

ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук, доцента Сараєва Олексія Вікторовича на дисертаційну роботу Витвицького Василя Степановича на тему «**Підвищення ефективності вентильованих 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 дисертаційної роботи та її зв'язок з науковими програмами, планами, темами

Покращення систем активної безпеки дорожніх транспортних засобів (ТЗ) – це постійно актуальне завдання, яке впливає на безпеку дорожнього руху в цілому. Саме цій проблемі, пов'язаній з удосконаленням дискового гальмівного механізму ТЗ, його надійності та довговічності присвячена дана робота.

В рамках проведених досліджень, це реалізується завдяки комплексному підходу до правильного вибору матеріалів фрикційного вузла та оптимальної геометрії його елементів, які забезпечували б раціональний розподіл теплових потоків у його деталях, конструктивних параметрів вузла, умов експлуатації з розглядом переважаючих режимів навантаження. Все це робить дану роботу сучасною та актуальною.

Робота виконана у рамках гранту за держбюджетною темою Д-4-15Ф з назвою проекту «Розробка наукових основ створення з'єднань з металополімерних композитних матеріалів та керування їх знософрикційними властивостями» (номер державної реєстрації №0115UФ02279). Дисертаційна робота відповідає концепції розвитку металополімерних матеріалів для пар тертя дисково-колодкових гальм транспортних засобів.

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

В роботі наведені теоретичні та експериментальні дослідження енергонавантаженості дискових гальмівних механізмів ТЗ з врахуванням інтенсивності їх повітряного охолодження та напружено-деформованого стану, які на пряму визначають ефективність та надійність фрикційних вузлів, забезпечуючи при цьому високу продуктивність машин та безпеку їхньої експлуатації.

Достовірність загальних висновків та рекомендацій базується на:

– критичному аналізі енергонавантаженості фрикційних вузлів серійних та вдосконалених дискових гальмівних механізмів ТЗ, а також методів розрахунку їхнього рівня теплонавантаженості та інтенсивності охолодження;

– використанні сучасних методів та засобів математичного та комп'ютерного моделювання процесів нагрівання та природного охолодження

фрикційних вузлів дискових гальмівних механізмів ТЗ;

– результатах: стендових та експлуатаційних випробувань гальмівних механізмів ТЗ марки MAN TGA 26.430;

– успішній апробації результатів роботи на конференціях, семінарах та симпозіумах різного рівня.

Наукові положення та висновки, що сформульовані у дисертаційній роботі, є повними і впливають з її змісту, достатньо обґрунтовані та відображають отримані здобувачем нові результати та розроблені методи оцінки теплового балансу, ефективності охолодження фрикційних вузлів серійних і вдосконалених дискових гальмівних механізмів ТЗ в реальних умовах експлуатації. Рекомендації щодо використання результатів дисертації у достатній мірі обґрунтовані теоретичними і експериментальними дослідженнями.

3. Наукова новизна результатів роботи полягає в наступному:

- уперше запропоновано багатоетапний підхід до методів оцінки: теплового балансу, ефективності охолодження вентилязованих дисків з отворами та канавками, розміщеними під кутом та віялом на їхніх поясах тертя, і ресурсу фрикційних накладок, виходячи з регламентованої енергонавантаженості пар тертя гальма. При цьому встановлено взаємозв'язок між конструктивними параметрами конфузорові вентиляційних каналів і канавок та товщиною напівдисків, а також вплив: наявності і розмірів отворів та канавок на напружено-деформований стан диска; 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;

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

– розвинуто принципи проектування вентилязованих 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 дисертації

Запропоновані автором методи оцінки теплового балансу, ефективності охолодження вентилязованих дисків з отворами та канавками, розміщеними під кутом та віялом на їхніх поясах тертя, і ресурсу фрикційних накладок з урахуванням регламентованої енергонавантаженості пар тертя гальма транспортного засобу дали змогу:

– встановити закономірності виникнення і розвитку осередків

мікротріщин на поясах тертя вентилязованих гальмових дисків з елементами охолодження для їх запобігання;

– покращити зносо-фрикційні властивості пар тертя гальма з удосконаленими вентилязованими гальмовими дисками в залежності від категорії транспортного засобу;

– правильно проводити підбір матеріалів пар тертя дисково-колодкових гальм, виходячи з регламентованої енергонавантажності, для різних категорій транспортних засобів.

Практичне значення результатів дослідження підтверджується актами про їх впровадження на станції діагностування дисково-колодкових гальм вантажних транспортних засобів в ТзОВ «Надвірнянська автобаза» Івано-Франківської обл., ТзОВ «ПРОФИТ» (м. Краснодар), а також у навчальному процесі кафедри технічної механіки Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу.

5. Повнота відображення результатів дисертації в опублікованих працях

Основні положення та результати роботи повністю викладені у 26 наукових працях, з яких: 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. Наукові та практичні результати доповідались на Міжнародних та Всеукраїнських науково-практичних конференціях протягом декількох років.

Зміст дисертації повністю відповідає змісту опублікованих праць. Матеріали, які наведені в авторефераті, є ідентичними з основними положеннями дисертаційної роботи.

6. Відповідність дисертаційної роботи встановленим вимогам та оцінка змісту дисертації в цілому

Дисертаційна робота є завершеним науковим дослідженням. Вона складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, що містить 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 обґрунтовано актуальність оцінки енергонавантажності вентилязованих дисків гальм транспортних засобів та її вплив на регламентовану ефективність. Наведено: мету роботи, задачі та методи дослідження, наукову новизну, практичне значення отриманих результатів і подано коротку характеристику роботи.

У першому розділі докладно проаналізовано: особливості конструкції, режими роботи та види розрахунків фрикційних вузлів; роль матових і полірованих поверхонь в процесах складного теплообміну вентилязованих

дисків. Показано вплив енергонавантаженості пар тертя транспортних засобів на їх експлуатаційні параметри. Намічено шляхи підвищення ефективності фрикційних вузлів за рахунок вдосконалення проектних розрахунків і конструктивної модернізації їх деталей, і перерозподілу теплових потоків в гальмівному диску.

У другому розділі наведено теоретичні дослідження енергонавантаженості пар тертя гальма з вентильованими дисками із елементами охолодження і проведено оцінку напружено-деформованого стану різних типів вентильованих гальмових дисків при допустимих експлуатаційних параметрах із залученням методу скінченних елементів. Установлено області максимальних деформацій і максимальних напружень на поясі тертя диска. Розглянуто зниження енергонавантаженості пар тертя за рахунок виконання канавок і отворів, розташованих під кутом і віялом на поверхнях поясів тертя вентильованих дисків. Оцінено енергетичний баланс потоків повітря скрізь зовнішні і внутрішні поверхні вентильованого диска.

У третьому розділі експериментально досліджено енергонавантаженисть металополімерних пар тертя вентильованих дисково-колодкових гальм. Дослідження проводилися в лабораторних і експлуатаційних умовах через порівняння порівняння ефективності охолодження серійного та удосконаленого дискового гальмівного механізму. Запропоновано метод оцінки теплового балансу суцільних з центральним отвором і вентильованих гальмівних дисків. Представлено план експериментальних досліджень та обґрунтовано засоби його реалізації. Досліджено механізм зародження й розвитку мікротріщин на поверхнях поясів тертя з канавками і отворами у вентильованих дисках із урахуванням залишкових напружень.

У четвертому розділі розглянуто методи та засоби оцінки теплового балансу вентильованих дисків з різними рівнями енергонавантаженості та елементами охолодження. Оцінена інтенсивність теплопередачі через суцільний і вентильований гальмівний диск. Проілюстровано вплив розташування фрикційних накладок на поясах тертя суцільного диска на його енергонавантаженисть. Наведена оцінка зносу накладок колодок різних типів гальмових дисків з урахуванням потужності тертя гальма і показано вплив продуктів зносу на ефективність роботи вузла тертя.

7. Дискусійні питання та зауваження щодо дисертаційної роботи

Що стосується термінології «дисково-колодкові гальма», яка застосована у назві дисертації та за текстом, то в анотації до даної роботи у ключових словах застосована інша термінологія «дисковий гальмівний механізм». Саме така класифікація гальмівних механізмів – дискові або барабанні прийнята у будові автомобіля. Тоді не потрібен буде повтор у назві дисертації слова диск. Отримаємо таку назву «Підвищення ефективності вентильованих дискових гальмівних механізмів автомобіля з урахуванням їх енергонавантаженості». Це як одна з можливих пропозицій до лаконічності назви дисертації.

Що стосується вступу до дисертації, то у першому абзаці сказано «При

терті генеруються електричні струми, внаслідок чого розвиваються високі поверхневі температури...». Мабуть, більш коректно сказати, що наслідком тертя у гальмівних механізмах є нерівномірні теплові втрати та поява різниці потенціалів, електричного струму на поверхні диску.

Далі у постановці другої задачі наведені методи її рішення – це занадто, а от у методах дослідження не сказано, які саме методи застосовані для виміру напружено-деформованого стану та температурного навантаження при проведенні експерименту.

При формулюванні об'єкту дослідження повинен вказуватися процес або явище. У даному випадку об'єктом дослідження повинен бути процес гальмування дорожніх транспортних засобів. Бо саме в межах цього процесу визначено предмет дослідження дисертації.

При визначенні новизни потрібно вказувати її ступінь – уперше, удосконалено, отримало подальший розвиток. З цього приводу не розуміло, яку ступінь новизни має третя з перерахованих у роботі позицій новизни - «установлено закономірності впливу рівня енергонавантаженості різних типів дисків на інтенсивність зародження і розвиток мікротріщин на їхніх поясах тертя». Крім того, бажано було б вказати, чим відрізняється отримана у роботі новизна від відомих раніше.

Є деякий дисбаланс між обсягом основного змісту дисертації та обсягом першого розділу у бік останнього. У першому розділі практично нема аналізу відомих розрахункових та математичних моделей за вибраною темою. Такий аналіз зроблений у другому розділі при цьому на деякі вирази відсутні посилання на літературу. Тому не просто розібратися де та межа між відомими дослідженнями і тим, що пропонує автор у дисертації.

Більшість формул не відокремлені від тексту пробілами. У формулі (2.49) відсутня розшифровка змінної ierfc , яка позначає помилку функції. У формулі (2.11) наведений коефіцієнт 10^{-3} , він там зайвий. У авторефераті не наведені розмірності змінних до формул (8-11), (20, 21). Також незрозуміло, якщо формули (1-6) у авторефераті є загальновідомими, то навіщо їх наводити у авторефераті. Формула (1) автореферату наведена аж у 4 розділі дисертації.

Незрозуміло, як вимірювалася величина h – деформації в напрямку, перпендикулярному поверхні навантаження диска у формулі (7) автореферату, тим більше, що у формулах (8, 9, 10) ця змінна h вже позначає зовсім іншу величину – висоту і ширину прямокутного перерізу елементарного об'єму диска.

Оформлення підписуваних написів не завжди однотипне. Наприклад, пояснення позицій до рисунку потрібно розміщувати над номером позначення рисунка, а не після нього. Графік 3.21 є безрозмірним, оскільки взятий із теорії. На рис. 4.1, мабуть, показана не теплова модель, а структурна схема багатосфери теплової моделі. Назва рис. 3.8 «Закономірність зниження атмосферного тиску між парами тертя гальма в залежності від швидкості руху транспортного засобу» звучить не зовсім коректно. Мабуть, мова іде про зниженні відносного тиску, який можна перевести у абсолютні величини тиску.

У таблиці 5 наведені розрахункові залежності для категорій ТЗ, але не

сказано до яких саме, і не сказано діапазон параметрів змінних щодо кожної категорії. Щодо оформлення таблиць, то слово таблиця пишеться в один рядок з назвою, яка не виділяється жирним шрифтом.

При проведенні експериментальних досліджень у третьому розділі дисертації не зрозуміло як вимірювався гальмівний момент або гальмівна сила на колесах. Хоча в роботі вказується, що «Основними вимірюваними та розрахунковими параметрами були: поверхневі й ОТР пар тертя та їхні градієнти; динамічний коефіцієнт тертя; швидкість ковзання; ПН, сумарні напруження, гальмовий момент та ваговий знос накладок.» Також незрозуміло, як автор визначає ліву та праву сторони гальмівного диску. Може потрібно казати про зовнішню та внутрішню сторони диску, тим більше, що вони мають фланець.

В розділі 4.4 «Оцінка ресурсу фрикційних накладок пар тертя дисково-колодкових гальм транспортних засобів» не враховано коефіцієнт взаємного перекриття пар тертя гальма, а як відомо, від його величини залежить ресурс фрикційних накладок.

В розділі 4.5 «Принципи конструювання вдосконалених гальмових дисків» наведено ряд регресійних залежностей для визначення їх конструктивних та вагових параметрів, але не конкретизовано для яких категорій транспортних засобів вони справедливі.

Назва роботи, її мета та завдання пов'язані з підвищенням ефективності вентилязованих дискових гальм і запобіганню утворення мікротріщин на поверхні тертя, тому не зрозуміло чому у роботі запропоновано систему термоелектричного охолодження з напівпровідниковими елементами для суцільних дисків. Також не зрозуміло як визначаються геометричні параметри цих циліндричних вставок, їх кількість та величина, на яку знижується електричний струм на поверхні диску, і як ці вставки впливають на механічні напруження на поверхні диска і осередки зародження мікротріщин. Цьому питанню був призначений розділ 4.6 дисертації.

Що стосується публікацій та списку використаних джерел, то їх кількість є достатньою, але оформлення деяких з них виконане за старими вимогами (потрібно за діючими вимогами згідно ДСТУ-8302-2015).

У дисертації аж 14 додатків – це занадто, тим паче, що деякі з них можливо було б поєднати, наприклад, додатки Б, В, Г, Д у яких наводяться приклади розрахунку елементів дискового гальма поєднати в один додаток. Додатки К та Л про тепловий розрахунок дискового гальмівного механізму також можна поєднати. Додаток М, Н та П, у яких наведено характеристики дисків є по суті однотипними.

8. Загальний висновок

Актуальність теми дисертаційної роботи, наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані в дисертації, дають змогу стверджувати, що вона відповідає вимогам п.п. 9, 11, 12, 13, 14 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою КМУ № 576 від 24.07.2013.

Дисертація є закінченою науково-дослідною роботою, має теоретичне та практичне значення, виконана на високому науковому рівні та у повній мірі відповідає паспорту спеціальності 05.22.02 – автомобілі та трактори, відповідає її формулі – «Галузь науки і техніки, яка займається дослідженням процесів і закономірностей взаємодії дорожніх транспортних засобів (ДТЗ) із опорою та навколишнім середовищем...» і відповідає певним напрямкам дослідження, які перерахованих у даному паспорті.

Наведені зауваження та дискусійні питання не зменшують важливості результатів, отриманих у дисертаційній роботі, а скеровані на їх подальший розвиток. Вважаю, що її автор – Витвицький Василь Степанович заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.02 – автомобілі та трактори.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, доцент,
декан автомобільного факультету
Харківського національного
автомобільно- дорожнього університету



Сараєв

О.В. Сараєв

Підпис	<i>Сараєва О. В.</i>
	завіряю
Зав. канцелярією	<i>О. В.</i>
" 15 " 03	2019 р.