

ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук
Добротворського Сергія Семеновича
на дисертаційну роботу Думанчука Михайла Юрійовича
«Підвищення ефективності виготовлення деталей пружних муфт», що по-
дана на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю
05.02.08 – технологія машинобудування

На опонування представлено дисертацію загальним обсягом 263 сторінок, в тому числі основний текст – 144 сторінок, перелік використаних джерел складається з 140 найменувань. Робота містить 67 рисунків, 20 таблиць, 3 додатки. Здобувачем представлено автореферат обсягом 20 сторінок, а також представлені оригінали публікацій.

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

Забезпечення необхідних динамічних характеристик роторних машин у сучасних швидкохідних компресорах, газових і парових турбінах та інших агрегатах є однією з найскладніших проблем. Однією з головних задач при цьому, є передача великих потужностей від приводу до машини в умовах радіальних і кутових неспіввісностей і динамічних навантажень.

При експлуатації роторних машин виникають проблеми, пов'язані з роботою сполучних муфт, передчасний вихід з ладу яких стає причиною незапланованих простоїв і, як наслідок, істотних збитків підприємства. Автор пропонує вирішувати ці проблеми шляхом модернізації, що включає установку пружних муфт із гнучкими елементами замість штатних зубчастих муфт, які одночасно мають жорсткість відносно кручення й гнучкість в осьовому й кутовому напрямку.

Але підчас роботи вони часто піддаються фретинг-корозії, особливо в агресивних середовищах. Часто фретинг-корозії є причиною зниження надійності експлуатації, а в ряді випадків ушкоджень, що ведуть до руйнування ряду відповідальних деталей і вузлів муфт. Тому наразі є актуальними дослідження причин виникнення та методів усунення цього явища.

Задача ускладнюється тим, що наявність в пружних муфтах трьох вузлів тертя, деталі яких значно відрізняються своєю конструкцією і утворюють різні спряження, що не дозволяє застосувати до них одного механізму захисту від зношування. Тому задача розробки найбільш прогресивних технологічних рішень, які забезпечать захист поверхонь деталей пружних муфт від фретинг-корозії та інших видів руйнування є актуальною і своєчасною.

Актуальність підтверджується також тим, що робота має тісний зв'язок з науковими програмами і планами, а в її основі викладено матеріали, які узагальнюють дослідження, виконані автором у межах безпосередньо пов'язаних з пріоритетним напрямом розвитку науки і техніки України «Новітні технології та ресурсозберігаючі технології в енергетиці, промисловості і сільському господарстві», а також з планом держбюджетної НДР МОН України «Дослідження ресурсозберігаючих технологій формування функціональних покриттів робочих поверхонь деталей машин» (ДР № 0118U100099), та госпдоговору № 2-11 із науково-виробничим підприємством «ТРИЗ ЛТД» на тему «Удосконалення технології захисту деталей пружних муфт від фретинг-корозії».

Робота повністю відповідає меті й вирішеним для її досягнення завданням дослідження.

Наукова новизна, ступінь обґрунтованості і достовірності наукових висновків і рекомендацій

Наукова новизна полягає в такому:

1. Вперше розроблена система цілеспрямованого вибору технології виготовлення пружних муфт роторних машин, що дозволяє формувати контактуючі поверхні деталей трибоспрязень: «вал-півмуфта», гнучких елементів і кріпильних деталей із заданими експлуатаційними властивостями.

2. Вперше запропонована фізично обґрунтована математична модель (рівняння зношування) процесу зношування гнучких елементів пружної муфти при фретинг-корозії, що дозволяє по роботі тертя визначати зношування, виражене зміною шорсткості поверхні.

3. Одержала подальший розвиток методика визначення констант рівняння

зношування (E_A – енергії активації і R_{a_n} – максимального зносу) при Ф-К поверхонь тертя ГЕ, які можуть служити критеріями для вибору раціональних технологій підвищення якості їх поверхневих шарів.

4. Вперше на підставі проведених досліджень напружено-деформованого стану гнучких елементів муфти типу МСК, вирішено задачу про їх поздовжньо-поперечний згин, а також дана порівняльна оцінка їх прогинів від поздовжньо-поперечного згину і сили, зумовленої неспіввісністю з'єднаних валів.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій дисертації базується на аналізі значного обсягу наукових праць стосовно наукових напрямів дослідження теоретичного прогнозування параметрів пружних муфт.; забезпечується коректною постановкою мети і задач дослідження, використанням відомих класичних методів, загальних рівнянь збереження енергії, механіки суцільних середовищ, пружності, сучасному погляди на процеси електроіскрового легування.

Достовірність отриманих результатів підтверджена експериментальними дослідженнями й корелюється з отриманими результатами інших розробників. Експериментальні дослідження виконувалися у лабораторних умовах з використанням сучасних методів дослідження і вимірювальної апаратури.

Достовірність отриманих результатів забезпечується також науковою обґрунтованістю теоретичних положень, вибором адекватних методів досліджень, достатньою кількістю апробацій матеріалів дисертації та підтвердженням розрахунків математичного моделювання результатами експериментального дослідження. На користь достовірності отриманих в дисертації результатів також свідчать позитивні результати впровадження у виробництво. Відповідні акти впровадження приведено в додатках до дисертації. Основні наукові положення та висновки є обґрунтованими, тому їх слід вважати цілком достовірними.

Практичне значення отриманих результатів полягає у розробці технологій підвищення якості поверхневих шарів деталей пружних муфт і їх елементів.

На основі комплексу проведених теоретичних та експериментальних досліджень, сформульованих принципів, закономірностей і положень отримано наступні практичні результати:

Спосіб обробки поверхонь сталевих деталей (патент України №121343); Спосіб обробки поверхонь сталевих деталей (патент України №121346); Вузол торцевого імпульсного ущільнення, що працює в криогенних середовищах (варіанти), і спосіб його виготовлення (патент України №120979); Спосіб алітування сталевих деталей (патент України №130157); Спосіб сульфоцементації сталевих деталей (патент України №130866); Спосіб захисту деталей пари тертя пружної муфти від фретинг-корозії (патент України №142811); Спосіб формування пакетів гнучких елементів пружних муфт (патент України №137273).

Розроблено технологічні процеси виготовлення та ремонту ПМ впроваджено в ПАТ «Сумхімпром» (м. Суми), із планованим річним економічним ефектом 245000 грн. (Акт впровадження від 17.09.2020 р.); комунальному підприємстві «Міськводоканал» Сумської міської ради з очікуваним економічним ефектом 138000 грн (Акт впровадження від 03.11.2020 р.); ТОВ «ТРИЗ ЛТД» (м. Суми) із планованим річним економічним ефектом 94000 грн. (Акт впровадження від 05.12.2020 р.)

3. Розробки, які виконані в дисертації, впроваджено у навчальний процес для студентів інженерно технологічного факультету СНАУ при викладанні дисциплін «Технологія машинобудування в галузі», «Механіка матеріалів та конструкцій» і «Триботехнологія», а також при виконанні магістерських робіт, курсових і дипломних проектів (Акт впровадження від 18.12.2020 р.).

Повнота викладення основних результатів дисертації. Основні результати дисертаційної роботи викладено в 26 наукових роботах, з них 1 розділ в монографії, 9 статей в наукових виданнях (2 самостійно, 7 опубліковані в виданнях, які внесені в міжнародній наукометричній базі Scopus), 6 патентів на винахід, 4 патенти на корисну модель, 5 тез доповідей на міжнародних науково-технічних конференціях.

Судячи зі змісту друкованих праць можна стверджувати про повноту висвітлення основних положень дисертаційної роботи у вказаних публікаціях здобувача.

Апробація результатів дисертації. Основні результати роботи доповідалися на конференціях: “Технології XXI століття” (Одеса, 2016, 2018); International conference on design, simulation, manufacturing: the innovation exchange (DSMIE-2019) June 11-14, 2019, Lutsk, Ukraine; 2018 IEEE 8th International Conference on Nanomaterials: Applications & Properties (NAP-2018) 2018, (Zatoka, Ukraine September 9–14, 2018); 2019 IEEE 9th International Conference on Nanomaterials: Microstructure and Properties of Micro- and Nanoscale Materials, Films, and Coatings (NAP-2019) 2019, (Odesa, Ukraine September 15–20, 2019); XVI International Scientific and Engineering Conference Hermetic Sealing, Vibration Reliability and Ecological Safety of Pump and Compressor Machinery «HERVICON+PUMPS-2020»; «Матеріали, обладнання і ресурсозберігаючі технології. (Білорусь, г. Могилев, 26–27 апр. 2018 г.); «Молодь і сільськогосподарська техніка у XXI сторіччі» (Харків, 5-6 квітня, 2018); «Сучасні технології в науці та освіті» (м. Сєвєродонецьк, 5–7 березня 2019 р.); «Експлуатаційна та сервісна інженерія» (м. Харків, 27-28 травня 2020 р). Вважаю, що результати дисертації добре відомі науковій спільноті і апробація дисертації є достатньою.

Особистий внесок здобувача. Результати теоретичних і експериментальних досліджень, які виносяться на захист, отримані автором самостійно.

Автором на підприємстві ТОВ «ТРІЗ» впроваджені науково обґрунтовані рекомендації захисту деталей пружних муфт від фретинг-корозії, які лягли в основу розробки нового технологічного процесу виготовлення ПМ відцентрових компресорів і насосів.

Основні результати досліджень викладені в роботах, опублікованих самостійно: в 2-х статтях у журналах, затверджених ВАК України для кандидатських дисертацій. У роботах, написаних у співавторстві, автором розроблені й теоретично обґрунтовані методики досліджень, оброблені й систематизовані отримані результати

Аналіз внеску автора в публікаціях з питань, висвітлених у дисертації, показав, що внесок Думанчука М.Ю є вирішальним.

Аналіз змісту дисертації

Робота складається з анотації, вступ, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків.

У вступі обґрунтований вибір теми дисертації й наукових завдань, сформульовані мета й завдання дослідження, визначені наукова новизна й практичне значення отриманих результатів, а також дана інформація про апробацію, структуру й обсяг роботи.

У першому розділі виконаний аналіз проблем підвищення зносостійкості деталей пружних муфт. Наведено загальні відомості про пружні муфти, розглянуті їхні конструктивні особливості, галузі застосування, матеріали і види руйнувань. Розглянуто технологічні методи підвищення зносостійкості робочих поверхонь деталей пружних муфт. Все це дозволило сформулювати мету й завдання дисертації.

У другому розділі на основі теоретичного розгляду вимог до якості функціональних покриттів робочих поверхонь деталей роторних машин були розроблені система й критерії спрямованого вибору технології забезпечення необхідної якості поверхонь деталей пружних муфт шляхом аналізу і синтезу існуючих аналогів, досвіду промисловості та рекомендацій у вітчизняній і зарубіжній літературі. Отримані залежності шорсткості від часу роботи пружних муфт дозволяють науково обґрунтовано обирати раціональні технології забезпечення необхідної якості поверхневих шарів гнучких елементів пружної муфти

В третьому розділі на основі аналізу напружено-деформованого стану гнучких елементів пружної муфти робиться оцінка сили тиску між пластинами і відносні зміщення контактуючих точок при передачі муфтою навантаження, які є однією з причин фретинг-корозії. Загальний висновок: основними чинниками, що зумовлюють знос пластин внаслідок тертя, є згинаючі сили, викликані неточністю з'єднаних муфтою валів і поздовжньо-поперечним згином від колової сили.

У четвертому розділі приведені результати дослідження параметрів якості деталей пружних муфт. Досліджено вплив амплітуди й частоти на деформації

гнучких елементів. . Доказано, що найбільш раціональним процентним вмістом металоплакуючих присадок, як для міді, так і для дисульфїду молібдену, є 5-25 вагових відсотків, оскільки подальше збільшення процентного вмісту присадки не впливає на якість змащування. Досліджено комбіновані покриття, отримані за допомогою електроіскрового легування.

У п'ятому розділі наведено дані про промислове впровадження результатів дослідження. Виконано розрахунки критеріїв рівняння зношування гнучких елементів пружної муфти, Розроблена процедура спрямованого вибору технології за критерієм собівартості.

У додатках наведено список опублікованих праць за темою дисертаційної роботи, результати досліджень, що не ввійшли до основного тексту, та акти впровадження результатів дослідження у виробництво.

Загальна характеристика роботи. Оцінка мови і стилю дисертації та автореферату, відповідність встановленим вимогам щодо оформлення

У дисертаційній роботі вирішено науково-технічну задачу підвищення якості поверхневих шарів деталей пружної муфти і їх елементів, шляхом спрямованого вибору найбільш перспективних технологічних методів їх формування

розроблена система спрямованого вибору технології отримання поверхонь деталей трибологічних спряжень, встановлено що для підвищення зносостійкості гнучких елементів найбільш ефективним є покриття МММ що складається з парафіну, порошку міді і порошку дисульфїду молібдену, досліджено напружено-деформований стану гнучких елементів, розроблена процедура вибору раціональної технології, розроблені технологічні методи підвищення якості поверхневих шарів деталей трибо спряжень.

Основні положення, отримані результати і висновки у дисертації та авторефераті сформульовані коректно і зрозуміло. Текст дисертації логічно структурований, графічний матеріал доповнює зміст роботи. Автореферат ідентичний за змістом з основними положеннями дисертації і достатньо повно відображає основні наукові результати. Автор в цілому коректно використовує наукову термінологію.

Структура та оформлення дисертації і автореферату відповідають вимогам Міністерства освіти і науки України щодо кандидатських дисертацій.

Зауваження по дисертації

1. Автор пише, що він «розглядає процес нормального тертя і зношування в результаті фретинг-корозії». Але чому головна увага приділена фрикційній втомі, а процеси окислювання майже не розглядаються? Також не зрозуміло, що автор розуміє під терміном «нормальне тертя».
2. Автор стверджує, що для досягнення необхідної якості поверхневого шару деталей повинно використовувати енергетичні та економічні критерії. В якості енергетичного розглядається вільна енергія, але автор не розкриває який тип вільної енергії слід розглядати (Гельмгольца, Гібса...)
3. Є незрозумілі вирази «Знаючи закономірності управління якістю поверхневого шару, після механічної обробки з'являється можливість вибрати методи механічної обробки, які будуть найбільш придатні і обґрунтовані».
4. Рисунки 2.15, 2.16, 2.17 мають абстрактний характер, але автор пише, що «виходячи з експериментальної залежності параметрів можна зробити висновок про їх пропорційність». Модель виглядала б краще, якщо б по ній було зроблено конкретні розрахунки, які на мій погляд у роботі не приведені.
5. Не зрозуміло як конкретно система направленої вибору технологій формування поверхневого шару враховує всі стадії життєвого циклу.
6. Аналізуючи рис.4.10 автор стверджує що зі збільшенням амплітуди деформації гнучкого елемента інтенсивність фретинг-корозії збільшується в геометричній прогресії. Виникає сумнів наявності там геометричної прогресії. Краще б було описати це рівнянням регресії
7. Не зовсім зрозуміло чому половина досліджень зроблено для сталі 12X18H10T а половина для 40X.
8. У роботі є неточності. Наприклад на рис.4.20 є позиція 10, а у підпису до рисунку її немає.

9. В дисертації дуже багато скорочень. Це дуже ускладнює читання роботи. Слід було зробити окремий лист скорочень.

Загалом слід відзначити, що наведені зауваження носять окремий характер і не знижують високої наукової та практичної цінності виконаної роботи.

Загальні висновки по дисертаційній роботі

Дисертаційна робота Думанчука Михайла Юрійовича є завершеною науково-технічною працею. В роботі вирішено важливу науково-технічну задачу створення високоресурсних пружних муфт.

Дисертація Думанчука Михайла Юрійовича за метою, характером вирішених задач, а також за спрямованістю основних результатів, повною мірою відповідає паспорту спеціальності 05.02.08 – технологія машинобудування, за якою вона представлена до захисту.

За актуальністю, ступенем новизни, науковою та практичною цінністю, достовірністю та апробацією отриманих результатів, за змістом і обсягом, дисертаційна робота «Підвищення ефективності виготовлення деталей пружних муфт», відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 р. №567 до кандидатських дисертацій, а автор роботи Думанчук Михайло Юрійович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.08 – технологія машинобудування.

Офіційний опонент,
професор кафедри технології
машинобудування та металорізальних
верстатів Національного технічного
університету «Харківський
політехнічний інститут»,
д.т.н., професор

*Згідно Добротворського С.С.
заверюю*

*Віце-президент НТУ «ХПІ»
Заколюратий О.Ю.*

