

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
Гаврилова Євгена Павловича на тему
«Комплексний метод контролю побічних негативних ефектів при
застосуванні плівкоутворюючих антикорозійних сполук»
представлену на здобуття вченого ступеню доктора філософії
в галузі знань 13 – Механічна інженерія
за спеціальністю 134 – Авіаційна та ракетно-космічна техніка

Актуальність теми дисертації.

Дисертаційну роботу присвячено вирішенню актуального науково-технічного завдання боротьби з корозією авіаційних конструкцій, наслідком якої є зниження надійності і довговічності авіаційної техніки та збільшення витрат на підтримання льотної придатності літаків транспортної категорії.

Вітчизняні і міжнародні нормативні документи визначають забезпечення корозійної стійкості авіаційних конструкцій як обов'язкове, отже відповідні наукові дослідження є актуальними.

В роботі проведено аналіз методів використання плівкоутворюючих антикорозійних сполук та їх асортимент, що постійно зростає. Визначені побічні ефекти їх застосування. Науково систематизовані причини та наслідки побічних ефектів при використанні плівкоутворюючих антикорозійних сполук, що дозволило обґрунтовано підходити до їх вибору.

Зазначена науково-прикладна задача вирішена в дисертаційній роботі Є.П.Гаврилова.

Оцінка змісту та завершеності дисертації.

Дисертація має загальний обсяг 169 сторінок, складається з анотацій державною та англійською мовами, вступу, 4 розділів, загальних висновків та списку використаних джерел з 114 найменувань, та трьох додатків.

У вступі показана актуальність проблеми, вказано на зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами досліджень, що проводяться в АТ «АНТОНОВ» і Державному університеті «Київський авіаційний інститут», показано мету і завдання дослідження, визначено об'єкт і предмет дослідження, показана наукова новизна та практична цінність роботи, показано особистий внесок здобувача, наведена інформація про публікації за темою дослідження.

В першому розділі зазначено, що проблема корозії є загально світовою. Аналіз авіаційних пригод та катастроф показує, що 25 % руйнувань

компонентів літака є наслідком різних видів корозії. Наведено посилання на програму запобігання і контролю корозії, «A corrosion prevention and control program (CPCP)». Розглянуто природу корозійного пошкодження та сучасні методи захисту конструкцій від корозії. Показано типові приклади корозійного пошкодження з акцентом на літаки АТ «АНТОНОВ».

Показано, що висока проникаюча здатність є однією з найбільш значущих властивостей плівкоутворюючих антикорозійних сполук. Волога витискається такими матеріалами з щілин і зазорів і таким чином створюються умови попередження корозії, або її уповільнення.

Проте, корисна властивість зазначених сполук може впливати на сили тертя в з'єднаннях, викликати перерозподіл зусиль між елементами з'єднання і вплинути на циклічну довговічність конструктивних з'єднань.

Обґрунтована необхідність розробки комплексного метода, який дозволяє проводити науково обґрунтований, експериментально підтверджений вибір плівкоутворюючої сполуки для застосування в конструкціях нових літаків розробки АТ «АНТОНОВ», який не тільки забезпечує необхідні захисні властивості, але і запобігає негативні побічні ефекти застосування.

В другому розділі розглянуто методологію експериментальних досліджень. Зразки заклепкових з'єднань відповідали конструкції фюзеляжу літаків АТ «АНТОНОВ», яка потребує додаткової антикорозійної обробки. Зразки були виготовлені на виробничих потужностях АТ «АНТОНОВ», тобто відповідно до прийнятої виробничої технології. При виборі сполук для обробки заклепкових з'єднань керувались також вимогою наближення до технологій АТ «АНТОНОВ». Дослідження втомі зразків-імітаторів клепаних поздовжніх стиків фюзеляжу забезпечувалось використанням сертифікованого обладнання. Особливістю дослідження є використання оригінального пристрою для визначення сил тертя спокою в заклепкових з'єднаннях. При виборі режимів навантажування автор керувався даними про рівень напружень в обшивці фюзеляжу літаків транспортної категорії розробки АТ «АНТОНОВ». Для оцінки напружено-деформованого стану заклепкових з'єднань використовувалася система проектування CATIA V5 та система аналізу ABAQUS.

В третьому розділі представлено основні результати експериментальних досліджень.

В ході виконання дисертації були проведені випробування оброблених плівкоутворюючих антикорозійних сполук (ПАС) зразків-імітаторів трирядних клепаних поздовжніх стиків фюзеляжу, виконаних внапуск з рядним розташуванням кріплення. Такі з'єднаннями є типовими, а

інформація про їх поведінку при наявності ПАС, є критично важливою при обґрунтуванні технології антикорозійного захисту.

Статистична обробка результатів показала можливість застосування закону Вейбула до розподілу експериментальних значень довговічності. Випробування підтвердили можливість негативного впливу сполук на циклічну довговічність: застосування антикорозійної сполуки AV-8 при певних умовах суттєво знизило середню кількість циклів навантажування. В розділі показано також і спосіб подолання негативного ефекту.

Враховуючи припущення стосовно впливу сил статичного тертя в заклепкових з'єднаннях, автор запропонував методику кількісної оцінки сил статичного тертя. Для дослідження тертя в заклепковому з'єднанні було розроблено пристрій, ключовим елементом якого є «Рухомий конструктивний елемент». Результати визначення коефіцієнтів статичного тертя вказують на суттєвий вплив антикорозійних матеріалів на сили статичного тертя та необхідність їх вибору за комплексом характеристик.

В роботі досліджена залежність тертя в з'єднаннях від технологічних параметрів обробки плівкоутворюючими антикорозійними сполуками.

Застосуванням скінченно-елементного аналізу досліджено вплив ПАС на напружено-деформований стан елементів з'єднання.

В четвертому розділі на основі отриманих експериментальних даних, скінченно-елементного аналізу, а також запропонованих методик сформовано основні та додаткові компоненти комплексного методу контролю побічних негативних ефектів при застосуванні ПАС.

Основні компоненти методу дозволяють прийняти рішення стосовно доцільності використання певних антикорозійних сполук для захисту авіаційних конструкцій, в яких довговічність визначається несучою здатністю заклепкових з'єднань. До таких компонентів відносяться дослідження тертя спокою при наявності ПАС, дослідження втомної довговічності, проникаючої здатності, а також скінченно-елементне моделювання напружено-деформованого стану. До додаткових компонентів, які дозволяють зробити висновки стосовно загальних механізмів впливу ПАС відносяться методики дослідження впливу на інкубаційну стадію втоми, на швидкість розповсюдження втомних тріщин та інші.

Практична цінність дисертаційного дослідження

Дисертаційна робота має практичну спрямованість: методичне забезпечення дозволяє виявляти негативні побічні ефекти застосування антикорозійних сполук для захисту авіаційних конструкцій; розроблене устаткування дозволяє проводити попередній вибір ПАС за критерієм

мінімізації впливу ПАС на перерозподіл зусиль між елементами заклепкових з'єднань; отримані дані забезпечують використання ПАС без негативного впливу на ресурсні характеристики; запропонована методика аналізу напружено-деформованого стану заклепкових з'єднань дозволяє кількісно оцінювати вплив ПАС на локальні напруження в зоні концентрації напружень; структурно-логічна схема методу контролю побічних ефектів застосування ПАС вирішує проблему вибору ПАС для захисту авіаційних конструкцій. Методологія дослідження забезпечила практичну цінність роботи завдяки орієнтації на проблему антикорозійного захисту реальних конструкцій літаків транспортної категорії, обґрунтованості конструкції зразків для проведення випробувань, режимами випробувань, а також вибором плівкоутворюючих сполук, які дозволяють зробити узагальнюючі висновки щодо можливості негативних побічних ефектів та їх попередження.

Комплексний метод контролю побічних негативних ефектів при застосуванні плівкоутворюючих антикорозійних покриттів впроваджені в АТ «АНТОНОВ» і використовуються при забезпеченні корозійної стійкості авіаційних конструкцій. Результати роботи використовуються в навчальному процесі кафедри конструкції літальних апаратів ДУ «Київський авіаційний інститут» при викладанні дисциплін «Втома, корозія та руйнування авіаційних конструкцій» та «Конструкція та міцність літальних апаратів».

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірності.

При виконанні досліджень використано дані АТ «АНТОНОВ» стосовно експлуатаційних навантажень літаків транспортної категорії, сертифіковане випробувальне обладнання, сучасні методи статистичної обробки експериментальних даних, сучасні підходи до аналізу напружено-деформованого стану елементів заклепкових з'єднань, які базуються на використанні методу скінченних елементів. Отримані висновки статистично обґрунтовані.

Основні наукові результати та їх наукова новизна.

Серед результатів, які отримані при виконанні досліджень вперше і, безумовно, мають наукову новизну, слід зазначити наступне: доведена обґрунтованість припущення про вплив плівкоутворюючих антикорозійних сполук на втомну довговічність; встановлено зв'язок фізико-механічних характеристик плівкоутворюючих антикорозійних сполук з негативним впливом на циклічну довговічність; визначено кількісно вплив антикорозійних сполук на сили статичного тертя між елементами заклепкових з'єднань;

застосуванням скінченно-елементного аналізу визначено зв'язок коефіцієнту статичного тертя між елементами заклепкового з'єднання і концентрацією напружень в зоні заклепок; сформовано новий комплексний метод контролю побічних негативних ефектів застосування плівкоутворюючих антикорозійних сполук.

Зауваження до викладеного у дисертації.

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

1. Необхідним є обґрунтування механізму впливу плівкоутворюючих антикорозійних сполук на втомне пошкодження авіаційних конструкцій на основі аналізу хімічного складу антикорозійних сполук.
2. Враховуючи сучасний стан ринку антикорозійних сполук, доцільно було б розглянути більше варіантів антикорозійних матеріалів.
3. Не надано підтвердження класифікації плівкоутворюючих сполук як поверхнево активних речовин.
4. Доцільно було б провести електронно мікроскопічне фрактографічне дослідження поверхонь руйнування зразків, які випробувались на втому.
5. Доцільно було б при визначенні зусиль стискання для дослідження сил тертя спокою в модельних з'єднаннях орієнтуватися на фактичні технологічні режими клепальних робіт.
6. При аналізі стану проблеми не показано, на якій стадії експлуатації повітряного судна використання плівкоутворюючих антикорозійних сполук, як додаткового захисту від корозії, є оптимальним.

Зазначені зауваження не знижують наукової та практичної цінності дисертаційної роботи.

Повнота викладу результатів дисертації в публікаціях.

За темою дисертації опубліковано статті в українських та іноземних виданнях, 3 статті опубліковано у виданнях, що індексується у наукометричній базі даних Scopus. Новизна технічного рішення підтверджується патентом України на корисну модель. Результати досліджень періодично обговорювались на міжнародних наукових конференціях.

Загальний висновок.

Представлена робота являє собою завершене дослідження, в ній отримані нові і достовірні результати, які ефективно вирішують науково-прикладну задачу оптимізації антикорозійного захисту авіаційних конструкцій на основі науково обґрунтованого комплексного методу контролю побічних негативних ефектів при застосуванні плівкоутворюючих антикорозійних сполук.

Висновок про дисертаційну роботу

Дисертаційна робота Гаврилова Євгена Павловича на тему «Комплексний метод контролю побічних негативних ефектів при застосуванні плівкоутворюючих антикорозійних сполук» виконана на високому науковому рівні, є закінченим науковим дослідженням, розв'язує актуальну науково-прикладну задачу для галузі знань 13 – Механічна інженерія. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною відповідає вимогам п.6 – 9 «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.

Офіційний опонент:

кандидат технічних наук,

доцент кафедри авіа- та ракетобудування

Національного технічного університету України

«Київський політехнічний інститут

імені Ігоря Сікорського»,

14 березня 2025 року

