

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу Плешкунова Сергія Анатолійовича на тему
«Методика прискореного випробування зміцнених поверхонь для
підвищення ресурсу насоса паливної системи повітряного судна»,
яка представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 272 «Авіаційний транспорт»

Актуальність теми дисертації.

Для забезпечення надійної роботи силової установки повітряного судна постає вимога до застосування в її складі окремих систем, елементів, вузлів деталей та механізмів з великим ресурсом. Розробка та модернізація повітряного судна вимагає великих фінансових витрат та довготривалих випробувань. Відомо, що паливна система по рівню відмов займає друге місце після шасі. Паливний насос силової установки є одним із важливих елементів, що забезпечує надійну роботу всього повітряного судна. Шестерні насоса є основними елементами, які працюють в умовах високої контактної напруги, тому стан контактуючих поверхонь розглядається пріоритетним при розробці нових методів покращення експлуатаційних та функціональних властивостей матеріалів для виготовлення. Отже, тема роботи, присвячена методиці прискорених випробувань для визначення показників утомної міцності поверхневих шарів конструкційних матеріалів, яка істотним чином зменшує час експериментальної оцінки при проведенні порівняльних випробувань різних конструкційних матеріалів чи порівняння різних видів їх модифікації є актуальною.

В дисертаційній роботі вирішуються завдання, в яких на основі структурно-енергетичного балансу енергії поверхневих шарів в умовах контактної взаємодії визначається критерій утомної міцності та найбільш важливі фактори, що впливають на зміну властивостей поверхневих шарів при контактній утомній взаємодії. Експериментально, за допомогою метода акустичної емісії проведена оцінка ресурсних показників поверхневих шарів матеріалу. Положення, сформульовані у теоретичних дослідженнях це

підтверджують. Застосування методики прискореного випробування зміцнених поверхонь зменшує час порівняльної оцінки, що дозволяє використати при розробці нові конструкційні матеріали або способи їх зміцнення для підвищення ресурсу виробу.

Ступінь наукової обґрунтованості результатів, сформульованих в роботі, їх наукова новизна.

Науково-практичні результати дисертаційної роботи дозволяють підвищити ресурс агрегатів паливної системи силових установок повітряних суден на основі експериментальної оцінки утомної міцності. В роботі визначений критерій оцінки утомної міцності та найбільш важливі фактори, які впливають на зміну властивостей поверхневих шарів. Це дозволяє обрати більш ефективний метод зміцнення поверхні деталі. Розроблена методика прискорених випробувань для визначення показників утомної міцності поверхневих шарів конструкційних матеріалів, яка зменшує час експериментальної оцінки при проведенні порівняльних випробувань різних конструкційних матеріалів чи порівняння різних видів їх модифікації.

Не визивають сумнівів отримані наукові результати, що анонсовано у дисертаційній роботі С. А. Плешкунова. До них слід віднести наступні:

– метод оцінки втомної міцності матеріалів шестерень насоса паливної системи при контактній взаємодії тертям, в якому використовується енергетичний критерій – питома енергія руйнування поверхні за один цикл навантаження $\bar{E}_{\text{шт}}$.

– автором встановлено, що обране навантаження, величина якого визначалася як 0,95 від навантаження руйнування, забезпечить можливість проведення прискорених експериментальних досліджень.

Доцільно підкреслити, що автор в своїх дослідженнях застосував структурно-енергетичний метод, що дозволило йому зв'язати мікропоказники властивостей конструкційних матеріалів з макропоказниками.

Повнота опублікування основних положень дисертаційної роботи

За результатами дисертаційної роботи опубліковано 7 наукових статей у фахових виданнях України, 1 наукових стаття у зарубіжному виданні (проіндексована в міжнародних наукометричних базах), 1 науково-технічний звіт, 1 акт про впровадження результатів наукових досліджень.

Основні положення дисертації були представлені та отримали позитивну оцінку у збірниках тез та матеріалів наукових конференціях різного рівня, а саме на десяти міжнародних та одній всеукраїнській науково-технічній інтернет-конференції.

Кількість публікацій відповідає пункту 8 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій

Дисертаційна робота складається з анотації (українською та англійською мовами), вступу, чотирьох розділів із висновками до кожного з них, загальних висновків, списку використаної літератури та трьох додатків з науковими публікаціями та участю дисертанта у конференціях. Загальний обсяг дисертацій становить 183 сторінки і включає: обсяг основного тексту 147 сторінки, 47 рисунків, 18 таблиць. Список використаних джерел нараховує 203 найменування. Дисертаційна робота за структурою, мовою та стилем викладання відповідає вимогам, що висуваються до дисертаційних робіт на здобуття ступеня доктора філософії.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, визначений її зв'язок з науковими програмами, сформульовані мета та завдання дисертаційного дослідження(ст. 32, 33), визначені об'єкт, предмет та методи дослідження, викладена наукова новизна та практичне значення отриманих результатів. У вступі також розкритий особистий внесок автора, публікації та апробація результатів досліджень, структура та загальний обсяг дисертаційної роботи.

Перший розділ містить критичний огляд та аналіз публікацій, присвячених підвищенню надійності та ресурсу агрегатів авіаційної техніки, найбільш схильних до зносу. На підґрунтях цього виконано постановку наукової задачі, визначено мету та завдання дослідження для її досягнення.

У другому розділі проведений аналіз структурно-енергетичного балансу енергії поверхневого шару в умовах контактної взаємодії. Визначений критерій утомної міцності матеріалів для прискореної порівняльної оцінки ресурсних показників деталей авіаційної техніки (питома енергія руйнування за один цикл навантаження $\bar{E}_{\text{пит}}$). Розроблена методика прискорених досліджень на контактну утомну міцність. Встановлено основний фактор, який впливає на утомну контактну міцність – коефіцієнт дисипації енергії, що є константою для кожного з матеріалів. Виконаний аналіз кінетики розвитку пошкоджень в умовах контактного утомного зношування.

У третьому розділі розглянуто методичний підхід щодо експериментального дослідження дисертаційної роботи та наведено його результати. Виконано вибір матеріалів та робочого середовища, кінематичних схем контакту для проведення досліджень, моделюючих роботу випробовуваних зразків. Визначено основні напрямки та методи дослідження. Розроблено методику прискореної оцінки показників утомної міцності поверхневих шарів конструкційних матеріалів. Виконано статистичну оцінку середньої глибини утомних пошкоджень за результатами довготривалих випробувань. Проведена експериментальна оцінка показників малоциклової пошкоджуваності матеріалів, зміцнених цементуванням та іонно-плазмовим азотуванням. Проведений аналіз результатів прискорених та довготривалих випробувань. Проведена порівняльна оцінка технологічних методів цементації та іонно-плазмового азотування шляхом довготривалих випробувань на утомну міцність. Виконана порівняльна оцінка технологічних методів цементації та іонно-плазмового азотування шляхом випробувань на зносостійкість в умовах малоциклового зношування. Проведені поглиблені фрактографічні, мікроструктурні і фазові дослідження особливостей поверхневого шару сталевих зразків, зміцнених

традиційною цементацією та новим іонно-плазмовим азотуванням AVINIT N. Виявлені причини переваги іонно-плазмового азотування перед цементуванням за показником утомної міцності.

У четвертому розділі представлені прикладні аспекти реалізації результатів наукових досліджень. Надані практичні рекомендації з підвищення ресурсу коробок приводів та шестеренних насосів паливної системи. Аналіз теоретичних, експериментальних та металографічних досліджень показав, що запропонована в роботі методика прискореної оцінки втомної зносостійкості матеріалів є достовірною та може бути застосована на етапі концептуального проектування агрегатів авіаційної паливної системи з підвищеним ресурсом, і надасть можливість значно скоротити час та витрати на експериментальні ресурсні дослідження. Також наводяться схеми з практичними рекомендаціями щодо підвищення ресурсу шестеренних насосів та коробок приводів на етапі проектування та експлуатації.

Висновки результатів дисертаційного дослідження сформульовані послідовно. Висновки відповідають структурі дослідження, містять основні його результати та відображають реалізацію мети і завдання дослідження.

У додатках наведено список публікацій здобувача за темою дисертації та відомості про апробацію результатів дисертації, планування мінімально необхідного обсягу контролю, акт впровадження результатів дисертаційної роботи.

Практичне значення наукових результатів

Запропонована методика прискорених випробувань та запропонований енергетичний критерій контактної втомної міцності для обрання технології зміцнення поверхневого шару дозволили практично скоротити термін випробування варіантних проробок різних методів зміцнення поверхонь при терті спряжених профілів агрегатів, до складу яких входять зубчасті передачі, зокрема шестеренчастих насосів паливної системи двигуна повітряного судна. Розглянутий метод зміцнення поверхонь дозволяє

збільшити ресурс таких агрегатів та в цілому підвищує надійність систем, до складу яких вони входять, що забезпечить безпеку польотів, позитивно сприятиме зменшенню катастроф, аварій та серйозних інцидентів. Практичні результати дисертаційних досліджень впроваджено у виробництво АТ “ФЕД” при проведенні порівняльних випробувань на контактну втомну міцність зразків, зміцнених цементуванням та плазмовим азотуванням, про що свідчить Акт впровадження та Науково-технічний звіт за участю автора.

Академічна доброчесність

У дисертаційній роботі Плешкунова Сергія Анатолійовича на тему «Методика прискореного випробування зміцнених поверхонь для підвищення ресурсу насоса паливної системи повітряного судна» ознак академічного плагіату не виявлено. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Зауваження щодо змісту і оформлення дисертації

1. Список використаних джерел містить 203 найменування, з яких лише 12 джерел можна віднести до публікацій, що надруковані за останні 5 років, причому 7 з них є публікаціями за участю здобувача. Серед використаних джерел лише 1 видання надруковане за останні 3 роки. Середній вік видання у переліку використаних джерел становить 22 роки.

2. У висновках до першого розділу дисертації визначено, що серед пар тертя авіаційних агрегатів сучасних повітряних суден найбільш поширеними є зубчасті передачі, до чого автор дійшов на основі аналізу літературних джерел. Але при цьому у роботі не наведено будь якого статистичного порівняльного аналізу, який би підтверджував цей висновок.

3. У п.п. 1.3.2 при аналізі сучасних металофізичних методів оцінки показників утомної міцності матеріалів на основі публікацій визначено, що метод акустичної емісії має унікальну можливість отримання достовірної інформації про швидкоплинні елементарні акти пластичної деформації і руйнування матеріалів при терті у реальному часі, без зупинки та розібрання

агрегату повітряного судна. Тому висновок у другому розділі про те, що метод реєстрації сигналу акустичної емісії визначено як зручний та точний інструмент кількісної оцінки параметра утомної пошкоджуваності матеріалів виглядає вже очевидним та недоречним.

4. У п.п. 2.1.2 визначено, що параметр E_{\max} визначається з умови характеристик мікроструктури та підведеної потужності N , яка діє на мікроструктуру у процесі імпульсного навантаження. З цього, на думку автора, випливає, що матеріал з більш дрібнозернистою структурою має більше значення енергії руйнування, а відповідно, і вищі ресурсні показники. Якщо автор зміг зробити таке сміливе припущення вже на цьому етапі досліджень, то переваги іонно-плазмового модифікування перед цементацією вже ставали цілком логічними, хоча насправді такий висновок зовсім не очевидний.

5. На сторінці 47 з графіку на рисунку 1.1 випливає, що збільшення контактного напруження на 12,4% (з 22,5 кгс/м.кв до 25,3 кгс/м.кв) призводить до зменшення циклів навантаження до моменту руйнування у 9,5 разів (з $265 \cdot 10^3$ циклів до $28 \cdot 10^3$ циклів), що є сумнівним, враховуючи те, що дані були отримані у публікаціях 1979 та 1985 років.

6. На сторінці 72 при аналізі закономірностей зміни міри пошкодження за параметром АЕ автор дає посилання, що результати отримані в попередніх експериментальних дослідженнях при проведенні прискорених випробувань на втомну міцність за методикою, викладеною у розділі 2. При цьому насправді, опис цієї методики наведено тільки у розділі 3.

7. У висновках дисертаційної роботи представлені дані щодо підвищення ресурсних показників шестеренних насосів наливної автоматики (8000 годин) та агрегатів приводів (6000 годин) двигунів серії Д436-148, які ніяким чином не доведені у тексті дисертаційної роботи.

8. На сторінці 87 у продовженні таблиці 3.1 потрібно було написати "Продовження таблиці 3.1".

9. На рисунку 3.12 (сторінка 101) не позначені вісі діаграми зміни сигналів акустичної емісії при імпульсному навантаженні.

Разом з тим, зазначені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку отриманих автором наукових результатів.

Висновок про відповідність дисертації вимогам МОН України

Дисертаційна робота Плешкунова С.А. на тему «Методика прискороного випробування зміцнених поверхонь для підвищення ресурсу насоса паливної системи повітряного судна» подана на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 272 «Авіаційний транспорт» є завершеною науковою працею, в якій отримані нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують конкретну наукову-практичну задачу підвищення ресурсу агрегатів повітряних суден на основі експериментальної оцінки механізмів утомної міцності, який дозволяє обрати відповідний метод зміцнення поверхні тертя. Дисертація повністю відповідає вимогам наказу Міністерства освіти і науки України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» (з наступними змінами) та «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України №44 від 12 січня 2022 (зі змінами, внесеними згідно з Постановою Кабінету Міністрів України № 341 від 21.03.2022 р.), а її автор Плешкунов Сергій Анатолійович, заслуговує присудження ступеня доктора філософії у галузі знань 27 «Транспорт» за спеціальністю 272 «Авіаційний транспорт».

Рецензент –

кандидат технічних наук, доцент

заступник начальника кафедри конструкції та міцності літальних апаратів

та двигунів інженерно-авіаційного факультету Харківського національного

університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба



Свген Іленко
Свген Іленко

О. БОКЛАГ