

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

доктора технічних наук, професора Мурадяна Леонтія Абрамовича

на дисертацію Головащенко Олега Анатолійовича

на тему: «Удосконалення методу визначення параметрів пружно-дисипативної системи «підлога-кузов» для покращення показників комфорту пасажирів електропоїздів»

подану на здобуття ступеня доктора філософії

за спеціальністю 273 – Залізничний транспорт

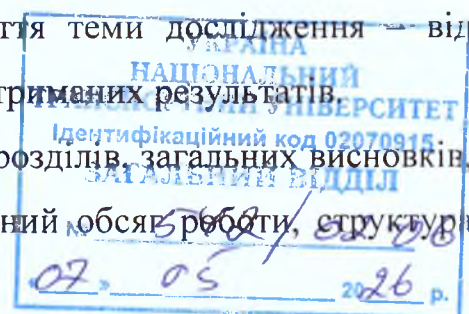
Актуальність теми дослідження. Актуальність теми дисертаційного дослідження визначається необхідністю підвищення рівня комфорту пасажирських перевезень у приміському сполученні, що є важливою складовою функціонування транспортної системи України. В умовах значного фізичного зносу рухомого складу та обмежених можливостей його оновлення особливого значення набуває модернізація існуючих вагонів із урахуванням сучасних вимог до безпеки та якості перевезень.

Одним із визначальних факторів комфортності є рівень вібрацій, які передаються пасажирам через конструкцію вагона, зокрема через підлогу. Тому дослідження процесів формування та передавання вібрацій у системі «підлога-кузов» і розроблення методів їх зниження є актуальним науковим і практичним завданням.

Актуальність роботи також підтверджується її спрямованістю на вирішення задач, пов'язаних із модернізацією електропоїздів та адаптацією рухомого складу до європейських стандартів комфорту пасажирів.

Аналіз структури та змісту дисертації. Дисертаційна робота має чітко визначену, логічно вивірену структуру, яка відповідає сучасним вимогам до кваліфікаційних наукових праць на здобуття ступеня доктора філософії. Побудова роботи забезпечує послідовне розкриття теми дослідження – від аналізу стану проблеми до практичної реалізації отриманих результатів.

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи, структура



викладу матеріалу та наявність ілюстративних матеріалів (рисуноків, таблиць) відповідають встановленим вимогам.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дослідження, визначено мету і завдання роботи, сформульовано об'єкт і предмет дослідження, наведено методи дослідження, розкрито наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Також у вступі наведено відомості про апробацію результатів, публікації здобувача та його особистий внесок, що відповідає вимогам до структури дисертаційних робіт.

Перший розділ має аналітичний характер і присвячений дослідженню сучасного стану проблеми вібрацій підлоги пасажирських вагонів. У ньому здійснено огляд технічного стану рухомого складу, проаналізовано основні джерела виникнення вібрацій, а також розглянуто механізми їх передавання до пасажира. Значну увагу приділено фізіологічним аспектам впливу вібрацій на організм людини та аналізу існуючих критеріїв оцінювання комфортності. Результати цього розділу дозволили сформулювати наукову гіпотезу та визначити напрями подальших досліджень.

Другий розділ є ключовим з точки зору теоретичного обґрунтування роботи. У ньому побудовано математичну модель системи «підлога–кузов», яка базується на використанні рівнянь Лагранжа другого роду. Розглянуто різні конструктивні варіанти підлоги вагона, виконано перехід від розподілених до зосереджених параметрів, що дозволило сформувати розрахункову схему системи. Проведено чисельне інтегрування систем диференціальних рівнянь та отримано амплітудно-частотні характеристики для різних варіантів конструкції підлоги. Розділ забезпечує теоретичну основу для оцінювання віброзахисних властивостей та подальшого експериментального підтвердження результатів.

Третій розділ присвячено експериментальним дослідженням, які спрямовані на визначення пружно-дисипативних характеристик елементів підлоги та перевірку адекватності математичної моделі. У розділі описано експериментальну базу, методику проведення випробувань та засоби вимірювання. Проведено дослідження як окремих елементів підлоги (гумових амортизаторів, вібродемпфувальних матеріалів), так і комплексних

конструктивних рішень. Отримані результати дозволили встановити закономірності зміни амплітудно-частотних характеристик залежно від конструкції підлоги та параметрів збудження. Розділ має важливе значення для підтвердження достовірності теоретичних положень.

У четвертому розділі наведено результати практичного впровадження отриманих наукових результатів. Розглянуто застосування запропонованих технічних рішень при модернізації пасажирських вагонів, наведено результати стаціонарних і поїзних випробувань. Виконано порівняльний аналіз показників комфорту для різних конструктивних варіантів підлоги. Отримані результати підтверджують ефективність запропонованих рішень і свідчать про можливість їх використання у виробничих умовах.

Загальні **висновки** узагальнюють основні результати дослідження, відображають ступінь досягнення поставленої мети та вирішення завдань, а також формулюють основні наукові та практичні результати роботи.

У цілому структура дисертації є логічно завершеною, матеріал викладено послідовно, з належним рівнем наукової аргументації. Зміст розділів є взаємопов'язаним і забезпечує цілісне сприйняття результатів дослідження.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації. Наукові положення, висновки та рекомендації, наведені у дисертаційній роботі, є достатньо обґрунтованими та базуються на комплексному використанні теоретичних і експериментальних методів дослідження.

Побудована математична модель базується на класичних положеннях теорії механічних коливань і реалізована із застосуванням рівнянь Лагранжа другого роду. Використання переходу до зосереджених параметрів дозволило отримати адекватну розрахункову схему, придатну для чисельного аналізу.

Обґрунтованість результатів підтверджується їх експериментальною перевіркою, яка включає стендові та натурні дослідження. Узгодженість результатів теоретичних і експериментальних досліджень свідчить про адекватність запропонованих моделей і правильність прийнятих припущень.

Отримані висновки логічно впливають із проведених досліджень та відповідають поставленим у роботі завданням.

Наукова новизна та практичне значення отриманих результатів дисертаційного дослідження. Детальне ознайомлення зі змістом дисертації дало можливість визначити основні наукові положення та висновки, що сформовані автором і характеризуються науковою новизною, зокрема:

- вперше, при математичному моделюванні системи віброзахисту пасажирських вагонів використано метод лінеаризації рівнянь коливання 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 пасажирями;

- удосконалено, метод спектрального аналізу механічних вібрацій підлоги вагона електропоїзда на основі побудови поелементних амплітудно-частотних характеристик багат шарової підлоги;

- удосконалено метод визначення пружно-дисипативної параметрів системи «підлога-кузов» на основі теоретико-експериментальних досліджень;

- отримала подальшого розвитку теорія механічних коливань на основі використання при експериментальних дослідженнях в якості зовнішнього збудження коливальної системи однократного ударного впливу замість загальноприйнятого збудження зовнішнім гармонічним осцилятором.

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) багат шарової 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» при розробці проєктів модернізації електропоїздів ЕПЛ2Т, ЕПЛ9Т. Результати також можуть бути застосовані при модернізації вагонів приміських електропоїздів інших старих моделей, зокрема ЕР2, ЕР2Р, ЕР2Т, ЕД2Т, ЕД4, ЕД9, 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».

Апробація та використання теоретичних та практичних результатів дисертації на підприємствах української залізниці підтверджена відповідними довідками (ДОДАТОК В).

Результати дослідження та основні положення дисертаційної роботи опубліковано у 7 наукових працях, з яких 2 статті – у наукових виданнях, що індексуються у міжнародних наукометричних базах даних Scopus, 2 – у фахових виданнях України, а також 3 публікації апробаційного характеру у матеріалах міжнародних і всеукраїнських наукових конференцій.

Відсутність порушення академічної доброчесності. Дисертаційна робота є самостійно виконаною кваліфікаційною науковою працею. У дисертації

та наукових публікаціях здобувача не виявлено академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації даних чи будь яких інших порушень принципів академічної доброчесності. У дисертаційній роботі мають місце посилання на джерела інформації щодо використаних тверджень, розробок, статистичних даних, тощо. Посилання подані з дотриманням норм законодавства про авторське право.

Дискусійні положення та зауваження до дисертаційної роботи.

Позитивно оцінюючи дисертаційну роботу в цілому, вважаю за необхідне висловити деякі зауваження та побажання.

1. У тексті дисертації місцями спостерігається певна перевантаженість описами проміжних розрахунків, що дещо ускладнює сприйняття основних результатів і могло б бути оптимізовано шляхом винесення частини матеріалу в додатки.

2. У роботі варто було б ширше розкрити питання ідентифікації параметрів моделі, зокрема методу оцінювання похибок визначення жорсткості та коефіцієнтів демпфірування за експериментальними осцилограмами вільних коливань.

3. У дисертації використано сучасні методи математичного моделювання, однак доцільним було б навести коротке порівняння з альтернативними програмними засобами або підходами, що застосовуються у подібних дослідженнях.

4. При аналізі впливу конструктивних параметрів підлоги доцільно було б більш детально розглянути питання оптимізації масових характеристик конструкції з урахуванням вимог до енергоефективності рухомого складу.

5. Окремі терміни та позначення, що використовуються у роботі, могли б бути додатково уніфіковані або зведені до єдиного переліку умовних позначень для підвищення зручності користування текстом дисертації.

6. У дисертації бажано було б більш детально розглянути питання масштабування отриманих результатів для інших типів електропоїздів і пасажирських вагонів, оскільки відмінності у конструкції кузова, схемі

кріплення підлоги та динамічних характеристиках ходових частин можуть впливати на ефективність запропонованих рішень.

7. У математичній моделі доцільно було б детальніше обґрунтувати прийняті припущення щодо лінійності пружно-дисипативних характеристик елементів підлоги, оскільки гумові амортизатори та вібродемпфувальні матеріали мають виражені нелінійні властивості за різних рівнів навантаження.

8. Потребує додаткового наукового пояснення вплив граничних умов закріплення елементів підлоги на отримані амплітудно-частотні характеристики, оскільки в реальній конструкції вагона умови взаємодії підлоги з кузовом можуть відрізнятися від прийнятих у розрахунковій схемі.

9. Було б доцільно доповнити дослідження аналізом чутливості резонансних частот до варіації основних параметрів системи — маси пасажирів, жорсткості амортизаторів, коефіцієнтів демпфірування та товщини шарів підлоги.

10. Експериментальні дослідження виконані на обмеженому наборі фіксованих частот збудження, що обумовлено технічними можливостями обладнання. Водночас розширення частотного діапазону могло б підвищити інформативність отриманих амплітудно-частотних характеристик.

11. Розбіжність між результатами математичного моделювання та експериментальними даними (до 20%) загалом знаходиться в допустимих межах для складних інженерних систем, однак доцільно було б більш детально проаналізувати причини цих відхилень.

12. У роботі для оцінки комфорту пасажирів використано критерій Шперлінга. Разом з тим, певне розширення аналізу за рахунок сучасних міжнародних стандартів (наприклад, ISO 2631) могло б підсилити практичну значущість результатів.

13. У роботі прийнято ряд спрощень (однорідність навантаження, сталі властивості матеріалів), що є виправданим для інженерного аналізу. Разом з тим, врахування факторів температури, старіння матеріалів та нерівномірного розподілу пасажирів може бути перспективним напрямом подальших досліджень.

Слід зазначити, що дані зауваження носять дискусійних характер та не впливають на загальну позитивну оцінку даної дисертаційної роботи.

Загальні висновки про відповідність дисертації встановленим вимогам.

Дисертація Головащенко О. А. на тему «Удосконалення методу визначення параметрів пружно-дисипативної системи «підлога-кузов» для покращення показників комфорту пасажирів електропоїздів», а також представлені здобувачем публікації відповідають вимогам пунктів 6-9 Постанови Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії».

Загалом дисертаційна робота є завершеною науковою працею, дослідження проведено на належному науковому рівні. Головащенко Олег Анатолійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 273 – Залізничний транспорт галузі знань 27 – Транспорт.

Офіційний опонент:

професор кафедри вагонів та вагонного
господарства Українського державного
університету науки і технологій,
доктор технічних наук, професор



Мурадян Л. А.

