

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу **Шіхаба Таера Абдалваххаба Шіхаба** на тему «**Підвищення довговічності торцевих ущільнень нафтогазопромислових відцентрових насосів**», яка подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.12 – «**Машини нафтової та газової промисловості**»

Дисертацію присвячено вирішенню проблеми підвищення довговічності торцевих ущільнень нафтогазопромислових насосів шляхом використання металокерамічних композитів для виготовлення ущільнюючих кілець із високою опірністю до терморозтріскування та встановленню їх експлуатаційних характеристик, що уможливорює стверджувати відповідність тематики дисертації паспорту спеціальності 05.05.12 – «Машини нафтової та газової промисловості»

1. Актуальність теми дисертації

Відцентрові насоси працюють у складних умовах, за комплексного впливу значних питомих навантажень, широкого спектру температур. Це зумовлює інтенсивне пошкодження, зношування й руйнування робочих поверхонь елементів торцевих ущільнень. Тому робочі елементи сучасних торцевих ущільнень (кілець) виготовляють із безкисневої кераміки (карбід кремнію) та вольфрамових твердих сплавів. Однак основним недоліком керамічних кілець є їх низька тріщиностійкість за умов температурних перепадів, що виникають внаслідок тепловиділення при терті. Це спричинює виникнення та поширення термічних тріщин до повного зруйнування кілець. Своєю чергою недоліком кілець із вольфрамових твердих сплавів є висока вартість та низька опірність хімічній дії. Відтак не прогнозовані відмови насосів через низькі експлуатаційні показники торцевих ущільнень, значні затрати на ремонтні роботи та заміну дорогих деталей ставить актуальну задачу щодо підвищення довговічності вузла. Поставлена задача в дисертаційному дослідженні вирішується науковим обґрунтуванням застосування розробленого автором композиту із в'язкою та міцною матрицею (марганцевого мельхіору) та наповнювачем із карбиду хрому, який відрізняється високою опірністю до хімічної дії та порівняно високою доступністю сировини. Це дає підстави стверджувати що дисертаційне дослідження у якому науково обґрунтовується застосування запропонованих нових композиційних матеріалів (із високим та прогнозованим рівнем експлуатаційних характеристик) для виготовлення торцевих ущільнень що застосовують в нафтогазопромислових відцентрових насосах, є актуальним та має важливе практичне значення для нафтогазопромислової галузі.

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

Наукові положення, висновки і рекомендації сформульовані в дисертації добре обґрунтовані та аргументовані та виконані на основі застосування сучасних математичних методів моделювання, а також комплексних досліджень на сучасному дослідному обладнанні й устаткуванні. Достовірність результатів досліджень ґрунтується на результатах експериментальних досліджень, що

імітують реальні умови роботи, а також коректний та адекватний аналіз отриманих та представлених результатів із застосуванням сучасних програмних продуктів, електронних баз даних.

3 Наукова новизна та достовірність отриманих результатів

Найсуттєвішими результатами проведених досліджень, які мають наукову новизну є:

- вперше встановлено, що структура матеріалу кілець торцевих ущільнень, отриманого просочуванням сформованого порошку карбїду хрому розплавом марганцевого мельхіору, складається із зв'язки на основі твердого розчину міді – 35 об. % та рівномірно розподілених дисперсних включень карбїдів хрому Cr_3C_2 і Cr_7C_3 ;

- встановлено закономірності контактної взаємодії кілець торцевих ущільнень нафтогазопромислових насосів за умов сухого тертя ковзання шляхом використання розробленого напівпромислового стенду;

- отримала подальший розвиток теорія теплових розрахунків при терті ковзанні різнорідних композиційних матеріалів у середовищі нафтопродуктів;

- вперше визначено триботехнічні характеристики кілець торцевих ущільнень із металокерамічних композитів системи карбїд хрому – марганцевий мельхіор за умов сухого тертя, що уможливило використовувати їх у парі із самозв'язаним карбїдом кремнію на лініях перекачування нафтопродуктів.

Отримані результати наукових досліджень є достовірними та обґрунтовані аналітично та не суперечать світовій практиці в нафтогазопромисловій галузі. Достовірність отриманих результатів підтверджується опрацюванням значної кількості джерел, застосуванням сучасних методів досліджень, апробацією результатів досліджень.

4. Практичне значення отриманих наукових результатів

Практична цінність роботи полягає в тому, що на основі отриманих результатів можна проводити раціональний вибір матеріалів пар тертя торцевих ущільнень відцентрових нафтогазопромислових насосів з позицій забезпечення їх тріщиностійкості за дії високих експлуатаційних температур. Розроблено технологію виготовлення кілець торцевих ущільнень із нових металокерамічних зносостійких антифрикційних матеріалів із високою опірністю термічному розтріскуванню за умов сухого тертя ковзання, яке часто виникає при роботі нафтогазопромислових насосів.

5. Повнота викладення матеріалів дисертації в опублікованих працях та апробаціях

Матеріали основного змісту дисертації опубліковані в 9 наукових працях, з них 5 – статей у фахових наукових виданнях, затверджених МОН України, в тому числі 3 входять до міжнародних наукометричних баз, 4 – тези доповідей на міжнародних конференціях.

6. Автореферат

Структура та оформлення автореферату відповідають вимогам ДАК України, а за змістом та основними науковими положеннями він є ідентичний до

дисертації та достатньо повно відображає основні наукові результати отримані здобувачем.

7. Аналіз змісту дисертації

Дисертаційна робота складається з вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел зі 104 найменувань та додатків. Основна частина дисертації надрукована на 122 сторінках та містить 66 рисунків та 11 таблиць.

У вступній частині проведено обґрунтування актуальності тематики досліджень, сформульовано їх об'єкт та предмет, а також вказано наукову новизну отриманих результатів та їх практичну цінність, наведено дані про апробацію результатів роботи, публікації і особистий внесок здобувача.

У першому розділі проведено огляд існуючих підходів в області підвищення довговічності торцевих ущільнень та особливості їх конструкцій та матеріалів, що застосовуються для їх виготовлення. Виділено основні причини, що призводять до виходу з ладу торцевих ущільнень.

Проведений аналіз показав, що однією із поширених причин виходу з ладу торцевих ущільнень є крихке руйнування ущільнюючих кілець зумовлене градієнтом температури в їх робочій частині. Виходячи із цього сформульовано основні критерії, яким повинні відповідати матеріали кілець та сплави і сполуки перспективні для їх виготовлення. При цьому значна увага була приділена пошуку оптимальних комбінацій різнорідних матеріалів кілець та важливості урахування характеру поширення тепла у зоні фрикційного контакту.

У другому розділі Наведено дані про матеріали, які застосовувались для дослідження та обґрунтовано їх вибір шляхом порівняльного аналізу комплексу властивостей, які є найбільш важливими з позиції експлуатації кілець, а також технологічності та економічності їх виготовлення. Як матеріал, що в цілому відповідає наведеним вимогам було запропоновано композит карбід хрому-марганцевий мельхіор. Обґрунтовано метод порошкової металургії для отримання кілець, а саме просочування пористого карбідного каркасу розплавом. Для комплексної оцінки експлуатаційних характеристик кілець в умовах перекачування нафтопродуктів застосовано методи визначення твердості, тріщиностійкості, міцності, тепло- та зносостійкості, а також структури та фазового складу. Запропоновано методику моделювання структури матеріалу кілець, яка уможливіє врахування форми структурних складових при визначенні фізико-механічних характеристик матеріалів комп'ютерними методами. Із використанням реального торцевого ущільнення нафтогазового відцентрового насосу марки 4НГ5×2 та серійної машини СМЦ 2 виготовлено стенд для натурних випробовувань кілець шляхом визначення характеру поширення тепла при терті та вимірювання коефіцієнту тертя.

Обґрунтовано та підібрано матеріали і зразки для досліджень, наведено методики металографічних, механічних, склерометричних досліджень та випробувань на тріщиностійкість. Наведено детальну методику визначення фрикційної теплостійкості отриманих матеріалів на устаткуванні 2168 УМТ-1, за схемою торцевого тертя та імітації процесу роботи торцевого ущільнення в умовах сухого тертя на машині тертя СМЦ2.

Запропоновано розрахункову схему та аналітичні залежності для визначення чинників, що впливають на терморозтріскування, а саме кінетики росту температури та температурного градієнту у робочій частині кілець.

Третій розділ присвячено вибору раціональних технологічних параметрів виготовлення кілець методом просочування пористого тіла. Для цього здійснено мікроскопічний аналіз сформованого каркасу із карбїду хрому та визначено основні параметри його морфології, які впливають на кінетику просочування. Розраховано температурні залежності в'язкості та поверхневого натягу розплаву марганцевого мельхіору. Використання цих даних та закону Дарсі для ламінарного потоку рідини через пористе середовище уможливило вивести рівняння, яке описує залежність росту глибини просоченого шару від ряду технологічних чинників (температура, час, розміри та форма частинок вихідного компоненту, пористість), що забезпечило їх обґрунтований раціональний підбір.

Четвертий розділ містить результати електронномікроскопічних досліджень та рентгенівського фазового аналізу композиційного матеріалу кілець. На їх основі було визначено характеристики структури (середній розмір та середню форму зерен). Це дало можливість побудувати просторову модель композиту, за якою методом комп'ютерного моделювання автором визначено теплофізичні характеристики, необхідні для визначення характеру поширення тепла при терті кілець.

Розв'язок рівняння теплопровідності Фур'є із застосуванням інтегрального перетворення Лапласа та методів операційного числення, уможливив вивести аналітичні залежності, які уможливлюють визначати температуру у перерізі робочої частини кілець на заданій відстані від зони контакту у вибраній момент часу. Порівняння даних, отриманих за аналітичними залежностями та результатів експериментальних досліджень показують, що аналітичні залежності описують їх із точністю, достатньою для інженерних розрахунків, особливо після переходу пари тертя у стаціонарний режим.

Визначення градієнту температур у традиційній парі кілець (кераміка-кераміка) та запропонованої (кераміка-металокерамічний композит) показують суттєві переваги останньої за рахунок зменшення тепловиділення та, відповідно, перепаду температур практично у три рази. Це передбачає забезпечення фрикційної теплостійкості та опірності до термічного розтріскування.

У п'ятому розділі наведено результати визначення механічних, триботехнічних та експлуатаційних запропонованого композиту. Їх аналіз показує, що за рівнем твердості та міцності він дещо поступається вольфрамівим твердим сплавам, однак за рівнем тріщиностійкості та антифрикційних властивостей його показники є суттєво вищими. Важливою особливістю розробленого композиту є те, що рівень його механічних властивостей зростає внаслідок тривалого температурного впливу внаслідок проходження процесів дисперсійного зміцнення матриці композиту.

Аналіз поверхонь тертя після трибовипробувань засвідчив, що матеріал матриці частково переноситься на керамічне контр тіло утворюючи у зоні тертя антифрикційний шар (третє тіло).

Експлуатаційні випробування торцевих ущільнень відцентрових насосів із запропонованою комбінацією матеріалів, які працюють у складі газофракціону-

ючого устаткування виявили, що за весь період спостережень руйнування кілець у тому числі й внаслідок термічного розтріскування зафіксовано не було.

8. Зауваження до дисертації

1. В п. 1.1 вартувало представити дані власного аналізу причин втрати працездатності торцевих ущільнень та представити фотографії характерних пошкоджень та руйнувань аналізованих деталей. Зокрема, рис. 1.12 – 1.14 не забезпечують достатню інформативність.

2. З тексту незрозуміло чи представлені на рис. 1.4 – 1.9 схеми розроблені дисертантом і у яких випадках застосовуються.

3. В табл. 2.2 та 2.3 подаються основні хімічні елементи які регламентуються технічними умовами. Реально матеріали, що поставляються на підприємства мають відхилення як за хіміскладом основних складових так і за неметалевими включеннями, фізико-механічними показниками. Тому, за аналогом до вхідного контролю що здійснюється на підприємствах, вартувало представити аналіз хіміскладу та фізико-механічних показників досліджуваних матеріалів.

4. Опис устаткування та технічних умов обслуговування, що представлені на с. 129 – 133 бажано було б подати в другому розділі, а також зробити посилання на відповідні інструктивні документи.

5. В розд. 5 бажано було б навести планування експлуатаційних випробовувань досліджуваних торцевих ущільнень. З тексту розділу також не зрозуміло скільки зразків випробовували, які значення напрацювання та які відмінності у характері відпрацювання базових деталей та розроблених дисертантом. Тут бажано було б навести фотографії відпрацьованих зразків.

6. В тексті роботи зустрічаються описки та невдалі вислови. Зокрема, на с.73 у другому абзаці зверху «для довжини контакту 21»; на с.88 є посилання на рівняння (1), а на с.89 на рівняння (7-11) та (6), хоч таких номерів рівнянь в тексті немає; на рис.2.6, 2.8, 2.13 деякі написи не читаються, у окремих випадках підписи виконані не українською мовою. Також зустрічаються невдалі стилістичні звороти, русизми: замість висловів «низька стійкість» доцільно застосовувати «низька зносостійкість», замість «стійкість проти розтріскування» – «опірність розтріскуванню», «установка» – «устаткування», «датчик» – «давач», «механічна обробка» – «механічне оброблення», «сталіні взірці» – «сталеві зразки», «січення» – «переріз», «витертій сегмент» – «зношений сегмент» тощо.

Водночас необхідно зазначити, що вказані зауваження не є принциповими, та не зменшують загальну наукову цінність роботи і не змінюють загальної позитивної оцінки дисертації, а орієнтовані на її краще сприйняття.

Загальна оцінка дисертації

Загалом дисертаційна робота Шіхаба Таера Абдулваххаба Шіхаба «Підвищення довговічності торцевих ущільнень нафтогазопромислових відцентрових насосів» є завершеним науково прикладним дослідженням у якому вирішено актуальну науково-практичну задачу щодо підвищення довговічності відцентрових насосів, що застосовуються в нафтогазовій галузі, шляхом обґрунтованого застосування нових композиційних матеріалів для виготовлення робочих елементів торцевих ущільнень. За обсягом проведених теоретичних та експериментальних досліджень, науковою новизною, практичною цінністю,

дисертація відповідає вимогам п. 9, 11 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24.07.2013 р. із змінами, затвердженими постановою Кабінету Міністрів України № 656 від 19 серпня 2015 р. щодо кандидатських дисертацій, а її автор Шіхаб Таер Абдулваххаб Шіхаб, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 05.05.12 – «Машини нафтової та газової промисловості».

Офіційний опонент д.т.н., проф.
Професор кафедри технологічної та професійної освіти
Дрогобицького державного педагогічного
університету ім. Івана Франка,



Яким Р.С.

Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка
Підпис Яким Р.С.
ЗАСВІДЧУЮ
вчений секретар
Вченої ради 



Відсутні надійшли з спеціалізованої вченої ради
Д 20.052.04 18.06.2019р.

Учений секретар  /В. Пруцко/

