



ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи
Національного транспортного
університету

Олена СЛАВІНСЬКА

«24»березня 2026 р.

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації
Головащенко Олега Анатолійовича
на тему: «Удосконалення методу визначення параметрів пружно-дисипативної системи «підлога-кузов» для покращення показників комфорту пасажирів електропоїздів», що подається на здобуття ступеня доктор філософії за спеціальністю 273 «Залізничний транспорт»

Висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації створений після публічної презентації результатів дисертаційної роботи здобувачем Головащенко О. А. та її обговорення на розширеному засіданні кафедри електромеханіки та рухомого складу залізниць Навчально-наукового Київського інституту залізничного транспорту Національного транспортного університету (протокол №7 від 24 березня 2026 р.), що реалізує освітньо-наукову програму «Залізничний транспорт» за спеціальністю 273 «Залізничний транспорт».

Актуальність теми

Приміська залізниця відіграє важливу роль в забезпеченні трудової мобільності населення за маршрутами «приміська зона–мегаполіс». По суті, поїздки в електропоїзді на роботу або з роботи є частиною виробничої процесу підприємств. Для приміських електропоїздів характерним є циклічний режим руху в широкому діапазоні швидкостей і частот вібрацій підлоги вагона. Рівень вібрацій, які сприймаються пасажирами залежить від механізму їх зародження, характеристик каналу передачі та якості віброізоляції підлоги вагона.

Кожен із названих факторів залежить від технічного стану і характеристик пасажирського вагона. На сьогоднішній день технічний стан приміських поїздів залізниць України характеризується значним зносом. Зокрема, близько 85% рухомого складу потребують капітального ремонту. На замовлення Укрзалізниці ПрАТ «Київський електровагоноремонтний завод» («КЕВРЗ») виконує модернізацію електропоїздів серій ЕР, ЕР, ЕПЛ та ін. Модернізовані електропоїзди набувають сучасний зовнішній вигляд, більш ефективні освітлювальні прилади. Прорахунки економічної доцільності модернізації електропоїздів Укрзалізниці, що виробили свій строк експлуатації, показали

перевагу такого шляху у порівнянні із розгортанням проектування та виробництва нових поїздів. Особливо це доцільно в умовах воєнного стану України.

Одне з головних завдань модернізації – підвищення комфортності і безпеки перевезення пасажирів. Модернізація електропоїздів включає заходи, спрямовані на зниження рівня вібрацій, що передаються в пасажирський салон через підлогу.

Актуальність теми дисертації зумовлена потребою наукового обґрунтування проектів модернізації підлоги пасажирських вагонів приміських електропоїздів, які б відповідали сучасним європейським нормам комфорту. Для цього є необхідним проведення комплексу досліджень впливу конструкції і характеристик елементів підлоги вагона на рівень вібрацій, що передаються пасажирам у русі.

Таким чином, актуальність роботи обумовлена необхідністю вирішення важливої науково-практичної задачі – удосконалення методів визначення параметрів пружно-дисипативної системи «підлога-кузов» на основі оцінки показників комфорту пасажирів електропоїздів.

Зв'язок теми дослідження з планами науково-дослідних робіт

Тема дисертаційного дослідження «Удосконалення методу визначення параметрів пружно-дисипативної системи «підлога-кузов» для покращення показників комфорту пасажирів електропоїздів» відповідає пріоритетним напрямкам державної науково-технічної програми, визначеним у «Національній транспортній стратегії України на період до 2030 року», затвердженій розпорядженням КМ України від 30.05.2018 № 430-р.

Робота узгоджується з актуальними завданнями розвитку транспортної інфраструктури України, сприяючи впровадженню інноваційних технологій перевезення пасажирів залізничним транспортом, відповідно до «Концепції Державної програми реформування залізничного транспорту» та «Стратегії розвитку інфраструктури залізничного транспорту України в умовах розширення транскордонного співробітництва».

Прикладні дослідження за темою дисертації виконано в межах планів науково-дослідних робіт Національного транспортного університету: НДР «Покращення комфорту пасажирів електропоїздів», № держреєстрації – 0124U003331.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків, рекомендацій, які захищаються

Обґрунтованість та достовірність отриманих в роботі результатів забезпечено та підтверджується наступним:

- методологічною узгодженістю з чинними стандартами та нормативними документами;
- достатнім обсягом надійних вхідних даних для математичного моделювання, отриманих експериментальним шляхом;
- процедурою верифікації теоретичних результатів у порівнянні із даними експерименту, в тому числі на натурних зразках в процесі стаціонарних і поїзних

випробувань: максимальне розходження теоретичних і експериментальних даних не перевищує 20%.

Основні результати дослідження, ступінь їх наукової новизни та значущості.

Основні результати, висновки та рекомендації дисертації полягають у наступному.

1. Виконано аналіз умов роботи підлоги вагонів приміських електропоїздів, як каналу передачі вібрацій від основи кузова вагона до покриття підлоги і пасажирських сидінь. З'ясовано, що основа кузова вагона отримує збудження від різних джерел: динамічні процеси в контактах коліс із рейками, вібраційні процеси у підвагонному обладнанні, вібрації у тяговому приводі тощо.

Визначено, що в загальному випадку модель системи віброзахисту можна представляється у вигляді трьох складових: джерело вібрацій; віброізоляція; об'єкт віброзахисту. При цьому, потік енергії коливань від джерела вібрацій у системі віброзахисту роздвоюється на дві складові: потік непогашеної енергії коливань, що передається на підлогу і потік енергії розсіювання, що поглинається дисипативними елементами підлоги і відводиться у формі теплової енергії через теплові провідники у довкілля.

2. Виконано аналіз досліджень впливу характеристик вібрацій на відчуття комфорту пасажирів. Відмічено, що негативний фізіологічний вплив вібрацій на пасажирів зумовлений резонансними явищами в органах і тканинах людського організму. З'ясовано, що резонансними частотами для людини є наступні: 2–12 Гц – для грудної клітини; 6–8 Гц – для серця та серцевого м'яза; 8–27 Гц – для голови, черепа, головного мозку; 22–27 Гц – для очей. Зростання амплітуди коливань відповідних органів під дією резонансного ефекту викликає у людини специфічні відчуття: тривогу, страх, жах і навіть біль.

3. Визначено методи і критерії оцінки рівня комфорту пасажирів електропоїздів. Ступінь негативного впливу вібрацій на пасажирів оцінюється декількома показниками: показник плавності ходу; прискорення кузова у порівнянні з максимально-дозволеними; коефіцієнти динаміки – вертикальної і горизонтальної тощо. В роботі використано два критерію оцінки рівня ефективності віброізоляції підлоги вагона: відносне зменшення амплітуди вібрацій у порівнянні із амплітудою збудження – при теоретичних дослідженнях на математичній моделі і критерій комфорту Шперлінга – за результатами поїзних випробувань.

4. Для теоретичного дослідження показників віброізоляції підлоги вагона побудовано математичну модель процесу передачі вібрацій від основи вагона до пасажирів. Математична модель базується на системі диференційних рівнянь Лагранжа II роду. Розв'язок системи диференційних рівнянь коливань отримано у вигляді часових функцій переміщень та швидкостей елементів підлоги. Побудовано амплітудно-частотні характеристики (АЧХ) вібрацій шарів підлоги.

Моделювались і порівнювались два варіанти підлоги електропоїзда: підлога приміського електропоїзда старої (заводської) конструкції і підлога, модернізована на основі моделі пасажирського вагона «КВБЗ». Крім того, математична модель модернізованої підлоги мала два варіанти структури: п'ятишарова і семишарова.

Теоретичну оцінку ефективності віброізоляції підлоги вагонів виконано на основі порівняння відносних амплітуд вібрацій покриття підлоги при кінематичному збуренні основи вагона. При порівняльному аналізі результатів розрахунків з'ясовано, що загальний рівень відносних амплітуд вібрацій зменшується у всьому діапазоні частот – від 5% (в діапазоні 6–7 Гц), до 50% (в діапазонах 3–5 Гц, 15–18 Гц, 27–50 Гц). Спостерігається зниження резонансних частот, зокрема з 4,9 Гц – до 2,7 Гц; з 15,9 Гц – до 9,1 Гц; з 32 Гц – до 16,2 Гц.

Отримано теоретичну залежність впливу ступеню завантаження вагона пасажирами на резонансну частоту коливань поверхні підлоги. При зміні завантаження від мінімального (пустий вагон) – до максимального (150% пасажиромісткості) резонансна частота зменшується з 15–22 Гц до 8–12 Гц.

При порівнянні двох розглянутих варіантів модернізованої підлоги відчутних переваг однієї структурної схеми перед іншою не виявлено. Підтверджено, що визначаючий вплив на АЧХ підлоги мають характеристики шару гумових амортизаторів. Відмічено, що конструктивне виконання першого пружного шару підлоги з використанням розподіленої системи гумових амортизаторів є переважним через можливість варіювання пружно-дисипативними параметрами. Наприклад, збільшенням епюри установки амортизаторів з 4 до 20 м² можна підвищити резонансну частоту в 2,25 рази.

5. При побудові математичної моделі введено питомі (на одиницю площі) масові, пружні і дисипативні параметри шарів. Тим самим було здійснено перехід при моделюванні від розподілених параметрів до лінійних зосереджених.

6. Для забезпечення математичної моделі достовірними вхідними даними виконано експериментальні дослідження пружно-дисипативних параметрів окремих елементів підлоги. При дослідженні на стендовій установці використано метод вільних коливань.

7. Виконано експериментальні дослідження характеристик гасіння вібрацій, що передаються від основи вагона до пасажирів на дослідних зразках підлоги різної структури. Отримано частотні характеристики відносної зміни амплітуди прискорень на поверхні підлоги різної структури. Відносні амплітуди представлено у вигляді коефіцієнта зростання амплітуд прискорень k , як відношення амплітуди на певній частоті до амплітуди на частоті 45 Hz, яку було прийнято як базову. З'ясовано, що коефіцієнт зростання амплітуди прискорень підлоги не залежить від амплітуди збудження і залежить тільки від частоти.

Запропоновано експериментально-розрахунковий метод визначення резонансної частоти коливальної системи на основі обмежених експериментальних даних, а саме частоти збудження і виміряного коефіцієнта зменшення амплітуди сили збудження.

8. На основі комплексу теоретичних і експериментальних досліджень розроблено рекомендації щодо структури та визначення пружно-дисипативних характеристик підлоги вагона приміського електропоїзда з поліпшеними характеристиками комфорту пасажирів. Зокрема запропоновано значення епюри установки амортизаторів – $5-6 \text{ м}^{-2}$.

9. Для перевірки ефективності модернізації підлоги вагона електропоїзда виконано стаціонарні і поїзні випробування пасажирських вагонів із структурою підлоги аналогічною тій, що є на старих електропоїздах, а саме вагон «Амендорф», у якого конструкція підлоги аналогічна структурі підлоги приміського електропоїзда ЕПЛ9Т старої (заводської) конструкції, і вагон «КВБЗ» зі структурою підлоги аналогічною модернізованій підлозі електропоїзда.

Порівняльна оцінка рівня комфорту здійснювалася за методом Шперлінга. Отримано, що у діапазоні частот 0–25 Гц критерій Шперлінга має максимум: 2,6–2,8 – для вагона «Амендорф» і 1,5–2,4 для вагона «КВБЗ». В діапазоні частот 40–100 Гц критерій Шперлінга – нижчий за 1,0. Порівняння критеріїв комфорту Шперлінга вагонів «Амендорф» і «КВБЗ» для визначення ефективності модернізації підлоги дає наступні результати: у зоні частот до 25 Гц вагон «КВБЗ» має на 20–50 % ліпші значення критерію комфорту Шперлінга; у зоні частот 40–100 Гц значення критерію комфорту мало відрізняються.

На основі поїзних випробувань вагонів «Амендорф» і «КВБЗ» зроблено висновок про достатньо високу ефективність використання у структурі підлоги пасажирських вагонів, зокрема у вагонах приміських електропоїздів, гумових амортизаторів.

У дисертаційній роботі отримано нові результати що підтверджують гіпотезу про можливість поліпшення характеристик віброізоляції підлоги пасажирських вагонів на основі багатошарової структури з різними пружно-дисипативними характеристиками шарів.

Основні положення наукової новизни полягають у наступному:

– *вперше*, при математичному моделюванні системи віброзахисту пасажирських вагонів використано метод лінеаризації рівнянь коливань підлоги на основі переходу від нелінійних розподілених параметрів підлоги вагона до питомих лінійних параметрів;

- *вперше*, отримано залежності резонансних частот коливань поверхні підлоги пасажирського вагона від ступеню завантаження вагона пасажирами;

- *удосконалено*, метод спектрального аналізу механічних вібрацій підлоги вагона електропоїзда на основі побудови пошарових амплітудно-частотних характеристик багатошарової підлоги;

- *удосконалено* метод визначення пружно-дисипативної параметрів системи «підлога-кузов» на основі використання при експериментальних дослідженнях в якості зовнішнього збудження однократного ударного впливу замість загальноприйнятого збудження зовнішнім гармонічним осцилятором.

Практичне значення результатів дослідження

Практичне значення мають наступні результати дослідження:

- удосконалений метод визначення пружно-дисипативної параметрів системи «підлога-кузов» на основі теоретико-експериментальних досліджень;
- рекомендації щодо раціональної структури та пружно-дисипативних характеристик елементів (шарів) багатошарової підлоги вагонів приміських електропоїздів;
- рекомендації для епюри установки гумових амортизаторів підлоги, на основі яких досягається найбільший ефект гасіння вібрацій, що передаються від основи кузова вагона до пасажирських сидінь;
- висновок про визначаючий вплив параметрів шару гумових амортизаторів на характеристики віброзахисту пасажирів.

Практичні рекомендації, отримані в ході дослідження, використано ПрАТ «Київський електровагоноремонтний завод» та «Пасажирська компанія» АТ «Укрзалізниця» при розробці проектів модернізації електропоїздів серії ЕПЛ, про що в дисертації є Довідки про впровадження. Результати також можуть бути застосовані при модернізації вагонів приміських електропоїздів інших старих моделей, зокрема серій ЕР, ЕД, а також пасажирських вагонів виробництва заводу «Амендорф» (НДР).

Результати дисертаційної роботи впроваджено у навчальний процес Навчально-наукового інституту залізничного транспорту Національного транспортного університету, зокрема в навчальних курсах: «Теорія та конструкція локомотивів», «Правила технічної експлуатації та безпека руху» – для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти та «Взаємодія електричного рухомого складу і колії» – для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 273 (J7) – Залізничний транспорт ОПП «Локомотиви та локомотивне господарство», а також як теоретико-науковий базис під час підготовки кваліфікаційних робіт бакалавра та магістра зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» (G3 – Електрична інженерія) ОПП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Повнота викладення матеріалів дисертації в публікаціях та особистий внесок у них автора

Основні положення дисертації опубліковано у наступних виданнях.

В періодичних виданнях індексованих у НМБ Scopus

1. Holovashchenko, O., Shostak, Y., Tkachenko, V. (2025). Determining the amplitude-frequency characteristics of an electric train car floor. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (7 (133)). 64–75. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.321962>. (Автором запропоновано метод переходу від розподілених масових, пружних і дисипативних параметрів підлоги до зосереджених питомих. Виконано інтегрування системи диференціальних рівнянь, що описують затухання вібрацій у багатошаровій підлозі вагона. Рішення отримано у вигляді часових функцій переміщень, швидкостей та прискорень елементів підлоги).

2. Shostak, Y., Holovashchenko, O., Reshetnikov, Y., Tkachenko, V. (2024). Improvement of the technological process balancing electric machine rotors on a balancing machine. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(7(130)),

60–69. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.309867>. (Автором виконано огляд джерел вібрацій основи кузова пасажирського вагона. Розглянуто і проаналізовано ступінь впливу механічного дисбалансу роторів підвісних електричних машин вагонів на спектр вібрацій, що передаються пасажиром від підлоги)

В наукових фахових виданнях України

3. Holovashchenko, O., Kara, S., & Tkachenko, V. (2024). Comparative assessment of resonant frequencies of the floor of suburban electric train cars. *Transport Systems and Technologies*, (44). <https://tst.duit.in.ua/index.php/tst/article/view/409>. (Автором виконано експериментальну порівняльну оцінку віброзахисних властивостей підлоги вагона з різними варіантами конструктивної структури. Запропоновано експериментально-розрахунковий метод визначення резонансної частоти коливальної системи на основі обмежених експериментальних даних, а саме частоти збудження і виміряного коефіцієнта зменшення амплітуди сили).

4. Kara, S., Holovashchenko, O., & Tkachenko, V. (2025). Vibration studies of passenger cars floor. *Залізничний транспорт України*, 1, 27–35. <https://doi.org/10.34029/2311-4061-2025-154-1-27-35>. (Автором виконано обробку експериментальних даних. За результатами експериментів сформульовано висновки).

Апробація результатів дослідження

Основні положення і результати роботи були викладені, обговорені та схвалені на наукових семінарах і науково-практичних конференціях, зокрема: 28th International Scientific Conference «Transport Means», Klaipeda, Lithuania. 1–3 жовтня 2025; III Всеукраїнська науково-практична конференція «Виклики та перспективи розвитку транспортної інфраструктури України», Київ, ДУІТ, 22–24 квітня 2025; IX International scientific and practical conference «Débats scientifiques et orientations prospectives du développement scientifique», Paris, France, 31 October 2025.

Оцінка структури дисертації, її мови та стилю викладення

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 117 найменувань і п'яти додатків. Роботу виконано на 205 сторінках машинописного тексту, з яких 147 сторінок основного тексту, 5 таблиць та 51 рисунок.

Текст дисертації викладено технічною мовою, логічно та послідовно. Структура дисертації, мова та стиль викладення відповідають вимогам Міністерства освіти і науки України до дисертацій. Застосована в роботі наукова термінологія є загальноновизнаною, стиль викладення результатів теоретичних і практичних досліджень, нових наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує доступність їх сприйняття та використання.

Робота є самостійно виконаною, завершеною науково-дослідною працею, в якій отримані нові науково-обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують конкретну наукову-технічну задачу удосконалення методів визначення

параметрів пружно-дисипативної системи «підлога-кузов» на основі оцінки показників комфорту пасажирів електропоїздів.

Загальний висновок

Дисертаційна робота Головащенко О.А. на тему «Удосконалення методу визначення параметрів пружно-дисипативної системи «підлога-кузов» для покращення показників комфорту пасажирів електропоїздів», представлена у формі презентації та розглянута на розширеному засіданні кафедри електромеханіки і рухомого складу залізниць НТУ, та публікації здобувача, зараховані за темою дисертації, відповідають вимогам п. 6-9 «Порядку присудження скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 р. (зі змінами).

Таким чином, дисертаційна робота Головащенко Олега Анатолійовича на тему «Удосконалення методу визначення параметрів пружно-дисипативної системи «підлога-кузов» для покращення показників комфорту пасажирів електропоїздів» може бути рекомендована до захисту у разовій спеціалізованій вченій раді Національного транспортного університету.

Головуючий на розширеному засіданні кафедри електромеханіки і рухомого складу залізниць, д-р техн. наук, проф.



Олександр ГОРОБЧЕНКО

Рецензенти:
Професор каф. вагонів та вагонного господарства, д-р техн. наук, проф.



Олексій ФОМІН

Професор каф. автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій транспорту, кан. техн. наук, доц.



Іван КУЛЬБОВСЬКИЙ

Секретар на розширеному засіданні кафедри електромеханіки і рухомого складу залізниць, ст. викладач каф. електромеханіки і рухомого складу залізниць, доктор філософії



Денис ЗАЙКА