

Є.П. Гаврилов  
(ДП АНТОНОВ, Україна)  
С.Р. Ігнатович, д.т.н., М.В. Карускевич, д.т.н.  
(Національний авіаційний університет, Україна)

## **Плівкоутворюючі антикорозійні сполуки: методологія дослідження негативних побічних ефектів**

*Показана необхідність додаткових засобів захисту авіаційних конструкцій від корозії. Розглянуто можливі побічні ефекти застосування плівкоутворюючих антикорозійних сполук. Запропоновано методологію контролю впливу антикорозійних сполук на циклічну довговічність елементів авіаційних конструкцій.*

Конструкторські, технологічні та наукові рішення, які реалізовані в літаках ДП АНТОНОВ, забезпечують їх тривалу експлуатацію в різноманітних кліматичних умовах, що обумовлюють появу і розвиток корозійних пошкоджень несучих елементів конструкції. Зазначена проблема є загальною для провідних авіабудівних компаній світу, а її вирішення здійснюється різними але подібними методами.

Корозія, відповідно до держстандарту [1] – це процес руйнування металів внаслідок хімічної чи електрохімічної їх взаємодії з корозивним середовищем.

Найбільш поширеними металами в конструкції літака є алюмінієві сплави, сталі високої міцності та титанові сплави. Природа корозії металів, внаслідок актуальності проблеми, досліджувалась багатьма вченими і всебічно висвітлена в вітчизняних та зарубіжних фундаментальних роботах [2-5].

Факторами, що впливають на процес корозії, є ушкодження оксидної плівки, нерівномірне постачання кисню повітря до поверхні металу механічні деформації, концентрація, хімічний склад та температура електроліту, тривалість процесу, та інше.

Як показав аналіз стану 1100 літаків Ан-24 і Ан-26, отриманих відповідно до розробленої на ДП АНТОНОВ форми збору інформації, важливим фактором корозійного пошкодження є регіон експлуатації, якому притаманна температура, вологість, склад електроліту (конденсату).

Одним із загально прийнятих методів додаткового захисту є застосування антикорозійних плівкоутворюючих сполук, які прийнято називати Corrosion Preventive Compounds (CPC), Corrosion Inhibiting Compounds (CIC).

Численними експериментами і практикою застосування доведені захисні властивості багатьох плівкоутворюючих сполук, а їх застосування в авіаційній індустрії підтверджене відповідними нормативними документами.

Одночасно, з'являються публікації результатів наукових досліджень, які вказують на можливість негативних побічних ефектів застосування

антикорозійних плівкоутворюючих сполук, а саме їх вплив на показники довговічності авіаційних конструкцій.

Аналіз публікацій стосовно наявних та можливих побічних ефектів застосування плівкоутворюючих сполук дозволяє виділити наступні аспекти, що потребують досліджень та узагальнення:

- вплив на довговічність конструктивних заклепкових з'єднань, обумовлений зміною сил тертя в результаті потрапляння сполук в зазори з'єднань;

- вплив на швидкість розповсюдження тріщин;

- вплив на тривалість інкубаційної стадії втоми.

Хімічний склад антикорозійних плівкоутворюючих сполук як правило не оголошується – він є інтелектуальною власністю розробників, і це обмежує можливість застосування загальних критеріїв їх вибору. Проте, наявність нафтопродуктів в складі сполук змушує розглядати їх взаємодію з металом конструкції як дію поверхнево активних речовин, що обумовлює очікуваний вплив як на інкубаційну стадію утворення втомних тріщин, так і на процес розповсюдження тріщин.

Методологія дослідження негативних побічних ефектів дозволить проводити науково обґрунтований, експериментально підтверджений вибір плівкоутворюючих сполук для застосування в конструкціях нових літаків розробки ДП АНТОНОВ.

Основними складовими методології є:

1. Визначення зон літака, що потребують додаткового антикорозійного захисту.

Перелік таких зон для літаків створений на основі досвіду експлуатації літаків ДП АНТОНОВ.

2. Розробка елементу/елементів, які відображають особливості конструкції та умови роботи заклепкових з'єднань.

Конструктивний елемент, для якого нанесення антикорозійної сполуки може бути негативним фактором, відповідно до аналізу конструкцій та їх навантажування має бути з'єднанням внахлест. Передача зусиль такого з'єднання в значній мірі забезпечується силами тертя, а його жорсткість не підвищується використанням накладок та інших підсилюючих елементів.

3. Розробка зразку для дослідження інкубаційного періоду втоми та кінетики втомних тріщин.

З метою універсалізації отриманих даних і можливості широкого застосування певних матеріалів в авіаційній індустрії доцільно використання стандартних зразків, які прийняті в дослідженнях механіки руйнування металів.

4. Розробка програми випробувань.

Програма випробувань повинна бути розроблена на основі даних про навантаження транспортних літаків.

5. Аналіз ринку антикорозійних сполук та вибір перспективних матеріалів для застосування.

При виборі плівкоутворюючих антикорозійних сполук доцільно застосовувати досвід їх використання провідними авіабудівними фірмами

світу, результати дослідження побічних ефектів їх застосування, які проведені іншими дослідниками.

6. Експериментальне визначення впливу антикорозійних матеріалів на сили тертя в з'єднанні.

Експерименти проводяться за запропонованою в роботі методикою моделювання і вимірювання сил тертя в рухомому конструктивному елементі.

7. Експериментальне визначення впливу антикорозійних сполук на інкубаційну стадію втоми.

8. Експериментальне визначення впливу антикорозійних сполук на процес розвитку втомних тріщин.

9. Вибір захисного матеріалу за критеріями негативних побічних ефектів.

На теперішній час розроблено методичне і інструментальне забезпечення зазначених складових представленої методології.

Зокрема, розроблено і апробовано спосіб визначення коефіцієнту статичного тертя в заклепкових з'єднаннях, який дозволяє імітувати авіаційне заклепкове з'єднання з моделюванням стискаючих у ньому зусиль [6].

Для дослідження інкубаційної стадії втоми запропоновано використовувати показники деформаційного рельєфу поверхні, який формується при циклічному навантажуванні плакованих алюмінієвих сплавів [7].

Вплив антикорозійних сполук на кінетику втомних тріщин пропонується досліджувати загальноприйнятими методиками механіки руйнування.

## **Висновки**

Корозія залишається одним із основних чинників, що обмежують тривалість експлуатації повітряних суден та призводить до суттєвих фінансових витрат, впливає на безпеку експлуатації.

Плівкоутворюючі антикорозійні сполуки є розповсюдженим і ефективним засобом додаткового захисту авіаційних конструкцій. В той же час, незважаючи на функціональну ефективність антикорозійних сполук, існують підстави з обережністю ставитись до їх застосування, вважаючи на наявні факти негативних побічних ефектів. Запропоновано основні елементи методології контролю побічних ефектів застосування антикорозійних сполук, що дозволить виконувати обґрунтований вибір засобів захисту літаків транспортної категорії від корозії.

## **Список літератури**

1. ДСТУ 3830-98 Корозія металів і сплавів. Терміни та визначення основних понять. Київ, Держстандарт України, 1999.
2. Карпенко Г.В. Влияние среды на прочность и долговечность металлов, Киев, "Наукова Думка". – 1976. – 127 с.
3. Ю.Р. Эванс. Коррозия, пассивность и защита металлов. – Л.: 1941. – 886 с.

4. Томашов Н.Д., Чернова Г.П. Теория коррозии и коррозионно-стойких сплавов. М.: Металлургия, – 1986. – 359 с.
5. Похмурський В.І., М. С. Хома, Корозійна втома металів і сплавів. НАН України, Фіз.- механ. ін-т ім. Г. В. Карпенка. – Л. : Сполум, – 2008. – 304 с.
6. Іе. Gavrylov, М. Karuskevich, S. Ignatovich, S. Yutskevych, T. Maslak. Influence of corrosion preventive compounds on the friction force in aircraft lap joints. *Fatigue Fract Eng Mater Struct.* 2021. – P. 1-4.
7. Karuskevich M., Maslak T. Accelerated method for the alclad alloy fatigue curve construction by the surface relief pattern. *Fatigue and Fracture of Engineering Materials and Structures.* – 2021. – 44(10). – P. 2913-2916.