

ВІДГУК

офіційного опонента д. т. н., проф. Бойка Андрія Олександровича
на дисертаційну роботу докторанта, к. т. н., доцента

Журавльова Дмитра Юрійовича

**«Синтез та аналіз процесів фрикційної взаємодії
стрічково-колодкових гальм»,**

представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за
спеціальністю 05.05.05 – Піднімально-транспортні машини

1. Актуальність теми дисертаційної роботи

Покращення систем активної безпеки піднімально-транспортного обладнання, дорожніх та транспортних машин – це найбільш актуальна проблема, яка впливає з їхньої експлуатації. Саме цій проблемі, пов'язаній з розробкою нового типу гальмівного шківів з кондуктивним охолодженням стрічково-колодкового гальма бурової лебідки, довговічність його металополімерних пар тертя присвячена дана робота.

В рамках проведених досліджень, це реалізується завдяки комплексному підходу до 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. В якості методів розрахунку і проектування фрикційних вузлів гальмових пристроїв застосовується робастному підході, який базується на структурній схемі оцінки якості фрикційних вузлів гальмових пристроїв, зокрема стрічково-колодкового гальма бурової лебідки. 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 №0115УФ02279). Тема дисертаційної роботи Журавльова Дмитра Юрійовича узгоджується зі стратегічними напрямками України, зокрема підвищенням якості і надійності виробів та технічних засобів у галузі машинобудування. Дисертаційна робота є актуальною відповідає концепції розвитку металополімерних матеріалів для пар тертя стрічково-колодкових гальм бурових лебідок.



2. Загальна характеристика дисертаційної роботи роботи .

Дисертація складається із вступу, восьми розділів, загальних висновків, списку використаних джерел, який містить 225 найменувань, 4 додатків. Основну частину дисертаційної роботи викладено на 399 сторінках комп'ютерного набору, дисертація містить 106 рисунків і 33 таблиці.

У **вступі** дисертантом обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету й основні завдання роботи, висвітлено наукову новизну і практичне значення отриманих результатів. Наведено відомості щодо апробації роботи, її структуру, обсягу та публікацій за результатами досліджень.

В **першому розділі** досліджено конструкції та роботу стрічково-колодкових гальм бурових лебідок. Представлено фрикційні вузли вищенаведеного гальма у вигляді трибологічної системи. Проілюстровано роль робастики в синтезі, аналізі та підході до проектування, розробки й експлуатації фрикційних вузлів гальмазкондуктивним охолодженням їх пар тертя. Досліджено енергетичний та тепловий баланс приповерхневих шарів накладки та металевого елемента, а також їх вплив у формуванні режиму роботи металополімерної пари тертя. Представлено критичний аналіз результатів досліджень вчених у цій галузі.

В **другому розділі** представлено концепцію робастичного підходу до розрахунку й проектування фрикційних вузлів стрічково-колодкових гальм. Сформульовано мету і завдання досліджень. Висвітлено гіпотезу, ідею роботи та її наукову проблему.

Третій розділ присвячено структурно-параметричному синтезу фрикційних вузлів стрічково-колодкових гальм бурової лебідки. Виконаний синтез в подальшому дозволив здійснити: попередній вибір матеріалів пари тертя, вибір конструкції фрикційного вузла; проведення циклів випробувань і остаточний вибір фрикційного вузла.

В **четвертому розділі** розглянуто збурюючі фактори, які розвиваються в металополімерних парах тертя стрічково-колодкових гальм бурових лебідок. Збурюючі чинники досліджувалися на моделі трибо системи ковзання з шістьма рівнями системного підходу, що включає в себе термодинамічну модель з рідинним та газовим середовищем, що утворюється за рахунок трибокренігів поверхневих шарів накладки в інтервалі поверхневих шарів 390 - 450°C.

В **п'ятому розділі** реалізовано керування режимами гальмування фрикційних вузлів стрічково-колодкового гальма в технологічних операціях спуско-підйомного комплексу бурової установки. Проілюстровано вплив основних експлуатаційних параметрів пар тертя на режими гальмування гальма.

Шостий розділ присвячено експериментальним дослідженням енергоємності металополімерних пар тертя як робастичної системи. Дослідження виконано в лабораторних і промислових умовах на нано-, мікро- та мілірівнях.

В **сьомому розділі** приділено увагу оптимізації конструктивних та експлуатаційних параметрів фрикційних вузлів гальмаз урахуванням термодинамічної границі поверхневого стану накладки, металоємності обода шківів та його термонапруженого та термостабілізаційного стану. Використовувався метод багатокритеріального геометричного програмування різних типів фрикційних вузлів гальма.

Методи та засоби зниження енергонавантаженості гальмових шківів стрічково-колодкових гальм бурових лебідок висвітлені

В **восьмому розділі** роботи. Запропоновано нові типи шківів з високоефективним кондуктивним охолодженням та зі зменшенням моменту інерції.

У **висновках** сформульовані основні результати дисертаційної роботи.

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

В роботі наведені теоретичні та експериментальні дослідження енергонавантаженості металополімерних пар тертя стрічково-колодкових гальм бурових лебідок з урахуванням інтенсивності теплопередачі їх кондуктивного охолодження та напружено-деформованого стану, які напряду визначають ефективність та надійність фрикційних вузлів, забезпечуючи при цьому високу продуктивність машин та безпеку їхньої експлуатації.

Достовірність загальних висновків та рекомендацій базується на:

- критичному аналізу енергонавантаженості фрикційних вузлів серійних та вдосконалених вузлів тертя стрічково-колодкових гальм бурових лебідок, а також методів розрахунку їхнього рівня теплонавантаженості та інтенсивності охолодження;
- використанні сучасних методів та засобів математичного та комп'ютерного моделювання процесів нагрівання та кондуктивного відводу теплоти від ободу гальмівного шківів стрічково-колодкового гальма бурової лебідки;
- результатах: стендових та промислових випробувань пар тертя гальма бурової лебідки У2-5-5;
- успішній апробації результатів роботи на конференціях, семінарах та симпозіумах різного рівня.

Наукові положення та висновки, які 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 стрічково-колодкових гальм бурових лебідок в реальних умовах експлуатації їхніх пар тертя. Рекомендації щодо використання результатів дисертації у достатній мірі обґрунтовані теоретичними і експериментальними дослідженнями.

4. Наукова новизна отриманих результатів

В представлений дисертаційній роботі теоретично обґрунтовано і практично підтверджено концепцію робастного підходу до трибосистеми, якою є фрикційний вузол при розрахунку та проектуванні його елементів. Уперше теоретично обґрунтована і практично підтверджена ефективність робастного підходу до синтезу і аналізу працездатності трибосистеми, якою є фрикційний вузол, при розрахунку та проектуванні його елементів. Зокрема вперше:

- запропоновано нові методи регулювання і керування енергонавантаженистю пар тертя стрічково-колодкових гальм при їхніх прогнозованих зовнішніх експлуатаційних параметрах, які перебувають у стійкому і стабільному стані;
- запропоновано новий енергетичний метод оцінки інтенсивності зносу робочих поверхонь фрикційних накладок з одночасним вибором їх раціональних конструктивних параметрів;
- запропоновано вдосконалення методів розрахунку параметричного синтезу пар тертя фрикційних вузлів з урахуванням енергетичних рівнів їхніх поверхневих і приповерхневих шарів;
- відкрито та досліджено нове явище масопереносу продуктів тертя (що є збурюючим фактором) у металополімерних парах тертя стрічково-колодкових гальм.

5. Практичне значення результатів дисертації

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості цілеспрямованого автоматичного керування енергонавантаженистю, завдяки новому типу гальмівного шківів стрічково-колодкового гальма бурової лебідки на основі:

- систематизованого визначення допустимих меж зміни динамічних і теплових параметрів та їхніх градієнтів з урахуванням причинно-наслідкового зв'язку;

- розроблення принципів вирівнювання питомих навантажень та поверхневих температур шляхом квазістабілізації їх величин за допомогою комбінованих гальмових стрічок та складених з дисків гальмових шківів;
- систематизованої послідовності закономірностей зміни основних експлуатаційних параметрів пар тертя гальма для ефективного їх проєктування;
- удосконалення і розроблення нових конструктивних типів важконавантажених фрикційних вузлів гальмових пристроїв для: підвищення ефективності шляхом регулювання питомих навантажень і збільшення коефіцієнта взаємного перекриття; прогнозування для запобігання утворення мікротріщин на робочій поверхні ободу шківа;
- отриманих результатів, які доповнили стандарт «Проектный и проверочный расчет ленточно-колодочных тормозов буровых лебедок (республіка Азербайджан, 2016 р.);
- практичних розробок за темою дисертації, які захищені патентами на винаходи України та Азербайджану.

6. Повнота відображення результатів дисертації в опублікованих працях

За темою дисертації опубліковано 113 наукових праць, з них, 6 монографій, 3 навчальні посібники, 22 матеріалів конференцій, 7 патентів на винаходи України та Азербайджану, 10 статей з індексом цитування Scopus; 43 статті у фахових виданнях України; 22 статті у наукових виданнях інших країн.

Наукові та практичні результати дисертаційної роботи пройшли апробацію на багаточисельних Міжнародних та Всеукраїнських науково-практичних конференціях.

Зміст дисертації в повній мірі відповідає змісту опублікованих праць.

7. Оцінка змісту дисертації, її завершеність в цілому, відповідність встановленим вимогам до оформлення дисертацій.

Дисертаційна робота написана загальноприйнятою науковою мовою із використанням сучасної правильної української наукової термінології. Робота виконана на належному науковому рівні, є завершеною науковою працею, має усі необхідні складові та відображає рішення актуальної науково-прикладної проблеми розкриття механізму подання трибосистеми гальма як робастної системи з її неординарними властивостями.

Оформлення дисертації в цілому відповідає вимогам документу «Вимоги до оформлення дисертації», затвердженого Наказом МОН України

від 12.01.2017 р. № 40, а також пунктам кваліфікаційних вимог «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 р. №1197.

8. Відповідність автореферату до змісту дисертації.

Автореферат містить всі необхідні складові структурної побудови і в ньому викладена основна суть виконаних наукових досліджень, а також наведені висновки та список основних публікацій. Змісти автореферату і дисертації ідентичні та адекватно відображають основні етапи виконаної роботи.

9. Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи та автореферату

1. В першому розділі необхідно було би більш детально зупинитися на розгляді використання дисково-колодкових гальм в підйомно-транспортних машинах.

2. В другому розділі присвяченому «Робастному підходу до трибосистеми стрічково-колодкового гальма» необхідно чіткіше пояснити чим відрізняється розроблена модель електротермомеханічного тертя та зносу від моделі Е. Д. Брауна.

3. У матеріалі роботи розглядається гальмування буровою лебідкою здійснюється тільки за рахунок механічного фрикційного гальма. У п. 7.5. до процесу гальмування додається гідравлічне гальмо. З чим це зв'язано?

4. В п. 3.1 на рис. 3.2 фігурує слово «стабільність», а в інших місцях робиться наголос на «стабілізацію», то котрий з термінів є правильний.

5. В п. 4.1 на рис. 4.1 наведені класи пар тертя, які потім по тексту розділу пояснюються. В даному випадку пояснення зайві.

6. В п. 5.1 приведено: «Установлено, що процес переміщення гакоблока при спуско-підйомних операціях колони бурильних труб носить циклічний характер...». Це очевидний факт, який не потребує встановлення.

7. У п. 5.1. при розгляді законів руху механізму підйому бурової установки говориться, що «Окрім того, великі прискорення розгону сприяють виникненню істотних за амплітудою і частотою коливань, джерелом яких є підйомний вал лебідки», «.... для усунення можливості їх перегріву необхідно обмежити величину прискорення».

Очевидно, що для формування необхідних параметрів руху такої складної та коштовної системи, як бурова установка, слід застосовувати більш модифіковані графіки руху. Наприклад, з обмеженням не тільки

прискорення, а й його похідної - ривка. Це дає змогу зменшити небажані динамічні прояви, зокрема коливальні. Але, чомусь розглядаються найбільш спрощені алгоритми керування рухом.

8. П. 5.2 «Регулювання експлуатаційних параметрів фрикційних вузлів гальма за рахунок імпульсних сил тертя в процесі гальма» займає об'єм рівний половині розділу. Дане питання необхідно було скоротити вдвічі.

9. До експериментального 6 –го розділу необхідно включити зміну імпульсного гальмівного моменту в парі тертя «обід шківа – накладка» на набігаючій та збігаючій гілках гальмівної стрічки.

10. Експлуатаційні параметри та технічні характеристики допоміжних експериментальних приладів, які приведено у експериментальному 6-му розділі, слід було б розмістити у додатках до роботи.

11. Рисунок 6.1 позначений як «Структурна модель розвиваючого реального складного багаторівневого трибологічного спряження гальма». Це не модель, це її узагальнений алгоритм.

12. В п. 7.1.2 «Етапи попереднього розрахунку гальмівних шківів» необхідно відмітити що даний метод може використовуватись і до гальмівних барабанів, які використовуються у машинобудуванні.

13. Восьмий розділ присвячений синтезу методів і засобів зниження енергонавантаженості фрикційних вузлів стрічково – колодкових гальм. Впродовж матеріалу розділу та висновках не вказано що відноситься до методів, а що до засобів.

14. У рамках досліджень дисертаційної роботи розв'язується безліч оптимізаційних задач. При цьому, у явному вигляді, повною мірою не наведено опис: задач оптимізації, критеріїв оптимізації, цільових функцій, прийнятих припущень тощо. Це слід було б представляти, безпосередньо перед розв'язанням кожної оптимізаційної задачі.

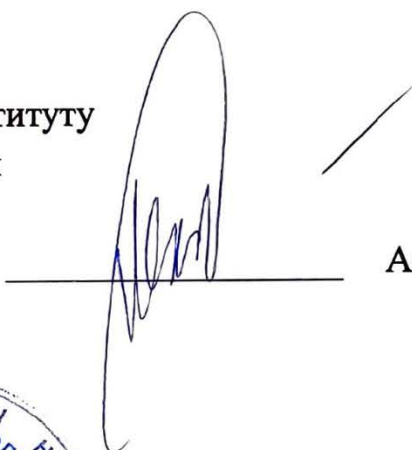
10. Висновок про відповідність дисертації встановленим вимогам МОН України

Дисертація є закінченою науково-дослідною роботою, має теоретичне та практичне значення. Мета роботи, поставлені та вирішенні в ній завдання досліджень, викладені основні наукові результати, значна кількість публікацій та апробацій дають можливість зробити висновок про те, що дисертаційна робота «Синтез та аналіз процесів фрикційної взаємодії стрічково-колодкових гальм» повністю відповідає паспорту спеціальності 05.05.05 – «Піднімально-транспортні машини» і відповідає певним напрямкам дослідження, які зазначені у даному паспорті. Наведені

зауваження та дискусійні питання не зменшують вагомість результатів дисертації та її практичну значимість.

Вважаю, що дисертаційна робота за актуальністю, науковою новизною, практичною цінністю отриманих в ній результатів досліджень та рівнем виконання в повній мірі відповідає кваліфікаційним вимогам пунктів 7,8,9 «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021р. № 1197, які ставляться до робіт на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук, а її автор Журавльов Дмитро Юрійович заслуговує присвоєння наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.05.05 – «Піднімально-транспортні машини».

Доктор технічних наук, професор,
директор навчально-наукового інституту
електротехніки та електромеханіки
Національного університету
«Одеська політехніка»



Андрій Бойко

Вчений секретар Вченої ради
Національного університету
«Одеська політехніка»



Лада Прокопович