

ЗАТВЕРДЖУЮ

в. о. президента

державного некомерційного підприємства

«Державний університет

«Київський авіаційний інститут»



Ксенія СЕМЕНОВА

12 2024 року

ВИСНОВОК

Державного некомерційного підприємства «Державний університет «Київський авіаційний інститут» (далі – КАІ) про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації

Гаврилова Євгена Павловича на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 134 – Авіаційна та ракетно-космічна техніка на тему «Комплексний метод контролю побічних негативних ефектів при застосуванні плівкоутворюючих антикорозійних сполук»

ВИТЯГ

із протоколу № 1 розширеного засідання
кафедри конструкції літальних апаратів КАІ:
від 12 грудня 2024 року

Присутні на засіданні науково-педагогічні працівники кафедри Конструкції літальних апаратів:

Головуючий на засіданні Ігнатович С.Р., д.т.н., професор, професор кафедри, гарант освітньо-наукової програми «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»;

Карускевич М.В., д.т.н., професор, професор кафедри;

Юцкевич С.С., к.т.н., доцент, завідувач кафедри конструкції літальних апаратів;

Маслак Т.П., к.т.н., доцент, доцент кафедри;

Каран Є.В., к.т.н., старший викладач кафедри;

Щепак С.В., к.т.н., доцент кафедри;

Якобчук О.Є., к.т.н., старший викладач кафедри.

Присутні на засіданні науково-педагогічні працівники інших кафедр КАІ:

Бадах В.М. к.т.н., с.н.с., завідувач кафедри гідрогазових систем;

Попов О.В. к.т.н., доцент, завідувач кафедри підтримання льотної придатності повітряних суден;

Хімко А.М., к.т.н., доцент, доцент кафедри підтримання льотної придатності повітряних суден;

Лук'янов П.В. к.ф.-м.н., с.н.с., доцент кафедри гідрогазових систем;

Мікосянчик О.О., д.т.н., професор, завідувач кафедри прикладної механіки та інженерії матеріалів;

Мнацаканов Р.Г., д.т.н., професор, професор кафедри підтримання льотної придатності повітряних суден;

Корчук О.Ю. к.т.н., доцент, завідувач кафедри філологічних та природничих дисциплін.

Серед присутніх 4 доктори технічних наук і 10 кандидатів технічних наук.

Порядок денний:

Обговорення дисертаційного дослідження аспіранта кафедри конструкції літальних апаратів КАІ Гаврилова Євгена Павловича на тему «Комплексний метод контролю побічних негативних ефектів при застосуванні плівкоутворюючих антикорозійних сполук», поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань Галузь знань 13 – «Механічна інженерія» за спеціальністю 134 – «Авіаційна та ракетно-космічна техніка».

Науковий керівник доктор технічних наук, професор, професор кафедри конструкції літальних апаратів КАІ: Карускевич Михайло Віталійович.

Дисертація виконувалась на кафедрі конструкції літальних апаратів КАІ.

Уточнену тему дисертаційного дослідження «Комплексний метод контролю побічних негативних ефектів при застосуванні плівкоутворюючих антикорозійних сполук» затверджено на засіданні Вченої ради Аерокосмічного факультету «10» квітня 2024 року, протокол № 3.

Виступили:

Здобувач Гаврилов Євген Павлович представив презентацію з основними положеннями дисертації на тему «Комплексний метод контролю побічних негативних ефектів при застосуванні плівкоутворюючих антикорозійних сполук», поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 13 «Механічна інженерія», за спеціальністю 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка».

Доповідач обґрунтував актуальність дослідження для авіаційної галузі, визначив мету і основні завдання, обґрунтував методи дослідження, охарактеризував об'єкт та предмет дисертації, представив основні наукові та практичні результати, висновки, що виносяться на захист, надав інформацію про впровадження результатів дослідження в АТ «АНТОНОВ» та навчальному процесі КАІ.

Автор зазначив, що конструкторські, технологічні та наукові рішення, реалізовані в літаках АТ «АНТОНОВ», забезпечують їх тривалу експлуатацію в різноманітних кліматичних умовах, проте проблема корозії і задача антикорозійного захисту є актуальними для провідних авіабудівних компаній світу. Одним із загально прийнятих методів додаткового захисту є застосування плівкоутворюючих антикорозійних сполук (ПАС), які в світовій промисловості і науковій галузі прийнято називати Corrosion Preventive Compounds (CPC), Corrosion Inhibiting Compounds (CIC).

В результаті аналізу значної кількості публікацій, автор дослідження зробив висновок: поруч з дослідженнями, які вказують на доцільність їх застосування,

існують експериментальні результати, які обумовлюють певні застереження: спостерігались випадки негативних побічних ефектів при захисті заклепкових з'єднань авіаційних конструкцій, які пояснюються різними факторами, в тому числі впливом на сили тертя між елементами з'єднань. Спостерігався і вплив ПАС на кінетику втомних тріщин в алюмінієвих конструкційних сплавах.

Автор довів, що враховуючи значну кількість нових сполук на ринку антикорозійних матеріалів, обмежений характер даних про хімічний склад сполук, очевидно і актуальною є необхідність критичного аналізу даних про функціональні властивості та побічні ефекти застосування антикорозійних сполук, дослідження механізму їхнього впливу на втому конструкційних матеріалів та елементів конструкцій.

Автор сформулював мету дослідження - запобігання негативних побічних ефектів при використанні плівкоутворюючих антикорозійних сполук, що досягається їх науково обґрунтованим вибором, контролем та застосуванням. Показані задачі, які були вирішені для досягнення мети дослідження.

Методичною особливістю дослідження є використання пристрою для визначення сил тертя спокою в заклепкових з'єднаннях, розробленого в ході дисертаційного дослідження.

Автор показав, що в ході виконання дисертаційної роботи були проведені випробування оброблених ПАС зразків-імітаторів трьохрядних клепааних поздовжніх стиків фюзеляжу, які є типовими, а інформація про їх поведінку при наявності ПАС, є критично важливою при обґрунтуванні технології антикорозійного захисту.

Автором показано, що довговічність конструктивних елементів суттєво залежить від властивостей і способу обробки плівкоутворюючими антикорозійними сполуками.

На основі отриманих результатів автором зроблено висновок про локальний характер контактної взаємодії пластин з'єднання, яка зосереджена виключно в зоні отворів. В результаті подальшого аналізу було зроблено важливий висновок: локальні напруження в зоні отвору залежать від коефіцієнту статичного тертя між листами обшивки.

В результаті досліджень втомних заклепкових з'єднань, оброблених ПАС, тертя між елементами з'єднань, вимірювань коефіцієнту статичного тертя в з'єднаннях, моделювання роботи з'єднань методом скінченних елементів, а також розгляду додаткових можливих факторів впливу ПАС на втому елементів авіаційних конструкцій, запропоновано комплексний метод контролю побічних негативних ефектів при застосуванні профілактичних антикорозійних покриттів.

Автор також показав, що метод контролю побічних негативних ефектів при застосуванні ПАС може бути адаптований для використання відповідно до програм антикорозійного захисту перспективних повітряних суден.

Після закінчення презентації присутніми на захисті фахівцями були поставлені наступні запитання:

Запитання до здобувача:

1. **Ігнатович С.Р.**, д.т.н., професор, професор кафедри конструкції літальних апаратів КАІ.

Запитання: Шановний Євген Павлович, заклепкові шви мають складну систему захисту від корозії: анодування, покриття ґрунтом, лакофарбове покриття, герметизація швів. В той же час, ваші зразки не мають зазначених засобів захисту. Поясніть це, будь ласка.

Відповідь: Дякую за запитання. Справа в тому, що після декількох років експлуатації захист від корозії руйнується. Тому ми розглядали екстремальну ситуацію – відсутність традиційних засобів захисту.

2. **Бадах В. М.**, к.т.н., с.н.с., завідувач кафедри гідрогазових систем.

Запитання: Шановний Євген Павлович, які типи сіток були використані під час чисельного моделювання заклепкових з'єднань?

Відповідь: Дякую за запитання. Перш за все я хочу сказати чому ми використовували метод скінченних елементів. По-перше, тому що традиційний метод тензометрування не виявився достатньо чутливим для визначення впливу ПАС на перерозподіл зусиль в елементах конструкцій. По-друге, цей метод дав нам можливість виявити кількісну залежність локальних напружень в зоні виникнення тріщини від сил статичного тертя. Що стосується типу сіток: При моделюванні використовували тетрагональну сітку (OCTREE Tetrahedron Mesh) для більшості розрахункових випадків. Для моделювання нелінійної поведінки при аналізі процесів пластичної деформації використовувалася гексаедральна сітка другого порядку з проміжними вузлами (Hexahedron Mesh) для збільшення точності та збіжності обчислень.

3. **Лук'янов П.В.** к.ф.-м.н., с.н.с., доцент кафедри гідрогазових систем.

Запитання: Шановний Євген Павлович, На слайді 22 показана спроба дослідити вплив плівкоутворюючих сполук на напружено-деформований стан елементів з'єднання використанням тензорезисторів. Поясніть, будь ласка, більш детально, чому цей метод виявився не результативним і яким є розподілення напружень поблизу заклепки.

Відповідь: Дякую за запитання. Розмір тензорезисторів, які зазвичай використовуються для вимірювання деформацій і відповідних напружень знаходиться в діапазоні від 5 мм до 20 мм. В той же час, як показали дослідження інших авторів (показані на слайді 22 справа) і наш скінченно-елементний аналіз (слайд 24) контакт листів є надзвичайно локалізованим, і саме ця вузька зона відповідає за ефект зниження довговічності при наявності мастильного матеріалу.

4. **Мнацаканов Р.Г.**, д.т.н., професор, професор кафедри підтримання льотної придатності повітряних суден

Запитання: Шановний Євген Павлович, яким чином використовувались експериментальні дані стосовно коефіцієнтів тертя?

Відповідь: Дякую за запитання. Отримані експериментальні дані стосовно коефіцієнтів тертя спокою (статичного тертя) були використані на наступному етапі – при скінченно-елементному аналізі з метою отримання залежностей між коефіцієнтами тертя і локальними напруженнями в зоні формування втомної тріщини. При цьому, враховано також силу стискання заклепок.

5. **Корчук О.Ю.**, к.т.н., доцент, завідувач кафедри філологічних та природничих дисциплін.

Запитання: Шановний Євген Павлович, скільки публікацій, що відносяться

до наукометричної бази даних SCOPUS ви маєте по результатах дослідження?

Відповідь: Дякую за запитання. По результатх дослідження підготовлено три статті, що індексуються SCOPUS, один з журналів має кватиль 1.

6. Якобчук О. Є., к.т.н., старший викладач кафедри конструкції літальних апаратів.

Запитання: Відомо, що в конструкції фюзеляжу діють напруження, обумовлені надлишковим тиском, згином, крученням. Як обирались напруження, при яких проводились випробування?

Відповідь: Так, дійсно, обшивка фюзеляжу працює в умовах складного напруженого стану. Але, як показали дослідження, в тому числі проведені в АТ АНТОНОВ, визначальними, з точки зору втомного пошкодження і руйнування повздовжніх заклепкових з'єднань, є напруження від надлишкового тиску – кільцеві напруження. Їх величина становить близько 120 МПа. Саме такий рівень ми прийняли як основний при проведенні випробувань.

Крім того, аналіз літературних даних дає підстави вважати, що негативний побічний ефект застосування плівкоутворюючих сполук проявляється в найбільшій мірі саме при напруженнях цього рівня.

7. Мікосянчик О.О., д.т.н., професор, завідувач кафедри прикладної механіки та інженерії матеріалів.

Запитання: Шановний Євген Павлович, чи вважаєте ви доцільним дослідження впливу температури на властивості плівкоутворюючих сполук?

Відповідь: Дякую за запитання. Так, це дало б додаткову інформацію стосовно можливих побічних ефектів, але літаки працюють в різноманітних температурних умовах, що залежить від регіону експлуатації, висоти, і т.п. Отже ми зупинились на температурних умовах, які, по-перше, є найбільш типовими для процедури антикорозійної обробки, і по-друге, реалізуються в умовах лабораторного дослідження.

Після відповідей на запитання виступили:

Науковий керівник – д.т.н., проф., професор кафедри конструкції літальних апаратів КАІ, Карусевич Михайло Віталійович.

Зазначено, що Є.П.Гаврилов поступив до аспірантури Національного авіаційного університету в 2021 році. Освітня та наукова складові навчання виконані в повному обсязі. Дослідження проводилось на експериментальній базі кафедри конструкції літальних апаратів КАІ і АТ «АНТОНОВ».

Результати досліджень висвітлені в 13 публікаціях, зокрема у трьох статтях у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базі даних Scopus, чотирьох статтях у наукових виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України, 5 публікаціях, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації, Патенті України на корисну модель.

Науковий напрям і тема дисертаційного дослідження обрані виходячи з актуальних задач авіаційної галузі і АТ «АНТОНОВ».

Робота виконувалася як складова частина досліджень, що проводились кафедрою конструкції літальних апаратів КАІ та Розрахунково-дослідним відділом

ресурсу, зовнішніх навантажень і аеропружності АТ «АНТОНОВ». Дослідження, узагальнені в дисертації, виконувались відповідно до «Державної цільової науково-технічної програми розвитку авіаційної промисловості України на період 2021-2030 років».

Результати дослідження використовуються також в навчальному процесі кафедри конструкції літальних апаратів КАІ при викладанні дисциплін «Втома, корозія та руйнування авіаційних конструкцій», та «Конструкція та міцність літальних апаратів» та інших другого та третього рівнів вищої освіти.

Висунуті на захист наукові положення достатньо обґрунтовані, а експериментальні дані, завдяки використанню сучасних методів дослідження і коректній інтерпретації, є достовірними.

Відповідно до освітньо-наукової програми «Авіаційна та ракетно-космічна техніка» третього рівня вищої освіти за спеціальністю 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка» галузі знань 13 «Механічна інженерія» Є.П. Гаврилов оволодів всіма програмними компетенціями, зокрема, інтегральною, яка полягає в здатності розв'язувати комплексні проблеми в галузі професійної, у тому числі дослідницько-інноваційної діяльності у сфері авіаційної та ракетно-космічної техніки.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею, яка націлена на вирішення актуальної науково-прикладної задачі, відповідає спеціальності 134 – «Авіаційна та ракетно-космічна техніка», а її автор Гаврилов Євген Павлович заслуговує присудження ступеня доктора філософії на підставі Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, який затверджено Постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 року.

Науковий керівник запропонував затвердити позитивний висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів зазначеної дисертації та рекомендувати її до захисту на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 13 – «Механічна інженерія», за спеціальністю 134 – «Авіаційна та ракетно-космічна техніка».

Обговорення дисертаційного дослідження.

Мнацаканов Р.Г., д.т.н., професор, професор кафедри підтримання льотної придатності повітряних суден.

Професор Мнацаканов Р.Г. зазначив: робота є ґрунтовним дослідженням, присвяченим актуальній науково-прикладній проблемі. В роботі є наукова новизна, практична цінність. Результати висвітлені в достатній кількості фахових публікацій, впроваджені в АТ «АНТОНОВ» і навчальному процесі КАІ.

Загалом дисертаційна робота є завершеною та такою, що відповідає вимогам Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року № 44. Я підтримую роботу Є.П.Гаврилова.

Мікосянчик О.О., д.т.н., професор, завідувач кафедри прикладної механіки та інженерії матеріалів.

Актуальність роботи не викликає сумнівів. Мені хотілось б побачити більш детальний аналіз напружено-деформованого стану поблизу отвору під заклепку. На захисті рекомендую винести це питання на плакати. Перевагою роботи є те, що досліджені сучасні плівкоутворюючі сполуки і доведена можливість їх впливу на циклічну міцність. Мені сподобалась оригінальна методика дослідження проникнення плівкоутворюючих сполук в зазори заклепкових з'єднань, Наукова новизна доведена, публікації категорії SCOPUS вказують на рівень дослідження. Я підтримую цю роботу та вважаю, що його автор заслуговує на присудження ступеня доктора філософії.

Юцкевич С.С., к.т.н., доцент, завідувач кафедри конструкції літальних апаратів КАІ.

Доцент Юцкевич відмітив, що робота є складним експериментальним дослідженням. Особливу цінність має її практична спрямованість. Робота є актуальною, містить наукову новизну, оригінальні методики і їх реалізацію. Результати роботи опубліковані та апробовані на багатьох міжнародних конференціях, опубліковані у відомих авторитетних виданнях.

В результаті заслуханої доповіді можна зробити висновок щодо відповідності дисертаційної роботи вимогам Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у вищих навчальних закладах (наукових установах).

Ігнатович С.Р., д.т.н., професор, професор кафедри конструкції літальних апаратів.

Професор Ігнатович С.Р. відмітив, що робота на його думку, новаторська. Незважаючи на те, що проблема корозії відома і відомим є застосування плівкоутворюючих антикорозійних сполук, але при цьому ніхто не досліджував системно побічні негативні ефекти застосування плівкоутворюючих антикорозійних сполук. Ніхто раніше не довів, що дослідження негативних побічних ефектів повинно бути обов'язковим при виборі антикорозійних сполук.

Проведена робота має практичне спрямування, вважаю, що дослідження буде корисним і це підтверджено актом впровадження на АТ «Антонов». Робота висвітлена в публікаціях, на конференціях, повністю відповідає вимогам до дисертацій на здобуття вченого ступеня доктор філософії. На мою думку, треба підтримати представлену сьогодні роботу.

Лук'янов П.В., к.ф.-м.н., с.н.с., доцент кафедри гідро газових систем.

Дисертаційна робота характеризується направленістю на вирішення актуальної для авіації задачі – забезпечення антикорозійного захисту літаків транспортної категорії. Вперше розглянута необхідність контролю негативних побічних ефектів застосування плівкоутворюючих антикорозійних сполук. Можливість впливу на циклічну довговічність пояснюється зміною сил тертя між елементами заклепкового з'єднання. Цей висновок підтверджується комплексом досліджень, які містять експерименти стосовно втоми конструктивних елементів, скінченно-елементне моделювання, експериментальне дослідження тертя з використанням оригінального стенду, на який отримано патент України на корисну модель.

Вважаю, що представлена робота відповідає вимогам і може бути представлена до захисту.

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації на тему «Комплексний метод контролю побічних негативних ефектів при застосуванні плівкоутворюючих антикорозійних сполук», поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 134 – Авіаційна та ракетно-космічна техніка

1. Обґрунтування вибору теми дослідження. Конструкторські, технологічні та наукові рішення, реалізовані в літаках АТ АНТОНОВ, забезпечують тривалу експлуатацію повітряних суден.

Експлуатація повітряних суден супроводжується двома пошкоджуючими процесами: корозією і втомою металів. Проблема корозії є загальною для провідних авіабудівних компаній світу, а вирішення її проводиться подібними методами.

Відповідно до вимог льотної придатності (CS 25.609) кожний елемент конструкції повинен бути належним чином захищений від пошкодження або втрати міцності внаслідок корозії.

Більшість втомних тріщин зароджується поблизу конструктивних з'єднань. Основним видом конструктивних з'єднань є заклепкові з'єднання.

Одним із загально прийнятих методів додаткового захисту є застосування плівкоутворюючих антикорозійних сполук (ПАС), які в світовій промисловості і науковій галузі прийнято називати Corrosion Preventive Compounds (CPC), Corrosion Inhibiting Compounds (CIC).

Захисні властивості плівкоутворюючих сполук підтверджені лабораторними випробуваннями і дослідом їх застосування.

Одночасно, з'являються публікації результатів експериментальних досліджень, які вказують на можливість негативних побічних ефектів застосування антикорозійних сполук, зокрема відзначалось зниження довговічності заклепкових з'єднань та прискорення розповсюдження втомних тріщин.

Застосування антикорозійних плівкоутворюючих сполук потребує досліджень їх властивостей, які виходять за рамки стандартних методів корозійних випробувань. Особливо це важливо у зв'язку з тим, що ринок зазначених матеріалів, постійно розширюється.

Актуальність роботи визначається необхідністю забезпечення надійності та довговічності повітряних суден шляхом підвищення корозійної стійкості застосуванням плівкоутворюючих антикорозійних покриттів.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами. Робота виконувалася як складова частина досліджень, що проводились кафедрою конструкції літальних апаратів КАІ та Розрахунково-дослідним відділом ресурсу, зовнішніх навантажень і аеропружності АТ «АНТОНОВ». Дослідження, узагальнені в дисертації, виконувались відповідно до «Державної цільової науково-технічної програми розвитку авіаційної промисловості України на період 2021-2030 років» (Постанова КМ України від

01.09.2021 №951), «Плану науково-дослідних робіт та заходів щодо впровадження нових технологій та техніки у виробництві ДП «АНТОНОВ» на 2023-2024 роки» (Затверджено ДК «УКРОБОРОНПРОМ» та ДП «АНТОНОВ» 30.11.2022) за договором на виконання науково-дослідної роботи на тему «Дослідження побічних ефектів застосування антикорозійних плівкових сполук в конструкціях літаків» № 1.0908.2021 від 15.11.2021.

3. Мета і завдання дослідження.

Метою дослідження є запобігання негативних побічних ефектів при застосуванні плівкоутворюючих антикорозійних сполук, що досягається їх науково обґрунтованим вибором, контролем та застосуванням.

Для досягнення поставленої мети поставлено і вирішено наступні завдання:

1. Аналіз корозійних пошкоджень сучасних літаків транспортної категорії.

2. Аналіз сучасних антикорозійних плівкоутворюючих сполук і накопичених даних про можливі негативні ефекти їх застосування.

3. Розробка прискореного методу визначення впливу антикорозійних сполук на силу тертя в заклепкових з'єднаннях.

4. Скінченно-елементний аналіз напружено-деформованого стану авіаційних заклепкових з'єднань за наявності плівкоутворюючих антикорозійних сполук.

5. Проведення втомних випробувань типових заклепкових з'єднань конструкцій літаків транспортної категорії з метою виявлення негативних ефектів і оптимізації антикорозійної обробки.

6. Розробка структурно логічної схеми комплексного методу контролю побічних негативних ефектів при застосуванні плівкоутворюючих антикорозійних сполук.

4. Об'єкт дослідження - процес впливу плівкоутворюючих антикорозійних сполук на несучу здатність заклепкових елементів авіаційних конструкцій.

5. Предмет дослідження - комплексний метод контролю побічних негативних ефектів застосування плівкоутворюючих антикорозійних сполук.

6. Методи дослідження. Для розв'язання поставлених завдань використовувались методи механічних випробувань, зокрема втомне навантажування конструктивних елементів; оригінальний метод дослідження сил тертя спокою і відповідний пристрій для визначення коефіцієнтів тертя спокою в авіаційних заклепкових з'єднаннях, підтверджений свідоцтвом на корисну модель (Пат 155484 України; G01N 19/02), який дозволяє кількісно оцінити вплив плівкоутворюючих антикорозійних сполук на силу тертя між елементами з'єднання; методи статистичної обробки результатів випробувань

на втому і тертя; метод скінченних елементів для моделювання роботи заклепкових з'єднань при наявності плівкоутворюючих сполук в їх зазорах.

7. Наукова новизна дослідження полягає в розробці науково обґрунтованого комплексного методу контролю побічних негативних ефектів при застосуванні плівкоутворюючих антикорозійних сполук та базується на таких основних положеннях:

вперше:

доведена обґрунтованість припущення про вплив плівкоутворюючих антикорозійних сполук на втомну довговічність шляхом проведення втомних випробувань зразків заклепкових з'єднань;

встановлено зв'язок характеристик плівкоутворюючих антикорозійних сполук з побічними ефектами їх застосування;

визначено вплив антикорозійних сполук на сили статичного тертя між елементами заклепкового з'єднання;

визначено зв'язок коефіцієнту статичного тертя між елементами заклепкового з'єднання і напруженим станом в зоні формування втомної тріщини шляхом застосування скінченно-елементного аналізу.

удосконалено:

підхід до вибору плівкоутворюючих антикорозійних сполук за критеріями їх впливу на несучу здатність елементів авіаційних конструкцій в умовах дії циклічного навантажування.

отримали подальший розвиток:

методи контролю функціональних властивостей антикорозійних плівкоутворюючих сполук;

інструментальні методи дослідження сил тертя в заклепкових з'єднаннях конструкцій повітряних суден;

аналітичні методи дослідження напружено-деформованого стану елементів авіаційних конструкцій в присутності плівкоутворюючих антикорозійних сполук.

8. Теоретичне значення.

Теоретичне значення роботи полягає у визначенні механізму впливу плівкоутворюючих антикорозійних сполук на втомну довговічність авіаційних заклепкових конструктивних з'єднань.

9. Практичне значення та використання результатів дисертаційного дослідження.

1. Розроблене методичне забезпечення дослідження впливу ПАС на втомну довговічність заклепкових з'єднань дозволяє виявляти негативні побічні ефекти, викликані застосуванням сучасних та перспективних антикорозійних сполук при захисті авіаційних конструкцій.

2. Розроблене оригінальне устаткування для визначення сил тертя в заклепкових з'єднаннях дозволяє проводити попередній вибір ПАС за критерієм мінімізації впливу ПАС на перерозподіл зусиль між елементами заклепкових з'єднань.

3. Отримані дані стосовно факторів, які викликають негативні побічні ефекти застосування ПАС забезпечують використання ПАС без негативного впливу на ресурсні характеристики авіаційних конструкцій.

4. Розроблена і апробована методика аналізу напружено-деформованого стану заклепкових з'єднань дозволяє кількісно оцінювати вплив ПАС на локальні напруження в зоні виникнення втомних тріщин.

5. Запропонована структурно-логічна схема методу контролю побічних ефектів застосування ПАС вирішує проблему вибору ПАС для захисту авіаційних конструкцій.

Результати дисертаційної роботи, а саме: комплексний метод контролю побічних негативних ефектів при застосуванні плівкоутворюючих антикорозійних покриттів, експериментальні дані стосовно впливу ПАС на втому заклепкових з'єднань, методики і результати дослідження тертя в заклепкових з'єднаннях і напружено-деформованого стану елементів заклепкових з'єднань впроваджені в АТ АНТОНОВ і використовуються при забезпеченні корозійної стійкості авіаційних конструкцій (довідка про впровадження №701/425 від 09/09/2024).

Результати аналізу проблеми корозії авіаційних конструкцій, методів захисту від корозії, результати експериментальних досліджень впливу ПАС на втому заклепкових з'єднань, нові дані стосовно роботи заклепкових з'єднань і функціональних властивостей ПАС, методика скінченно-елементного аналізу заклепкових з'єднань використовуються в навчальному процесі кафедри конструкції літальних апаратів КАІ при викладанні дисциплін «Втома, корозія та руйнування авіаційних конструкцій» та «Конструкція та міцність літальних апаратів» (акт впровадження в навчальний процес від 05/09/2024).

10. Особистий внесок здобувача. Дисертація «Комплексний метод контролю побічних негативних ефектів при застосуванні плівкоутворюючих антикорозійних сполук» Гаврилова Євгена Павловича є самостійною науковою працею, в якій наведено теоретичні положення, результати експериментальних досліджень, висновки, власні ідеї та розробки автора, які дають змогу досягти мети роботи і вирішити поставлені завдання. Усі висновки та практичні рекомендації, винесені на захист, розроблені дисертантом особисто.

11. Апробація результатів дослідження.

Найважливіші ідеї, висновки, рекомендації, отримані в дисертації, оприлюднені на міжнародних наукових та науково-практичних конференціях:

Назва конференції (місто, рік), «АВІА-2021» (Київ, 2021); «Пошкодження матеріалів під час експлуатації, методи його діагностування і прогнозування» (Тернопіль, 2021), «Міжнародний конгрес авіабудівників» (Харків, 2021), «Авіація в ХХІ століті – в авіації та космічні технології» (Київ, 2022), «АВІА-2023» (Київ, 2023), «Пошкодження матеріалів під час експлуатації, методи його діагностування і прогнозування» (Тернопіль, 2023), «ХХІХ Міжнародний конгрес авіабудівників» (Харків, 2024).

12. Публікації.

Основні положення та результати дослідження викладено у 8 наукових працях, із них 3 статті опубліковано у виданнях, що входять до міжнародної наукометричної бази даних Scopus; 4 публікації у наукових фахових виданнях України; 1 патент на корисну модель.

Праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

Статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України:

1. Карускевич М. В., Ігнатович С. Р., Маслак Т. П., Семенец О. І. Гаврилов Є. П. Вплив антикорозійних плівкоутворюючих сполук на втомуавіаційних конструкцій. огляд досліджень. *Aerospace technic and technology*. 2021. № 4sup2. С. 62–70.
URL: <https://doi.org/10.32620/aktt.2021.4sup2.08>.

Особистий внесок Є.П. Гаврилова. Аналіз характеристик сучасних антикорозійних матеріалів.

Особистий внесок М.В. Карускевича. Формування напряму дослідження.

Особистий внесок С.Р.Ігнатовича. Обґрунтування необхідності проведення втомних випробувань типових заклепкових з'єднань.

Особистий внесок О.І.Семенця. Визначення типових заклепкових з'єднань для проведення досліджень.

Особистий внесок Т. П. Маслак. Підготовка матеріалів статті для публікації.

2. Гаврилов Є. Експериментальне дослідження впливу плівкоутворюючих антикорозійних сполук на втому заклепкових з'єднань. *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. 2024. № 1. С. 56–63.
URL: <https://doi.org/10.32620/aktt.2024.1.05>.

3. Гаврилов Є. П., Ігнатович С. Р., Карускевич М. В., Маслак Т. П. Карускевич О. М. Комплексний підхід до вибору плівкоутворюючих антикорозійних сполук для захисту авіаційних конструкцій від корозії. *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. 2024. № 4sup2. С. 31–38.
URL: <https://doi.org/10.32620/aktt.2024.4sup2.05>.

Особистий внесок Є. П. Гаврилова. Методологія дослідження.

Особистий внесок М. В. Карускевича. Формулювання проблеми.

Особистий внесок С. Р. Ігнатовича. Методика дослідження втомних і тертя.

Особистий внесок О. М. Карускевича. Методика дослідження інкубаційної стадії втомних.

Особистий внесок Т. П. Маслак. Методика оптичного контролю інкубаційної стадії втомних.

4. Гаврилов Є. П., Власенко Ю. В., Юцкевич С. С., Якобчук О. Є., Карускевич, О. М. Експериментальне і скінченно-елементне дослідження тертя в авіаційних заклепкових з'єднаннях. *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. 2024. № 4. С. 34–42. URL: <https://doi.org/10.32620/aktt.2024.4.04>.

Особистий внесок Є.П. Гаврилова. Аналіз стану проблеми, сформулював задачі дослідження, теоретичне обґрунтування нового методу дослідження тертя в заклепкових з'єднаннях.

Особистий внесок Ю.В. Власенко. Скінченно-елементний аналіз напружено-деформованого стану елементів заклепкового з'єднання.

Особистий внесок С.С. Юцкевича. Забезпечення проведення експериментальних досліджень і обробка результатів.

Особистий внесок О.Є. Яковчука. Підготовка експериментальної бази для проведення експериментів.

Особистий внесок О.М. Карускевича. Проведення експериментів по визначенню сил тертя в з'єднаннях.

Статті у виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз:

5. Gavrylov I., Karuskevich M., Ignatovich S., Yutskevych S., Maslak T. Influence of corrosion preventive compounds on the friction force in aircraft lap joints. *Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures*. 2021. Vol. 45, no. 3. P. 938–941. URL: <https://doi.org/10.1111/ffe.13621>. (Scopus, Q1).

Особистий внесок Іє. Гаврилов. Визначення актуальності захисту літаків транспортної категорії від корозії.

Особистий внесок М. Карускевич. Концепція нового методу вимірювання сил тертя в заклепкових з'єднаннях.

Особистий внесок С. Ігнатович. Аналіз досліджень інших авторів, в яких розглянуто побічні ефекти застосування антикорозійних сполук.

Особистий внесок С. Юцкевич. Проєкт обладнання для вимірювання тертя.

Особистий внесок Т. Маслак. Проведення експериментів, підготовка статті для публікації.

6. Karuskevich M., Maslak T., Gavrylov I., Pejkowski Ł., Seyda J. Structural health monitoring for light aircraft. *Procedia Structural Integrity*. 2022. Vol. 36. P. 92–99. URL: <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2022.01.008>. (Scopus)

Особистий внесок Іє. Гаврилов. Визначив додаткові задачі, які можуть бути вирішені шляхом моніторингу деформаційного рельєфу поверхні плакованих алюмінієвих сплавів.

Особистий внесок М. Карускевич. Визначення матеріалу і геометрії індикатору втомного пошкодження.

Особистий внесок Т. Маслак. Моделювання індикатору втомного пошкодження.

Особистий внесок Ł. Pejkowski. Оцінка напружено-деформованого стану індикатору втомного пошкодження.

Особистий внесок J. Seyda. Виконання скінченно-елементного аналізу.

7. Karuskevich M., Ignatovich S., Gavrylov I., Krasnopol'skii V., Dzhavadova I. Actuality and risks of the corrosion preventive compounds application in aviation. *Procedia Structural Integrity*. 2024. Vol. 59. P. 175–181. URL: <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2024.04.026>. (Scopus)

Особистий внесок Іє. Гаврилов. Визначення сучасних антикорозійних сполук і

типових конструктивних елементів для проведення досліджень.

Особистий внесок М. Karuskevich. Методологія досліджень.

Особистий внесок S. Ignatovich. Аналіз інформації стосовно властивостей плівкоутворюючих антикорозійних сполук.

Особистий внесок V. Krasnopol'skii. Математична обробка результатів експериментальних досліджень.

Особистий внесок I. Dzhavadova. Підготовка бази даних для математичної обробки результатів експериментальних досліджень.

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

8. Карускевич М.В. Необхідність та ризики застосування антикорозійних профілактичних покриттів / М.В. Карускевич, Т.П. Маслак, Є.П. Гаврилов // Матеріали XV Міжнародної науково-технічної конференції “АВІА-2021”. 20-22 квітня 2021р.: тези допов. С.24–27.

9. Карускевич М.В. Побічні ефекти застосування авіаційних антикорозійних плівкоутворюючих сполук / М.В. Карускевич, С.Р.Игнатович, Е.П. Гаврилов та ін. // XXVI Міжнародний конгрес авіабудівників.: 2021, Тези доповідей. ХАІ, С.26–27.

10. Гаврилов Є.П. Плівкоутворюючі антикорозійні сполуки: методологія дослідження негативних побічних ефектів / Є.П. Гаврилов, С.Р. Ігнатович, М.В. Карускевич // X Всесвітній конгрес «Авіація в ХХІ столітті – Безпека в авіації та космічні технології». 28-30 вересня 2022 року.: Матеріали конференції. Київ, НАУ. – С. 1.3.31–1.3.34.

11. Карускевич М.В. Методика втомних випробувань заклепкових з'єднань у середовищі антикорозійних сполук / М.В. Карускевич, Є.П. Гаврилов, І.І. Джавадова. // XVI Міжнародна науково-технічна конференція «АВІА-2023». 18-20 квітня 2023 року.: Матеріали конференції. НАУ Київ. С. 120–123.

12. Гаврилов Є.П. Методологія контролю побічних ефектів застосування авіаційних плівкоутворюючих антикорозійних сполук / Є.П. Гаврилов, С.Р. Ігнатович, М.В. Карускевич та ін.// XXIX Міжнародний конгрес авіабудівників. Тези доповідей. 2024. – 42с.

Патенти, авторські свідоцтва:

13. Пристрій для визначення коефіцієнтів тертя спокою в авіаційних заклепкових з'єднаннях : patent 155484 Ukraine : G01N19/02. No. u202204280 ; applied on 11.11.2022 ; published on 06.03.2024, Bulletin no. 10/2024. 7 p. URL: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1787270/#!>

13. Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел. Список використаних джерел складає 114 найменувань. Загальний об'єм дисертації складає 169 сторінок, в тому числі основного тексту дисертації 111 сторінок. Всього в роботі 97 рисунків, 29 таблиць та 3 додатки.

14. Характеристика особистості здобувача. Під час підготовки дисертаційної роботи Гаврилов Євген Павлович, проявив себе як творчий дослідник і науковець, здатний самостійно на високому науково-методичному рівні вирішувати наукові та практичні завдання. Він повною мірою володіє сучасними методами досліджень та аналізу їх результатів, має належний рівень теоретичної та практичної підготовки.

15. Оцінка мови та стилю дисертації. Текст дисертації викладений грамотною, доступною мовою, зміст характеризується логічним та послідовним характером і містить необхідні узагальнення.

УХВАЛЕНО:

1. Затвердити висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Гаврилова Євгена Павловича на тему, «Комплексний метод контролю побічних негативних ефектів при застосуванні плівкоутворюючих антикорозійних сполук».

2. Вважати, що за актуальністю, ступенем новизни, обґрунтованістю, науковою та практичною цінністю здобутих результатів дисертація Гаврилова Євгена Павловича відповідає спеціальності 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка» та вимогам Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у вищих навчальних закладах (наукових установах), затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 23 березня 2016 року № 261 (зі змінами і доповненнями від 03 квітня 2019 року № 283), вимогам пп. 6, 7, 8, 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року № 44.

3. Рекомендувати дисертаційну роботу «Комплексний метод контролю побічних негативних ефектів при застосуванні плівкоутворюючих антикорозійних сполук», подану Гавриловим Євгеном Павловичем на здобуття ступеня доктора філософії із галузі знань 13 «Механічна інженерія», за спеціальністю 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка» до захисту у разовій спеціалізованій вченій раді.

4. Рекомендувати Вченій раді КАІ клопотати про призначення:

Головою разової спеціалізованої вченої ради:

Мнацаканова Рудольфа Георгійовича, доктора технічних наук, професора, професора кафедри підтримання льотної придатності повітряних суден КАІ.

Рецензентами:

Корнієнко Анатолія Олександровича, кандидата технічних наук, старшого наукового співробітника, доцента кафедри прикладної механіки та інженерії матеріалів КАІ;

Лук'янова Павла Володимировича, кандидата фізико-математичних наук, старшого наукового співробітника, доцента кафедри гідрогазових систем КАІ.

Офіційними опонентами:

Гребенікова Олександра Григорівна, доктора технічних наук, професора, професора кафедри проектування літаків та вертольотів в Національному аерокосмічному університеті ім. М.Є.Жуковського “Харківський авіаційний інститут”;

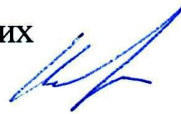
Бондаря Юрія Івановича, кандидата технічних наук, доцента кафедри авіа-та ракетобудування Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського».

Результати голосування присутніх на засіданні докторів наук та кандидатів наук:

– всього: “за” – 14, “проти” – немає, “утрималося” – немає; в тому числі за профілем поданої на розгляд дисертації: “за” – 14, У тому числі 4 доктори наук зі спеціальності та 10 кандидатів наук зі спеціальності.

Головуючий на засіданні:

професор кафедри конструкції літальних апаратів КАІ, д.т.н., професор



Сергій ІГНАТОВИЧ

Секретар засідання:

старший викладач кафедри конструкції літальних апаратів КАІ, к.т.н.



Олександр ЯКОБЧУК

ПОГОДЖЕНО:

проректор з наукових досліджень та трансферу технологій КАІ, д.т.н., професор



Сергій ІГНАТЮК