

ВІДЗИВ

офіційного опонента на дисертаційну роботу Паращанова В'ячеслава Георгійовича «Метрологічне забезпечення випробування спряжених деталей на основі імпульсного модульованого струму», що представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.01.02 – стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення

1. Актуальність теми дисертації

Процес випробування деталей та механізмів є складовою частиною системи забезпечення якості продукції, що вимагає розробку нових та вдосконалення існуючих методик виконання вимірювань (випробувань) і методів контролю досліджуваних параметрів.

На сьогоднішній день для встановлення придатності виробів необхідно мати відповідне метрологічне забезпечення, що враховує специфіку сучасних випробувальних лабораторій. Тому актуальною задачею є розробка стандартів підприємств.

При виробництві деталей і механізмів більшість технічних пристроїв працюють в різних середовищах, при великих тисках в опорах, в широкому діапазоні швидкостей, а також при високих динамічних навантаженнях. Для забезпечення необхідної якості деталей необхідно здійснювати випробування після відновлення дослідних зразків в цілях підвищення надійності продукції. Підвищення довговічності та збільшення працездатності агрегатів за рахунок процесів відновлення значно збільшує вартість виробу. Розроблені на цей час методи та методики випробувань спряжених деталей ще не достатньо ефективні для визначення придатності виробів. Вони мають низьку швидкодію, малоефективні та не придатні для роботи у виробничих умовах. Для усунення недоліків існуючих методів та методик виконання вимірювань параметрів спряжених деталей, включаючи специфіку сучасних випробувальних лабораторій, основною задачею є розробка відповідного метрологічного забезпечення з урахуванням сучасних вимог міжнародних стандартів.

Методи вимірювання параметрів деталей при їхніх випробуваннях можна розділити на механічні, пневматичні, оптичні та електричні. Основними завданнями метрологічного забезпечення процедури випробувань є:

створення необхідних умов для отримання достовірної інформації про значення показників якості продукції;

розробка методик виконання вимірювань (випробувань), які забезпечать отримання результатів з відомою точністю, що не виходять за межі встановлених норм;

розробка програм випробувань, що забезпечують отримання достовірної інформації про значення показників якості продукції;

проведення метрологічної експертизи програм і методик випробувань.

Розвиток науки, техніки і технологій виробництва направлені на збільшення термінів експлуатації деталей і машин, тому підвищення довговічності спряжених деталей ускладнюється. Також традиційні способи метрологічного контролю відновлення деталей вже не відповідають вимогам сучасності. Тому розробка нових підходів, технологій відновлення деталей та відповідного метрологічного забезпечення є актуальним науковим завданням.

На сьогоднішній день одним з перспективних напрямів дослідження стану прецизійних спряжених деталей залишається відновлення матеріалів і механізмів з аномально високими параметрами зносу. Недостатньо вивченим залишається вплив структури матеріалу і довкілля на формування характеру утворення захисних плівок в умовах вибіркового контролю для забезпечення високої якості продукції. Існуюче метрологічне забезпечення вже не задовольняє вимог міжнародних стандартів, технічних завдань для виробів, можливостей його відновлення для продовження працездатного стану відповідно до технічної документації. Крім цього, способи та засоби вимірювань, що використовуються в існуючих методиках виконання вимірювань не відповідають вимогам щодо якості вимірювань та методів оцінювання характеристик точності вимірювань.

Тому, розробка метрологічного забезпечення випробування спряжених деталей та контрольно-вимірювального комплексу для моніторингу поверхонь спряжених деталей на основі імпульсного модульованого струму є актуальною науково-прикладною задачею.

2. Наукова новизна отриманих результатів

Наукова новизна отриманих результатів досліджень є такою:

1. Вперше розроблено метод оцінювання геометричних параметрів деталей, який відрізняється від існуючих, комплексним застосуванням статистичної інформації про їхні механічні та фізико-хімічні величини та дає можливість реалізації нового класу засобів вимірювального-контролю для оперативного моніторингу якості продукції під час випробувань.

2. Вперше розроблено модель системи контролю якості деталей з урахуванням зовнішніх дестабілізуючих факторів, яка на відміну від раніше відомих, дозволяє реалізувати принцип гнучкого проектування прецизійних деталей за рахунок використання статистичної інформації та дає можливість підвищити достовірність контролю на 10 %.

3. Вперше розроблено метод випробування спряжених деталей із застосуванням вихрострумовевого ефекту, який на відміну від раніше відомих, будується на основі використання імпульсного модульованого струму та дає

можливість усувати паразитні похибки за рахунок використання цифрового фільтра.

4. Удосконалено метод випробування прецизійних пар за рахунок підвищення інтегральної оцінки узагальненого показника якості на основі визначення вірогідності аномальних процесів, що дозволяє створювати стандартні зразки, формувати базу даних та робити висновки про придатність деталей.

5. Набув подальшого розвитку метод прогнозування якості випробувань спряжених деталей, який на відміну від існуючих, дозволяє підвищити ефективність та метрологічну надійність вимірювального комплексу за рахунок застосуванням електронних вимірювальних приладів.

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

Сформульовані в дисертації наукові положення, висновки та рекомендації є коректними, всебічно обґрунтованими та висвітленими у повній мірі, характеризуються науковою новизною та практичною цінністю.

Сформульовані мета, завдання, предмет, об'єкт дослідження та наукові положення, які формують наукову новизну дисертаційної роботи, відповідають змісту теми дослідження.

Обґрунтованість та достовірність отриманих здобувачем результатів підтверджується збіжністю результатів експериментальних досліджень та комп'ютерного моделювання.

Загальні висновки є достовірними і підтверджують отримані в роботі результати.

4. Апробація та повнота опублікування результатів роботи

Основний зміст дисертації викладено у 15 наукових працях, зокрема 4 статті у наукових фахових виданнях, затверджених МОН України, одна стаття у журналі, що входить до наукометричної бази Scopus, 3 патенти на корисну модель та дві публікації на міжнародних наукових конференціях. Результати роботи впроваджені на 2 підприємствах, що підтверджено актами впровадження.

5. Мова та стиль дисертації й автореферату

Дисертація та автореферат написані у загальноприйнятому для наукових видань стилі державною мовою, на достатньому науково-професійному рівні. Виклад результатів досліджень, висновків та рекомендацій є чітким і доступним для сприйняття.

Автореферат вірно відображає основні положення дисертаційної роботи.

6. Оцінка змісту і оформлення роботи, її відповідність спеціальності

Дисертація є завершеною науковою роботою, яка за своїм науковим рівнем, змістом та оформленням повністю відповідає всім вимогам, що висуваються до дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук.

Обрана тема дисертації і зміст роботи відповідають паспорту спеціальності 05.01.02 – «Стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення».

Зміст і сутність виконаних досліджень відтворені у назві дисертації та 15 публікаціях.

Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, загальних висновків та додатків. Всі розділи дисертаційної роботи мають логічний зв'язок щодо вирішення поставленої наукової задачі, написані на належному рівні, при цьому забезпечується доступність їх сприйняття.

Вступ містить обґрунтування актуальності теми дисертаційної роботи, мету, завдання, сформульовану наукову новизну, практичне значення отриманих результатів. Показано зв'язок з науковими програмами, планами, темами, наведено дані про особистий внесок здобувача, публікації, апробацію та впровадження результатів досліджень.

У першому розділі проведено аналіз існуючих методів та засобів вимірювання в спряжених деталях, проведена систематизація основних технічних характеристик сенсорів для вимірювання шорсткості, а також якісний аналіз впливу дестабілізуючих факторів на процес проведення вимірювань деталей, проведено аналіз першоджерел з питань вимірювання після відновлення поверхонь деталей.

Відзначено, що до робіт з метрологічного забезпечення випробувань спряжених деталей відносяться: створення необхідних умов для отримання достовірної інформації щодо значень показників якості продукції при випробуваннях; методика оцінювання похибок вимірювання; розробка нестандартних засобів вимірювання, методів випробувань, методик виконання вимірювань, що забезпечують отримання результатів випробувань з нормованими похибками; проведення метрологічної експертизи програм і методики випробувань, забезпечення повірки засобів вимірювальної техніки, які використовуються в сферах поширення державного метрологічного контролю і нагляду; забезпечення калібрування засобів вимірювальної техніки, що не підлягають державному метрологічному контролю і нагляду; підготовка персоналу випробувальних підрозділів до виконання вимірювань і випробувань, технічного обслуговування і атестації випробувального обладнання. Доведено,

що наукова задача, що розв'язується в дисертації є актуальною для різних галузей економіки, де на практиці використовуються засоби вимірювання спряжених деталей.

В другому розділі розвинуто теоретичні засади методів вимірювання сигналів при випробуваннях спряжених деталей, а також проаналізовано способи підвищення точності вимірювань. Отримав подальший розвиток метод контролю технологічного процесу відновлення спряжених деталей.

Запропоновано систему вимірювання параметрів спряжених деталей, яка базується на використанні імпульсного модульованого струму, що дає можливість підвищити точність та швидкодію вимірювання. Вперше проведено оптимальний вибір засобів вимірювання при випробуванні спряжених деталей, з використанням контрольно-вимірювального комплексу для випробування деталей.

Розроблено метод оцінювання процесу відновлення на основі змінного імпульсного сигналу частотою від 10 до 20000 кГц.

Запропоновано модель оцінювання коефіцієнту готовності та оптимального періоду вимірювання параметрів, що дають змогу підвищити значення коефіцієнту готовності, як комплексного показника надійності, що характеризує безвідмовність (ймовірність безвідмовної роботи) пропонованого контрольно-вимірювального комплексу.

У третьому розділі розроблено процедуру випробування спряжених деталей на основі імпульсного модульованого струму та показано, що одним із перспективних шляхів підвищення якісних характеристик виробів є проведення випробувань після відновлення деталей.

Розвинуто диференційний метод оцінки рівня якості аналізованого виробу, суть якого полягає в зіставленні вимірних одиничних показників фізичних величин з аналогічними базовими (нормованими) показниками.

Запропоновано нестандартний засіб вимірювання, а саме контрольно-вимірювальний комплекс визначення механічних та фізико-хімічних параметрів.

Розроблено методику виконання вимірювань параметрів вібрації на основі використання спеціалізованого програмного забезпечення Spektralab та сенсора вібрації, що дозволяє описати деформаційні характеристики матеріалу, у процесі роботи, враховуючи стан середовища.

Запропонований контрольно-вимірювальний комплекс дозволяє проводити моніторинг поверхонь деталі в динамічному режимі. Для контролю характеристик спряжених деталей запропоновано використати амплітудо-частотну характеристику. Спектральні характеристики визначаються за допомогою комп'ютерної програми «SpectraLAB», що дає змогу обробляти сигнали в реальному часі. Для підвищення точності вимірювання та зменшення впливу сторонніх вібрацій всі працюючі механізми комплексу виготовлені з неметалевих матеріалів, підшипники та інші деталі з фторопласту-4.

Набув подальшого розвитку диференційний метод компенсації похибок вимірювання під час дії негаусових завад.

Запропоновано методику виконання вимірювань параметрів авіаційних деталей з нормальним навантаженням на зразок та показано зміну вібраційних характеристик.

Розроблено блок-схему етапів локалізації дефектів спряжених деталей.

В четвертому розділі проведено експериментальні дослідження метрологічних характеристик елементів контрольно-вимірювального комплексу та встановлено їхні нормовані значення. Проведено метрологічну атестацію контрольно-вимірювального комплексу за допомогою еталонних засобів вимірювання.

Досліджено вплив імпульсного модульованого струму при вимірюванні параметрів деталей та встановлено умови, що впливають на зону тертя.

Запропоновано метрологічну модель комплексу для випробування деталей та розроблено схему метрологічної атестації контрольно-вимірювального комплексу, що дозволяє в умовах дестабілізуючих факторів проводити випробування деталей.

Встановлено, що вібраційний сигнал при роботі механізму збільшується починаючи з частоти від 1 кГц до 5 кГц. Ефективне вимірювання поверхні деталі настає при дії імпульсного електричного струму на частотах (5...8) Гц.

7. Значення результатів роботи для науки і техніки

Отримані результати роботи полягають у науковій обґрунтованості та прикладній спрямованості положень, підходів і рекомендацій, викладених у дисертації, використання цих результатів дасть змогу підвищити точність вимірювань та швидкодію контрольно-вимірювального комплексу для випробування спряжених деталей.

Практична цінність роботи полягає в:

удосконалені конструкції трибологічного комплексу для моделювання процесу тертя та зношування, на базі якої розроблено контрольно-вимірювальний комплекс, що дозволило проводити випробування спряжених деталей та здійснювати відповідні інженерні розрахунки при обробці результатів вимірювання з підвищеною точністю та швидкодією;

розробці фізичної моделі випробувань спряжених деталей, яка дозволяє оцінити якість припрацювання деталей з різним значенням геометричних параметрів;

розробці системи контролю спряжених деталей після їх відновлення з використанням імпульсного модульованого струму, методу випробування та способі контролю деталей;

розробці стандарту підприємства щодо метрологічного забезпечення випробування спряжених деталей та їх діагностики, що дозволяє зосередити

зусилля користувачів на виборі вірного методу їх обробки, нормування та компенсації відповідно до вимог, що регламентуються нормативними документами.

8. Недоліки та зауваження до дисертації

1. В тексті дисертації здобувач використовує новий термін «приладова система», при цьому не наводить визначення цього терміну. На мою думку даний термін є некоректним, оскільки ні в державних стандартах, ні в метрології, як науці про вимірювання та їх застосування, такого терміну не існує. Доцільно було б використати широкоживані терміни «інформаційно-вимірювальна система» або «контрольно-вимірювальний комплекс» або «вимірювальна система» або «нестандартний засіб вимірювання», тощо.

2. В пункті 3 наукової новизни здобувач використовує некоректне словосполучення: «... точність контролю...», тому не зрозуміло, що ж підвищено на 10 % - точність вимірювань чи достовірність контролю? Якщо цей результат відноситься до вимірювань, то правильно було б вжити словосполучення точність вимірювань, а якщо отриманий результат відноситься до контролю, то коректніше було б написати достовірність контролю підвищено на 10%.

3. В підрозділі 1.1 автор посилається на нормативний документ ДСТУ ISO/IEC 17025:2017, однак в підрозділі 1.2 при аналізі методів і засобів вимірювань розглядає традиційний підхід до визначення похибок. При цьому наводить вираз (1.1) з яким я категорично не погоджуюся, оскільки визначити істинне значення фізичної величини неможливо, саме тому це значення замінюють дійсним, яке визначається експериментальним шляхом і настільки наближене до істинного значення, що може бути використане замість істинного для певної мети. На мою думку даний вираз в дисертації взагалі не потрібно було наводити.

4. У пункті 5 висновків до розділу 1 автор пише, що метрологічне забезпечення полягає в оптимальному виборі ЗВТ, що на мою думку є некоректним твердженням. При цьому в підрозділі 1.1 на стор. 30-31 абсолютно вірно перераховує необхідні компоненти метрологічного забезпечення випробувань спряжених деталей, що дадуть змогу досягти єдності та необхідної точності вимірювань.

5. При дослідженні впливу імпульсного модульованого струму автор не вказав, якою є його амплітуда, але при цьому в нього побудовані графіки амплітудо-частотної характеристики.

6. При розгляді моделі основної похибки вимірювання, вираз (2.15), в підрозділі 2.3 (стор. 84) автором досить детально описано спосіб підсумовування систематичних похибок і зовсім не розкрито спосіб розрахунку випадкових похибок. Відомо, що в залежності від значень, яких

набуває відношення систематичної до випадкової похибок (менше 0,8; в межах від 0,8 до 8; більше 8) існують вирази для оцінки відповідних складових похибок. З нормативних документів по метрології відомо, що якщо відношення систематичної похибки до випадкової похибки менше 0,8, то систематичною похибкою нехтують і розраховують лише випадкову похибку. Тому виникає питання, яких значень набуває систематична складова похибки запропонованих вами вимірювальних каналів фізичних величин, в порівнянні з випадковою складовою похибки?

7. В дисертації у підрозділі 3.1 автором зазначено, що було проведено 150 вимірювань шороховатості спряжених пар і наведено вираз (3.2) для оцінки моментів але в тексті дисертації не вказано їхніх числових значень. Які ці значення?

8. В підрозділі 3.1 (стор. 99), при описі методики виконання вимірювань параметрів вібрації автор зазначає, що вимірювання вібрації здійснюється після 5-ти хвилинного напарцювання. У зв'язку з чим виникає запитання чому саме після 5-ти хвилин напрацювання відбувається процес вимірювання, а не, наприклад, після 3-х чи 10-ти хвилин напрацювання?

9. В підрозділі 3.4 незрозуміло навіщо автор наводить два рази абсолютно ідентичні вирази (3.15) та (3.35).

10. В розділі 3.4 автор запропонував диференційний метод корегування похибок при дії негаусових завад, проте не вказано які саме види завад автор має на увазі та чи можливо цей метод використовувати на практиці, наприклад, на підприємствах.

11. В дисертації автором запропоновано класифікацію методів і засобів вимірювання спряжених деталей у залежності від режимів їх роботи, але не визначено чи ця класифікація розроблена вперше чи є удосконаленням вже існуючих класифікацій та не наведено математичну модель випробування деталей, а саме: вимірювального процесу шороховатості при скануванні по поверхні деталі; вимірювання товщини покриття; електрохімічного процесу дослідження.

12. З дисертації не зрозуміло із яких міркувань визначалась кількість досліджуваних варіантів нестандартних засобів вимірювань та деталей, а також розмір контрольної та навчальної вибірки (розділ 4).

13. В розділі 2 автор не зазначає вимоги до методів та засобів вимірювання імпульсних однопериодних сигналів, що необхідно використовувати для забезпечення роботи випробувальної лабораторії в режимі реального часу.

14. В дисертації розглядаються методи та засоби вимірювання параметрів деталей при їх випробуванні для підвищення якості продукції, що значно звужує область застосування засобів вимірювальної техніки. В результаті чого виникає запитання чи можуть використовуватись запропоновані способи вимірювання параметрів спряжених деталей, методи оцінювання і корегування характеристик точності для інших видів діяльності

випробувальної лабораторії?

15. В тексті дисертації присутні стилістичні та граматичні помилки.

16. Загальні висновки дисертації повторюють усі пункти наукової новизни та не відображають практичного значення дисертації, а тому не зрозуміло чи вирішені усі задачі, що перераховані у вступі в підпункті мета і задачі досліджень.

Наведені вище зауваження не знижують наукової цінності досліджень та суттєво не впливають на головні наукові та практичні результати роботи.

9. *Заключна оцінка дисертаційної роботи*

На основі розглянутого змісту дисертації вважаю, що робота Паращанова В'ячеслава Георгійовича є завершеною науково-дослідною працею, в якій на основі розроблених методів та засобів вимірювання спряжених деталей з використанням імпульсного модульованого струму, способів оцінювання похибок вимірювань та інструментальних складових невизначеностей засобів вимірювань параметрів деталей, запропонованих принципів метрологічного забезпечення засобів вимірювання параметрів спряжених деталей забезпечується єдність та точність вимірювань.

На підставі викладеного вище вважаю, що дисертаційна робота Паращанова В'ячеслава Георгійовича на тему «Метрологічне забезпечення випробування спряжених деталей на основі імпульсного модульованого струму» є завершеною науковою працею, яка за своєю науковою новизною, практичною цінністю та сукупністю опублікованих наукових праць відповідає вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук відповідно до пунктів 9, 11 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567, а також паспорту спеціальності 05.01.02 – стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення, а її автор, Паращанов В'ячеслав Георгійович, заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.01.02 – стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення.

Офіційний опонент:

перший проректор з науково-педагогічної роботи

з організації навчального процесу

та його науково-методичного забезпечення

Вінницького національного технічного університету,

доктор технічних наук, професор.

Підпис *Васілевського О. М.*
ПОСВІДЧУЮ
 Зав. канцелярією _____

О. М. Васілевський