

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи
Івано-Франківського
національного технічного університету
нафти і газу



проф. Чудик І.І.

2021 р.

ВИСНОВОК

фахового розширеного семінару кафедри технічної механіки Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Чуфуса Василя Михайловича на тему: “Оцінка енергонавантажності охолоджуваних фрикційних вузлів стрічково-колодкових гальм бурових лебідок для підвищення їх ефективності”, поданої на здобуття ступеня доктора філософії (галузь знань 13 – Механічна інженерія, спеціальність 131 – Прикладна механіка)

Актуальність теми.

Проблеми підвищення ефективності тертя з одночасним зменшенням інтенсивності зношування деталей вузлів і механізмів обладнання загального машинобудування в екстремальних умовах експлуатації належать до числа найскладніших.

Важкі умови роботи гальмових пристроїв в автомобільній, залізничній, авіаційній та нафтогазовидобувній галузях з розширенням масштабів їх застосування висувають більш високі вимоги до надійності фрикційних вузлів, фізико-механічних і трибологічних властивостей робочих поверхонь пар тертя, оскільки саме на них виникають і розвиваються різноманітні процеси, явища та ефекти, які погіршують їх ефективність. Від зазначених вище факторів залежать зносо-фрикційні характеристики пар тертя.

Важкі умови експлуатації фрикційних накладок і гальмових шківів бурових лебідок зумовили необхідність рішення таких задач: створити фрикційні матеріали високої теплостійкості і розробити методи і засоби для зниження енергонавантажності ободу шківа. Відомо, що ефективність вільного і вимушеного повітряного охолодження є недостатньою. Значно

ефективнішим є камерне рідинне примусове охолодження ободу шків, теплоносієм в якому вибрано нанорідини.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконана відповідно до тематичного плану науково-дослідних робіт Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу і є складовою частиною наукової тематики кафедри технічної механіки ІФНТУНГ.

Робота виконана в рамках держбюджетної тематики Д-4-15Ф з назвою проєкту «Розробка наукових основ створення з'єднань з металополімерних композитних матеріалів та керування їх зносо-фрикційними і втомними властивостями», номер державної реєстрації №0115U002279.

Конкретна особиста участь автора в одержанні результатів та особистий внесок у них автора публікацій

Основні положення і результати дисертаційної роботи отримано здобувачем самостійно. Вони полягають у:

- розробці конструкцій елементів повітряно-нанорідинної системи охолодження складеного гальмового шків [13, 17, 18];

- обґрунтуванні доцільності виконання внутрішньої поверхні ободу шків полірованою [14, 15, 16];

- виборі матеріалів наночастинок для теплоносія [1, 2, 8];

- введенні нового поняття першої (до температури 110 °С) і другої (до 150 °С) допустимої густини теплового потоку, при якій нанорідина камери перебуває у бульбашковому і плівковому режимах кипіння, а також дослідженні впливу цих режимів на інтенсивність теплообмінних процесів [3, 4, 5]; дослідженні перебігу адсорбційних і дифузійних процесів на полірованих зовнішній і внутрішній поверхнях складеного гальмового шків [9, 10];

- математичному описі термодинамічного стану нанорідини, яка циркулює в камері в різних фазах, і дослідженні її впливу на ефективність примусового охолодження пар тертя гальма [12];

- встановленні теплових втрат від поверхонь складеного гальмового шківів при його примусовому нанорідинному охолодженні в промислових умовах [11];

- оцінці довговічності фрикційних накладок різних типів вузлів тертя гальм [6, 7].

Особистий внесок автора в опублікованих роботах наведено в таблиці

№п/п	Автори, назва публікації	Особистий внесок дисертанта, зміст	%
1	Снижение энергонагруженности фрикционных узлов ленточно-колодочных тормозов буровых лебедок / М. В. Киндрачук, Д. А. Вольченко, В. С. Скрыпник, И. О. Бекиш, В. М. Чуфус. <i>Проблеми тертя та зношування: наук.-техн. журн.</i> К.: НАУ. Київ, 2016. №3(72). С. 13–24.	Аналіз робіт з примусового охолодження пар тертя гальмівних пристроїв	25
2	Интенсификация вынужденного охлаждения фрикционных узлов ленточно-колодочного тормоза буровой лебедки / Д. А. Вольченко, Н. А. Вольченко, М. В. Киндрачук, А. В. Возный, В. М. Чуфус // <i>Проблеми тертя та зношування: наук.-техн. журн.</i> К.: НАУ. 2016. Вип. 4(73). С. 27-41.	Інтенсифікація вимушеного охолодження за рахунок зменшення термічного опору теплопровідності нанорідини	20
3	Экспериментальные исследования энергонагруженности пар трения ленточно-колодочных тормозов с воздушно-жидкостной системой охлаждения (часть первая) / А. И. Вольченко, В. С. Скрыпник, В. Я. Малык, В. М. Чуфус // <i>Проблеми тертя та зношування: наук.-техн. журн.</i> К.: НАУ. 2017. Вип. 2(75). – С. 13-23.	Розроблення конструкцій елементів системи вимушеного повітряного охолодження частин ободу складеного шківів	30
4	Экспериментальные исследования энергонагруженности пар трения ленточно-колодочных тормозов с воздушно-жидкостной системой охлаждения (часть вторая) / А. И. Вольченко, В. С. Скрыпник, В. Я. Малык, В. М. Чуфус // <i>Проблеми тертя та зношування: наук.-техн. журн.</i> К.: НАУ. 2017. Вип. 3(76). С. 4-16.	Розроблення конструкцій елементів системи вимушеного непрямого рідинного охолодження внутрішньої частини ободу шківів	35

№п/п	Автори, назва публікації	Особистий внесок дисертанта, зміст	%
5	Экспериментальные исследования энергонагруженности пар трения ленточно-колодочных тормозов с воздушно-жидкостной системой охлаждения (часть третья) / М. В. Киндрачук, В. С. Скрыпник, И. О. Бекиш, В. М. Чуфус // <i>Проблеми тертя та зношування: наук.-техн. журн.</i> К.: НАУ. 2017. Вип. 4(77). С. 16–28.	Участь у проведенні експериментальних досліджень ефективності примусового охолодження складеного шківів і обробка результатів досліджень	40
6	Чуфус В. М. Энергонагруженность пар трения ленточно-колодочного тормоза при их воздушно-жидкостном охлаждении в буровой лебедке / В. М. Чуфус // <i>Проблеми тертя та зношування: наук.-техн. журн.</i> К.: НАУ. 2017. Вип. 1(74). С. 35-48.		100
7	Чуфус В. М. К вопросу оценки теплового баланса составных шкивов ленточно-колодочного тормоза буровой лебедки при их воздушно-жидкостном охлаждении / В. М. Чуфус // <i>Підйомно-транспортна техніка: наук.-техн. та виробн. журнал.</i> Одеса: Одеський національний політехнічний університет. 2017. Вип. 2(54). С. 73-83.		100
8	Electrodynamics of the Thermal Contact Friction Interaction in Metal-Polymer Friction Couples / M. V. Kindrachuk, A. I. Vol'chenko, D. A. Vol'chenko, D. Y. Zhuravlev, V. M. Chufus. <i>Materials Science.</i> 2018. 54 (1), P. 69 – 77.	Оцінка ефективності непрямого повітряно-рідинного охолодження пар тертя гальма	20
9	Принудительное охлаждение трибосистемы ленточно-колодочного тормоза буровой лебедки (часть I) / А. Х. Джанахмедов, А. И. Вольченко, Э. С. Пирвердиев, Н. А. Вольченко, В. С. Витвицкий, В. М. Чуфус // <i>Вестник Азербайджанской инженерной академии.</i> Баку. 2017. № 9(3). С. 18-30.	Розробка схеми багатоплощинної структури трибосистеми з примусовим охолодженням	25
10	Принудительное охлаждение трибосистемы ленточно-колодочного тормоза буровой лебедки (часть II) / А. Х. Джанахмедов, А. И. Вольченко, Э. С. Пирвердиев, В. С. Скрыпник, В. М. Чуфус	Визначення роботи виходу електронів з робочої поверхні складеного шківів	25

№п/п	Автори, назва публікації	Особистий внесок дисертанта, зміст	%
	// <i>Вестник Азербайджанской инженерной академии</i> . Баку. 2017. № 9(4). С. 7-18.		
11	Принудительное охлаждение трибосистемы ленточно-колодочного тормоза буровой лебедки (часть IV) / А. Х. Джанахмедов, А. И. Вольченко, Э. С. Пирвердиев, В. М. Чуфус [и др.]. <i>Вестник Азербайджанской инженерной академии</i> . Баку. 2018. №2(10). С. 7–19.	Визначення коефіцієнтів теплопередачі в багат шаровій структурі трибосистеми примусовим охолодженням	30
12	Энергетические уровни контактов при фрикционном взаимодействии металлополимерных и полупроводниковых материалов / А. И. Вольченко, Д. Ю. Журавлев, Н. В. Кашуба, В. С. Витвицкий, В. М. Чуфус // <i>Проблеми тертя та зношування: наук.-техн. журн.</i> К.: НАУ. 2018. Вип. 4(81). С. 21–31.	Побудова енергетичної діаграми при фрикційній взаємодії мікрровиступів пар тертя «метал-полімер» і «метал-напівпровідник»	35
13	Наножидкости в системах принудительного охлаждения пар трения тормозных устройств / Д. А. Вольченко, М. В. Киндрачук, Д. Ю. Журавлев, В. М. Чуфус, А. Л. Головин // <i>Проблеми тертя та зношування: наук.-техн. зб.</i> К.:НАУ. 2019. Вип. 4 (85). С. 96–102.	Формулювання умов забезпечення працездатності нанорідини в камері складеного шківa	25
14	Теплообмен развитых поверхностей самовентилируемых дисково-колодочных тормозов транспортных средств / М. В. Киндрачук, Д. А. Вольченко, В. С. Скрыпнык, Е. С. Федотов, Л. Б. Малык, В. М. Чуфус // <i>Проблеми тертя та зношування: наук.-техн. журн.</i> К.:НАУ. Київ. 2020. №1(86). С. 4–14.	Використання розгалужених поверхонь теплообміну металевих елементів тертя гальмівних пристроїв	30
15	Система для снижения энергонагруженности элементов фрикционных узлов ленточно-колодочного тормоза буровой лебедки / Н. А. Вольченко, Н. В. Кашуба, П. С. Красин, В. М. Чуфус // <i>Центр наукових технологій, «Наукові дослідження: Перспективи інновації у суспільстві і розвитку технологій. Матеріали VI Всеукраїнської науково-практичної конференції (13-14</i>	Урахування термічного опору теплопровідності нанорідини в тепловому балансі складеного гальмівного шківa	40

№п/п	Автори, назва публікації	Особистий внесок дисертанта, зміст	%
	жовтня 2017 р.). Харків. С. 57-61.		
16	Вольченко Д., Скрипник В., Чуфус В. Тепловой баланс пар трения ленточно-колодочного тормоза при их принудительном охлаждении. <i>Інноваційний розвиток гірничодобувної галузі: матеріали міжнар. наук.-техн. інтернет-конференції (27–28 лютого 2017, м. Переяслав-Хмельницький). Переяслав-Хмельницький, 2017. С. 284-289.</i>	Розроблення конструкцій елементів системи повітряного нанорідинного охолодження шківів	45
17	Оптимизационное проектирование составного шкива ленточно-колодочного тормоза с воздушно-жидкостной системой охлаждения / Д. А. Вольченко, В. С. Скрипник, И. О. Бекиш, В. М. Чуфус // <i>Материалы X-ой международной научно-практ. конф. студентов и молодых ученых «Новые вызовы. Новые достижения».</i> г. Краматорск, 15.09.2017 г. С. 31–35.	Розроблення елементів алгоритму проектування складеного гальмівного шківів	25
18	Dynamics of fluid washing of the walls surfaces of the chambers of the composite brake pulley of the band-block brake / D.O. Volchenko, V.S. Skripnik, V.M. Chufus, I.O. Bekish. Proceedings of X International scientific conference “Scientific thought transformation”. Morrisville, Lulu Press., 2017. P. 17–21.	Встановлення закономірностей зміни градієнтів швидкості та густини нанорідини в об’ємі камери шківів	35

Ступінь обґрунтованості запропонованих здобувачем положень, висновків та рекомендацій

Достовірність отриманих результатів і висновків забезпечується: коректністю постановки задач, використанням обґрунтованих моделей і методів їх розв’язання, коректною постановкою та проведенням експериментальних досліджень.

Основні результати дослідження, ступінь їх наукової новизни та значущості. Теоретично обґрунтовано і практично підтверджено концепцію ефективності нанорідинного охолодження ободу шківів. Це дозволило отримати енергоємні та ефективні пари тертя нових конструкцій

з оптимізованими конструктивними й експлуатаційними параметрами. При цьому вперше:

- у системі охолодження складеного гальмового шківів використано нанорідину з низьким термічним опором тепловіддачі. Це зумовило значне (понад сотню разів) збільшення коефіцієнтів теплопередачі крізь багат шарову структуру трибосистеми;

- розроблено теплову модель фрикційного вузла гальма з урахуванням трибологічних параметрів приповерхневих шарів металевих і неметалевих елементів тертя при примусовому повітряно-нанорідинному охолодженні їх поверхонь;

- сформовано новий підхід до використання нанорідинного і парового охолодження ободу шківів. При цьому його умовно ділили на п'ять ділянок. За рахунок різних режимів руху нанорідини і пару в камері і зміни їх термодинамічних параметрів у кожній з них утворюються квазікільцеві зони. Зміна параметрів зумовлена різними глибинними градієнтами температури по ширині ободу;

- запропоновано метод оцінки теплового балансу складеного гальмового шківів з примусовою повітряно-нанорідинною системою охолодження; з урахуванням результатів обчислень здійснено його оптимізаційне проектування.

Теоретичне значення результатів

- уперше сформульовано енергетичні принципи перебігу процесів, явищ та ефектів у механічних, електричних, теплових, хімічних та електромагнітних полях фрикційної взаємодії пар тертя гальмівних пристроїв, в основу яких покладено градієнтну теорію фізико-хімічних властивостей матеріалів пар тертя та їх експлуатаційних параметрів. З урахуванням результатів теоретичних досліджень стосовно ієрархічних енергетичних рівнів у трибоспряженнях запропоновано класифікацію, яка об'єднує всі процеси, а саме: інтенсивність і розподіл теплових потоків, види теплообміну, потенціали, струми омиваючого середовища, градієнти, темпи перебігу процесів.

- застосовано новий підхід у дослідженні ефективності нанорідинного охолодження ободу шківа. Його умовно перерізами ділили на п'ять ділянок у напрямку від заземленого краю до вільного. Дослідження показали, що у першому перерізі має місце однофазний конвективний теплообмін нанорідини з макроділянками внутрішньої поверхні ободу, які характеризуються тепловою і гідродинамічною стабілізацією. У другій зоні починається кипіння нанорідини, у третій спостерігається початок інтенсивного нанопароутворення, унаслідок чого ефективність тепловіддачі стрімко зростає. У четвертій зоні зникаються пристінкові двофазні шари, режим руху нанопарової суміші – бульбашковий. У кільцевому потоці п'ятої зони рухається перегрітий пар, тут відбувається послідовна зміна режимів течії від бульбашкового до дисперсно-кільцевого, інтенсивність тепловіддачі зростає;

- уперше запропоновано трибоелектричний метод підбору металів для пари тертя гальма на основі значень їх трибоЕРС, а також з урахуванням електронних властивостей і теплофізичних характеристик. Це дозволяє створювати пари тертя з високим трибоелектром.

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

- правильного вибору матеріалу наночастинок з високим коефіцієнтом теплопровідності λ , який значно перевищує λ матеріалу ободу складеного шківа;

- раціонального вибору матеріалів для металевих елементів пари тертя з урахування їх трибоЕРС, електронних і теплофізичних властивостей;

- визначення допустимих меж зміни градієнтів: поверхневих та об'ємних температур, механічних і температурних напружень, коефіцієнтів теплопередачі з урахуванням їх причинно-наслідкового зв'язку.

Повнота викладення матеріалів дисертації в публікаціях та особистий внесок у них автора. За темою дисертації опубліковано 14

наукових праць, з яких 13 у фахових виданнях України та інших країн, одна стаття зареєстрована в базі даних Scopus, дві праці одноосібні, а також матеріали чотирьох міжнародних науково-практичних конференцій.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на: XXXV-ій міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. «Проблеми та перспективи розвитку науки на початку третього тисячоліття у країнах Європи та Азії (м. Кривий Ріг, 2016 р.); II-ій Всеукраїнській наук.-техн. конференції «Нафта і газ. Наука-Освіта-Виробництво: шляхи інтеграції та інноваційного розвитку» (м. Дрогобич, 2017 р.); міжнар. наук.-техн. інтернет-конф. «Інноваційний розвиток гірничодобувної галузі (м. Переяслав-Хмельницький, 2017 р.); X-ій наук.-практ. конф. студентів та молодих вчених «Нові виклики. Нові досягнення» (м. Краматорськ, 2017 р.); X-ій наук.-практ. конф. «Трансформації наукової думки» (м. Моррисвіль, США, 2017 р.); розширеному науковому семінарі кафедри автосервісу і матеріалознавства Кубанського державного технологічного університету (м. Краснодар, Росія, 2017 р.); науковому семінарі кафедри транспортної механіки і матеріалознавства Азербайджанської національної авіаційної академії (м. Баку, 2018 р.). У повному обсязі дисертаційна робота доповідалась на: засіданні спеціалізованої вченої ради К64.108.02 Української інженерно-педагогічної академії (м. Харків, 2018 р.); розширеному науковому семінарі кафедри технічної механіки Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу (м. Івано-Франківськ, 2021 р.).

Відповідність дисертації вимогам МОНУ. Дисертаційна робота відповідає вимогам Постанови Кабінету Міністрів України «Про порядок проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії» від 06.03.2019 р. № 167, вона пройшла перевірку на плагіат.

Оцінка мови та стилю дисертації. Дисертаційна робота написана грамотною українською технічною мовою, стиль викладення матеріалів досліджень, наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує доступність їх сприйняття.

Чуфус Василь Михайлович є сформованим науковим фахівцем, що може формулювати і самостійно вирішувати наукові задачі.

Загальний висновок

Враховуючи наведене вище, фаховий семінар пропонує таку редакцію теми дисертаційної роботи: «Інтенсифікація охолодження фрикційних вузлів гальм бурових лебідок для підвищення їх ефективності» і рекомендує дисертацію Чуфуса Василя Михайловича до розгляду та захисту на здобуття ступеня доктора філософії (галузь знань «13 – Механічна інженерія», спеціальність «131 – Прикладна механіка») у разовій спеціалізованій вченій раді.

Голосування: “за” 16 – одногосно всі члени семінару.

Рецензент, д.т.н., проф., професор кафедри
нафтогазових машин та обладнання



Копей Б. В.

Рецензент, к.т.н., доц., доцент кафедри
автомобільного транспорту



Прунько І. Б.



Чуфус Василь Михайлович є сформованим науковим фахівцем, що може формулювати і самостійно вирішувати наукові задачі.

Загальний висновок

Враховуючи наведене вище, фаховий семінар пропонує таку редакцію теми дисертаційної роботи: «Інтенсифікація охолодження фрикційних вузлів гальм бурових лебідок для підвищення їх ефективності» і рекомендує дисертацію Чуфуса Василя Михайловича до розгляду та захисту на здобуття ступеня доктора філософії (галузь знань «13 – Механічна інженерія», спеціальність «131 – Прикладна механіка») у разовій спеціалізованій вченій раді.

Голосування: “за” 16 – одногосно всі члени семінару.

Рецензент, д.т.н., проф., професор кафедри
нафтогазових машин та обладнання



Копей Б. В.

Рецензент, к.т.н., доц., доцент кафедри
автомобільного транспорту



Прунько І. Б.

