

Рішення
разової спеціалізованої вченої ради ДФ 273.54.26
про присудження ступеня доктора філософії

Здобувач ступеня доктора філософії Ярослав Шостак
(власне ім'я, прізвище здобувача)
1987 року народження, громадянин України,
(назва держави, громадянином якої є здобувач)
 освіта вища:
 закінчив у 2010 році Державний економіко-технологічний університет транспорту,
(найменування закладу вищої освіти)
 за спеціальністю «Рухомий склад залізниць та спеціальна техніка залізничного транспорту»,
отримав диплом магістра,
(за дипломом)
 у поточному році закінчує навчання в аспірантурі Національного транспортного університету,
(найменування закладу вищої освіти)
 виконав акредитовану освітньо-наукову програму «Залізничний транспорт».

Разова спеціалізована вчена рада, утворена наказом ректора Національного транспортного університету, Міністерства освіти і науки України, м. Київ
(повне найменування закладу вищої освіти (наукової установи), підпорядкування (у родовому відмінку), місто)

від « 05 » травня 2026 року № 40/34 у складі:

Голови разової спеціалізованої вченої ради – Олексія ФОМІНА, д-ра техн. наук, професора,
(власне ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання,
професора кафедри вагонів та вагонного господарства
Навчально-наукового Київського інституту
залізничного транспорту Національного
транспортного університету
посада, місце роботи)

Рецензента – Івана КУЛЬБОВСЬКОГО, канд. техн. наук, доцента,
(власне ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання,
професора кафедри автоматизації та комп'ютерно
інтегрованих технологій транспорту Навчально-наукового
Київського інституту залізничного транспорту
Національного транспортного університету
посада, місце роботи)

Офіційних опонентів – Леонтія МУРАДЯНА, д-ра техн. наук, професора,
(власне ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання,
професора кафедри управління та експлуатації рухомого складу
Українського державного університету науки і технологій
посада, місце роботи)

Василя РАВЛЮКА, д-ра техн. наук, професора,
(власне ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання,
завідувача кафедри інженерії вагонів та якості продукції
Українського державного університету залізничного транспорту
посада, місце роботи)

Тетяни МОКРІЙ, канд. техн. наук, ст. наук. співроб.,
(власне ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання,
в.о. завідувача відділу статистичної динаміки і динаміки
багатовимірних механічних систем Інститут технічної механіки
НАН України і Державного космічного агентства України
посада, місце роботи)

на засіданні «29» червня 2026 року прийняла рішення про присудження ступеня
доктора філософії з галузі знань 27 Транспорт,
(галузь знань)

Ярославу ШОСТАКУ

(власне ім'я, прізвище здобувача у давальному відмінку)

на підставі публічного захисту дисертації на тему

«Удосконалення методів мінімізації структурної вібрації вагонів електропоїздів
за рахунок підвищення точності балансування роторів електричних машин»

(назва дисертації)

за спеціальністю 273 Залізничний транспорт.

(код і найменування спеціальності (спеціальностей) відповідно до Переліку галузей знань
і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти)

Дисертацію виконано у Національному транспортному університеті
(до реорганізації – Державному університеті інфраструктури і технологій)

(найменування закладу вищої освіти (наукової установи),

Міністерства освіти і науки України, м. Києва

підпорядкування, місто)

Науковий керівник Віктор ТКАЧЕНКО, доктор технічних наук, професор,

(власне ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання,

завідувач кафедри Електромеханіка та рухомий склад залізниць

Навчально-наукового Київського інституту залізничного транспорту

Національного транспортного університету

посада, місце роботи)

Дисертацію подано у вигляді спеціально підготовленого рукопису, в якому
отримані нові науково обґрунтовані результати, спрямовані на вирішення важливого
науково-практичного завдання – мінімізації структурної вібрації вагонів електропоїздів
за основи технологічних методів підвищення точності балансування роторів
електричних машин.

Дисертацію виконано державною мовою.

Дисертація в обсязі 4,4 авторських аркушів основного тексту є завершеним
науковим дослідженням, виконаним у відповідності до «Вимог до оформлення
дисертації» (Наказ Міністерства освіти і науки України від 12 січня 2017 року № 40) та
відповідає специфіці галузі знань 27 Транспорт.

Здобувач має 4 наукових публікацій за темою дисертації, з них:

1. Shostak Y., Holovashchenko O., Reshetnikov Y., Tkachenko V. (2024). Improvement
of the technological process balancing electric machine rotors on a balancing machine
(Удосконалення технологічного процесу балансування роторів електричних машин на
балансувальному верстаті). *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*,
4(7(130)), 60–69. ISSN 1729-4061 DOI: 10.15587/1729-4061.2024.309867 (стаття у
виданні кварталю Q3 проіндексована в базі даних Scopus).

Особистий внесок здобувача полягає у наступному. Проаналізовано механічні
дефекти опорних поверхонь, пов'язаних із особливостями технології ремонту роторів,
та їх вплив на виміряні показники дисбалансу. Проведено теоретичні і
експериментальні дослідження впливу пошкоджень опорних поверхонь ротора на
параметри балансування. Формалізовано висновок про те, що властивості опорних
поверхонь ротора при його балансуванні на балансувальному станку суттєво
впливають на результати визначення дисбалансу. Запропоновано спосіб підвищення
точності визначення мас балансувальних тягарців при балансуванні ротора за рахунок
включення у ланцюг перетворення сигналів датчиків прискорень частотного фільтру
для відокремлення сигналів з частотою більшою, ніж обертова частота ротора.

2. Holovashchenko O., Shostak Y., Tkachenko V. (2025). Determining the amplitude-frequency characteristics of an electric train car floor (Визначення амплітудно-частотних характеристик підлоги вагона електропоїзда). *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(7(133)). 64–75. ISSN 1729-4061 DOI: 10.15587/1729-4061.2025.321962 (стаття у виданні кuartилью Q3 проіндексована в базі даних Scopus).

Особистий внесок здобувача полягає у наступному. Проаналізовано роль дисбалансу роторів тягових і допоміжних підвісних електричних машин електропоїздів, як джерела вібрацій, що передаються від основи кузова вагона до пасажирів. Запропоновано використання характеристик вібрацій, пов'язаних із дисбалансом роторів електричних машин в якості вхідних параметрів для дослідження віброізоляційних властивостей підлоги вагона електропоїзда.

3. Dubravin, Yu., Shostak, Ya., Bakhony, V., Tkachenko, V. (2024). Justification of choice of methods for diagnostics of insulation condition of electrical machines of electric railway stock (Обґрунтування вибору методів діагностики стану ізоляції електричних машин електрорухомого складу залізниць). *Transport systems and technologies*, 43, 76–89. DOI: 10.32703/2617-9059-2024-43-6.

Особистий внесок здобувача полягає у наступному. Розглянуто технологічний процес заміни ізоляції обмоток тягових двигунів електропоїздів в процесі їх капітального ремонту. Проаналізовано процес вакуумно-нагнітальної герметизації ізоляції обмоток якоря, зокрема з точки зору розподілу ізоляційного матеріалу по об'єму обмоток.

4. Shostak, Ya., Reshetnikov, Yu. (2025). Improvement of the impregnation technology of traction motor windings in order to improve the parameters of rotor imbalance (Удосконалення технології просочення обмоток тягових двигунів з метою поліпшення параметрів балансування ротора). *Transport systems and technologies*, 46, 179–189. DOI: 10.32703/2617-9040-2025-46-13.

Особистий внесок здобувача: з'ясовано причини механічного дисбалансу роторів електричних машин. Експериментально досліджено ступінь впливу на дисбаланс роторів нерівномірності розподілу ізоляційного компаунду просочення по об'єму електричних обмоток. Висунуто і підтверджено гіпотезу про можливість часткової компенсації статичного дисбалансу роторів шляхом управління розподілом компаунда при нанесенні електричної ізоляції (просочуванні) обмоток. Запропоновано технологічний метод управління розподілом компаунду при просочуванні.

У дискусії взяли участь (голова, рецензент, офіційні опоненти, інші присутні) та висловили зауваження:

Голова разової спеціалізованої вченої ради – Олексій ФОМІН

Зауваження:

Без зауважень

Рецензент – Іван КУЛЬБОВСЬКИЙ

Зауваження:

1. У роботі доцільно було б ширше подати порівняльний аналіз сучасних зарубіжних технологій балансування роторів електричних машин, зокрема тих, що застосовуються на ремонтних підприємствах залізничного транспорту.

2. У четвертому розділі значну увагу приділено впливу розподілу ізоляційного компаунду на дисбаланс ротора, однак доцільним було б більш детально розглянути фізико-хімічні характеристики компаунду, зокрема в'язкість, густину, температуру полімеризації та час гелеутворення.

3. Експериментальна частина роботи могла б бути підсилена розширеним статистичним аналізом повторюваності результатів вимірювань і визначенням довірчих інтервалів для отриманих показників.

4. У роботі доцільно було б більш детально представити економічну оцінку впровадження запропонованих технологічних рішень на ремонтних підприємствах.

5. Під час викладення результатів математичного моделювання бажано було б додатково візуалізувати окремі залежності у вигляді графіків або узагальнюючих діаграм, що спростило б сприйняття результатів.

6. У розділі 4 доцільно було б більш чітко розмежувати результати, отримані безпосередньо експериментальним шляхом, і результати, сформульовані на основі теоретичного узагальнення та інтерпретації експериментальних даних. Це дозволило б підвищити прозорість викладення матеріалу та полегшити оцінювання ступеня достовірності окремих наукових положень.

7. У тексті дисертації трапляються окремі редакційні та стилістичні неточності, зокрема повтори, технічні описки й поодинокі порушення пунктуації.

8. У змісті роботи порушена нумерація окремих підрозділів четвертого розділу: після підрозділу 4.2 наведено підрозділ 4.4, що потребує редакційного виправлення.

Офіційний опонент – Леонтій МУРАДЯН

Зауваження:

1. Автором використано математичні моделі, засновані на класичних рівняннях механіки. Разом з тим доцільно було б навести оцінку чутливості отриманих результатів до зміни вхідних параметрів моделей.

2. У дисертації запропоновано метод компенсації дисбалансу шляхом керування розподілом компаунду під час просочення обмоток. Однак потребує додаткового обґрунтування стабільність отриманого ефекту після тривалої експлуатації електричної машини.

3. У роботі не достатньо обґрунтовано, наскільки запропонований метод керування розподілом компаунду може бути масштабований для роторів інших типів електричних машин, що відрізняються геометричними параметрами, масою та конструкцією обмоток.

4. Потребує додаткового пояснення питання стабільності досягнутого ефекту компенсації дисбалансу в процесі подальшої експлуатації електродвигуна після ремонту.

5. У дисертації доцільно було б подати більш розгорнуте порівняння запропонованого підходу з традиційними методами зменшення залишкового дисбалансу після просочування обмоток.

6. Потребує більш детального висвітлення вплив температурного режиму сушіння на кінцевий розподіл компаунду по об'єму ротора.

7. Доцільним було б доповнити роботу оцінкою чутливості результатів балансування до похибок вимірювальної системи балансувального верстата.

8. У дисертаційній роботі доцільно було б детальніше розглянути питання впливу стану підшипникових вузлів електричних машин на передачу вібрацій від ротора до елементів підвищення та основи кузова вагона, оскільки саме підшипникові вузли є проміжною ланкою між джерелом дисбалансу та конструкцією рухомого складу.

9. У роботі не чітко окреслено умови, за яких запропоновані технологічні рішення можуть бути інтегровані у чинні регламенти капітального ремонту тягових електродвигунів без суттєвої зміни виробничого циклу ремонтного підприємства.

10. У роботі доцільно було б розширити аналіз впливу залишкового дисбалансу роторів не лише на вібраційний стан основи вагона, а й на довговічність суміжних елементів електричної машини, зокрема підшипників, посадкових поверхонь, ізоляції обмоток та вузлів кріплення.

11. Практичний інтерес становить оцінка ефективності запропонованих рішень не лише за показниками дисбалансу, а й за фактичним зниженням рівнів вібрації та шуму у пасажирському салоні електропоїзда.

12. У роботі не завжди послідовно використовується технічна термінологія. Зокрема, паралельно вживаються терміни «балансувальний верстат» та «балансувальний станок», які доцільно уніфікувати відповідно до чинної української науково-технічної термінології.

Офіційний опонент – Василь РАВЛЮК

Зауваження:

1. У роботі доцільно було б більш детально визначити межі застосування запропонованого методу керування розподілом ізоляційного компаунду для роторів різної маси, довжини, діаметра та конструктивного виконання.

2. Експериментальна перевірка впливу параметрів просочування на показники дисбалансу виконана на обмеженій кількості дослідних зразків. Розширення експериментальної бази дозволило б підвищити статистичну надійність отриманих результатів.

3. У списку ключових слів доцільно було б точніше узгодити термінологію з фактичним змістом дисертації, зосередивши її на поняттях «електропоїзд», «структурна вібрація», «балансування роторів», «тяговий електродвигун», «просочування обмоток», «дисбаланс».

4. У роботі доцільно було б ширше подати порівняння запропонованого технологічного підходу з альтернативними сучасними методами підвищення точності балансування, що використовуються у світовій практиці.

5. Бажаним є більш детальне обґрунтування економічного ефекту від впровадження запропонованих технічних рішень на ремонтних підприємствах.

6. Доцільно було б чіткіше відокремити результати, отримані шляхом математичного моделювання, від результатів, встановлених експериментально, що підвищило б прозорість викладення матеріалу.

7. Автором розглянуто датчики, які використовуються під час балансування роторів, проте доцільно було б навести інформацію щодо термінів їх перевірки та методики її виконання.

Офіційний опонент – Тетяна МОКРІЙ

Зауваження:

1. У дисертаційній роботі доцільно було б ширше розкрити межі застосування запропонованого методу часткової компенсації дисбалансу шляхом керування розподілом ізоляційного компаунду, зокрема для роторів різних типорозмірів, маси та конструктивного виконання.

2. Для аналізу впливу технології просочування на параметри балансування бажано було б обґрунтувати вибір тільки двох дослідних зразків роторів, оскільки збільшення кількості експериментальних об'єктів дало б можливість повніше оцінити статистичну стійкість отриманих результатів.

3. Доцільним було б більш детально висвітлити вплив температурного режиму сушіння після просочування на кінцевий розподіл компаунду, оскільки саме цей етап є визначальним для формування залишкового дисбалансу ротора.

4. У математичній моделі процесу балансування ротора на балансувальному верстаті варто було б докладніше описати прийняті припущення та обмеження щодо характеристик ротора та плаваючих роликових опор.

5. Оцінка впливу тягових електродвигунів, фазорозчеплювача та електромашинного перетворювача на вібрацію основи вагона є важливими складовими роботи, однак бажано було б більш детально розглянути можливість одночасної дії джерел вібрації та їхнього частотного накладання.

6. У розділі, присвяченому аналізу структурної вібрації основи вагона, доцільно було б розширити порівняння отриманих розрахункових значень із чинними нормативними вимогами щодо допустимих рівнів вібрації з погляду комфорту пасажирів.

7. У роботі наведено практичні рекомендації щодо підвищення точності балансування, однак бажано було б подати їх у вигляді окремого узагальненого технологічного алгоритму для його подальшого впровадження в умовах серійного ремонту електричних машин моторвагонного рухомого складу.

Висновок разової спеціалізованої вченої ради, щодо розгляду дисертаційної роботи:

1. Дисертація Шостака Ярослава Віталійовича відповідає освітньо-науковій програмі «Залізничний транспорт», що реалізується в Національному транспортному університеті за спеціальністю 273 «Залізничний транспорт».

2. Метою дослідження є удосконалення методів зменшення рівнів вібрації основи вагонів електропоїздів за рахунок підвищення точності балансування роторів тягових і допоміжних електричних машин.

Об'єктом дослідження є процес динамічного балансування ротора тягового двигуна електропоїзда, як частина технологічного процесу його виробництва і ремонту.

Предметом дослідження є методи зменшення механічного дисбалансу роторів електричних машин технологічним шляхом.

3. Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

- вперше, запропоновано технологічний метод часткової компенсації дисбалансу ротора шляхом управління розподілом ізолюючого компаунда по об'єму електричних обмоток в процесі їх просочування;
- вперше, запропоновано технологічний метод підвищення точності балансування роторів, заснований на фільтрації хибних сигналів від внутрішніх завад балансувального верстата, пов'язаних з пошкодженнями опірних поверхонь ротора;
- вперше, отримано залежності точності балансування на балансувальному верстаті від параметрів пошкодження поверхонь ротора, що спираються на роликові опори;
- формалізовано нове для теорії балансування поняття – «heavy spot» – як точка на роторі, де зосереджена надлишкова маса, що викликає дисбаланс;
- метод балансування на балансувальному верстаті – на основі введення пробного тестування ротора на дисбаланс перед операцією просочування електричних обмоток для визначення положення «heavy spot».

4. Практичне значення мають наступні отримані результати дослідження:

- рекомендації щодо удосконалення технологічного процесу просочування роторів, що засновані на методі управління розподілом ізолюючого компаунду по об'єму обмоток ротора;
- характеристики електричних машин мотор-вагонного рухомого складу, як джерел структурних вібрацій кузова вагона;
- пропозиції щодо підвищення точності балансування на балансувальному верстаті на основі включення до ланцюга перетворення сигналів датчиків вібро-прискорень частотного фільтра, що відфільтровує сигнали з частотою, більшою за обертову частоту ротора.

Практичні рекомендації, отримані в ході дослідження, використано ПрАТ «Київський електровагоноремонтний завод» при розробці проєктів модернізації електропоїздів серії ЕПЛ (ЕПЛ2Т, ЕПЛ9Т). Результати також можуть бути застосовані при модернізації вагонів приміських електропоїздів інших серій, зокрема EP2, EP2P, EP2T, ЕД2Т, ЕД4, ЕД9.

5. Результати роботи впроваджено у навчальний процес Навчально-наукового інституту залізничного транспорту Національного транспортного університету, зокрема в навчальних курсах освітньо-професійних програм «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», «Теорія та конструкція електричного рухомого складу», «Тягові електричні машини» – 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». Матеріали дисертації увійшли у структуру теоретико-наукового базису для підготовки кваліфікаційних робіт бакалавра та магістра зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» (G3 Електрична інженерія) ОПП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

6. Разова спеціалізована вчена рада відзначає високий науковий рівень дисертації, кваліфікує її як роботу, в якій отримані нові науково-обґрунтовані результати, спрямовані на вирішення актуального наукового завдання мінімізації структурної вібрації вагонів електропоїздів за основі технологічних методів підвищення точності балансування роторів електричних машин, зокрема:

- встановлено, що визначальним фактором формування структурних вібрацій є неврівноваженість роторів електричних машин. При цьому встановлено, що навіть при незначному зміщенні центра мас ротора на величину порядку 0,05 - 0,15 мм виникають відцентрові сили, які при частотах обертання до 3000 об/хв можуть досягати десятків і сотень ньютонів. Це свідчить про високу чутливість системи «ротор – підвішування – кузов вагона» до навіть незначних порушень балансування;

- встановлено, що тягові двигуни та двигуни допоміжного обладнання відносяться до класу точності балансування G 6,3, що відповідає питомому залишковому дисбалансу порядку 6,3 мм/с, при цьому залишковий дисбаланс для роторів масою 150 - 300 кг може становити 200 - 800 г·мм. В межах допустимого дисбалансу динамічні сили досягають: для тягових електродвигунів – до 420 Н при частотах 0–34 Гц; для фазорозчеплювача – до 90 Н при частоті 24 Гц; для електромашинного перетворювача – до 115 Н при частоті 16,7 Гц. При цьому сумарний вплив декількох джерел може призводити до накладання гармонік і формування вібрацій із амплітудою, що перевищує 500 - 600 Н у пікових режимах. Доведено, що навіть допустимий за стандартом дисбаланс може призводити до суттєвих вібрацій кузова;

- аналіз технологічних факторів впливу на дисбаланс роторів дозволив виділити два ключових напрямки підвищення точності балансування: 1) зменшення впливу внутрішніх завод: встановлено, що паразитні вібрації, спричинені дефектами опорних поверхонь, можуть формувати додаткові сигнали з частотами, що перевищують обертову на 20 - 50 %, що призводить до похибок вимірювання; 2) управління розподілом компаунду: встановлено, що зміна розподілу компаунду може змінювати величину дисбалансу на 50 - 80 %, що є співрозмірними з ефектом від встановлення балансувальних тягарців;

- дослідження стану опорних шийок роторів показали наступне: механічні пошкодження (задири, овальність) мають місце у 80 - 5 % випадків після демонтажу підшипників; характерні розміри дефектів становлять 0,01 - 0,05 мм; дефекти призводять до додаткових коливань опор з амплітудою до 10 - 20 мкм. Математичне моделювання показало, що похибка визначення дисбалансу може досягати до 8 % по масі та до 10 - 15 % по віброшвидкості. Доведено, що наявність пошкоджень опорних поверхонь змінює динамічні характеристики системи, зокрема: зміщення власної частоти системи на 5 - 12 %; поява додаткових гармонік у діапазоні 1,2 - 1,5 від обертової частоти; збільшення амплітуди вібрацій на 10 - 25 %;

- експериментальна перевірка результатів теоретичних досліджень підтвердила результати моделювання: відхилення мас балансувальних тягарців – до 27 %; відхилення фазових кутів – до 87 %; зміна віброшвидкості – до 30 - 40 %. Це свідчить про суттєвий вплив технологічних факторів на результати балансування;

- дослідження впливу розподілу компаунду по об'єму ротора показали, що зміна положення ротора при сушінні може змінювати дисбаланс на: +52...+86 % (при «heavy spot» вниз); -69...-83 % (при «heavy spot» вверх); зменшення маси балансувальних тягарців може становити 30 - 70 %; зниження віброшвидкості – до 40 - 60 %;

- на основі аналізу фізичних властивостей компаунду встановлено, що його в'язкість зменшується в 3 - 5 разів при підвищенні температури від 20 до 150 °C; швидкість перерозподілу маси зростає пропорційно зменшенню в'язкості, при цьому основний перерозподіл відбувається протягом перших 10 - 20 хвилин сушіння. Підтверджено, що управління розподілом компаунду може бути реалізоване шляхом орієнтації ротора «heavy spot» вверх;

- підтверджено висунуту гіпотезу про можливість часткової компенсації дисбалансу ротора шляхом управління розподілом компаунду по об'єму обмоток на фінальному етапі технологічного процесу – етапі просочення ротора.

7. Дисертація Шостака Ярослава Віталійовича на тему «Удосконалення методів мінімізації структурної вібрації вагонів електропоїздів за рахунок підвищення точності балансування роторів електричних машин» є завершеним науковим дослідженням, і разом з публікаціями здобувача відповідає п.п. 6 - 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, зі змінами).

Результати відкритого голосування: «За» – 5 членів ради,
«Проти» – 0 членів ради.

На підставі результатів відкритого голосування разова спеціалізована вчена рада присуджує Ярославу ШОСТАКУ

(власне ім'я, прізвище, здобувача у давальному відмінку)

ступінь доктора філософії з галузі знань 27 Транспорт

(галузь знань)

за спеціальністю 273 Залізничний транспорт

(код і найменування спеціальності (спеціальностей) відповідно до Переліку галузей знань і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти)

Відеозапис трансляції захисту дисертації додається.

Голова разової
спеціалізованої вченої
ради ДФ 273.54.26



(підпис)

Олексій ФОМІН