

ВІДГУК**офіційного опонента**

на дисертаційну роботу *Витвицького Василя Степановича*
на тему «Підвищення ефективності вентиляваних дисково-колодкових гальм автомобілів з урахуванням енергонавантаженості їхніх дисків»
подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.22.02 – автомобілі та трактори.

1. Актуальність теми дослідження. Ефективність роботи та безпека експлуатації транспортних засобів у значній мірі залежить від теплового стану фрикційних вузлів гальмівних пристроїв. При цьому металеві елементи пари тертя гальм виконують теплоакумуючу функцію і визначають характер та інтенсивність теплообмінних процесів, які за певних умов спричиняють появу термостабілізаційного стану. Рівень і тривалість цього стану впливають на параметричну нестабільність фрикційних вузлів. При значному нагріванні елементів пари тертя гальма відбувається деформація диска, збільшується знос та відбувається поступове руйнування його робочих елементів.

Надійна робота гальма, очевидно, можлива тільки в межах температур, що не перевищують допустиму для даної фрикційної пари. Отже, обмеження нагріву робочих деталей гальма і особливо поверхонь тертя диска і накладок гарантує безвідмовну роботу гальмівної системи автомобіля. Метод проектування, що включає оцінку температури в найбільш термонавантаженій частині гальма – на поясах тертя дисків, – дасть можливість підібрати такі матеріали та геометричні параметри елементів пари тертя, які дозволять забезпечити надійну і довготривалу роботу гальма.

Поставлені в роботі задачі є актуальними, оскільки використання шляхів їхнього вирішення зумовлює можливість уникнення термостабілізаційного теплового стану металевих елементів тертя гальм ще на стадії конструювання з урахуванням умови забезпечення необхідної величини гальмового моменту й ефективної енергоємності.

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і практичних рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх достовірність. Наукові положення та висновки, сформульовані в дисертаційній роботі, є повними і відображають отримані здобувачем нові результати. Їх достовірність та обґрунтованість підтверджується узгодженістю отриманих теоретичних та експериментальних результатів досліджень.

Рекомендації щодо використання результатів дисертації в достатній мірі обґрунтовані теоретичними дослідженнями, які були проведені на високому

Рекомендації щодо використання результатів дисертації в достатній мірі обґрунтовані теоретичними дослідженнями, які були проведені на високому науковому та методологічному рівнях, і повністю висвітлюють теоретичний та прикладний характер роботи. Їх достовірність підтверджена застосуванням сучасних наукових методів, а саме: теорії теплопровідності, механіки деформівного твердого тіла, математичної статистики та регресивного аналізу, натурних досліджень та системного аналізу. Використання цих методів дало можливість оцінити тепловий баланс та ефективність охолодження вентильованих гальмових дисків з елементами охолодження, визначити механічні і термічні напруження в гальмових дисках на основі чого розвинуто принципи проектування вентильованих гальмових дисків з охолоджувальними елементами на їхніх поясах тертя для зниження енергонавантаженості за рахунок інтенсифікації вимушеного повітряного охолодження;

Обґрунтованість наукових результатів забезпечується коректною постановкою завдань. Практична цінність отриманих результатів підтверджена актами впровадження.

3. Наукова новизна результатів роботи полягає в наступному:

– **вперше встановлено вплив зміни: коефіцієнта взаємного перекриття пар тертя гальма на його експлуатаційні параметри; теплового стану диска на ефективність охолодження його поверхонь; складових потужності тертя на знос фрикційних накладок колодок;**

– **установлено закономірності впливу рівня енергонавантаженості різних типів дисків на інтенсивність зародження і розвиток мікротріщин на їхніх поясах тертя;**

– **розвинуто принципи проектування вентильованих гальмових дисків з охолоджувальними елементами на поясах тертя для зниження енергонавантаженості за рахунок інтенсифікації вимушеного повітряного охолодження;**

– **уперше запропоновано систему термоелектричного охолодження з напівпровідниковими елементами в поясах тертя дисків.**

4. Практичне значення одержаних результатів дисертаційної роботи підтверджено актами про їх впровадження у ТзОВ «Надвірнянська автобаза» (м. Надвірна, Івано-Франківської обл.), ТзОВ «ПРОФІТ» (м. Краснодар), а також у навчальному процесі Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу.

Методи оцінки: теплового балансу, ефективності охолодження вентильованих дисків та ресурсу фрикційних накладок з урахуванням

регламентованої енергонавантаженості пар тертя гальма транспортного засобу дозволили:

– встановити закономірності виникнення і розвитку мікротріщин на поясах тертя вентилязованих гальмових дисків з елементами охолодження та розробити рекомендації для їх запобігання;

– правильно проводити підбір матеріалів елементів пар тертя дисково-колодкових гальм різних категорій транспортних засобів виходячи з їх регламентованої енергонавантаженості;

– розробити систему термоелектричного охолодження для зниження енергонавантаженості пар тертя, і тим самим підвищення ефективності гальма.

5. Оцінка змісту дисертації в цілому. Робота складається із анотації двома мовами, вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел, який налічує 156 найменувань та 14 додатків. Обсяг дисертації – 158 сторінок основного тексту, що включає 20 таблиць та 58 рисунків. Загальний обсяг роботи – 258 сторінок.

У *вступі* автором обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету, завдання, об'єкт та предмет дисертаційного дослідження, наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів.

У *першому* розділі проаналізовано: конструкції, режими роботи та методи розрахунків фрикційних вузлів дисково-колодкових гальм. Показано вплив енергонавантаженості пар тертя гальм транспортних засобів на їх експлуатаційні параметри та розглянуто засоби для її зниження за рахунок **конструктивної модернізації деталей фрикційних вузлів, і перерозподілу теплових потоків в гальмівному диску.**

Другий розділ присвячено теоретичним дослідженням енергонавантаженості пар тертя дисково-колодкових гальм транспортних засобів з вентилязованими дисками. **Проведено оцінку напружено-деформованого стану вентилязованих гальмових дисків при допустимих експлуатаційних параметрах та встановлено області максимальних напружень і деформацій на поясі тертя. Приділено увагу зниженню енергонавантаженості пар тертя за рахунок виконання канавок і отворів розташованих під кутом і віялом на поверхнях поясів тертя вентилязованих дисків.** Аналітично визначено втрати механічної енергії та **оцінено енергетичний баланс** потоків повітря, яке рухається по вентиляційних каналах диска.

Експериментальним дослідженням енергонавантаженості металополімерних пар тертя дисково-колодкового гальма вантажного транспортного засобу марки MAN моделі TGA 26.430 присвячено *третій*

розділ. Досліджено серійні та удосконалені вентилявані диски гальма, випробування яких проводили на модельному стенді та в експлуатаційних умовах. Наведено методика експериментальних досліджень та обґрунтовано засоби її реалізації. **Запропоновано метод оцінки теплового балансу суцільних з центральним отвором і вентиляваних гальмівних дисків.**

У *четвертому* розділі висвітлено методи та засоби підвищення ефективності суцільних та вентиляваних дисково-колодкових гальм транспортних засобів. Оцінено ефективність вимушеного повітряного охолодження пар тертя дисково-колодкового гальма з суцільним та вентиляваним дисками на основі їх багатошарової теплової моделі. **Оцінена інтенсивність теплопередачі через суцільний і вентиляваний гальмівний диск. Проілюстровано вплив розташування фрикційних накладок на поясах тертя суцільного диска на його енергонавантаженість. Наведено оцінку зносу накладок при взаємодії з різними типами гальмових дисків транспортних засобів з урахуванням складових потужності тертя гальма і показано вплив продуктів зносу на ефективність електротермомеханічного тертя.**

У загальних *висновках* автором наведені результати виконання дисертаційної роботи щодо підвищення ефективності пар тертя вентиляваних дисково-колодкових гальм автомобілів з урахуванням енергонавантаженості їхніх дисків. Загалом висновки і рекомендації відповідають сформульованим задачам досліджень та підкреслюють завершеність роботи. Мета дисертації досягнута, всі задачі роботи вирішені.

Автореферат точно і в повному обсязі віддзеркалює основні положення, результати, висновки і рекомендації дисертаційної роботи, ступінь новизни та практичне значення результатів досліджень, а також особистий внесок здобувача. Основні положення роботи широко апробовані на різних конференціях та семінарах.

6. Повнота відображення результатів. За матеріалами дисертації автором опубліковано: 14 наукових статей, з них 3 статті у наукових періодичних виданнях інших держав, 11 статей у наукових фахових виданнях України (6 – входять до наукометричних баз даних Index Copernicus); 13 – тез доповідей та 1 патент на винахід України. Апробацію результатів роботи здійснено на науково-практичних конференціях упродовж 2015-2018 років.

Отримані нові науково обґрунтовані теоретичні результати роботи щодо зниження енергонавантаженості пар тертя вентиляваних дисково-колодкових гальм автомобілів з охолоджувальними елементами на поясах тертя дисків, за рахунок інтенсифікації вимушеного повітряного охолодження, дозволяють

досягти підвищення їхньої ефективності.

Зміст автореферату повністю відповідає змісту дисертації. Матеріали дисертації в повному обсязі опубліковані у фахових виданнях України та інших держав.

7. Зауваження до роботи:

7.1. При аналізі вимушеного повітряного охолодження вентильованих дисків гальм транспортних засобів (підпитання 1.5.1, стор. 52) не приділено увагу ежекційному та вихровому ефекту. Конструкції гальмових дисків з вказаними ефектами мають більшу ефективність, ніж вентильовані диски гальма.

7.2. У питанні 2.1 «Енергонавантаженість гальмових дисків при імпульсній фрикційній взаємодії пар тертя гальма транспортного засобу» на стор. 67 наведено рис. 2.2 *а, б, в* – Типові опорні криві, побудовані у відносних і абсолютних координатах по висоті шорсткого шару за методом Аббота, дані з якого в подальшому не використовуються. З чим це зв'язано?

7.3. При розгляді питання 2.6 «Напружений стан біля вершин мікротріщин на поверхнях дисків» потребує детальнішого пояснення рис. 2.9 (стор. 98), який присвячено моделюванню мікротріщини.

7.4. У експериментальному розділі в табл. 3.2 (стор. 109) та на рис. 3.2 *а, б* (стор. 112) згадується конструкція вентильованого диска з стовпчиками, яка в подальшому в роботі не використовується.

7.5. При розгляді питання 4.3 «Вплив продуктів зношування на інтенсивність електротермомеханічного тертя та зношування робочих поверхонь пар тертя гальма» додатково необхідно було відмітити ще пару тертя «напівпровідник – напівпровідник». Зв'язано це з тим що, як у матеріалі пояса тертя гальмового диска так і у фрикційній накладці є напівпровідникові елементи.

7.6. В четвертому розділі на стор. 165 мова йде про деспергуючий шар покриття різними матеріалами поясів тертя гальмових дисків. Бажано було б щоб даний технологічний процес був розкритий детальніше, так як він є цікавим.

8. Висновок. Незважаючи на висловлені зауваження, можна констатувати, що розглянута дисертаційна робота є завершеною, актуальною за тематикою, виконаною на належному науковому рівні з використанням сучасного теоретичного та експериментального матеріалу науково-дослідною працею, в якій вирішено поставлене наукове завдання та у повній мірі відповідає паспорту спеціальності 05.22.02 – автомобілі та трактори.

Актуальність теми дисертаційної роботи «Підвищення ефективності вентиляованих дисково-колодкових гальм автомобілів з урахуванням енергонавантаженості їхніх дисків», ступінь обґрунтованості, достовірність і новизна наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у ній, особистий внесок здобувача та кількість публікацій за темою роботи, дають змогу стверджувати, що вона відповідає вимогам п. п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою КМУ № 576 від 24.07.2013.

З урахуванням викладеного вважаю, що автор дисертації – Витвицький Василь Степанович, – заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.02 – автомобілі та трактори.

Офіційний опонент:

доцент кафедри транспортних технологій
Національного університету
«Львівська політехніка»,
кандидат технічних наук, доцент

М. М. Осташок

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
"Львівська політехніка"
ВІДДІЛ
ЗАПОРЯДКОВАНО
"01.01.2010"
ПІДПИС ЗАСВІДОЧУЮ
НАЧАЛЬНИК ВІДДІЛУ КАДРІВ
" " 20 р.