

ВІДГУК

офіційного опонента на докторську дисертаційну роботу докторанта, к.т.н., доц. **Журавльова Дмитра Юрійовича** на тему: «**Синтез та аналіз процесів фрикційної взаємодії стрічково-колодкових гальм**», представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук зі спеціальності 05.05.05 – Піднімально-транспортні машини

1. Актуальність теми дисертаційної роботи та її зв'язок з науковими програмами, планами, темами

Сучасне вітчизняне та закордонне гальмобудування здійснюється в основних напрямках: удосконалення існуючих конструкцій, методів розрахунку та випробувань і розробка принципово нових конструкцій різних видів гальмівних пристроїв. Удосконалення та розробка нових конструкцій різних типів фрикційних вузлів тісно пов'язана з рішенням оптимізаційних задач стосовно конструктивних параметрів гальмових шківів та фрикційних накладок, виходячи з енергетичних рівнів їхніх поверхневих та приповерхневих шарів. При цьому необхідно врахувати термопружну нестійкість як результат взаємного впливу напруженого та термічного стану фрикційного контакту мікровиступів пар тертя гальм. Крім того, звернути увагу на нестійкість, яка обумовлена впливом поверхнево-об'ємної температури трибоспряження гальма на закономірності зміни динамічного коефіцієнту тертя, а також на нестійкість, яка пов'язана зі зміною режиму тертя в інтервалі вище допустимих температур для матеріалів фрикційної накладки.

Вважаю, що результати досліджень, які наводяться у роботі є актуальними та своєчасними.

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). Дисертаційна робота відповідає концепції розвитку металополімерних матеріалів для пар тертя стрічково-колодкових гальм бурових лебідок.

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

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

Достовірність загальних висновків та рекомендацій базується на:

- критичному аналізу енергонавантажності фрикційних вузлів серійних та удосконалених вузлів тертя стрічково-колодкових гальм бурових лебідок, а також методів розрахунку їхнього рівня теплонавантажності та інтенсивності охолодження;
- використанні сучасних методів та засобів математичного та комп'ютерного моделювання процесів нагрівання та кондуктивного відводу теплоти від ободу гальмового шківа 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.

3. Наукова новизна отриманих результатів роботи полягає в наступному

Теоретично обґрунтовано і практично підтверджено концепцію структурно-параметричного синтезу і робастного (регулювання і керування) підходу до трибосистеми, якою є фрикційний вузол при розрахунку та проєктуванні його елементів. При цьому вперше:

- удосконалено методи розрахунку структурно-параметричного синтезу пар тертя фрикційних вузлів з урахуванням енергетичних рівнів їх поверхневих і приповерхневих шарів;

- оцінено регулювання і керування енергонавантаженістю пар тертя фрикційних вузлів стрічково-колодкових гальм при їх прогнозованих зовнішніх експлуатаційних параметрах, які перебувають в стійкому та стабільному стані;

- відкрито нове явище масопереносу продуктів тертя (що є збурюючим фактором) в металополімерних парах тертя стрічково-колодкових гальм, яке полягає в тому, що утворюючі під дією виникаючого при терті електротермічного вибуху продукти, потрапляючи в зазори між мікроступи пар тертя, сприяють генеруванню об'ємного електричного заряду і виникненню електротерморозряду, що призводить до пробоя шару продуктів, які залишились після масопереносу на робочу поверхню металевого фрикційного елемента пари тертя;

- розроблено енергетичний метод з урахуванням механічної, електричної, теплової та хімічної складової потужності тертя оцінки зносу робочих

поверхонь накладок з одночасним вибором їх раціональних конструктивних параметрів;

- представлено новий тип гальмового шківа з високоефективним кондуктивним охолодженням та зі зменшеним моментом інерції на 17% в порівнянні із серійним шківом.

4. Практичне значення результатів дисертації

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

- робастного підходу до регулювання і керування гальмового шківа з кондуктивним охолодженням його ободу;

- систематизованого визначення допустимих меж зміни низки градієнтів (поверхневих та об'ємних температур, еквівалентних напружень, коефіцієнтів теплопередачі) з урахуванням їх причинно-наслідкового зв'язку;

- оптимізаційного нелінійного проектування запропонувати новий тип гальмового шківа, при роботі якого поверхневі температури накладок не будуть досягати допустимої (390°C) для їх матеріалів;

- отриманих результатів, які доповнили стандарт «Проектный и проверочный расчет ленточно-колодочных тормозов буровых лебедок. – Баку: Апострофф, 2016. – 312 с.», в котрому докторант є співавтором, і лягли в основу монографії, виданої у співавторстві із науковцями Азербайджанської школи трибологів під назвою: «Явище масопереносу продуктів тертя в металополімерних парах».

5. Оцінка змісту роботи в цілому

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** докторантом 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.

У **першому розділі** виконано аналіз конструкцій стрічково-колодкових гальм бурових лебідок. Представлено фрикційні вузли вищенаведеного гальма у вигляді трибологічної системи. Проілюстровано роль робастики в структурно-параметричному синтезі, аналізі та підходу до експлуатаційних параметрів фрикційних вузлів гальма з кондуктивним охолодженням їх пари тертя. Досліджено енергетичний та тепловий баланс поверхневих та 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.

У **другому розділі** показано концепцію структурно-параметричного синтезу та робастного підходу до розрахунку й проєктування фрикційних вузлів стрічково-колодкових гальм. Сформульовано мету і завдання досліджень. Висвітлено ідею роботи її наукову проблему та гіпотезу.

У **третьому розділі** приділено увагу структурно-параметричному синтезу фрикційних вузлів стрічково-колодкового гальма бурових лебідок, сформульовано технічні вимоги, висунуті до його елементів фрикційних вузлів, пари тертя якого при фрикційній взаємодії є під дією механічної, електричної, теплової, хімічної та електромагнітної енергії полів, і при цьому

полірована і матові поверхні гальмівного шківa перебувають під дією швидкісних полів омиваючих середовищ.

Четвертий розділ присвячений факторам, які спостерігаються в металополімерних парах тертя стрічково-колодкового гальма бурової лебідки, зокрема розглянуто модель трибосистеми ковзання з шістьма рівнями системного підходу, що включає в себе термодинамічну модель з рідинним та газовим середовищем, що утворюється за рахунок трибокрекінгу поверхневих шарів полімерної накладки. Також встановлено невідоме раніше явище масопереносу продуктів тертя в металополімерних парах фрикційних вузлів стрічково-колодкових гальм і визначено вплив збурюючих факторів, які впливають на зносо-фрикційні властивості пар тертя.

У п'ятому розділі висвітлено керування режимами гальмування фрикційних вузлів стрічково-колодкових гальм в технологічних операціях спуско-підйомного комплексу бурової установки. Розглянуто адаптивну стійкість експлуатаційних параметрів спуско-підйомного комплексу бурової установки. Запропоновано регулювання експлуатаційних параметрів серійних фрикційних вузлів гальма за рахунок постійних і змінних імпульсних сил тертя в процесі гальмування.

Шостий розділ присвячено експериментальним дослідженням енергоємності металополімерних пар тертя гальма як структурно-параметричного синтезу та робастної системи.

У сьомому розділі розглянуто оптимізацію конструктивних та експлуатаційних параметрів фрикційних вузлів стрічково-колодкового гальма бурової лебідки за допомогою геометричного програмування та багатокритеріального методу.

У восьмому розділі приділено увагу методам та засобам зниження енергонавантаженості фрикційних вузлів стрічково-колодкових гальм бурових лебідок, зокрема наведено результати прогнозування раціональних конструктивних та експлуатаційних фрикційних вузлів гальма бурової лебідки У2-5-5, працюючого в переважаючих режимах гальмування, а також

запропоновано нові типи конструкцій гальмових шківів для зменшення їх енергонавантаженихості.

6. Повнота відображення результатів дисертації в опублікованих працях

Основні положення та результати роботи повністю викладені у 113 наукових працях, з них, 6 монографій, 3 навчальних посібниках; 22 матеріалах конференцій; 7 патентах на винаходи України, та Азербайджану, 10 статтях з індексом цитування Scopus; 43 статтях у фахових виданнях України; 22 статтях інших країн.

7. Відповідність дисертаційної роботи та автореферату встановленим вимогам та оцінка їх змісту в цілому

Дисертація повністю відповідає вимогам та містить в собі вступ, вісім розділів, загальних висновків, списку використаних джерел, додатків.

Зміст автореферату у достатній мірі відображає основні положення та результати дисертаційної роботи, загальні висновки в дисертації та авторефераті повністю ідентичні.

8. Основні зауваження по роботі

1. У першому розділі необхідно було навести порівняльну таблицю експлуатаційних характеристик дисково-колодкових гальм, які використовуються в машинобудуванні, та зокрема в бурових лебідках.

2. В другому розділі в підпитанні 2.1.1 «При виборі матеріалів пар тертя» щодо металевих фрикційних елементів вузла тертя необхідно було звернути увагу на енергетичні рівні його легованих елементів.

3. В закономірності ймовірності розподілу характеристик якості фрикційних поверхонь краще оперувати одиничною еквівалентною мікронерівністю замість одиничної нерівності.

4. При розгляді структурної моделі трибосистеми нічого не було сказано «про послідовне деформування множини ковзаючих плям контактів мікровиступів» як вихора матеріальних поворотів кристалографічних зсувів на циліндричній поверхні обода шківа.

5. У п'ятому розділі при керуванні режимами гальмування фрикційними вузлами змінна імпульсна сила тертя не була віднесена до збурюючого фактора.

6. В шостому розділі необхідно було зупинитися на розподіленні густини ймовірності по основним та вибіркоvim функціям, а також при дискретному підході до аналізу експлуатаційних параметрів фрикційних вузлів стрічково-колодкових гальм.

7. При визначенні конструктивних та експлуатаційних параметрів в одну з умов необхідно було заложити принцип енергонавантаженості, що поверхнево-об'ємна температура набагато більша за об'ємну температуру обода шківа.

8. У восьмому розділі розглянуто широкий спектр конструктивних рішень по зниженню енергонавантаженості фрикційних вузлів гальма, які захищені патентами на винаходи. При цьому не виділено новий тип складеного гальмового шківа.

9. Висновок про відповідність дисертації встановленим вимогам

Дисертація докторанта, к.т.н., доц. **Журавльова Дмитра Юрійовича** на тему «**Синтез та аналіз процесів фрикційної взаємодії фрикційних вузлів стрічково-колодкових гальм**» є завершеною науковою працею. Оформлення дисертації та автореферату відповідає встановленим вимогам. Тема та зміст роботи відповідає паспорту спеціальності 05.05.05 –

піднімально-транспортні машини. Автореферат дисертації відображає її основний зміст, положення, висновки та рекомендації.

Дисертаційна робота докторанта **Журавльова Дмитра Юрійовича** є актуальною, має наукову новизну та практичне значення, в ній отримані науково обґрунтовані теоретичні та експериментальні результати, що в сукупності вирішують важливу проблему зниження енергонавантаженості фрикційних вузлів стрічково-колодкових гальм бурових лебідок і підвищення ефективності та надійності їх роботи. Результати досліджень є належним чином обґрунтовані та апробовані. Зазначені вище недоліки не знижують наукового та практичного рівня дисертаційної роботи і не впливають на позитивну оцінку в цілому.

За обсягом виконання теоретичних та експериментальних досліджень, науковою новизною та практичним значенням одержаних результатів, дисертаційна робота «Синтез та аналіз процесів фрикційної взаємодії фрикційних вузлів стрічково-колодкових гальм» повністю відповідає вимогам ДАК МОН України, зокрема пп. 9, 10, 12 "Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника", а її автор докторант, к. т. н., доц. **Журавльов Дмитро Юрійович** заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук зі спеціальності 05.05.05 – піднімально-транспортні машини.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор
кафедри галузевого машинознавства та
агроінженерії

Хмельницького національного університету

Проректор з наукової роботи ХНУ



М. С. Стечишин

О.М.Синюк