

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра інженерії вагонів та якості продукції

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ
ГАЛЬМОВИХ СИСТЕМ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ

Пояснювальна записка і розрахунки
до магістерської кваліфікаційної роботи

МКР. 01100. 10. 00 ПЗ

Розробив студента групи 222-ВВГ-Д23
спеціальності 273 «Залізничний транспорт»
(Вагони та вагонне господарство)
(роботу виконано самостійно, відповідно до
принципів академічної доброчесності)
Роман ШЕРЕМЕТА

Керівник: професор, д-р техн. наук
Василь РАВЛЮК

Рецензент: доцент кафедри
експлуатації та ремонту рухомого складу
УкрДУЗТ, канд. техн. наук
Олександр ОБОЗНИЙ

2025

Український державний університет залізничного транспорту

Факультет механіко-енергетичний

Кафедра інженерії вагонів та якості продукції

Спеціальність – 273 Залізничний транспорт

Освітня програма – Вагони та вагонне господарство

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри,
професор, д-р техн. наук

_____ І. Е. Мартинов

«____» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Шереметі Роману Івановичу

1 Тема «Теоретичні основи дослідження ефективності експлуатації гальмових систем вантажних вагонів».

керівник Равлюк Василь Григорович, професор, д-р техн. наук

затверджені наказом по механіко-енергетичному факультету від

“ ____ ” _____ 2025 року № ____.

2 Строк подання студентом закінченої роботи «01» червня 2025 року.

3 Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи отримати під час проходження переддипломної практики у вагоноремонтному підприємстві — вантажному вагонному депо.

Ознайомитися з нормативно-технічною документацією ремонту вузлів і деталей вантажних вагонів у технічному відділі депо. Провести екскурсійний огляд всіх дільниць і відділень де виконується ремонт вузлів і деталей вантажних вагонів. Необхідно звернути особливу увагу на розташування технологічного обладнання у дільницях та відділеннях депо. Зібрати статистичний матеріал стосовно пошкодження ходових частин і гальмового обладнання вантажних вагонів. У планово-економічному відділі депо отримати вихідні дані для виконання економічної частини роботи.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 4.1 Організація поточного утримання вагонів в сучасних умовах експлуатації. 4.2 Дослідження технічного стану й огляд механічних систем гальмового обладнання вантажних вагонів. 4.3 Оцінка наслідків ненормативної роботи гальмової системи вантажного вагона. 4.4 Аналіз процесів утворення негативних силових факторів, переміщень і відхилень гальмових колодок відносно коліс у процесі гальмування. 4.5 Дослідження особливостей зносу композиційних гальмових колодок вантажних вагонів. 4.6 Методологія визначення геометричних параметрів гальмових колодок вантажних вагонів під час шкідливого зносу. 4.7 Техніко-економічні розрахунки від впровадження інноваційних гальмових колодок.

5 Перелік графічного матеріалу:

Графічний матеріал виконати у вигляді презентації (обсяг 15-20 слайдів).

6 Консультанти окремих розділів

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Техніко-економічне обґрунтування	Куделя В. І., доцент, к.е.н		

7 Дата видачі завдання «03» березня 2025 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1 Організація поточного утримання вагонів в сучасних умовах експлуатації	03.03.25	виконано
2 Дослідження технічного стану й огляд механічних систем гальмового обладнання вантажних вагонів	11.03.25	виконано
3 Оцінка наслідків ненормативної роботи гальмової системи вантажного вагона	19.03.25	виконано
4 Аналіз процесів утворення негативних силових факторів, переміщень і відхилень гальмових колодок відносно коліс у процесі гальмування	24.03.25	виконано
5 Дослідження особливостей зносу композиційних гальмових колодок вантажних вагонів	07.04.25	виконано
6 Методологія визначення геометричних параметрів гальмових колодок вантажних вагонів під час шкідливого зносу	15.04.25	виконано
7 Техніко-економічні розрахунки від впровадження інноваційних гальмових колодок	01.05.25	виконано
8 Розробка та оформлення слайдів	з 15.05.25 по 27.05.25	виконано
9 Отримання рецензії на МКР	30.05.25	виконано
10 Захист МКР в ДЕК	24.06.25	

Студент _____ Роман ШЕРЕМЕТА

Керівник _____ Василь РАВЛЮК

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота включає в себе 20 слайдів презентації, 108 аркушів пояснювальної записки формату А4, що включає 23 рисунки, 10 таблиць, 44 літературних джерел.

Ключові слова: ЗАЛІЗНИЧНИЙ ТРАНСПОРТ, БЕЗПЕКА РУХУ, ТРАНСПОРТНА МЕХАНІКА, ВАГОН, ГАЛЬМОВА КОЛОДКА.

Об'єктом дослідження є механізм взаємодії гальмової колодки з колесом у процесі руху поїзда в режимах тяги та вибігу.

Предметом дослідження подовження терміну служби гальмових колодок вантажних вагонів шляхом впровадження інноваційних пристроїв для їх відведення та утримання на потрібній відстані від коліс.

Метою роботи є теоретичне обґрунтування та оцінка ефективності експлуатації гальмової системи вантажних вагонів для підвищення її працездатності та надійного функціонування.

У кваліфікаційній роботі сформовано методичний підхід до аналітичного визначення геометричних характеристик зони підвищеного зносу у верхній частині гальмової колодки як функції від нормативного зазору між колодкою та поверхнею кочення колеса з метою підвищення ефективності гальмування рухомого складу.

Запропоновано інноваційне конструктивне рішення для ліквідації ненормативного зносу колодок, що знижує ефективність гальмування вантажного рухомого складу.

ABSTRACT

The qualification work includes 20 presentation slides, 108 sheets of explanatory notes in A4 format, including 23 figures, 10 tables, 44 literary sources.

Keywords: RAILWAY TRANSPORT, TRAFFIC SAFETY, TRANSPORT MECHANICS, WAGON, BRAKE PADS.

The object of the study is the mechanism of interaction of the brake shoe with the wheel during train movement in traction and coasting modes.

The subject of the study is the extension of the service life of freight wagon brake shoes by introducing innovative devices for their removal and maintenance at the required distance from the wheels.

The purpose of the work is the theoretical justification and assessment of the efficiency of the operation of the freight wagon brake system to increase its performance and reliable functioning.

The qualification work has developed a methodological approach to the analytical determination of the geometric characteristics of the zone of increased wear in the upper part of the brake shoe as a function of the regulatory gap between the shoe and the wheel rolling surface in order to increase the braking efficiency of rolling stock. An innovative design solution has been proposed to eliminate abnormal wear of the shoes, which reduces the braking efficiency of freight rolling stock.

Зміст

Вступ	6
1 Організація поточного утримання вагонів в сучасних умовах експлуатації	10
1.1 Призначення виробничих підрозділів і структура управління депо з ремонту вантажних вагонів	10
1.2 Аналіз існуючої організації та технологічного процесу ремонту вагонів у депо	15
1.3 Призначення виробничої програми та площі і розміри окремих дільниць	17
1.4 Колісно-роликова дільниця	26
1.5 Автоконтрольний пункт гальм	28
1.6 Візкова дільниця	30
1.7 Ковальське відділення	32
1.8 Механічне відділення	33
1.9 Зварювальне відділення	34
1.10 Комора	36
1.11 Забезпечення депо матеріалами та запасними частинами, потреба в енергоносіях	36
2 Дослідження технічного стану й огляд механічних систем гальмового обладнання вантажних вагонів	41
2.1 Аналіз несправностей гальмового обладнання вантажних вагонів	41
2.2 Аналіз літературних досліджень пов'язаних з особливостями роботи гальмових систем вантажних вагонів	45

					<i>МКР. 01100. 10. 00 ПЗ</i>			
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	Теоретичні основи дослідження ефективності експлуатації гальмових систем вантажних вагонів	Літер	Аркуш	Аркушів
Розробив	Шеремета						4	108
Перевірив	Равлюк							
Н. контр.	Шовкун					УкрДУЗТ		
Затв.	Мартинов							

3 Оцінка наслідків ненормативної роботи гальмової системи вантажного вагона	50
3.1 Дослідження негативних наслідків від ненормативної взаємодії гальмових колодок з колісними парами у вантажних вагонах	50
3.2 Дослідження впливу конструктивних параметрів гальмової системи вантажного вагона на безпеку руху	53
4 Аналіз процесів утворення негативних силових факторів, переміщень і відхилень гальмових колодок відносно коліс у процесі гальмування	58
5 Дослідження особливостей зносу композиційних гальмових колодок вантажних вагонів	63
6 Методологія визначення геометричних параметрів гальмових колодок вантажних вагонів під час шкідливого зносу	71
7 Техніко-економічні розрахунки від впровадження інноваційних гальмових колодок	90
7.1 Характеристика інноваційного заходу	90
7.2 Методологія розрахунку економічного ефекту від впровадження інноваційного заходу	91
7.3 Визначення одноразових витрат на придбання гальмових композиційних колодок	94
Загальні висновки магістерської кваліфікаційної роботи	101
Список використаних джерел	103

Вступ

Завданням вагонного господарства є забезпечення належного технічного стану вантажних вагонів, виконання планових ремонтів, оптимізація використання технічних ресурсів та підвищення ефективності функціонування підприємств галузі. Для реалізації цих завдань на залізницях створено виробничу інфраструктуру, що включає вагонні депо, пункти підготовки вагонів до перевезень і технічного обслуговування, які забезпечують своєчасний ремонт та підтримання експлуатаційної придатності рухомого складу.

Підвищення швидкостей руху поїздів, збільшення їх довжини та маси, а також забезпечення безпеки залізничного транспорту безпосередньо пов'язані з ефективністю функціонування гальмових систем. Обґрунтування методів гальмування базується на експериментальних і теоретичних дослідженнях динаміки гальмових процесів, що розвиваються в поїзді. Водночас актуальним залишається удосконалення розрахункових моделей та математичних схем, які описують газодинамічні процеси в гальмовій магістралі, а також взаємодію колісних пар рухомого складу з рейковою колією.

Одним із критичних факторів експлуатації рухомого складу є виникнення стану юза колісних пар, особливо за відсутності протियюзних пристроїв. Дослідження свідчать, що для забезпечення високих гальмових або тягових зусиль необхідно враховувати вплив юза, оскільки він сприяє видаленню оксидної плівки з поверхні рейок і збільшенню коефіцієнта тертя. Водночас надмірне ковзання коліс по рейках може призводити до їх пошкоджень, що потребує вирішення цього технологічного протиріччя. Незважаючи на критичну важливість цього явища, кількість наукових досліджень у цій сфері є недостатньою, що зумовлено складністю процесів, які відбуваються в зоні контакту колеса і рейки. Для усунення цього наукового дефіциту необхідно вдосконалювати методи теоретичного моделювання динаміки руху колісних пар з урахуванням фрикційного стану їх контакту з рейковою колією.

Актуальність магістерської кваліфікаційної роботи. Масові перевезення широкого спектра вантажів, зокрема небезпечних, по залізницях АТ «Укрзалізниця» висувають підвищені вимоги до надійності рухомого складу. Руйнування обода колеса внаслідок впливу високих температур і формування критичних напружень може призвести до транспортних подій, що спричиняють значні матеріальні збитки та створюють загрозу безпеці перевезень.

Аналіз технічного стану механічних вузлів гальм показав наявність ненормативного зносу гальмових колодок вантажних вагонів. Це явище зумовлене тим, що загальний центр ваги колодки та башмака, розташованих на маятниковому підвішуванні, не збігається з центром отвору в розпирці триангеля незалежно від типу колодки. Для визначення механізму виникнення такого зносу розроблено теоретичні моделі, що дозволяють встановити його причини за різних зазорів між колодкою і колесом та оцінити їх вплив на геометричні параметри й ефективну площу контакту.

Забезпечення своєчасних і безпечних залізничних перевезень вимагає надійної роботи рухомого складу, особливо під час гальмування. Важливим напрямом удосконалення технічного обслуговування є розробка пристроїв рівномірного відведення гальмових колодок шляхом оптимізації їх конструкції. Підвищення ефективності та надійності цих пристроїв є критичним фактором для забезпечення безпеки руху поїздів, збільшення пропускної спроможності залізниць та зниження експлуатаційних витрат.

Об'єктом дослідження є механізм взаємодії гальмової колодки з колесом у процесі руху поїзда в режимах тяги та вибігу.

Предметом дослідження є подовження терміну служби гальмових колодок вантажних вагонів шляхом впровадження інноваційних пристроїв для їх відведення та утримання на потрібній відстані від коліс.

Мета магістерської кваліфікаційної роботи — теоретичне обґрунтування та оцінка ефективності експлуатації гальмової системи вантажних вагонів для підвищення її працездатності та надійного функціонування.

Досягнення мети роботи передбачало розв'язання таких основних науково-технічних завдань:

- охарактеризувати організацію технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів на базі вантажного вагонного депо та провести аналіз його діяльності;

- здійснити комплексне дослідження технічного стану гальмових елементів вагонів вантажного парку, враховуючи вплив експлуатаційних факторів та характерні несправності їх вузлів, з метою виявлення основних причин відмов і розробки заходів щодо підвищення надійності та ефективності роботи гальмових систем у реальних умовах експлуатації;

- виконати кінетостатичне дослідження механізму утворення ненормативного зносу у верхньому кінці гальмових колодок, яка змінює геометричні параметри контакту з колесом та виникає за умови транспортування вагонів поїзда в режимах тяги та вибігу;

- сформулювати методичний підхід до аналітичного визначення геометричних характеристик зони підвищеного зносу у верхній частині гальмової колодки як функції від нормативного зазору між колодкою та поверхнею кочення колеса з метою підвищення ефективності гальмування рухомого складу;

- запропонувати технічні рішення для усунення ненормативного зносу у верхньому кінці гальмових колодок, що спричиняє знижує ефективність гальмування вантажних вагонів;

- обґрунтувати економічну доцільність впровадження запропонованих технічних рішень шляхом виконання відповідних техніко-економічних розрахунків.

Наукова новизна магістерської кваліфікаційної роботи полягає у формуванні нового підходу до оцінювання контактної взаємодії композиційних гальмівних колодок з колісною парою, що передбачає врахування впливу локалізованого зносу у верхній частині колодки, який залежить від експлуатаційного зазору між колодкою та колесом. Запропонований підхід

дозволяє уточнити геометричні параметри зони дії гальмівного зусилля і підвищити достовірність оцінки ефективності гальмування вантажного рухомого складу.

Практичне значення магістерської кваліфікаційної роботи полягає в застосуванні методики оцінювання геометричних характеристик площі контакту колодок, що виготовлені з композиційного матеріалу за умов проєктування, модернізації, удосконалення та експлуатації гальмових систем як існуючого вагонного парку, так і парку вагонів нового покоління.

Список використаних джерел

- 1 Борзилов І. Д. Технологія технічного обслуговування та ремонту вагонів: Т. 1. : підруч. Харків: УкрДАЗТ, 2003. 246 с.
- 2 Борзилов І. Д., Равлюк В. Г., Шевченко К. В. Основи експлуатації та відновлення вагонів: консп. лек. Харків: УкрДАЗТ, 2009. 66 с.
- 3 Борзилов І. Д., Равлюк В. Г., Шевченко К. В. Методичні вказівки до практичних занять з дисциплін «Основи технічного обслуговування вагонів» та «Основи експлуатації та відновлення вагонів». Харків: УкрДАЗТ, 2011. 42 с.
- 4 Мартинов І. Е., Равлюк В. Г. Вагоноремонтні машини та обладнання: навч. посібник. Харків: УкрДАЗТ, 2013. Ч. 2. 108 с.
- 5 Інструкція з експлуатації гальм рухомого складу на залізницях України : ЦТ – ЦВ – ЦЛ – 0015. Затв. нак. Укрзалізниці № 264–Ц 28.10.1997. – Вид. офіц. Київ: 2004. 146 с.
- 6 Інструкція з ремонту гальмового обладнання вагонів : ЦТ – ЦВ – 0013. – Затв. нак. Укрзалізниці № 022–ЦЗ 25.01.2005. Вид. офіц. Київ: 2005. 160 с.
- 7 Вагони вантажні. Система технічного обслуговування та ремонту за технічним станом: СТП 04 – 010:2018: затв. нак. АТ «Укрзалізниця» від 08.08.2019 р. №519. 2018. 25 с.
- 8 Аналіз стану безпеки руху в структурі АТ «Укрзалізниця» у 2019 році. Акціонерне товариство «Українська залізниця» Департамент безпеки руху. 2019. 198 с.
- 9 Радзиховский, А. А. Системный подход к проектированию тележек для грузовых вагонов с повышенными осевыми нагрузками / А. А. Радзиховский, И. А. Омеляненко, Л. А. Тимошина // Вагонный парк. 2008. №8. С. 10-16.
- 10 Волошин Д. І., Афанасенко І. М., Дерев'янчук Я. В. До питання удосконалення конструкції гальмівної важільної передачі вагона-хопера. Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. 2018. № 2 (243). С. 54 – 59.

11 Bureika G., Mikaliunas S. Research on the compatibility of the calculation methods of rolling-stock brakes. *Transport*. 2008. Vol. 23 (4). P. 351 – 355.

12 Liudvinavicius L., Lingaitis L. P. Electrodynamic braking in high-speed rail transport. *Transport*. 2007. Vol. 22. Issue 3. P. 178 – 186.

13 Поліпшення характеристик гальмування рухомого складу шляхом забезпечення стабільних експлуатаційних властивостей дискового гальма : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07 / Ю. Ю. Осенін; ДП "Держ. НДЦ залізн. трансп. України". Київ, 2014. 20 с.

14 Zhang Y., Chen Y., He R., Shen B. Investigation of tribological properties of brake shoe materials - phosphorous cast irons with different graphite morphologies. *Wear*. 1993. 166(2). P. 179 – 186.

15 Сафронов О. М. Застосування комп'ютерного моделювання для уточненої оцінки гальмівної ефективності вантажних вагонів. Збірник наукових праць Державного університету інфраструктури та технологій: Серія «Транспортні системи і технології». 2018. Вип. 32(2). С. 61 – 75.

16 Мазур В. Л., Найдек В. Л., Попов Є. С. Порівняння чавунних і композиційних з чавунними вставками гальмових колодок для рухомого складу залізниці. *Метал та лиття України*. 2021. №2 (325). С. 30 – 39.

17 Rakesh Chandmal Sharma, Manish Dhingra, Rajeev Kumar Pathak. Braking systems in railway vehicles. *International Journal of Engineering Research & Technology*. 2015. Vol. 4. P. 206 – 211.

18 Sarip S. Design Development of Lightweight Disc Brake for Regenerative Braking – Finite Element Analysis. *International Journal of Applied Physics and Mathematics*. 2013. Vol. 3 (1). P. 52 – 58.

19 Vakkalagadda M. R. K., Srivastava D. K., Mishra A., Racherla V. Performance analyses of brake blocks used by Indian Railways. *Original Research Article*. 2015. Vol. 328 – 329. P. 64 – 76.

20 Vernersson T. Thermally induced roughness of tread braked railway wheels.: Part 1: Brake rig experiments. *Wear*. 1999. P. 96 – 105.

21 Vernersson T., Lundén R. Wear of brake blocks for in-service conditions –

Influence of the level of modelling. *An International Journal on the Science and Technology of Friction, Lubrication and Wear*. 2014. Vol. 314. P. 125 – 131.

22 Jovanović R., Milutinović D. Modern Ways for Preventing the Damages Caused by the Railway Vehicle Solid Wheel Fractures. *VI International Scientific Conference of Railway Experts*. Vrnjačka Banja: 1999. P. 333 – 318.

23 Milutinović D., Tasić M., Jovanović R. Thermal Load as a Primary Cause for the Fracture of the Block-Braked Solid Wheel. *Železnice*. 1999. Vol. 11 – 12. P. 477 – 484.

24 Vineesh K. P., Vakkalagadda M. R. K., Tripathi A. K., Mishra A., Racherla V. Non-uniformity in braking in coaching and freight stock in Indian Railways and associated causes. *Engineering Failure Analysis*. 2016. Vol. 59. P. 493 – 508.

25 Равлюк В. Г. Аналіз негативних наслідків від ненормативної взаємодії гальмівних колодок з колісними парами у вантажних вагонах [Текст] / В. Г. Равлюк // Вісн. Нац. техн. ун-ту «Харк. політехн. ін.-т». Механіко-технологічні системи та комплекси. Харків: 2016. Вип. 49 (1221). С. 119 – 123.

26 Равлюк В. Г., Ловська А. О., Ільчишин В. М., Равлюк М. Г., Богуцький В. Р. Перспективні підходи до діагностики та випробувань буксових вузлів і колодкових гальм вантажних вагонів. Цифрове наукове суспільство: соціально-економічні, правові та міжнародні аспекти: збірник наукових праць з матеріалами IV міжнародної наукової конференції. (Дніпро, 28 лютого 2025 р.). Вінниця: ТОВ «УКРЛОГОС Груп, 2025. С. 228 – 237.

27 Равлюк В. Г., Афанасенко І. М., Равлюк М. Г. Дослідження геометричних параметрів гальмових колодок вантажних вагонів за шкідливого зносу // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. Дніпропетровськ: 2020. Вип. 1 (85). С. 99-118. doi: <https://doi.org/10.15802/stp2020/199515>.

28 Равлюк В. Г., Ловська А. О., Ільчишин В. М., Равлюк М. Г., Богуцький В. Р. Дослідження впливу кінематичних і силових факторів гальмової важільної передачі на процес зносу колодок вантажних вагонів. Інноваційні тенденції сьогодення в сфері природничих, гуманітарних та точних наук: збірник

наукових праць з матеріалами VI міжнародної наукової конференції. (Львів, 3 березня 2025 р.). Вінниця: ТОВ «УКРЛЮГОС Груп, 2025. С. 180 – 188.

29 Panchenko S., Vatulia G., Lovska A., Ravlyuk V., Elyazov I., Huseynov I. Influence of structural solutions of an improved brake cylinder of a freight car of railway transport on its load in operation. EUREKA: Physics and Engineering. 2022. Vol. 6. P. 45 – 55. <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2022.002638>

30 Panchenko S., Gerlici J., Lovska A., Ravlyuk V., Dižo J. Stanovenie úspory energetických nákladov na pohon vlaku snížením jazdného odporu. Technológ. Žilin: Žilinská univerzita v Žiline. 2023. Ročník 15. Číslo 2/2023. P. 104 – 109. doi: <https://doi.org/10.26552/tech.C.2023.2.19>

31 Panchenko S., Gerlici J., Vatulia G., Lovska A., Ravlyuk V., Harusinec J. Studying the load of composite brake pads under high-temperature impact from the rolling surface of wheels. EUREKA: Physics and Engineering. 2023. Vol. 4. P. 155 – 167. doi: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2023.002994>

32 Panchenko S., Gerlici J., Vatulia G., Lovska A., Ravlyuk V., Rybin A. Method for determining the factor of dual wedge-shaped wear of composite brake pads for freight wagons. Communications. Scientific Letters of the University of Zilina. 2023. Vol. 26 (1). P. B31 – B40. <https://doi.org/10.26552/com.C.2024.006>

33 Равлюк В. Г. Розвиток наукових основ з забезпечення руху поїздів шляхом підвищення ефективності експлуатації гальмових систем вантажних вагонів: дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.07. Харків, 2024. 408 с.

34 Panchenko S., Vatulia G., Gerlici J., Lovska A., Ravlyuk V. Study of the Strength of the Upgraded Brake Leverage of a Wagon Bogie. In: Arsenyeva O., Romanova T., Sukhonos M., Biletskyi I., Tsegelnyk Y. (eds) Smart Technologies in Urban Engineering. STUE 2023. Lecture Notes in Networks and Systems. 2023. Vol 807. P. 243 – 254. https://doi.org/10.1007/978-3-031-46874-2_22

35 Panchenko S. V., Vatulia G. L., Lovska A. O., Ravlyuk V. G. Determination of the thermal stress state for the composite brake pad of a wagon at operational loads. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2023. Vol. 1254. 012141. P. 1 – 12. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/1254/1/012141>

36 Равлюк В., Равлюк М., Шеремета Р. Методологія оцінки працездатності гальмових колодок вантажних вагонів шляхом стендових досліджень. Відбудова транспортної інфраструктури: Матеріали III Всеукраїнської наукової конференції здобувачів освіти і молодих вчених. м. Київ, 25 березня 2025 р. С. 139-140

37 Бондаренко В. В., Равлюк В. Г., Мажара О. О., Московченко М. С., Шеремета Р. І. Підвищення експлуатаційної готовності пасажирських вагонів шляхом ймовірнісного алгоритму діагностування електрообладнання. Наукові відкриття та фундаментальні наукові дослідження: світовий досвід: збірник наукових праць з матеріалами VI міжнародної наукової конференції. (Івано-Франківськ, 2 травня 2025 р.). Вінниця: ТОВ «УКРЛОГОС Груп, 2025. С. 260 – 269.

38 Балака Є. І., Зоріна О. І., Колесникова Н. М., Писаревський І. М. Оцінка економічної доцільності інвестицій в інноваційні проекти на транспорті: навч. посіб. Харків: УкрДАЗТ, 2005. 210 с.

39 Равлюк В. Г. Методичні вказівки та завдання до виконання самостійної (контрольної) роботи з дисципліни «Основи експлуатації та відновлення вагонів»: метод. вказівки. Харків: УкрДАЗТ, 2013. 53 с.

40 Iu. Lukianchuk, Yu. Tulashvili, V. Podolyak, R. Horbariuk, V. Kovalchuk, and S. Bazyl. Didactic Principles of Education Students 3D-printing," IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security. Vol. 22, no. 7. P. 443-450. <https://doi.org/10.22937/IJCSNS.2022.22.7.54>

41 O. V. Derevyanchuk, V. I. Kovalchuk, V. M. Kramar, H. O. Kravchenko, D. V. Kondryuk, A. V. Kovalchuk, and B. V. Onufriichuk. Implementation of STEM education in the process of training of future specialists of engineering and pedagogical specialties. Proceedings of SPIE. Vol. 12938. P. 214-217. 2024. <https://doi.org/10.1117/12.3012996>

42 Jóźwik Anna, and Cała Ireneusz. An interdisciplinary approach to tall buildings teaching in architectural education. World Transactions on Engineering and Technology Education, UNESCO - International Centre for Engineering Education.

Vol. 22, no. 3. P. 205-210. 2024.

43 Nadi Suprpto, Iqbal A. Rizki, and Rahmatta T. Lintangesukmanjaya and Imam Sya'roni. Wind, solar and water-powered renewable energy prototypes for STEM learning: testing their efficiency and feasibility. World Transactions on Engineering and Technology Education. Vol. 22, no. 3. P. 217-223. 2024.

44 Panchenko S., Gerlici J., Lovska A., Ravlyuk V. Substantiation of the environmental efficiency of the device for parallel retraction of brake shoes for freight wagons. Current problems in rail vehicles - PRORAIL 2023, September 20 – 23, 2023, Žilina, Slovakia. P. 109 – 118. <https://doi.org/10.26552/spkv.Z.2023.2.13>