цистерн, а також вагонів для зменшення динамічної навантаженості в експлуатації – [2, 26, 34, 35, 37, 38];

- створення закономірностей динамічної навантаженості та міцності несучих конструкцій вагонів з труб круглого перерізу при основних експлуатаційних режимах навантаження – [1, 3, 7, 20, 24, 32];

- пошук аналогів вагонів (пристроїв закріплення) та формування заявок на винаходи (корисні моделі) – [19, 64–69].

Апробація результатів дисертації. Основні матеріали результатів дисертаційної роботи доповідалися, обговорювалися та отримали схвалення на 23 наукових конференціях:

- 77, 78 міжнародних науково-технічних конференціях «Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті», Український державний університет залізничного транспорту, УкрДУЗТ, 2015, 2016. (Україна, м. Харків);

- Міжнародній науково-практичній конференції —Інновації інфраструктури транспортно-логістичних систем. Проблеми, досвід, перспективи, СНУ ім. В. Даля, 2016. (Україна, м. Трускавець);

- 76, 77, 79 міжнародних науково-практичних конференціях —Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту, Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, 2016, 2017, 2019. (Україна, м. Дніпро);

- XIII międzynarodowej naukowipraktycznej konferencji –Dynamika naukowych badań-2017, 2017. (Republic of Poland, Przemyśl);

- Науково-практичній конференції здобувачів вищої освіти та молодих вчених —Логістичне управління та безпека руху на транспорті, СНУ ім. В. Даля, 2017, 2018, 2019. (Україна);

- VIII Международной научно-практической конференции, посвященной Году науки –Проблемы безопасности на транспорте, БелГУТ, 2017. (Республика Беларусь, г. Гомель);

- VII міжнародній науково-практичній конференції —Проблеми розвитку транспорту і логістики, СНУ ім. В. Даля, 2017. (Україна, м. Одеса);

- International scientific and practical conference –Globalization of scientific and educational space. Innovations of transport. Problems, experience, prospects, Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 2018. (Italy, Rome);

- International Multidisciplinary Conference «Science and technology of the present time: priority development directions of Ukraine and Poland», 2018. (Republic of Poland, Wolomin);

- Міжнародній науково-технічній конференції —Технології та інфраструктура транспорту, УкрДУЗТ, 2018 р. (Україна, м. Харків);

- VI Міжнародній конференції —Актуальні проблеми інженерної механіки, ОДАБА, 2019. (Україна, м. Одеса);
- Міжнародній науково-практичній конференції «НАУКА, ТЕХНІКА І ТЕХНОЛОГІЇ: ГЛОБАЛЬНІ ТА СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ», 2019. (Чеська Республіка, Прага);
- International scientific and practical conference –Globalization of scientific and educational space. Innovations of transport. Problems, experience, prospects, Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 2019. (Spain, Salou);
- II Всеукраїнській конференції «Вагони нового покоління: із XX в XXI сторіччя», УкрДУЗТ, 2019 р. (Україна, м. Харків);
- 9th International Scientific Conference [on] Research and Development of Mechanical Elements and Systems, IRMES, 2019. (Serbia, Kragujevac);
- 8 Міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», УкрДУЗТ, 2019. (Україна, м. Харків);
- IX міжнародній науково-практичній конференції «Транспорт і логістика: проблеми та рішення», СНУ ім. В. Даля, 2019 (Україна, м. Одеса).

В повному обсязі результати дисертаційної роботи доповідались та були схвалені на розширеному семінарі кафедр експлуатації та ремонту рухомого складу, інженерії вагонів та якості продукції, а також спеціалізованих комп'ютерних систем Українського державного університету залізничного транспорту за участю членів спеціалізованої вченої ради Д 64.820.04.

Публікації. Основні положення дисертаційної роботи і результати досліджень опубліковані в 69 наукових працях, в тому числі: 1 монографії, що опублікована англійською мовою в іноземному видавництві (Естонія, м. Талін); 15 наукових статтях, що індексуються наукометричними базами даних SCOPUS та/або WoS (з них 3 – першого квартілю (Q1), 5 – 2 квартілю (Q2)); 10 публікаціях в матеріалах міжнародних конференцій, що індексуються наукометричними базами SCOPUS та/або WoS; 11 статтях в наукових фахових

виданнях України (з них 8 – без співавторів); 8 патентах України на винаходи та корисні моделі та 25 додаткових працях та працях апробаційного характеру.

Структура і обсяг роботи. Дисертація має вступ, шість розділів, висновки, список використаних джерел з 213 найменувань та 3 додатки. Повний обсяг дисертації складає 406 сторінок, в тому числі 264 сторінки основного тексту, 32 таблиці, 234 рисунки, 55 сторінок додатків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Адриянов С. С. Нагруженность элементов специализированных вагонов, оборудованных амортизаторами повышенной энергоемности: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.07. Москва, 2006. 24 с.
2. Алямовский А.А. SolidWorks/COSMOSWorks 2006 – 2007. Инженерный анализ методом конечных элементов. Москва: ДМК, 2007. 784 с.
3. Анисимов П. Модель пространственных колебаний платформы с длинномерным грузом. *Мир транспорта*. 2013. № 4. С. 6–13.
4. Аршинцев Д. Н. Способы повышения эффективности контейнерных перевозок и обеспечение безопасности движения контейнерных поездов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22. Москва, 2010. 24 с.
5. Афанасьев А. Е. Совершенствование конструкции кузова универсального полувагона: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07. Санкт-Петербург, 2009. 20 с.
6. Балака Є. І., Зоріна О. І., Колесникова Н. М., Писаревський І. М. Оцінка економічної доцільності інвестицій в інноваційні проекти на транспорті: Навчальний посібник. Харків: УкрДАЗТ, 2005. 210 с.
7. Бейн Д.Г. Анализ напряженного состояния несущего настила пола четырехосного полувагона с глухим кузовом. *Вестник Брянского государственного технического университета*. 2011. №1 (29). С.47–51.
8. Бейн Д. Г. Оптимизация кузовов грузовых вагонов открытого типа с несущим полом: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07. Брянск, 2011. 20 с.
9. Битюцкий А. А. Разработка комплексного метода проектирования, расчета и испытания грузовых вагонов: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.22.07. Санкт-Петербург, 1995. 40 с.
10. Благовещенский С.Н., Холодилин А. Н. Справочник по статике и динамике корабля. В двух томах. Изд. 2 – е. перераб. и доп. Том 2. Динамика (качка) корабля. Ленинград: —Судостроение, 1975. 176 с.

11. Богомаз Г. И. Динамика цистерн (вагонов и контейнеров) при продольных ударах и переходных режимах движения поездов: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.22.07. Ленинград, 1990. 31 с.
12. Богомаз Г. И., Мехов Д. Д., Пилипченко О. П., Черномашенцева Ю. Г. Нагруженность контейнеров-цистерн, расположенных на железнодорожной платформе, при ударах в автосцепку. *Збірник наукових праць “Динаміка та керування рухом механічних систем”*. 1992. С. 87 – 95.
13. Бондарь А. И., Панин А. Ю. Теоретическая и экспериментальная оценка прочности вагона-платформы для перевозки автомобильных полуприцепов. *Транспорт Российской Федерации*. 2014. № 3. С. 33–35.
14. Бороненко Ю. П., Белгородцева Т. М., Васильев С. Г., Смирнов Н. В. Инновационное решение – 120-футовая платформа сочлененного типа для перевозки трех 40-футовых крупнотоннажных контейнеров. *Транспорт Российской Федерации*. 2009. № 5 (24). С. 56–59.
15. Бороненко Ю. П., Белгородцева Т. М., Кукушина Н. А. Выбор конструктивных решений сочлененных грузовых вагонов для колеи 1520 мм. *Транспорт Российской Федерации*. 2013. № 3 (46). С. 3–9.
16. Булычев М. А. Методика оптимизации несущей системы кузова вагона с учетом ограничений по прочности и сопротивлению усталости: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07. Брянск, 1999. 24 с.
17. Вагон-платформа зчленованого типу для перевезення контейнерів: пат. 145433 Україна, МПК (2020.01) B61D 3/00, B61D 3/08 (2006.01), B61F 1/08 (2006.01). u2020 04117; заявл. 07.07.20; опубл. 10.12.20, Бюл. № 23.
18. Вагон-платформа зчленованого типу для перевезення контейнерів: пат. 122328 Україна, МПК B61D 3/08 (2006.01), B61D 3/10 (2006.01), B61D 3/20 (2006.01), B60P 7/13 (2006.01), B60P 7/08 (2006.01), B61F 1/08 (2006.01), B61F 1/02 (2006.01). a2017 04241; заявл. 28.04.17; опубл. 26.10.20, Бюл. № 20.
19. Вагон-платформа для перевезення контейнерів: пат. 134913 Україна, МПК B61D 3/08 (2006.01), B61D 3/20 (2006.01). u2018 13016; заявл. 28.12.18; опубл. 10.06.19, Бюл. №11.

20. Вагоны / Шадура Л. А. и др.; под ред. Л. А. Шадура. Москва: Транспорт, 1980. 139 с.
21. Вагоны-платформы для перевозки крупнотоннажных контейнеров массой брутто до 36 т. Типовая методика испытаний. М., 2016.
22. Василенко Д. А. Совершенствование методов расчета сопротивления усталости сварных соединений рам длиннобазных вагонов-платформ: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07. Санкт-Петербург, 2010. 16 с.
23. Візняк Р.І. Визначення характеристик міцності кузову піввагона при вивантаженні сипучих вантажів: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07. Харків, 2003. 20 с.
24. Герасимов К. В. Нагруженность кузова полувагона глуходонного типа при падении глыбы груза: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07. Москва, 2017. 20 с.
25. Городецкий А. С. Метод конечных элементов в проектировании транспортных сооружений. Москва: Транспорт, 1981. 143 с.
26. ГОСТ 33788-2016. Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и динамические качества. [25.05.2016]. Москва: Стандартинформ, 2016. 40 с.
27. ГОСТ 33211-2014. Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам. [22.12.2014]. Москва: Стандартинформ, 2016. 54 с.
28. ГОСТ 31232. Контейнеры для перевозки опасных грузов. Требования по эксплуатационной безопасности. [28.03.2005]. Минск: НП РУП —Белорусский государственный институт стандартизации и сертификации (БелГИСС)», 2005. 6 с.
29. ГОСТ 20259-80. Контейнеры универсальные. Общие технические условия. [07.2002]. Москва: ИПК стандартов, 2002. 17 с.
30. ГОСТ 18477-79. Контейнеры универсальные. Типы, основные параметры и размеры. [11.2004]. Москва: ИПК стандартов, 2004. 11 с.

31. ГОСТ Р54157-2010. Трубы стальные профильные для металлоконструкций. Технические условия [21.12.2010]. Москва: ИПК стандартов, 2010. 92 с.
32. ГОСТ 20527-82. Фитинги угловые крупнотоннажных контейнеров. Конструкция и размеры. [26.10.2004]. Москва: ИПК стандартов, 2004. 9 с.
33. Гуржи Н. Л. Поліпшення технічних характеристик секційного вагону-платформи шляхом вдосконалення конструкції: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07. Дніпропетровськ, 2010. 20 с.
34. Давидан И. Н. Ветер и волны в океанах и морях: справочные данные. Ленинград: Транспорт, 1974. 360 с.
35. Даукша А. С. Совершенствование вагонов на основе использования съемных кузовов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07. Санкт-Петербург, 2018. 16 с.
36. ДСТУ 7598:2014. Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних). [01.07.2015]. Київ, 2015. 162 с.
37. Долгих К. О. Нагруженность кузова полувагона при воздействии накладных вибромашин: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07. Санкт-Петербург, 2013. 16 с.
38. Донченко А. В., Федосов-Ніконов Д. В. Методика розрахунково-експериментальних досліджень конструкції довгобазної платформи. *Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту. Серія : Транспортні системи і технології*. 2016. Вип. 28. С. 53–60.
39. Дьомін, Р. Ю. Розвиток методів і засобів досліджень з убезпечення технічної експлуатації залізничного рухомого складу: автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.22.07. Сєверодонецьк, 2018. 40 с.
40. Дьомін Ю. В., Черняк Г. Ю. Основи динаміки вагонів: навч. посіб. Київ: КУЕТТ, 2003. 269 с.
41. Дьяконов В. МАТНСАД 8/2000: специальный справочник. СПб.: Питер, 2000. 592 с.

42. Еремин В., Семенникова Л. Исследование напряженно-деформированного состояния кузов-контейнера с помощью программного комплекса АРМ WinMachine. *САПР и графика*. 2004. №7. С. 23–28.

43. Ермоленко И. Ю., Железняк В. Н. Исследование динамики подвижного состава с использованием экспериментального вагона-лаборатории при движении по сложным участкам дороги ВСЖД. *Современные технологии. Системный анализ. Моделирование*. 2016. № 4 (52). С. 199–203.

44. Жарова Е. А. Обоснование вариантов продления сроков службы специализированных вагонов-платформ: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07. Санкт-Петербург, 2008. 16 с.

45. Забезпечення надійності роботи та збереження пасажирських і вантажних вагонів при перевезенні на поромах: Звіт з НДР / Українська державна академія залізничного транспорту. – №ДР0107U000340. – Х., 2008. – 176 с.

46. Забродин В. П., Серегин А. А., Суханова М. В., Портакоев А. Б. Экспериментальные методы определения напряжений и деформаций: учебное пособие. Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2017. 104 с.

47. Ибрагимов Н. Н., Рахимов Р. В., Хаджимухамедова М. А. Разработка конструкции контейнера для перевозки плодоовощной продукции. *Молодой ученый*. 2015. №21(101). С. 168–173.

48. Ивченко Г. И., Медведев Ю. И. Математическая статистика. Москва: Книжный дом — Либроком, 2014. 352 с.

49. Игнатенков Г. И. Создание комплекса специализированных вагонов на основе метода адаптивного конструирования: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.22.07. Санкт-Петербург, 2000. – 40 с.

50. Инновационный подвижной состав производства «Уралвагонзавода» для железных дорог «пространства 1520 мм. *Транспорт Российской Федерации*. 2010. №3(28). С. 20–21.

51. Кабатченко И. М. Моделирование ветрового волнения. Численные расчеты для исследования климата и проектирования гидротехнических сооружений: автореф. дис. ... докт. геогр. наук: 25.00.28. Москва, 2006. 41 с.
52. Кельріх М. Б., Федосов-Ніконов Д. В. Дослідження на міцність конструкції довгобазної платформи. *Вісник Східноукраїнського Національного університету імені Володимира Даля*. 2016. № 1 (225). С. 90–94.
53. Кирьянов Д. В. Mathcad 13. СПб.: БХВ. Петербург, 2006. 608 с.
54. Ключенко Н. Паром —Клайпедал, *Морской флот*. 1988. №5. С. 27 – 31.
55. Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика. Москва: Физматлит, 2006. 816 с.
56. Коваленко В.В. Покращення функціонування розвантажувальних пристроїв напіввагонів шляхом удосконалення їх конструкції та методів розрахунків: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07. Сєверодонецк, 2019. 20 с.
57. Конструирование и расчет вагонов / Лукин В. В и др.; под. ред. В. В. Лукина. Москва: УМК МПС России, 2000. 731 с.
58. Контейнер-цистерна: пат. 135552 Україна, МПК (2019.01) В65D 88/12 (2006.01), В61D 3/00, В61D 3/20 (2006.01). u2018 12989. заявл. 27.12.18; опубл. 10.07.19, Бюл. № 13.
59. Контейнер-цистерна: пат. 134400 Україна, МПК (2019.01) В61D 3/00, В61D 3/20 (2006.01), В61D 5/00, В65D 88/06 (2006.01), В65D 88/12 (2006.01). u2018 12988; заявл. 27.12.18; опубл. 10.05.19, Бюл. № 9.
60. Космин В.В. Основы научных исследований. Москва: ГОУ —Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2007. 271 с.
61. Кострица С. А. Напряженно-деформированное состояние крупнотоннажных контейнеров в условиях эксплуатации: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07. Днепропетровск, 1987. 17 с.

62. Королева Д. Ю. Совершенствование метода расчета крепления грузов при соударениях вагонов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.08. Новосибирск, 2001. 17 с.

63. Кривовязюк Ю. П. Оценка эквивалентной нагруженности четырехосных железнодорожных цистерн с жидкими грузами различной плотности при продольных ударах: дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.22.07, Днепропетровск, 1986. 157 с.

64. Критий вагон: пат. 111572 Україна, МПК (2016.01) B61D 3/00, B61F 1/00, B61F 1/02 (2006.01), B61F 1/08 (2006.01), B61D 17/04 (2006.01), B61D 17/08 (2006.01), B61D 17/12 (2006.01). а2015 09003. заявл. 18.09.2015; опубл. 10.05.2016. Бюл. №9.

65. Кудрявцев И. А. Применение метода конечных элементов для расчета конструкций на транспорте. Гомель, 1985. 67 с.

66. Кузнецов С. А. Нагруженность заделок стоек кузовов полувагонов с учетом коррозионного износа: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07. Екатеринбург, 2005. 23 с.

67. Кулагин Н. Н. Нормирование труда на железнодорожном транспорте: Учебник для техникумов ж.-д. трансп. Москва: Транспорт, 1985. 320 с.

68. Кякк К. В. Выбор конструктивной схемы и параметров несущей конструкции железнодорожной платформы для перевозки крупнотоннажных контейнеров: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07. Санкт-Петербург, 2007. 16 с.

69. Литвинов В. П. Моделирование нагруженности при ударах в автосцепку кузовов вагонов как двумерных механических систем: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22. Днепропетровск, 1984. 20 с.

70. Ловская А. А. Особенности математического моделирования динамической нагруженности несущих конструкций контейнеров, размещенных на вагонах-платформах при эксплуатационных режимах нагружения. *Проблемы безопасности на транспорте: VIII-я Международная*

научно-практическая конференция, посвященная Году науки. (Гомель, 23–24 ноября 2017 г.). Республика Беларусь, г. Гомель: БелГУТ, 2017. С. 116–117.

71. Ловська А. О. Визначення динамічної навантаженості контейнерів при експлуатаційних режимах. *Транспорт і логістика: проблеми та рішення: збірник наукових праць IX-ї міжнародної науково-практичної конференції*. (Одеса, 22–24 травня 2019 р.). Одеса: СНУ ім. В. Даля, 2019. С. 81–84.

72. Ловська А. О. Визначення динамічної навантаженості удосконаленої несучої конструкції вагона-платформи зчленованого типу при комбінованих перевезеннях. *Логістичне управління та безпека руху на транспорті: збірник наукових праць науково-практичної конференції студентів та молодих вчених*. (Лиман, 5–7 жовтня 2017 р.). Лиман: СНУ ім. В. Даля, 2017. С. 92–94.

73. Ловська А. О. Визначення навантаженості контейнера, розміщеного на вагоні-платформі при пружно-в'язкій взаємодії фітингів з фітинговими упорами. *Збірник наукових праць УкрДУЗТ*. 2019. Вип. 184. С. 6–19.

74. Ловська А. О. Визначення навантаженості контейнерів у складі комбінованих поїздів при перевезенні залізничним поромом. *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна*. 2017. Вип. 6 (72) С. 49–60.

75. Ловська А. О. Визначення стійкості контейнера-цистерни відносно рами вагона-платформи при перевезенні на залізничному поромі. *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна*. 2019. № 1 (79). С. 139–150.

76. Ловська А. О. Вплив тиску насипного вантажу на стійкість контейнера при перевезенні залізничним поромом. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Динаміка і міцність машин. 2019. № 1. С. 23–27.

77. Ловська А. О. Дослідження міцності несучих конструкцій контейнерів у складі комбінованих поїздів при перевезенні залізничним поромом. *Вісник*

Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Транспортне машинобудування. 2018. Вип. 29 (1305). С. 62–68.

78. Ловська А. О. Дослідження динамічних навантажень, що діють на несучі конструкції кузовів вагонів при комбінованих перевезеннях. *Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті: матеріали 78 міжнародної науково-технічної конференції.* (Харків, 26–28 квітня 2016 р.). Харків: УкрДАЗТ, 2016. С. 39–40.

79. Ловська А. О. Дослідження динамічних навантажень, які діють на вагон-платформу зчленованого типу з контейнерами при експлуатаційних режимах навантаження. *Проблеми розвитку транспорту і логістики: збірник тез VII-ї міжнародної науково-практичної конференції.* (Одеса, 26–28 квітня 2017 р.). Одеса: СНУ ім. В. Даля, 2017. С. 97–98.

80. Ловська А. О. Дослідження динамічного навантаження вагона-платформи з контейнерами, розміщеними на ньому при маневровому співударянні. *Інновації інфраструктури транспортно-логістичних систем. Проблеми, досвід, перспективи: зб. тез міжнародної науково-практичної конференції.* (Трускавець, 11–17 квітня 2016 р.). Трускавець: СНУ ім. В. Даля, 2016. С. 108–110.

81. Ловська А. О. Дослідження динамічної навантаженості вагона-платформи з контейнерами при перевезенні на залізничному. *Залізничний транспорт України.* 2017. № 2. С. 16–20.

82. Ловська А. О. Дослідження динамічної навантаженості контейнерів з пружно-в'язкими зв'язками у фітінгах при експлуатаційних режимах. *Вагони нового покоління: із XX в XXI сторіччя: Тези доповідей II Всеукраїнської конференції.* (Харків, 23–25 квітня 2019 р.). Харків: УкрДУЗТ, 2019. С. 13–14.

83. Ловська А. О. Дослідження міцності несучої конструкції контейнера-цистерни, розміщеного на вагоні-платформі при маневровому співударянні. *Збірник наукових праць Державного університету інфраструктури та технологій Міністерства освіти і науки України: Серія «Транспортні системи і технології».* 2016. Вип. 28. С. 90–98.

84. Ловська А. О. Комп'ютерне моделювання навантаженості контейнера-цистерни при експлуатаційних режимах. *Логістичне управління та безпека руху на транспорті*: збірник наукових праць науково-практичної конференції студентів та молодих вчених. (Київ, 16–17 листопада 2018 р.). Київ: СНУ ім. В. Даля, 2018. С. 114–116.

85. Ловська А. О. Математичне моделювання динамічної навантаженості контейнера-цистерни при перевезенні на залізничному поромі. *Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту*: матеріали 79 міжнародної науково-практичної конференції. (Дніпро, 16–17 травня 2019 р.). Дніпро: ДНУЗТ, 2019. С. 55–56.

86. Ловська А. О. Моделювання навантаженості контейнера-цистерни при перевезенні у складі комбінованого поїзда на залізничному поромі. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Динаміка і міцність машин. 2018. Вип. 33. С. 28–32.

87. Ловська А. О. Моделювання навантаженості несучої конструкції вагона-платформи зчленованого типу при комбінованих перевезеннях. *Технології та інфраструктура транспорту*: тези доповідей міжнародної науково-технічної конференції. (Харків, 14–16 травня 2018 р.). Харків: УкрДУЗТ, 2018. С. 125–126.

88. Ловська А. О. Обґрунтування доцільності оптимізації та комп'ютерне моделювання міцності кузову напіввагону з використанням у якості несучих елементів конструкції круглих труб. *Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті*: матеріали 77 міжнародної науково-технічної конференції науково-практичної конференції. (Харків, 21–23 квітня 2015 р.). Харків: УкрДАЗТ, 2015. С. 63–64.

89. Ловська А. О. Особливості комп'ютерного моделювання навантаженості контейнера з пружно-в'язкими зв'язками у фітінгах при експлуатаційних режимах. *Збірник наукових праць Державного університету інфраструктури та технологій Міністерства освіти і науки України: Серія «Транспортні системи і технології»*. 2019. Вип. 33. Т. 2. С. 28–37.

90. Ловська А. О. Особливості конструкції та перевірочних розрахунків на міцність несучої системи вагону-платформи із круглих труб. *Логістичне управління та безпека руху на транспорті*: зб. тез міжнародної науково-практичної конференції. (Лозова, 4 – 8 травня 2015 р.). Лозова: СНУ ім. В. Даля, 2015. С. 25 – 26.

91. Ловська А. О. Особливості моделювання динамічної навантаженості вагона-платформи зчленованого типу з контейнерами. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені В. Даля*. 2017. №4(234). С. 138–145.

92. Ловська А. О., Равлюк В. Г. Дослідження динамічної навантаженості несучих конструкцій контейнерів при перевезенні на вагонах-платформах. *Dynamika naukowych badań-2017: materiały XIII międzynarodowej naukowipraktycznej konferencji*. (Przemyśl, 07–15 lipca 2017 roku). Przemyśl: Nauka i studia, 2017. С. 24–26.

93. Ловська А. О., Рибін А. В. Визначення навантаженості контейнера-цистерни при перевезенні у складі комбінованого поїзда на залізничному поромі. *Science and technology of the present time: priority development directions of Ukraine and Poland: International Multidisciplinary Conference*. (Wolomin, 19–20 October 2018). Wolomin, 2018. С. 110–111.

94. Ловська А. О., Рибін А. В. Визначення стійкості контейнера типорозміру 1СС при перевезенні залізничним поромом. *НАУКА, ТЕХНІКА І ТЕХНОЛОГІЇ: ГЛОБАЛЬНІ ТА СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ*: Міжнародна науково-практична конференція. (Прага, Чеська Республіка, 27–28 грудня, 2019 р.). Прага, Чеська Республіка, 2019. С. 54–56.

95. Ловська А. О., Рибін А. В. Моделювання навантаженості контейнера типорозміру 1СС при перевезенні на залізничному поромі. *Логістичне управління та безпека руху на транспорті*: збірник наукових праць науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти та молодих вчених. (Лиман, 14–16 листопада 2019 р.). Лиман: СНУ ім. В. Даля, 2019. С. 96–99.

96. Ловська А. О., Рибін А. В. Особливості дослідження динамічної навантаженості контейнера-цистерни при перевезенні на залізничному поромі. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені В. Даля*. 2019. №3 (251). С. 117–122.

97. Ловська А. О. Удосконалення заходів щодо надійності закріплення несучих конструкцій кузовів вагонів на залізничних поромах. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Динаміка і міцність машин. 2016. Вип. 46 (1218). С. 39–43.

98. Ловська А. О. Уточнення величин динамічних навантажень, що діють на несучі конструкції кузовів вагонів при перевезенні залізничними поромами. *Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: матеріали 76 міжнародної науково-практичної конференції*. (Дніпропетровськ, 19 – 20 травня 2016 р.). Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2016. С. 49–50.

99. Ловська А. О., Ялова І. В. Дослідження динамічних навантажень, які діють на вагон-платформу з контейнерами при перевезенні на залізничному поромі. *Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: матеріали 77 міжнародної науково-практичної конференції*. (Дніпропетровськ, 11–12 травня 2017 р.). Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2017. С. 53–55.

100. Макаров Р. А. Тензометрия в машиностроении. Москва: Машиностроение, 1975. 288 с.

101. Макеев С. В., Буйленков П. М. Особенности расчета напряженно-деформированного состояния танка-контейнера с учетом реального нагружения в эксплуатации. *НАУКА–ОБРАЗОВАНИЕ–ПРОИЗВОДСТВО: Опыт и перспективы развития: сборник материалов XIV Международной научно-технической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Е. Г. Зудова*. Т. 1: Горно-металлургическое производство. Машиностроение и металлообработка. (Нижний Тагил, 8–9 февраля 2018 г.): Нижний Тагил: НТИ (филиал) УрФУ. 2018. С. 174–184.

102. Маков Ю. Л. Качка судов. Калининград: –КГТУ, 2007. 321 с.

103. Мануева М. В. Обоснование структуры и параметров длиннобазных вагонов-платформ для перевозки автопоездов и крупнотоннажных контейнеров: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07. Брянск, 2012. 17 с.

104. Масленников А.М. Расчет строительных конструкций методом конечных элементов. Ленинград: ЛИСИ, 1977. 71 с.

105. Методика выполнения измерений статических и динамических деформаций при испытаниях изделий машиностроения. Мариуполь, 1998 г.

106. Мехеда В. А. Тензометрический метод измерения деформаций: учебное пособие. Самара: Издательство Самарского государственного аэрокосмического университета, 2011. 56 с.

107. Мишута Д. В., Альгин В. Б., Михайлов В. Г. Оценка напряженно-деформированного состояния кузова-контейнера переменного объема. *Вестник Белорусско-Российского университета*. 2012. №4(37). С. 61–68.

108. Мишута Д. В. Упрощенные методы измерения напряженно-деформированного состояния кузова-контейнера переменного объема. *Приборы и методы измерений*. 2012. №2(5). С. 100–103.

109. Мороз В.І. Суранов О.В., Братченко О.В., Логвіненко О.А. Особливості виникнення погрішностей тензометрування в дослідженнях механізмів газорозподілу чотиритактних дизелів. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. 2001. Вип. 49. С. 85–90.

110. Морчиладзе И. Г. Ситуационная адаптация вагонов для международных перевозок грузов: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.22.07. Санкт-Петербург, 2006. 55 с.

111. Мямлин С. В., Мурашова Н. Г., Кебал И. Ю., Кажкенов А. З. Совершенствование конструкции крытых вагонов. *Вагонный парк*. 2015. №7-8 (100-101). С. 4–8.

112. Наставление по креплению генеральных грузов при морской перевозке для т/х —Герои Плевны. Cargo securing manual for m/v —Geroi Plevny

№ 2512. 02. Одесса: Мин. транспорта Украины. Гос. департамент морского и речного транспорта, 1997. 51 с.

113. Наставление по креплению генеральных грузов при морской перевозке для т/х —Герои Шипки». Cargo securing manual for m/v —Geroi Shipky» № 2512. 02. – Офиц. изд. Одесса: Мин. транспорта Украины. Гос. департамент морского и речного транспорта. 1997. 51 с.

114. Наставление по креплению груза для т/х —Петровск» ПР. № 002CNF001 – ЛМПЛ – 805. Одесса: МИБ, 2005. 52 с.

115. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). Москва: ГосНИИВ – ВНИИЖТ, 1996. 319 с.

116. НПАОП 60.1-1.48-00. Правила безпеки для працівників залізничного транспорту на електрифікованих лініях. [31.05.2000]. Київ: Девалта, 2014. 159 с.

117. НПАОП 40.1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. [20.02.1998]. Київ: Держнаглядохоронпраці, 1998. 91 с.

118. ОСТ 32.55-96. Система испытаний подвижного состава. Требования к составу, содержанию, оформлению и порядку разработки программ и методик испытаний и аттестации методик испытаний. [11.07.1996]. Москва: ВНИИЖТ, 1996. 22 с.

119. Объединенная Вагонная Компания представила вагоны нового поколения для тяжеловесного движения веб сайт. URL: <https://www.uniwagon.com/multimedia/news/obedinennaia-vagonnaia-kompaniia-predstavila-vagon/> (дата звернення: 09.02.2016).

120. Панасенко Н. Н., Яковлев П. В. Проектирование контейнеров для морской перевозки длинномерных труб. *Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология.* 2014. №3. С. 97–107.

121. Пановко Я. Г. Основы прикладной теории колебаний и удара. Изд. 3-е, доп. и переработ. Ленинград: Машиностроение, 1976. 320 с.

122. Правила перевозок опасных грузов. К соглашению о международном железнодорожном грузовом сообщении. Том 3. ОСЖД, 2011. 531 с.
123. Пристрій для закріплення вагона відносно палуби залізничного порома: пат.136743 Україна, МПК (2019.01) В60Р 7/08 (2006.01), В60Р 7/135 (2006.01), В60Р 3/06 (2006.01), В63В 25/00. u2019 03401. заявл. 04.04.19; опубл. 27.08.19, Бюл. №16.
124. Програма випробувань вагонів-платформ моделей 13-7138, 13-7138-01. Кременчук: УкрНДІВ, 2020.
125. Проектирование подъемных барабанов в SolidWorks Simulation / К. Заболотный, А. Жупиев, Е. Панченко, И. Протыняк, С. Калюжный, Ю. Овчинников. *САМ–СИСТЕМЫ*. 2010. № 1. С. 16 – 21.
126. РД 24.050.37-95. –Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и ходовые качества, ГосНИИВ, 1995 г.
127. Руденко В. М. Математична статистика. Київ: Центр учбової літератури, 2012. 304 с.
128. Серпик И.Н., Сударев В. Г., Тютюнников А. И., Левкович Ф. Н. Эволюционное моделирование в проектировании несущих систем вагонов. *Вестник ВНИИЖТ*. 2008. №5. С. 21–25.
129. Таничева Н. А. Выбор конструктивных решений сочлененных грузовых вагонов-платформ: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07. Санкт-Петербург, 2013. 16 с.
130. Технические условия размещения и крепления грузов в вагонах и контейнерах. М., 2017.
131. Третьяков А. В., Третьяков О. А., Зимакова М. В., Петров А. А. Экспериментальная оценка спектров ударного отклика подвижного состава. Наука та прогрес транспорту. *Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту*. 2017. № 3 (69). С. 147–159.
132. Ударно-тяговий прилад залізничного вагона: пат. 138422 Україна, МПК В65G 11/16 (2006.01), В65G 11/18 (2006.01). u2019 05595; заявл. 23.05.19; опубл. 25.11.19, Бюл. №22.

133. Устич П. А., Карпыч В. А., Овечников М. Н. Надежность рельсового нетягового подвижного состава. Москва: УМЦ МПС России, 1999. 416 с.

134. Федосов-Ніконов Д.В. Покращення міцнісних якостей довгобазних вагонів-платформ шляхом удосконалення їх конструкцій та методів розрахунків: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07. Київ, 2018. 23 с.

135. Фомін О. В., Ловська А. О., Горбань А. В., Скок П. О. Дослідження динамічної навантаженості контейнера, розміщеного на вагоні-платформі при перевезенні залізничним поромом. *Актуальні проблеми інженерної механіки: Тези доповідей VI Міжнародної конференції*. (Одеса, 20–24 травня 2019 р.). Одеса: ОДАБА, 2019. С. 198–200.

136. Фомін О. В., Ловська А. О. Дослідження доцільності застосування круглих труб в якості елементів несучих систем залізничних вагонів-платформ. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені В. Даля*. 2015. №1(218). С. 38–45.

137. Фомін О. В., Ловська А. О., Чимшир В. І., Букатова О. М., Яренчук Л. Г. Особливості визначення навантаженості несучої конструкції кузова напіввагона зчленованого типу з круглих труб. *Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті: тези доповідей 8-ої Міжнародної науково-технічної конференції*. (Харків, 20 – 22 листопада 2019 р.). Харків, УкрДУЗТ, 2019. С. 95–96.

138. Фомін О. В. Дослідження дефектів та пошкоджень несучих систем залізничних напіввагонів. Київ: ДЕТУТ, 2014. 299 с.

139. Фомін О. В. Оптимізаційне проектування елементів кузовів залізничних напіввагонів та організація їх виробництва. Донецьк: ДонІЗТ, 2013. 251 с.

140. Фомін О. В. Розвиток наукових основ створення та ефективного використання вантажних вагонів: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.22.07. Сєверодонецьк, 2016. 40 с.

141. Фомін О.В. Модернізація елементів стіни бокової універсальних напіввагонів вітчизняного виробництва. *Збірник наукових праць Донецького*

інституту залізничного транспорту Української державної академії залізничного транспорту. 2011. Вип. 26. С. 111–115.

142. Хилой И. А. Совершенствование конструкции кузова специализированного полувагона: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07. Санкт-Петербург, 2012. 20 с.

143. Царик Р. С., Акмайкин Д. А. Оценка влияния положения центра тяжести контейнера на метацентрическую высоту контейнеровоза. *Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова*. 2016. №6(40). С. 58–70.

144. ЦВ-0142. Вагони вантажні залізниць України колії 1520 (1524) мм. Настанова з деповського ремонту. [26.12.2013]. Київ: Девалта, 2014. 159 с.

145. ЦВ-0016. Вантажні вагони залізниць України колії 1520 мм. Правила капітального ремонту. [20.06.2006]. Київ, 2006. 173 с.

146. Цыганская Л. В. Влияние конструктивных решений контейнеров-цистерн на их нагруженность при транспортировке железнодорожным транспортом: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07. Санкт-Петербург, 2008. 16 с.

147. Чепурной А. Д., Литвиненко А. В., Шейченко Р. И., Граборов Р. В., Чубань М. А. Ходовые прочностные и динамические испытания вагона-платформы. *Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут"*. 2015. Вип. 31 (1140). С. 111–128.

148. Шайтанова И. К. Выбор направлений модернизации универсальных вагонов-платформ: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07. Санкт-Петербург, 2005. 20 с.

149. Шам Тику. Эффективная работа SolidWorks 2005. Официальное руководство. СПб.: Питер, 2006. 720 с.

150. Шевченко В.В., Горбенко А. П. Вагоны промышленного железнодорожного транспорта. Киев: Вища школа, 1980. 224 с.

151. Шиманский Ю.А. Динамический расчет судовых конструкций. Ленинград: Государственное издательство судостроительной промышленности, 1963. 444 с.
152. Шишин В.П. Морской железнодорожный паром —Мукран. Судостроение. 1986. №12. С. 3 – 5
153. Яблонский А. А., Никифорова А. А. Курс теоретической. Москва: Высшая школа, 1977. 368 с.
154. Alyona Lovska. Research of loads on carrying structures of containers in combined trains in rail ferry transportation. *Globalization of scientific and educational space. Innovations of transport. Problems, experience, prospects: Theses of international scientific and practical conference.* (Italy, May 2018). Italy: Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 2018. P. 71–74.
155. Alyona Lovska. Simulation of loads on the carrying structure of an articulated flat car in combined transportation. *International Journal of Engineering & Technology.* 2018. 7 (4.3). P. 140–146.
156. Andrew Nikitchenko, Viktor Artiukh, Denis Shevchenko, Raghu Prakash. Evaluation of Interaction Between Flat Wagons and Container at Dynamic Coupling of Flat Wagonss. *MATEC Web of Conferences.* 2016. Vol. 7, 04008. DOI: 10.1051/matecconf/2016 TPACEE-201 6
157. Antipin D.Ya., Racin D.Yu., Shorokhov S.G. Justification of a Rational Design of the Pivot Center of the Open-top Wagon Frame by means of Computer Simulation. *Procedia Engineering.* 2016. Vol. 150. P. 150–154.
158. Arkadiusz Rzeczycki, Bogusz Wisnicki. Strength analysis of shipping container floor with gooseneck tunnel under heavy cargo load. *Solid State Phenomena.* 2016. Vol. 252. P. 81–90.
159. Chandra Prakash Shukla, P. K. Bharti. Study and Analysis of Doors of BCNHL Wagons. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT).* 2015. Vol. 4. Issue 04. P. 1195–1200.

160. Divya Priya G., Swarnakumari A. Modeling and analysis of twenty tonne heavy duty trolley. *Intern. J. of Innovative Technology and Research*. 2014. Vol. 2. No. 6. P. 1568–1580.
161. EN 12663–2. Railway applications – structural requirements of railway vehicle bodies – Part 2: Freight wagons. [01.07.2010]. Bulgaria: BIS, 2010. 54 c.
162. Evandro C. Bracht, Thiago A. de Queiroz, Rafael C. S. Schouery, Flávio K. Miyazawa. Dynamic cargo stability in loading and transportation of containers. *IEEE International Conference on Automation Science and Engineering (CASE)*. 2016, 21 – 25 Aug.
163. Fomin O., Gerlici J., Lovska A., Kravchenko K., Fomina Yu., Lack T. Determination of the strength of the containers fittings of a flat wagon loaded with containers during shunting. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019. Vol. 659. 012056. doi:10.1088/1757-899X/659/1/012056.
164. Fomin Oleksij, Gerlici Juraj, Lovskaya Alyona, Gorbunov Mykola, Kravchenko Kateryna, Prokopenko Pavlo, Lack Tomas. Dynamic loading of the tank container on a flat wagon considering fittings displacement relating to the stops. *MATEC Web of Conferences*. 2018. Vol. 234.
165. Fomin Oleksij, Gerlici Juraj, Lovskaya Alyona, Kravchenko Kateryna, Pavlo Prokopenko, Tomas Lack. Improvement of the bearing structure of the wagon-platform of the articulated type to ensure the reliability of the fixing on the deck of the railway ferry. *MATEC Web of Conferences*. 2019. Vol. 254.
166. Fomin Oleksij, Gerlici Juraj, Lovskaya Alyona, Kravchenko Kateryna, Prokopenko Pavlo, Fomina Anna, Hauser Vladimir. 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*. 2019. Vol. 21, Issue 1. P. 28–34.
167. Fomin Oleksij, Gerlici Juraj, Lovskaya Alyona, Kravchenko Kateryna, Prokopenko Pavlo, Fomina Anna, Hauser Vladimír. 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*. 2018. Vol. 235.

168. Fomin Oleksij, Gerlici Juraj, Lovska Alyona, Kravchenko Kateryna, Fomina Yuliia, Lack Tomas. Determination of the strength of the containers fittings of a flat wagon. *Research and Development of Mechanical Elements and Systems, IRMES 2019: Book of Abstracts for the 9th International Scientific Conference [on]. (Kragujevac, 5–7 September 2019.)*. Kragujevac, 2019. P. 228–229.

169. Fomin Oleksij, Lovska Alyona, Gorobchenko Oleksandr, Turpak Serhii, Kyrychenko Iryna, Burlutski Oleksii. Analysis of dynamic loading of improved construction of a tank container under operational load modes. *EUREKA: Physics and Engineering*. 2019. 2. P. 61–70.

170. Fomin Oleksij, Lovska Alyona, Daki Olena, Bohomia Volodymyr, Tymoshchuk Olena, Prokopenko Pavlo. The substantiation of the concept of creating containers with viscous-elastic connections in fitting. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2019. Vol. 14, No. 15. P. 2771–2776.

171. Fomin Oleksij, Lovska Alyona, Pištěk Václav, Kučera Pavel. Dynamic load computational modelling of containers placed on a flat wagon at railroad ferry transportation. *VIBROENGINEERING PROCEDIA*. 2019. Vol. 29. P. 118–123.

172. Fomin Oleksij, Lovska Alyona, Pištěk, Václav, Kučera Pavel. Research of stability of containers in the combined trains during transportation by railroad ferry. *MM SCIENCE JOURNAL*. 2020. MARCH. P. 3728–3733.

173. Fomin Oleksij, Lovska Alyona, Pištěk, Václav, Kučera Pavel. The research of the influence of viscous interaction between wagon and container on the dynamic load during transportation by rail ferry. *VIBROENGINEERING PROCEDIA*. 2020. Vol. 31. P. 62–67. <https://doi.org/10.21595/vp.2020.21439>.

174. Fomin Oleksij, Lovska Alyona, Radkevych Valentyna, Horban Anatoliy, Skliarenko Inna, Gurenkova Olga. The dynamic loading analysis of containers placed on a flat wagon during shunting collisions. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2019. Vol. 14, No. 21. P. 3747–3752.

175. Fomin Oleksij, Vatulia Glib, Lovska Alyona. Formation of flash-concept for a resource-saving articulated hopper car to transport hot pellets and agglomerate.

E3S Web of Conferences. 2020. Vol. 166. 07002.

<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016607002>.

176. Fomin O., Lovska A., Bazyl L., Radkevych O., Skliarenko I. Determination of the strength of the flat wagon fitting stops by elastic viscous interaction with fittings of the tank container. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2019. Vol. 708. 012008. doi:10.1088/1757-899X/708/1/012008.

177. Fomin O., Lovska A., Chimshir V., Bukatova O., Yarenchuk L. Peculiarities of determining the bearing structure load of the body of articulated open wagon made of round pipes. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2019. Vol. 7

178. Fomin O., Lovska A. Concept of freight wagons made of round pipes. Tallinn: Scientific Route. – 2020. – p. 72. doi:<https://doi.org/10.21303/978-9916-9516-3-7>

179. Fomin O., Lovska A., Daki O., Bohomia V., Tymoshchuk O., Tkachenko V. Determining the dynamic loading on an open-top wagon with a two-pipe girder beam. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. № 3/7 (99). P. 18–25.

180. Fomin O., Lovska A., Kovtun O., Nerubatskyi V. Defining patterns in the longitudinal load on a train equipped with the new conceptual couplers. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. № 2/7 (104) P. 33–40.

181. Fomin O., Lovska A., Kulbovskyi I., Holub H., Kozarchuk I., Kharuta V. Determining the dynamic loading on a semi-wagon when fixing it with a viscous coupling to a ferry deck. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. № 2/7 (98). P. 6–12.

182. Fomin O., Lovska A., Lack T., Bykovets N., Shatkovska H., Kravchenko K. Determination of the strength of a flat wagon by elastic viscous interaction with tank containers. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2020. Vol. 776. 012015. doi:10.1088/1757-899X/776/1/012015.

183. Fomin O., Lovska A., Masliyev V., Tsymbaliuk A., Burlutski O. 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*. 2019. № 1/7 (97). P. 33–40.

184. Fomin O., Lovska A., Melnychenko O., Shpylovyi I., Masliyev V., Bambura O., Klymenko M. Determination of dynamic load features of tank containers when transported by rail ferry. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. № 5/7 (101). P. 19–26.

185. Fomin O., Lovska A., Skliarenko I., Klochkov Yu. Substantiating the optimization of the loadbearing structure of a hopper car for transporting pellets and hot agglomerate. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. №1/7 (103). P. 65–74.

186. Fomin O. V., Gorbunov N. I., Lovskaya A. A. Prospective concept of the draft system of open boxcars. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2016. Вип. 6 (101). Частина 1. С. 76–85.

187. Fomin O.V., Lovska A.O., Plakhtii O.A., Nerubatskyi V.P. The influence of implementation of circular pipes in load-bearing structures of bodies of freight cars on their physico-mechanical properties. *Scientific Bulletin of National Mining University*. 2017. №6. С. 89–96.

188. Gerlici J., Lack T., Gorbunov M., Domin R., Kovtanets M., Kravchenko K. Slipping and skidding occurrence probability decreasing by means of the friction controlling in the wheel-braking pad and wheel-rail contacts. *Manufacturing technology*. 2017. Vol. 7(2). P. 179–186.

189. Harak S. S., Sharma S. C., Harsha S. P. Structural Dynamic Analysis of Freight Railway Wagon Using Finite Element Method. *Procedia Materials Science*. 2014. Vol. 6. P. 1891–1898.

190. Hongxia Lv., Evandro C. Bracht, Thiago A. de Queiroz, Rafael C. S. Schouery, Flávio K. Miyazawa. Measures of Loading and Securing Steel Coils in Containers in Rail-Water Combined Transport. *ICTE*. 2013. October.

191. Hyun-Ah Lee, Seong-Beom Jung, Hwan-Hak Jang, Dae-Hwan Shin, Jang Uk Lee, Kwang Woo Kim and Gyung-Jin Park. Structural-optimization-based design

process for the body of a railway vehicle made from extruded aluminum panels. *Journal of Rail and rapid transit*. 2016, No. 11.

192. Iwnicki S.D., Stichel S., Orlova A., Hecht M. Dynamics of railway freight vehicles. *Vehicle System Dynamics*. 2015. Vol. 53. No. 7. P. 995–1033.

193. Jan Zamecnik, Juraj Jagelcak. Evaluation of wagon impact tests by various measuring equipment and influence of impacts on cargo stability. *Communications*. 2015, No. 4. P. 21–27.

194. Khadjimukhametova Matluba Adilovna, Rakhmatov Zafar Xasanovich. Development of improved technical means for transportation fruits and vegetables. *European science review*. 2016. P. 175 – 177.

195. Kitov Y., Verevicheva M., Vatulia G., Orel Y., Deryzemlia S. Design solutions for structures with optimal internal stress distribution. *MATEC Web of Conferences*. 2017, Vol. 133(1–3) 03001 DOI: 10.1051/mateconf/201713303001

196. Krason W., Niezgoda T. Fe numerical tests of railway wagon for intermodal transport according to PN-EU standards. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences Technical Sciences*. 2014. Vol. 62. Iss. 4. P. 843–851.

197. Lovskaya Alyona, Gerlici Juraj, Fomin Oleksij, Kravchenko Kateryna, Fomina Yuliia, Lack Tomas. Special Aspects of Determining the Dynamic Load of the Tank Container During Its Transportation in an Integrated Train Set by a Railway Ferry. *TRANSBALTICA XI: Transportation Science and Technology Proceedings of the International Conference TRANSBALTICA*. Vilnius, Lithuania, 2019. P. 58 –590.

198. Lovska Alyona. Research of dynamic loading of a container located on a flat wagon at visco-elastic interaction between fittings and fitting stops. *Globalization of scientific and educational space. Innovations of transport. Problems, experience, prospects: Theses of international scientific and practical conference*. (Salou (Spain), 4–11 May 2019). Salou (Spain): Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 2019. P. 57–58.

199. Mrzyglod M., Kuczek T. Uniform crashworthiness optimization of car body for high-speed trains. *Structural and Multidisciplinary Optimization*. 2014. Vol. 49. P. 327–336.

200. Niezgoda T., Krasoń W., Stankiewicz M. Simulations of motion of prototype railway wagon with rotatable loading floor carried out in MSC Adams software. *J. of KONES. Powertrain and Transport*. 2015. Vol. 19. Iss. 4. P. 495–502.
201. Pavol Šťastniak, Pavol Kurčík, Alfréd Pavlík. Design of a new railway wagon for intermodal transport with the adaptable loading platform. *MATEC Web of Conferences*. 2018. Vol. 235(2). 00030.
202. Raffaele Sepe, Angela Pozzi. Static and modal numerical analyses for the roof structure of a railway freight refrigerated car. *R. Sepe et alii, Frattura ed Integrità Strutturale*. 2015. Vol. 33. P. 451–462. doi: 10.3221/IGF-ESIS.33.50 <https://www.fracturae.com/index.php/fis/article/view/IGF-ESIS.33.50>
203. Reidemeister O. H., Kalashnyk V. O., Shykunov O. A. Modernization as a way to improve the use of universal cars. *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту*. 2016. № 2 (62). С. 148–156.
204. Sandu N., Zaharia N. L. Static and dynamic tests performed on a flat wagon. *Problemy kolejnictwa*. 2014. Zeszyt 163 (2014). P. 67–77.
205. Saponova S., Tkachenko V., Fomin O., Gatchenko V., Maliuk S. Research on the safety factor against derailment of railway vehicles. *Eastern-European journal of enterprise technologies*. 2017. Vol. 6, Issue 7 (90). P. 19–25. doi: 10.15587/1729-4061.2017.116194
206. Stephen Tiernan, Martin Fahy. Dynamic fea modelling of iso tank containers. *Journal of materials processing technology*. 2002. №124 (1). P. 126–132.
207. Tomasz Kuczek, Bartosz Szachniewicz. Topology Optimization of Railcar Composite Structure. *Inderscience Enterprises Ltd*. 2014, January.
208. Utsab Rakshit, Bidhan Malakar, Binoy Krishna Roy. Study on Longitudinal Forces of a Freight Train for Different Types of Wagon Connectors. *IFAC-Papers On Line*. 2018. Vol. 51. Issue 1. P. 283–288.
209. Vatulia G., Falendysh A., Orel Y., Pavliuchenkov M. Structural Improvements in a Tank Wagon with Modern Software Packages. *Procedia Engineering*. 2017. Vol. 187. P. 301–307. doi: 10.1016/j.proeng.2017.04.379

210. Wiesław Krason, Tadeusz Niezgoda, Michał Stankiewicz. Innovative Project of Prototype Railway Wagon and Intermodal Transport System. *Transportation Research Procedia*. 2016. Vol. 14. P. 615–624.
211. Wójcik K., Malachowski J., Baranowski P., Mazurkiewicz L., Damaziak K., Krason W.. Multi-body simulations of railway wagon dynamics. *J. of KONES Powertrain and Transport*. 2012. Vol. 19. No. 3. P. 499–506.
212. Yoon S. C. et al. Evaluation of Structural Strength in Body Structure of Freight Car. *Key Engineering Materials*. 2010. Vol. 417–418. P.181–184.
213. Yuan Y.Q., Li Q., Ran K. Analysis of C80B Wagons Load-Stress Transfer Relation. *Applied Mechanics and Materials*. 2012. Vol. 148-149. P. 331–335.