

## **ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА**

на дисертаційну роботу «Розвиток методології досліджень характеристик та ефективності гальмівних систем пасажирських та вантажних вагонів»  
Сафронова Олександра Михайловича на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.07 – Рухомий склад залізниць та тяга поїздів

### **1. Загальний аналіз дисертації**

Дисертаційна робота містить анотацію, вступ, шість розділів, висновки, список використаних джерел, два додатки. Структура роботи є традиційною для робіт з технічних спеціальностей, подання матеріалу послідовне та логічне. Повний обсяг дисертації становить 348 сторінок, у тому числі 302 сторінки основного тексту, 111 таблиць, 185 рисунків, список використаних джерел складає 204 найменування, 2 додатки на 16 сторінках.

Об'єм реферату складає 32 сторінки.

Дисертація виконана у Національному транспортному університеті та в ДП «Український науково-дослідний інститут вагонобудування».

Основні наукові положення дисертації висвітлені у 54 наукових працях, з них 20 - наукові праці в яких опубліковані основні наукові результати дисертації, та 34 - наукові праці які додатково відображають результати дисертації, результати роботи обговорювались та пройшли апробацію на 20 міжнародних конференціях.

Структура дисертації, порядок викладення і оформлення матеріалу дисертації та реферату відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 року №567 (зі змінами).

### **2. Актуальність теми**

Залізничний транспорт України забезпечує значний відсоток вантажообігу країни та являється ключовою ланкою в національній економіці, що забезпечує зв'язок між виробниками, споживачами, внутрішніми та міжнародними ринками. Важливою складовою ефективною, безперебійною та надійною роботи залізничного транспорту є технічний рівень рухомого складу, саме тому створення вагонів нового покоління, які мають покращені техніко-економічні та експлуатаційні характеристики має важливе значення. Створення таких конструкцій вимагає від виробників удосконалення методів теоретичних та експериментальних досліджень

властивостей гальмівної ефективності вантажних та пасажирських вагонів, оскільки гальмівна ефективність рухомого складу являється ключовою складовою безпеки руху на залізничному транспорті. В сучасних умовах обмежувати оцінку гальмівної ефективності виключно величиною гальмівного шляху є недостатнім та вимагає створення нових методологічних підходів до оцінки ефективності та дослідження гальмівних характеристик рухомого складу, тому подальший розвиток наукових основ щодо підвищення ефективності гальмівних систем рухомого складу залізниць та методології її дослідження є актуальною та важливою науково-прикладною проблемою, вирішенню якої присвячена дисертаційна робота О.М.Сафронова.

### **3. Зв'язок роботи з науковими програмами**

Напрямок дослідження дисертації Сафронова О. М. відповідає завданням:

- встановленим згідно з Законом України "Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні";
- Транспортною стратегією України на період до 2030 року, схваленою розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 р. № 430-р;
- Стратегією розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року схваленою розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 р. № 1555-р;
- планів науково-дослідних робіт державного підприємства «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»;
- госпдоговірних науково-дослідних робіт, виконавцем та керівником яких був Сафронов О.М.

### **4. Ступінь обґрунтованості наукових положень висновків та рекомендацій**

Дисертація Сафронова О.М. базується на сучасних досягненнях в галузі проведення досліджень гальмівної ефективності одиниць рухомого складу залізниць та складових гальмівних систем вагонів, сучасних методах математичного та комп'ютерного моделювання. Проведені автором теоретичні розрахункові дослідження підтверджуються результатами експериментальних досліджень. Результати досліджень опубліковані у вітчизняних фахових виданнях і в закордонних виданнях що внесені у відповідні науково-метричні бази. Належний ступінь теоретичної

обґрунтованості та достовірності наукових результатів досягається раціонально підібраними методологічними засадами і повнотою опрацьованої здобувачем інформаційної бази.

Основні положення роботи пройшли апробацію на наукових семінарах і конференціях, у тому числі міжнародного рівня.

Висновки дисертаційної роботи достатньо обґрунтовані, впливають із результатів проведених розрахункових та експериментальних досліджень.

## **5. Достовірність і новизна наукових положень**

Дисертантом отримано та подано на захист наступні наукові положення.

Вперше розроблено та запропоновано:

- метод статистичного оцінювання коефіцієнтів тертя гальмівної колодки за результатами випробувань на інерційних стендах, що дозволяє, на відміну від існуючих методів, проводити розширений аналіз фрикційних властивостей гальмівних колодок та враховувати імовірність потрапляння миттєвого значення коефіцієнта тертя в допустимі інтервали та імовірність пошкодження колісних пар через перевищення допустимих значень коефіцієнтів тертя;

- методологію теоретичних розрахункових досліджень гальмівної ефективності, яка на відміну від існуючих підходів, значно розширює кількість параметрів для обчислення гальмівного процесу, що дозволяє виконати поглиблений аналіз гальмівної ефективності існуючих та перспективних систем гальмування вагонів.

Удосконалені:

- математичні моделі гальмівного процесу вантажних вагонів з композиційними та з чавунними гальмівними колодками, шляхом врахування таких основних характеристик гальмівного процесу як функціональні залежності зміни відносної сили гальмівного натиснення, що дозволяє врахувати особливості зміни гальмівного коефіцієнту від часу гальмування;

- математичні моделі гальмівного процесу пасажирських вагонів з композиційними та з чавунними гальмівними колодками та дисковим гальмом шляхом врахування таких основних характеристик гальмівного процесу як функціональні залежності зміни відносної сили гальмівного натиснення, що дозволяє врахувати особливості зміни гальмівного коефіцієнту від часу гальмування.

Подальшого розвитку набули:

- метод експериментального дослідження гальмівних характеристик під час ходових гальмівних випробувань, шляхом вдосконалення технології проведення експериментальних досліджень та удосконалення апаратно - програмного вимірювального комплексу.

## **6. Практична цінність**

Практичне значення отриманих результатів полягає в наступному:

- можливість визначення дійсних значень гальмівних шляхів пасажирських або вантажних вагонів;
- можливість визначення фактичних значень гальмівних коефіцієнтів, коефіцієнтів зчеплення колеса з рейкою та питомих гальмівних сил;
- можливість визначення динаміки зміни швидкості, сповільнення, питомих гальмівних сил, коефіцієнтів тертя, гальмівного шляху, від часу гальмування;
- здійснення перерахунку дійсних гальмівних шляхів вагона на гальмівні шляхи поїзда як на площадці так і нормованих спусках у заданому діапазоні швидкостей на початку гальмування;
- здійснення оцінки виникнення юзової ситуації для різних швидкостей руху;
- здійснення перерахунку розрахункових гальмівних коефіцієнтів композиційних колодок на чавунні колодки та навпаки;
- визначення величин фактичних розрахункових гальмівних коефіцієнтів та питомих гальмівних сил за значеннями гальмівних шляхів;
- вдосконалений програмний комплекс дозволяє виконувати реєстрації різних за своєю природою параметрів гальмівного процесу;
- вдосконалено технологію проведення ходових гальмівних випробувань вантажних та пасажирських вагонів;
- скорочення часу та зменшення витрат на проведення експериментальних досліджень з визначення гальмівної ефективності.

**7. Повнота викладення положень і результатів дисертації в опублікованих роботах.** Основні результати та наукові положення дисертації у повному обсязі викладено в 54 публікаціях автора за темою дисертації. Матеріали дисертації пройшли широку апробацію, у тому числі на міжнародному рівні. Реферат адекватно відображає загальну характеристику, основний зміст та висновки, які містяться у дисертації.

## 8. Оцінка змісту дисертації

У наведеній *анотації* на українській та англійській мовах коректно надана загальна характеристика дисертаційної роботи.

У *вступі* наведено обґрунтування актуальності теми досліджень, зв'язок із науковими програмами планами та темами, формулюється мета і завдання досліджень, відображено предмет і об'єкт досліджень та визначені методи цих досліджень, визначено наукову новизну отриманих результатів та їх практичне значення, вказаний особистий внесок здобувача та наведена апробація результатів дисертації.

У *першому розділі* проведено аналіз сучасного стану з питання методології теоретичних та експериментальних досліджень гальмівних систем, проаналізовані роботи провідних вчених які досліджували гальмівні системи, що застосовуються в вантажних та пасажирських вагонах, визначені їх конструктивні особливості та недоліки. Проведений аналіз літературних джерел по темі дисертаційного дослідження, дозволив автору визначити недоліки існуючих підходів та позначити перспективи подальшого удосконалення методології досліджень характеристик та ефективності гальмівних систем рухомого складу в своїх подальших дослідженнях.

У *другому розділі* шляхом реалізації відповідних експериментів досліджується група факторів, які мають вирішальний вплив на гальмівну ефективність рухомого складу, а саме особливості реалізації дійсної сили натиснення колодок на колеса, виходу штока гальмівного циліндра, вплив ступеня зношеності гальмівних колодок, закономірності зміни коефіцієнта тертя та вплив температурних показників роботи на коефіцієнт тертя, особливості реалізації тиску в гальмівних циліндрах під час гальмування. Отримані результати піддавались статистичній обробці та показали певні особливості які в наступних розділах стали підґрунтям для подальшого математичного та комп'ютерного моделювання. За результатами проведених досліджень було отримано метод статистичного оцінювання коефіцієнтів тертя на основі математичної статистики, який дозволяє проводити розширений аналіз фрикційних властивостей гальмівних колодок.

У *третьому розділі* викладено результати досліджень щодо проведеного автором математичного та комп'ютерного моделювання процесів гальмування вантажних вагонів. Спираючись на класичне диференційне рівняння руху вагона під час гальмування, удосконалено математичні моделі гальмівного процесу вантажних вагонів з композиційними та з чавунними гальмівними колодками шляхом введення функції яка враховує особливості зміни гальмівного коефіцієнта від часу

гальмування та враховує особливості зміни сили натиснення колодок, для реалізації розв'язання яких було розроблено пакет прикладних програм для ЕОМ. За результатами проведених в розділі досліджень було вдосконалено математичні моделі гальмівного процесу вантажних вагонів, а запропонована комп'ютерна модель, значно розширює кількість параметрів для обчислення гальмівного процесу, що дозволяє виконати поглиблений аналіз гальмівної ефективності існуючих та перспективних систем гальмування вагонів.

У четвертому розділі викладено результати досліджень щодо проведеного автором математичного та комп'ютерного моделювання процесів гальмування пасажирських вагонів обладнаних як колодковими (композиційними або чавунними) так і дисковими гальмами. Подібно до третього розділу, автором застосовується диференціальне рівняння руху вагона під час гальмування. Для реалізації комп'ютерного моделювання автор, скористався мовою VBA (Visual Basic for application) в середовищі Excel. В розділі наведені алгоритми розрахункових досліджень пасажирських вагонів обладнаних композиційними гальмівними колодками, чавунними гальмівними колодками, змішаними гальмівними колодками (композиційними та чавунними), а також дисковими гальмами. В результаті досліджень проведених в цьому розділі було вдосконалено математичні моделі гальмівного процесу пасажирських вагонів. А запропонована в розділах 3 та 4 методологія теоретичних розрахункових досліджень гальмівної ефективності, на відміну від існуючих підходів, значно розширює кількість параметрів для обчислення гальмівного процесу, що дозволяє виконати поглиблений аналіз гальмівної ефективності існуючих та перспективних систем гальмування вагонів.

У п'ятому розділі автором опрацьовано та вдосконалено методологію експериментальних досліджень гальмівних систем рухомого складу, оскільки на сьогоднішній день найбільш повну та достовірну інформацію про технічні характеристики можна отримати тільки в процесі натурних випробувань. Тим більше, що обов'язковість таких досліджень регламентується діючими стандартами під час постановлення на виробництво нових моделей залізничної техніки, а проведення таких випробувань пов'язано зі значними матеріальними витратами. За результатами проведених в цьому розділі досліджень набув подальшого розвитку метод експериментального дослідження гальмівних характеристик під час ходових гальмівних випробувань, шляхом вдосконалення технології проведення експериментальних досліджень та удосконалення апаратно - програмного вимірювального комплексу, що дозволяє скоротити час та витрати на проведення експериментальних досліджень з визначення гальмівної ефективності.

У шостому розділі приведені приклади апробації запропонованої в дисертації методології теоретичних розрахункових досліджень гальмівної

ефективності на реальних дослідних об'єктах. В розділі розкриті практичні питання застосування наведених методів моделювання на прикладах реальних дослідних зразків, та наведено порівняння отриманих результатів з результатами, які отримані експериментальним шляхом та величини розбіжностей між ними. Приведені приклади застосування моделювання при аналізі відповідності гальмівної ефективності іноземним та міждержавним нормативним документам. Визначено економічну складову від впровадження результатів дослідження.

Додатки містять акти впровадження результатів досліджень, та перелік наукових публікацій автора за темою дисертаційного дослідження.

Дисертація оформлена грамотною технічною мовою, якісно виконані рисунки, які наглядно відображають проведені дослідження.

Зміст дисертації, висновки повністю відповідають меті та завданням дослідження. Висновки дослідження обґрунтовані та відповідають сучасним науковим поглядам на питання, які розглядаються автором. Зміст дисертації коректно та повністю відображений в авторефераті.

## **9. Зауваження за змістом роботи**

Вважаю необхідним привести деякі недоліки та дискусійні питання до дисертації.

1. В першому розділі разом з визначенням переваг та недоліків існуючих гальмівних систем пасажирських та вантажних вагонів було б доцільно вказати слабкі місця традиційних методів та підходів щодо оцінки гальмівної ефективності рухомого складу.

2. В другому розділі під час дослідження впливу коефіцієнту тертя гальмівної колодки (п.2.3) потребує уточнення інформація щодо кількості зразків які було використано для отримання статистично значущих результатів, що в подальшому може вплинути на достовірність висновків.

3. Дисертація виграла би якщо автор більш детально описав теоретичну частину алгоритму перерахунку під час масштабування методології розрахункових досліджень гальмівної ефективності вантажного вагона на гальмівну ефективність великих складів вантажних поїздів.

4. В третьому та четвертому розділах дисертаційної роботи автором використовується мова програмування VBA в середовищі Excel, та більш доцільно автору було б розглянути альтернативні інструменти моделювання, та обґрунтувати чому саме це програмне середовище було обрано для використання в роботі.

5. Оскільки робота має виражене спирання на експериментальні дослідження, які проведені в тому числі і за участю автора, було б доцільно зазначити більш деталізовану інформацію щодо умов проведення експериментів, на які спирається автор дисертаційного дослідження, таких як більш точні параметри випробувань, використана експериментальна база, контроль зовнішніх факторів (температура, вологість тощо).

6. За результатами проведених досліджень було б доцільно розробити та запропонувати виробникам конкретні практичні способи підвищення ефективності гальм за рахунок використання більш сучасних матеріалів, наприклад, за рахунок добавок або покриттів, тощо.

7. Дисертаційне дослідження значно виграло би, якщо під час здійснення оцінки економічно ефекту більше уваги було би приділено визначенню економічного ефекту не тільки від скорочення часу проведення проектних розрахунків вантажних вагонів та випробувань, а ще визначена така можливість для компонентів гальмівної системи що використовуються для таких вагонів, оскільки економічна ефективність має бути вищою якщо розглядати такі питання комплексно.

Відмічені зауваження та побажання не знижують наукову та практичну цінність дисертаційної роботи Сафронова О.М., яка виконана на достатньо високому науковому рівні.

## **10. Загальна оцінка дисертації**

Аналіз змісту дисертації та автореферату, а також публікацій здобувача за темою роботи дозволяють зробити наступні висновки по суті дисертаційної роботи:

Дисертаційна робота Сафронова О.М. на тему «Розвиток методології досліджень характеристик та ефективності гальмівних систем пасажирських та вантажних вагонів» є завершеною кваліфікаційною науковою працею у рамках поставлених завдань, в якій отримані нові наукові та практичні результати, має суттєве теоретичне та практичне значення.

Дисертація, незважаючи на вищезазначені зауваження, характеризується логічністю, послідовністю вирішення питань. Результати, що отримано Сафроновим О.М., характеризуються новизною, достовірністю та практичною значимістю. Зміст дисертації та автореферату відповідають вимогам паспорту спеціальності 05.22.07 Рухомий склад залізниць та тяга поїздів.

Враховуючи доведену актуальність теми роботи, достовірність наукової новизни, повноту викладеного в дисертації та опублікованого матеріалу, вважаю, що дисертаційна робота Сафронова О.М., що подана на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.07, є завершеною кваліфікаційною науковою працею та відповідає вимогам п.п. 6, 7, 8, 9 чинного Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 р. № 1197 (зі змінами), а її автор Сафронов Олександр Михайлович заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів.

#### Офіційний опонент

Директор «Дніпровського інституту  
інфраструктури і транспорту»  
«Українського державного університету  
науки і технологій»,  
доктор технічних наук, професор

