

## ВІДГУК

офіційного опонента

доктора технічних наук, професора **Ваганова Олександра Івановича**

на дисертацію **Паращанова В'ячеслава Георгійовича**

«*Метрологічне забезпечення випробування спряжених деталей на основі імпульсного модульованого струму*»,

представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.01.02 – стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення

### 1. Актуальність теми дисертації

Процес випробування деталей є складовою частиною системи забезпечення якості механізмів із сучасними методиками та методами визначення діагностичних параметрів.

Розроблені в цей час методи та методики випробувань спряжених деталей ще не достатньо ефективні для визначення придатності виробів, оскільки вони мають низьку швидкодію та точність вимірювання і не придатні для роботи в цехових умовах.

Для подолання недоліків існуючих методів та методик вимірювання параметрів спряжених деталей, включаючи специфіку сучасних випробувальних станцій, основною задачею є розробка методичного та метрологічного забезпечення, що зумовлює ефективність функціонування і розвиток випробувальних станцій.

Процеси відновлення поверхні при роботі вимагають досліджень в області метрологічного забезпечення як випробування так і механіки матеріалів тонких шарів поверхні, впливаючи на надійність та стан роботи всієї механічної системи.

Нестійкі умови при експлуатації в механізмах приводять до руйнування внутрішнього енергетичного потенціалу матеріалу, що супроводжується матеріальними втратами працюючих поверхонь. Проте до цих пір відсутнє метрологічне забезпечення відновлення, що залежить від параметрів вхідних даних і умов роботи системи при випробуванні, що впливають на властивості працюючого механізму.

Одним із слабо вивчених аспектів метрологічного забезпечення, стандартизації та сертифікації до теперішнього часу залишається підвищення точності вимірювання параметрів при вибірковому контролю для забезпечення високої якості продукції. На сьогодні відсутні стандартні методики контролю та вимірювання деталей, а також стандарти підприємства по відновленню спряжених деталей.

У зв'язку з цим актуальною є науково - прикладна задача по метрологічному забезпеченню, яке полягає в розробці та дослідженні ефективних методів процесу випробування деталей з використанням імпульсного модульованого струму (ІМС), що забезпечує їх високу якість.

**2. Зв'язок дисертаційної роботи з державними науковими програмами, планами, темами, пріоритетними напрямками розвитку науки і техніки.**

Дисертаційна робота виконана відповідно до наукового напрямку кафедри комп'ютеризованих електротехнічних систем і технологій НАУ, відповідно до закону України №3715-VI «Про пріоритетні напрямки інноваційної діяльності в Україні», зокрема, «Освоєння нових технологій високотехнологічного розвитку транспортної системи, ракетно-космічної галузі, авіа- і суднобудування, озброєння та військової техніки», а також пов'язана з держбюджетною тематикою Міністерства освіти і науки України в науково-дослідній роботі №125-ДБ17 «Методологія побудови сучасних дистанційних інформаційно-вимірвальних систем» (номер держреєстрації 0117U002367).

### **3. Структура та зміст дисертаційної роботи**

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку літературних джерел та додатків. Матеріали дисертації викладено на 168 сторінках загального об'єму: основна частина – на 141 сторінці, яка містить 32 рисунків, 12 таблиць, список використаних джерел по розділах.

**У вступі** обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та основні задачі досліджень, показано зв'язок вибраного напрямку з науковими програмами, планами та темами, сформульовано наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, 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. В дисертації зроблено аналіз першоджерел з питань вимірювання після відновлення поверхонь деталей, прецизійних механізмів. Проведено аналіз методик, що використовуються для моніторингу умов вимірювання при випробуванні спряжених деталей.

Відзначено, що метрологічне забезпечення, стандартизація та сертифікація виготовлення якісної промислової продукції базується на визначенні похибки вимірювання, розробці нестандартних засобів вимірювання, методів, методик і алгоритмів вимірювання та контролю.

Встановлені основні фактори, що впливають на електрохімічні методики контролю при відновленні на виробництві спряжених деталей. Показані та обґрунтовані основні способи вимірювання та контролю поверхонь спряжених деталей.

За результатами проведеного аналізу сформовано мету роботи, визначено основні наукові задачі, які необхідно вирішити для її досягнення. На основі проведеного аналізу стану задачі стосовно випробування поверхонь деталей та їх контролю, запропоновано методи та шляхи вирішення задачі.

До висновків першого розділу зауважень немає.

**В другому розділі** представлений метод проведення моніторингу поверхні деталі в процесі роботи, який полягає у візуальному контролі та фіксації параметрів вимірювання в режимі експлуатації. Для цього розроблена приладова система контролю (Патент на корисну модель № 36600). Основу її складає вимірвальна система геометричних параметрів деталей, яка поєднана з металографічним мікроскопом, тензодатчиком та іншими приладами.

Також розглянуто роботу вихрострумового дефектоскопа ВД10, який використовується для контролю поверхні спряженої деталі при відновленні. В

дисертаційній роботі досліджено склад та властивості матеріалів для створення стандартних зразків спряжених деталей.

Дослідження спряжених деталей метал-метал дає можливість проводити моніторинг поверхні. Запропонована приладова система дозволяє проводити моніторинг поверхонь деталі та в динамічному режимі.

Дисертантом запропонована приладова система. Приладова система дозволяє проводити аналіз утворення плівок та контролювати переміщення матеріалу відновлення на поверхні деталі, як візуальним способом так і спектральним. Також схема може проводити вимірювання в процесі та після відновлення.

Проведено спектральний аналіз спряжених пар за допомогою приладової системи. Приладова система дозволяє проводити аналіз утворення плівок та контролювати переміщення матеріалу відновлення на поверхні деталі, як візуальним способом так і спектральним. Також схема може проводити вимірювання в процесі та після відновлення. Крім того за допомогою генератора ГЗ-34 та електронного перемикача з генератором (2...12) Гц створювати умови проходження струму в середовищах з високим електроопором.

При аналізі випробування при відновлення спряжених деталей використовуються різні методи контролю відновлення прецензійних деталей. Один з цих методів є метод магнітної індукції з використанням імпульсного модульованого струму.

Автор дисертаційної роботи привів висновки до розділу 2, зауважень до яких немає.

**У третьому розділі** подальшого розвитку набув метод вимірювання та контролю спряжених деталей. В даному розділі розглянуто процес контролю та вимірювання спряжених деталей, а також описаний метод моніторингу. Розроблено новий підхід щодо метрологічного забезпечення спряжених деталей за рахунок прогнозування безвідмовності деталей з використання статистичної інформації в умовах обмеженого обсягу вимірювальної інформації.

Автором розроблена блок-схема етапів локалізації дефекту спряжених деталей.

Розглянутий метод компенсації похибок. При вимірюванні дисперсії випадкового струму та напруги використовується декілька цифрових та аналогових приладів, які мають квадратичну характеристику перетворення. Розроблено нестандартний засіб вимірювання, а саме приладову систему визначення параметрів, як механічних, так і фізико-хімічних.

До висновків, представлених автором в розділі 3, зауважень немає.

**У четвертому розділі** досліджено дані по вимірюванні після відновлення поверхні деталі. Представлені умови проходження електричного сигналу крізь робоче середовище з високим електричним опором. Вперше проведені модельні випробування металевого зразка вказують на переміщення матеріалу складових латунного тіла на поверхню сталі 45. Одночасно процес роботи контролювали вібраційними характеристиками, за допомогою програми «SpektraLab».

Запропоновано метод вимірювання параметрів деталей під впливом направленої імпульсного струму високої частоти.

При багатоточкових вимірюваннях спостереженнях вхідних величин за допомогою статистичних методів (тип А) проведена оцінка складових невизначеності результату вимірювання.

Проведено визначення складових невизначеності за типом В при відомих даних на похибку приладів  $\pm\delta$ , при умові рівномірного закону розподілу.

Проведено моніторинг умов роботи спряжених деталей за допомогою аналізу вібраційних параметрів, отриманих програмою «SpektraLab» у звуковому діапазоні частот.

Таким чином, результати досліджень показали, що запропонована методика компенсації похибки при вимірюванні шорсткості дозволяє оцінити умови утворення геометричних параметрів як візуально, так і за допомогою вібраційних характеристик, використовуючи програму «SpektraLab». Це відкриває шлях до активного процесу проведення аналізу роботи та підбору матеріалів. Зауважень до висновків розділу 4 немає.

Завершують роботу висновки та додатки, на які є посилання в роботі.

#### **4. Наукова новизна**

Найбільш значимими науковими результатами дисертаційної роботи, на нашу думку, є такі:

1. Вперше введено та обґрунтовано поняття метрологічного забезпечення випробувань при відновленні спряжених пар в реальному часі, що забезпечують моделювання та розрахунок похибки вимірювань.

2. Вперше для оперативного управління якістю розроблено метод ідентифікації визначення геометричних параметрів, який відрізняється від існуючих комплексним застосуванням статистичної інформації та дає можливість реалізації нового класу вимірювань на основі імпульсного модульованого струму.

3. Вперше для забезпечення якості прецизійних деталей розроблено модель системи контролю 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 точність контролю на 10 %.

4. Запропоновано метод випробування спряжених деталей із застосуванням вихрострумовевого ефекту, який, на відміну від раніше відомих, базується на використанні імпульсного модульованого струму та дає можливість усунення паразитних похибок при використанні цифрового фільтра.

5. Удосконалено метод випробування прецизійних пар за рахунок підвищення інтегральної оцінки узагальненого показника якості на базі визначення вірогідності аномальних процесів відхилення від форми та дослідження фізичних явищ, складу і властивостей матеріалу та речовини для створення стандартних зразків значення про придатність деталей.

6. Подальшого розвитку отримав метод прогнозування якості випробування спряжених деталей та експериментально підтверджено підвищення точності прогнозування, який на відміну від існуючих методів, реалізує підвищення ефективності та метрологічної надійності приладової

системи з застосуванням електронних вимірювальних приладів.

**5. Практичне значення одержаних результатів роботи** полягає у наступному:

Запропонована фізична модель випробування спряжених деталей, яка дозволяє оцінити якість припрацювання деталей з різним значенням геометричних параметрів, що дозволяє визначити площу фактичного контакту, включаючи геометричні перекося.

Запропоновано фізична модель спряжених деталей гвинтових та зубчатих поверхонь для реалізації методу випробування, що дає можливість розробити умови ефективної роботи спряжених деталей в складі механізмів.

Запропонована приладова система контролю деталей після відновлення спряжених деталей з використанням імпульсного модульованого струму, метод випробування та розроблений спосіб контролю деталей, а також умови для їх випробування.

Запропоновано стандарт підприємства по метрологічному забезпеченню випробувань спряжених деталей та їх діагностиці.

**6. Ступінь обґрунтованості наукових положень дисертації та достовірність отриманих результатів**

Обґрунтованість наукових положень дисертації забезпечена коректністю постановки і вирішення завдань дослідження, чітким формулюванням мети і вибором методів досліджень. Для отримання основних наукових результатів застосовано широко апробовані методи досліджень, зокрема, кореляційного аналізу, математичної статистики, математичного моделювання на основі теорії точності вимірювань, математичної статистики, теорії випадкових процесів, методів фільтрації, методи статистичної обробки даних, теорії подібності.

Адекватність отриманих у роботі математичних моделей та рівнянь перевірена шляхом порівняння із експериментальними даними та високоточними розрахунковими даними. Дослідження приладової системи з підвищеними метрологічними характеристиками та їх нормування виконані на основі результатів експериментальних досліджень діючих механізмів на основі методів планування та постановки експерименту.

**7. Повнота викладення матеріалів дисертації в опублікованих працях. Впровадження результатів дослідження**

Основні положення дисертаційної роботи опубліковані у 15 наукових працях: з них 8 у фахових наукових виданнях з переліку, затвердженому МОН України (1 в наукометричній базі), 7 тез доповідей, 3 патенти України на корисну модель.

Результати дисертації впроваджено на підприємствах ПАТ НВО «Київський завод автоматики» та Державному підприємстві «Завод 410 Цивільної Авіації», а також в навчальному процесі Національного авіаційного університету при підготовці фахівців за спеціальністю «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка».

**8. Відповідність встановленим вимогам**

Дисертаційна робота **Паращанова В.Г.** «Метрологічне забезпечення випробування спряжених деталей на основі імпульсного модульованого струму», є завершеною науковою працею. Матеріал дисертації викладено

чітко та послідовно із застосуванням наукової та технічної термінології відповідних галузей знань, хоча до окремих застосованих термінологічних та стилістичних зворотів є зауваження.

Зміст дисертаційної роботи відповідає спеціальності 05. 01. 02 – стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення, за якою вона подана до захисту.

Автореферат дисертації адекватно відображає основний зміст, положення, висновки, рекомендації дисертаційної роботи та відповідає вимогам, які встановлені відповідними нормативними документами та положеннями до авторефератів.

#### **9. До недоліків дисертації слід віднести :**

1. В роботі та авторефераті не вказано застосування представлених у розділі 2 методу проведення моніторингу поверхні деталі та розробленої приладової системи контролю.

2. У розділі 4 на сторінці 11 приведена характеристика параметрів, які вимірює приладова система, проте не представлена порівняльна характеристика із даними вітчизняних чи зарубіжних аналогів.

3. В науковій новизні пункт 3 автор стверджує, що « .. розроблено модель системи контролю 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 точність контролю на 10 %». Проте, не приведена сама модель цієї системи та не приведено дані по підвищенню точності контролю на 10%.

4. Застосування запропонованої у роботі приладової системи по вимірюванню параметрів спряжених деталей і відповідної корекції похибки вимагає ускладнення алгоритму розрахунку невизначеності. Дисертанту слід було б детальніше розглянути це питання у роботі.

5. У висновках до роботи представлено пункт 6, де автор стверджує «Подальшого розвитку отримав метод прогнозування якості випробування спряжених деталей та експериментально підтверджено підвищення точності прогнозування, який на відміну від існуючих методів, реалізує підвищення ефективності та метрологічної надійності приладової системи з застосуванням електронних вимірювальних приладів», проте не вказано, який буде порядок проведення метрологічної надійності приладової системи.

6. У роботі зустрічаються окремі стилістично неточні терміни та технічні жаргони. Зокрема вжито “розробка” замість “розроблення”, “обробка” замість “опрацювання», «випробовування» замість випробування», «вимірювання спряжених деталей» замість «вимірювання параметрів спряжених деталей».

7. В авторефераті та дисертації є багато граматичних помилок.

Однак, перелічені зауваження та недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

#### **10. Загальний висновок**

Дисертаційна робота **Паращанова В.Г.** «Метрологічне забезпечення випробування спряжених деталей на основі імпульсного модульованого струму», є завершеною науковою працею.

В роботі отримано нові науково обґрунтовані результати в галузі стандартизації, сертифікації та метрологічного забезпечення по вимірюванню спряжених деталей, розробці приладової системи, коригуванню похибок вимірювання, що в сукупності вирішують важливу наукову задачу розроблення методів та способів вимірювання параметрів деталей на етапі випробування в лабораторіях.

Дисертаційна робота **Паращанова В.Г.** відповідає вимогам до робіт, що подаються до захисту на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. За актуальністю, науковим рівнем отриманих результатів та їх практичним впровадженням, наявністю необхідної кількості та обсягу публікацій дисертаційна робота «Метрологічне забезпечення випробування спряжених деталей на основі імпульсного модульованого струму», відповідає вимогам пунктів 9 та 11 Постанови Кабінету Міністрів України №567 від 24.07.2013 р. «Порядок присудження наукових ступенів» щодо кандидатських дисертацій, а її автор, Паращанов В.Г. заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.01.02 – стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення.

Офіційний опонент,  
Заступник начальника Науково-  
впроваджувального центру філії «Науково-  
дослідний та конструкторсько-технологічний  
інститут залізничного транспорту»  
АТ «Укрзалізниця»  
докт. техн. наук, професор

О. І. Ваганов

Підпис професора Ваганова О. І. засвідчую

