

ВІДГУК

офіційного опонента доктор технічних наук, професора,

Степанова Михайло Сергійовича

на дисертаційну роботу

Плешкунова Сергія Анатолійовича

на тему «Методика прискореного випробування зміцнених поверхонь для підвищення ресурсу насоса паливної системи повітряного судна», поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії галузі знань за спеціальністю 272 «Авіаційний транспорт»

Актуальність теми дисертації.

В авіаційному транспорті забезпечення безпеки польотів є найважливішим завданням. Сучасний рівень технічного розвитку вимагає постійної модернізації авіаційної техніки та скорочування загального часу на її розробку та її випробування. Аналіз відмов окремих систем, елементів, вузлів деталей та механізмів авіаційної техніки показав, що одним з елементів надійності силової установки повітряного судна є справність паливної системи де паливні насоси відіграють ключову роль.

На основі структурно-енергетичного балансу енергії поверхневих шарів, в умовах контактної взаємодії, визначений критерій утомної міцності. Експериментальна оцінка, методом акустичної емісії, ресурсні показники поверхневих шарів матеріалу підтверджують положеннями сформульовані у теоретичних дослідженнях та зменшує час порівняльної оцінки.

Робота пов'язана з вирішенням питань забезпечення необхідної безвідмовності роботи паливного насоса повітряного судна за рахунок оцінки механізмів утомної міцності найбільш навантажених елементів для відповідного методу зміцнення поверхні тертя, застосування якого підвищить ресурс і забезпечить справності повітряних суден, що є актуальною задачею та важливим фактором безпеки польотів.

Дослідження спрямоване на вирішення науково-практичної задачі,

підвищення ресурсу агрегатів повітряних суден на основі експериментальної оцінки механізмів утомної міцності для визначення передумов та критерію, який дозволить обрати відповідний метод зміцнення поверхні тертя. Таким чином, тема дисертаційного дослідження Плешкунова Сергія Анатолійовича актуальна і має важливе науково-практичне значення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Робота виконувалася відповідно до Закону України “Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні” від 08.09.2011 року № 3715-VI та п. 2 постанови Кабінету Міністрів України від 17.05.2012 року № 397 “Деякі питання визначення середньострокових пріоритетних напрямів інноваційної діяльності галузевого рівня на 2012–2016 р.р.”, договором про співпрацю між ХНУПС та підприємствами України в рамках Інноваційного аерокосмічного кластера “Мехатроніка”, а також планом науково-дослідних робіт ХНУПС ім. Івана Кожедуба і була складовою частиною науково-дослідною роботою НДР «Розробка методики безрозбірної діагностики рухомих з'єднань агрегатів авіаційної техніки з застосуванням методу акустичної емісії» (“ДІАГНОСТИКА-В”), ДР №0101U001463.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій та їх достовірність.

Ступінь обґрунтованості та достовірності результатів дисертаційного дослідження не викликає сумнівів, оскільки вона забезпечується:

- коректністю обраної методології дослідження;
- аналізом сучасного стану досліджень в заявленій предметній області, комплексним застосуванням теоретичних та експериментальних методів дослідження;
- експериментальним доведенням ефективності запропонованої методики;
- адекватною добіркою використаних літературних джерел.

Обґрунтованість, коректність, достовірність сформульованих у роботі наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджується, також, актом

впровадження.

Основні наукові результати та їх наукова новизна

Підвищення ресурсу агрегатів повітряних суден на основі експериментальної оцінки механізмів утомної міцності для визначення передумов та критерію, який дозволить обрати відповідний метод зміцнення поверхні тертя є основною метою роботи. Була розроблена методика прискорених випробувань для визначення показників утомної міцності поверхневих шарів конструкційних матеріалів. Це дозволить істотним чином зменшити час для проведення порівняльних випробувань різних конструкційних матеріалів, або порівняння різних видів їх модифікації при експериментальній оцінці.

Серед результатів, які отримані при виконанні досліджень і, безумовно, мають наукову новизну, слід зазначити наступне:

– отримав подальший розвиток метод оцінки втомної міцності матеріалів насоса паливної системи повітряного судна при контактній взаємодії тертя, в якому використовується енергетичний критерій, де показником визначена питома енергія руйнування поверхні за один цикл навантаження \bar{E}_{um} .

– розвинуто підхід до експериментальних досліджень конструкційних матеріалів на контактну втомну міцність шляхом проведення випробувань імпульсним навантаженням, величина якого визначалася як 0,95 навантаження руйнування.

– отримав подальший розвиток структурно-енергетичний метод оцінки показників контактної утомної міцності матеріалів, за рахунок проведення кількісної оцінки енергії дисипації конструкційних матеріалів після імпульсного навантаження за показниками акустико-емісійного випромінювання.

– отримало подальший розвиток визначення про зв'язок характерної мікроструктури поверхні після азотування з високими показниками її втомної міцності при меншій товщині зміцненого шару у порівнянні з традиційною цементацією.

Практичне значення результатів роботи

Практична цінність наукових результатів дозволяє суттєво скоротити термін випробування варіантних проробок різних методів зміцнення поверхонь при терті об'єктів машинобудування, а саме агрегатів, до складу яких входять зубчасті передачі, зокрема шестеренчасті насоси паливної системи повітряного судна під час науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт.

Застосування визначеного найкращого методу зміцнення поверхонь дозволяє збільшити ресурс шестерень паливного насоса, що в цілому підвищує надійність систем, до складу яких вони входять. На етапі прийняття інженерних, технічних та технологічних рішень як при модернізації існуючих, так і при розробці перспективних зразків об'єктів машинобудування взагалі та авіаційної техніки (літаків) зокрема це є критичною складовою у системі заходів забезпечення безпеки польотів

Для практичного використання важливою є методика прискорених випробувань та запропонований енергетичний критерій контактної втомної міцності для обрання технології зміцнення поверхневого шару. Ці 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.

Повнота відображення результатів дисертації в опублікованих працях.

Наукові результати, що отримані в дисертаційній роботі, з достатньою повнотою відображені та опубліковані: в сімох наукових статтях у фахових виданнях України та у одній статті в іноземному виданні, що проіндексована в наукометричній базі Scopus. Основні положення роботи представлені на 11 наукових конференціях. Кількість публікацій відповідає «Вимогам до опублікування результатів дисертації на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук», затвердженим наказом Міністерства освіти і науки

України від 23 вересня 2019 року № 1220, зареєстрованим в Міністерстві юстиції України 08 жовтня 2019 року за № 1086/34054, і Постанові Кабінету Міністрів України №167 від 6 березня 2019 р. «Про присудження ступеня доктора філософії». В опублікованих наукових працях повністю розкрито основний зміст та отримані наукові результати й висновки, що складають основу дисертації.

Оцінка змісту, обсягу, структури та завершеності дисертації

Дисертаційна робота має логічну структуру та виконана в науковому стилі. Робота написана чіткою технічною мовою. Результати дисертаційної роботи чітко сформульовано та представлено у графічному матеріалі та висновках. Робота в повній мірі відповідає вимогам до дисертаційних робіт, встановлених Міністерством освіти і науки України.

Структура дисертаційної роботи відповідає поставленим завданням дослідження та складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел із 203 найменувань та 3 додатків. Загальний обсяг роботи становить 183 сторінки. Обсяг основного тексту дисертації становить 147 сторінки, 47 рисунків, 18 таблиць.

У вступі обґрунтовано актуальність обраної теми, визначені мета і задачі дослідження, наведено загальну характеристику роботи, розкрито наукову новизну і практичну цінність роботи, представлено інформацію про апробацію і публікацію основних положень дисертації та особистого внеску здобувача в опублікованих працях.

У першому розділі розглянуто теоретичні аспекти присвячених підвищенню надійності та ресурсу агрегатів повітряних суден. Автором визначено предметну область дослідження, яка полягає в аналізі агрегатів повітряних суден, де найбільш поширеними є зубчасті передачі, і тому їх безвідмовність та довгий ресурс роботи є визначальним чинником надійності повітряних суден. Ґрунтуючись структурно-енергетичним підхід до досліджування процесів тертя і зношування визначено, що величини енергії активації руйнування є універсальною базою для опису зміни стану

поверхневого шару. Проведено аналіз методів іонно-плазмового модифікування поверхневого шару як фактору підвищення ресурсних показників деталей авіаційного судна. Сформульовано мету та завдання дослідження.

У другому розділі на основі 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}_{num}). Розроблена методика прискорених досліджень на контактну утомну міцність за допомогою метод акустичної емісії для оцінки параметра утомної пошкоджуваності. Встановлено основний фактор, який впливає на утомну контактну міцність конструкційних матеріалів - коефіцієнт дисипації енергії, який постійний для кожного з матеріалів. Проведено аналіз кінетики розвитку пошкоджень в умовах контактного утомного зношування. Визначена міра пошкодження, яка адекватно оцінює зміну фізико-механічних властивостей конструкційного матеріалу у процесі тривалої експлуатації. Проведено математичний опис еволюції змін міри пошкодження матеріалів у процесі тривалої експлуатації в умовах знакозмінних навантажень.

У третьому розділі виконано вибір матеріалів та робочого середовища, кінематичних схем контакту для проведення досліджень, моделюючих роботу реальних трибосистем у агрегатобудуванні. Визначено основні напрямки та методи дослідження. Обґрунтовано комплексні метало-фізичні дослідження. Розроблено методику прискореної оцінки показників утомної міцності поверхневих шарів конструкційних матеріалів. Виконано статистичну оцінку середньої глибини утомних пошкоджень за результатами довготривалих випробувань. Проведено аналіз результатів прискорених та довготривалих випробувань з застосуванням методу акустичної емісії. Проведені поглиблені фрактографічні, мікроструктурні і фазові дослідження особливостей поверхневого шару сталевих зразків, зміцнених традиційною цементацією та новим іонно-плазмовим азотуванням

AVINIT N.

У четвертому розділі надані практичні рекомендації з підвищення ресурсу коробок приводів та шестеренних насосів паливної системи. Запропонована методика прискореної оцінки втомної зносостійкості матеріалів. Перевірена її достовірність, що може бути застосована на етапі концептуального проектування агрегатів авіаційної паливної системи з підвищеним ресурсом. Це надасть можливість значно скоротити час та витрати на експериментальні ресурсні дослідження. Надані схеми з практичними рекомендаціями з підвищення ресурсу шестеренних насосів та коробок приводів на етапі проектування та експлуатації.

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.

Висновки результатів дисертаційного дослідження сформульовані логічно і послідовно, відповідають структурі дослідження, містять основні результати дисертаційних досліджень, викладені достатньо повно та відображають реалізацію поставлених завдань.

Зауваження до викладеного у дисертації.

Відзначаючи хороший рівень роботи, наукове та прикладне значення результатів доцільно зробити деякі зауваження і побажання:

1. Проведений у першому розділі роботи аналіз методів оцінки показників утомної міцності матеріалів, що працюють в умовах контактного навантаження, серед методів експериментальної оцінки енергії активації руйнування поверхневих шарів при терті виділено дві основні групи методів: індентування та склерометрії. А у своїх експериментальних дослідженнях автором було застосовано тільки метод індентування – шляхом вимірювання та порівняння мікротвердості. При цьому переваги цього методу перед іншим у роботі не визначені, тому доцільним було б використати і метод склерометрії та порівняти їх результати, або більш ретельно обґрунтувати вибір саме мікротвердості.

2. При виконанні експериментальних досліджень моделювалася робота пар тертя зубчастих зчеплень агрегатів повітряних суден (диск-диск з 20% проковзуванням). Але теоретичні дослідження, виконані автором у другому розділі, носять універсальний характер і дозволяють припустити справедливність переваг запропонованої методики прискорених випробувань для будь яких агрегатів. Тому у експериментальних дослідженнях доцільно було б моделювати і тертя підшипникових пар.

3. Слід було проаналізувати результати отриманих фрактографій поверхонь трибоелементів, представлених на рис. 3.11, 3.16-3.17, 3.22, 3.25, 3.36-3.39, зв'язавши їх з результатами визначення величини зносу, рівня акустичної емісії, коефіцієнта тертя, температури та мікротвердості.

4. Доцільним було б оптимізувати структуру дисертації шляхом збільшення кількості розділів. Розділ 3 у роботі дуже об'ємний, при цьому фактично його можна було б розділити на два окремих розділи:

- Вибір матеріалів, обладнання та методика досліджень;
- Результати порівняльних експериментальних досліджень показників малоциклової та багатоциклової пошкоджуваності матеріалів.

5. Запропонована у роботі методика прискорених випробувань дає велику економію часу (до 20 разів) при проведенні експериментальних досліджень на етапі концептуального проектування при розробці нових об'єктів авіаційної техніки та при їх модернізації. А аналіз застосування іонно-плазмової модифікації поверхневого шару як фактору підвищення ресурсних показників деталей повітряних суден, що працюють в умовах високих контактних навантажень, дозволив автору прогнозувати підвищення ресурсних показників шестеренних насосів паливної автоматики у 6 разів. Але у роботі не було проведено розрахунків економічного ефекту від втілення в авіаційну промисловість результатів цих досліджень.

6. В дисертаційній роботі зустрічаються окремі невдалі технічні зврати та граматичні помилки.

7. Є недоліки в оформленні де яких фрагментів дисертації (наприклад, списку використаних джерел).

Зазначені зауваження не мають істотного значення та не знижують наукової та практичної цінності виконаної дисертаційної роботи.

Загальний висновок

Представлена робота являє собою завершене дослідження, в ній отримані нові і достовірні результати, які ефективно вирішують наукову і прикладну задачу створення прискореного методу випробувань поверхневого зміцнення деталей шестеренних паливних насосів, що й забезпечує як підвищення їх надійності, так і скорочення часу на концептуальному етапі розробки нових об'єктів авіаційної техніки та при їх модернізації.

Дисертація відповідає спеціальності 272 «Авіаційний транспорт», тому що вона присвячена дослідженням можливостей і шляхів удосконалення технічних елементів, складових, зразків повітряних суден, поліпшення їх експлуатаційних характеристик, у ній досліджуються шляхи розробки методів збільшення надійності та експлуатаційної технологічності авіаційної техніки.

Підсумовуючи вищесказане, можна стверджувати, що дисертація Плешкунова Сергія Анатолійовича за обсягом виконаних досліджень, новизною та науковою значимістю отриманих результатів та їх рівнем повністю відповідає вимогам Наказу Міністерства освіти і науки України №40 від 12 січня 2017 р. «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» та вимогам, передбаченим пунктом 10 «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії», затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 р. №167, заслуговує позитивної оцінки

За змістом та якістю теоретичних та експериментальних досліджень і отриманих результатів дисертаційна робота в повній мірі відповідає рівню дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії, а за актуальністю вирішених завдань, отриманих наукових результатів, теоретично обґрунтованих принципових наукових положень, великим обсягом проведених експериментальних досліджень і глибину опрацювання досліджуваного питання. та підтвердженої значимості актом впровадження,

дисертаційна робота, та представлені до розгляду публікації задовольняють вимогам пп. 6-9 Постанови Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44 «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (зі змінами, внесеними згідно з Постановою КМУ № 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».

Офіційний опонент:

професор кафедри технології машинобудування
та металорізальних верстатів

Національного технічного університету

“Харківський політехнічний інститут”,

доктор технічних наук, професор

Михайло СТЕПАНОВ

Підпис *проф. Михайло Степанов*
ЗАСВІДЧУЮ:
ВЧЕНИЙ СЕКРЕТАР
НАЦІОНАЛЬНОГО-ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
“ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”
"29" 08 2024

