

УДК 623.7.036.34

СКЛЯР О.І., начальник науково-дослідної лабораторії, кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник

ЧУСЬ Д.І., старший науковий співробітник

БЕЛІНСЬКА Р.Б., науковий співробітник

ОСОБЛИВОСТІ ПРОВЕДЕННЯ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ ШАСІ ЛІТАКІВ

Проведено аналіз ресурсу шасі літаків типу Су-27, розглянуто методи неруйнівного діагностування механічних властивостей металевих конструкцій, визначено можливі шляхи оцінювання залишкової міцності конструктивних елементів шасі

Ключові слова: ресурс шасі, неруйнівний контроль, дефекти матеріалу виробів, залишкова міцність матеріалу конструкції

Ключовою проблемою подальшої експлуатації військової авіаційної техніки на сьогодні є вичерпання ресурсу елементів конструкції літальних апаратів (ЛА). Особливо актуальним це питання постало для шасі літаків. За даними обліково-звітних документів за 2016 рік значний відсоток шасі літаків типу Су-27 суттєво вичерпали встановлений ресурс по посадкам.

Довговічність елементів конструкції ЛА визначається наробітком і суттєво залежить від умов та рівня технічної експлуатації. Тому досягнення граничного стану з наробітку не є безумовним приводом для їх списання з експлуатації.

Основним силовим елементом конструкції шасі літака є стояк. Визначальними видами його повторних навантажень є вертикальний удар в момент посадки та лобове навантаження під час руху літака нерівною поверхнею аеродрому. Під дією повторних навантажень при посадках відбувається поступове накопичення ушкоджень в матеріалі силових елементів конструкції стояка, що приводить до утворення небезпечних дефектів, зниження його конструкційної міцності [1, 2]. Види небезпечних дефектів і пошкоджень силової конструкції шасі й динаміка зростання їх кількості в процесі експлуатації представлені в таблиці 1.

Багаторічний досвід експлуатації й ремонту літаків типу Су-27 засвідчує, що під дією повторних навантажень на основних елементах силової конструкції стояків найчастіше утворюються тріщини, що підтверджують і дані таблиці 1. Причому, тріщини втоми з'являються й на стояках шасі, які ще мають суттєвий залишок ресурсу по посадкам. Так, залишок ресурсу шасі при появі тріщини стояка становив: у 2014 р. – 330 й 390 посадок; у 2015 р. – 400 й 520 посадок; у 2016 р. – 630 й 717 посадок. Ці факти свідчать про зміну механічних властивостей матеріалу (деградацію) илових елементів конструкції стояка та зниження його втомної

міцності під впливом змінних навантажень і умов експлуатації.

Таблиця 1

Види небезпечних дефектів і пошкоджень силової конструкції шасі

Місце і вид дефекту	По рокам експлуатації	2008р	2009р	2010р	2011р	2012р	2013р	2014р	2015р	2016р	Всього на вид дефекту по ЛА
Шасі (шасійна балка, стояки, колеса тощо)	Тріщини	1	2	0	1	1	1	2	2	4	14
	Корозія	1	1	0	0	1	2	1	2	0	8
	Руйнування	1	2	0	0	0	1	2	0	1	7
	Зношення	0	1	0	1		0	1	1	0	4

Відповідно, для достовірного оцінювання фактичного технічного стану шасі недостатньо враховувати тільки вичерпання ресурсу шасі по посадкам і явні дефекти й пошкодження елементів його конструкції. Необхідно також оцінювати зміни механічних властивостей матеріалу силових елементів конструкції та дефекти, що зароджуються і розвиваються в об'ємі матеріалу.

Отже, актуальним науково-технічним завданням на сьогодні є пошук неруйнівних методів (і засобів) оцінювання фактичної залишкової міцності матеріалу силових елементів конструкції шасі з метою визначення можливості продовження його життєвого циклу.

Відомо, що розрахунки на міцність і довговічність металевої конструкції потребують урахування фізико-механічних властивостей матеріалу елементів конструкції, параметрів їх явних дефектів, геометричних характеристик конструкції, основних навантажувальних чинників і режимів її експлуатації [2,3].

Виявлення й оцінювання явних дефектів і пошкоджень елементів конструкції (деградації конструкції) стояка проводиться відомими методами неруйнівного контролю (НК) – візуально-оптичним, магнітним, вихрострумовим, ультразвуковим і радіаційним [4]. За отриманими даними про параметри дефектів може бути проведено орієнтовне оцінювання міцності конструкції на базі методу кількісної оцінки її деформації, що відповідає певним стадіям процесу руйнування, й деформаційних критеріїв. Але метод не забезпечує визначення залишкової міцності матеріалу конструкції й прогнозування його довговічності [5, 6].

Як уже зазначалось, протягом тривалої експлуатації стояка відбувається суттєве зниження втомної міцності матеріалу його навантажених елементів, яке обумовлене зміною структурно-фазового стану матеріалу та мікроструктурною пошкоджуваністю (утворення вакансій, пор, скупчень дислокацій, мікротріщин). Цей факт зумовив активне вивчення в сучасному матеріалознавстві властивостей авіаційних конструкційних матеріалів після довготривалої експлуатації [2, 5]. Досліджуються їх фізичні, фізико-хімічні й інші структурно чутливі характеристики, за результатами яких розробляються сучасні методи неруйнівного діагностування – методи структуроскопії та акустичної емісії (АЕ). За результатами досліджень зроблено висновок, що для оцінювання залишкової міцності елементів

конструкції й прогнозування їх довговічності необхідно в процесі технічного діагностування визначати основні характеристики їх матеріалу [3,5]:

параметри наявних дефектів втомного та корозійного походження;
наявність і координати локальних зон концентрації напружень, тріщиноподібних дефектів, потенційних місць зародження тріщин (утворення вакансій, пор, скупчень дислокацій) в об'ємі матеріалу, їх параметри;
механічні характеристики матеріалу – модуль пружності, границя міцності, твердість, розмір зерна структури, тріщиностійкість;
рівень напружень матеріалу в діапазоні експлуатаційних навантажень;
динаміку зміни структурно-фазового стану матеріалу й розвитку тріщиноподібних дефектів протягом експлуатації.

Розглянемо сучасний стан розвитку методів і засобів НК для виявлення неприпустимих змін механічних властивостей матеріалу авіаційних конструкцій, визначення згаданих вище характеристик його структури [4,7].

Так, для дослідження структурно-механічних властивостей алюмінієвих сплавів, виявлення критичних зон в їх структурі, а також моніторингу деградації конструкційних матеріалів, розроблено метод діагностування за зміною питомої електропровідності. Для дослідження теплотривких і деградованих сталей та їх сплавів запропоновано метод магнетного структурного аналізу [2,7].

На базі указаних методів розроблено дослідні зразки обладнання – відповідно вихрострумний структуроскоп ВЕП-22 і магнетоакустичну вимірювальну систему МАЕ-1Л, які призначені для виявлення внутрішніх тріщиноподібних дефектів матеріалу авіаційних конструкцій, оцінювання їх розмірів і аналізу динаміки розвитку, визначення потенційних місць зародження тріщин у метали, оцінювання залишкової міцності матеріалу елементів конструкції.

Також розроблено експериментальний зразок приладу (робоча назва LEOSTRESS) для виявлення й оцінювання напруженого стану елемента конструкції, який використовує ефект зміни параметрів магнітної анізотропії в умовах напруженого стану матеріалу при навантаженні (ефект Віларі). Прилад забезпечує визначення напруженого стану елементів конструкції й зварних швів, виявлення місць зародження дефектів, які створюють концентрацію механічних напружень у виробках з конструкційних і спеціальних сталей феритної фази. При попередньому градуюванні на зразку без напружень прилад дозволяє визначати тип напруження (розтяг або стискання) за знаком показань індикатора (рис. 1) [7].

Для визначення механічних характеристик матеріалу виробів – пружності, границь міцності й твердості, стану матеріалу в процесі старіння (деградація, втома), параметрів локальних зон напружено-деформованого стану, розроблено зразок ультразвукового томографа UST-04M. А для виявлення й оцінювання поверхневих і підповерхневих дефектів втомного та корозійного походження (втомні тріщини, пори, пітінги) у вузлах титанових сплавів розроблено зразок приладу вихрострумного контролю матеріалів типу ЛЕОТЕСТ ВД і МДФ.

Перспективним напрямком вирішення проблеми виявлення місць зародження дефектів й оцінювання довговічності матеріалу конструктивних елементів шасі є застосування акусто-емісійного методу НК, який засновано на сприйнятті

високочутливими датчиками сигналів, що випромінюють мікрodefекти структури матеріалу під дією постійного або змінного навантаження. Метод дозволяє в

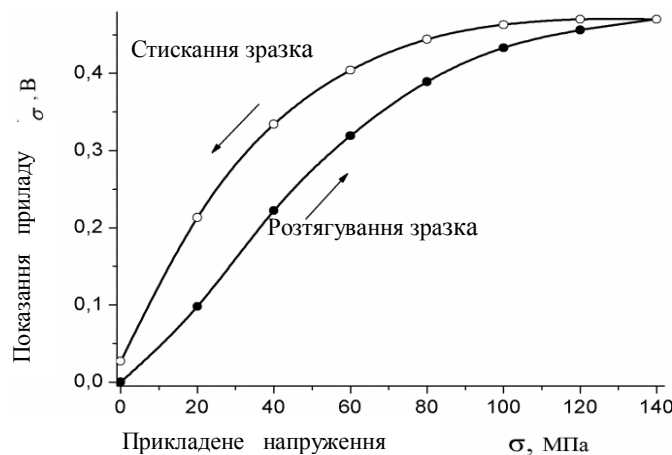


Рис. 1. Показання приладу LEOSTRESS при розтягуванні-стисканні зразків зі сталі 09Г2С

реальному часі виявляти місця зародження дефектів у матеріалі конструкції, відслідковувати характер зміни дефектів і механічних властивостей матеріалів і класифікувати їх за рівнем небезпеки, прогнозувати втомну міцність і руйнівне навантаження матеріалу [8].

Для вирішення вказаних завдань нині розроблено й сертифіковано 100-канальну систему АЕ контролю ГАЛС-1, 8-канальний зразок АЕ системи SKOP-8М, і систему АЕ контролю ЕМА-3М [4, 7].

Проведений аналіз засвідчує, що нині розроблені методи й дослідні зразки обладнання, які дозволяють оцінювати залишкову міцність матеріалів і прогнозувати їхню довговічність, проводити моніторинг динаміки розвитку дефектів у структурі матеріалу протягом тривалої експлуатації. На їх базі процес технічного діагностування конструкції стояка й оцінювання залишкової міцності матеріалу елементів його конструкції може бути представленим у вигляді структурної схеми, показаної на рисунку 2.

Як видно з наведеної схеми, для оцінювання залишкової міцності N матеріалу елементів конструкції стояка шасі методами механіки руйнування й неруйнівного контролю використовується інформація про амплітуди експлуатаційних напружень σ , кількість n і розміри b наявних дефектів, поправочні коефіцієнти η^m і значення параметру Π_2 , величини яких визначають чутливі до деградації фізико-механічні властивості матеріалу, які свідчать про ступінь змінюваності його характеристик.

Технічне діагностування стояка шасі згідно представленої схеми (рис. 2) та оцінювання залишкової міцності матеріалу елементів його конструкції, засновані на врахуванні параметрів наявних в структурі матеріалу дефектів, механічних характеристик матеріалу, структурно-фазового стану матеріалу та динаміки його змін, рівня напруженості матеріалу в діапазоні експлуатаційних навантажень, може забезпечити підтримання справності літаків шляхом своєчасного виявлення й усунення дефектів елементів конструкції стояків шасі й відповідного продовження їх ресурсу.

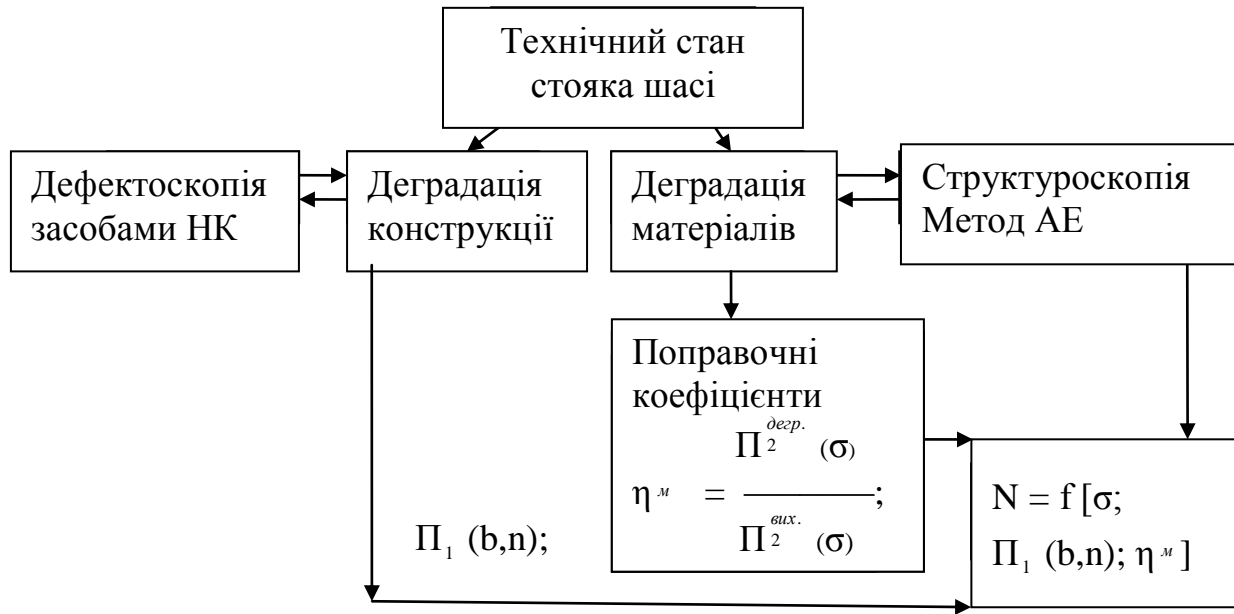


Рис. 2. Структурна схема процесу технічного діагностування стояка шасі

Розглянутий підхід до діагностування технічного стану виробів літальних апаратів і оцінювання залишкової міцності матеріалу елементів конструкції впроваджується в лабораторії технічного діагностування авіаційної техніки, що створюється на Одеському авіаційному заводі під науково-технічним супроводженням ДНДІА.

ЛІТЕРАТУРА

1. Зайцев В.Н., Ночевкин Г.Н., Рудаков В.Л. и др. Конструкция и прочность самолетов. – К.: Вища школа, 1974. – 544 с.
2. Остап О.П., Андрейко І.М., Головатюк Ю.В. Деградація матеріалів і втомна міцність тривало експлуатованих авіаконструкцій. // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2006, – № 4, – с. 5-16.
3. ДСТУ-НБВ.2.3-21:2008. Настанова визначення залишкової міцності магістральних трубопроводів з дефектами.
4. Неразрушаючий контроль. Каталог продукції неразрушающего контролю асоціації “ОКО”. – К.: 2009. – 39 с.
5. Остап О.П. Механіка руйнування та міцність матеріалів. Довідковий посібник. Т. 15. Структура матеріалів і втомна довговічність елементів конструкцій. Під редакцією В.В. Панасюка. – Львів: СПОЛОМ, 2015. – 312 с.
6. Стрижиус В.Е. Методы расчета усталостной долговечности элементов авиаконструкций. Справочное пособие. – М.: Машиностроение, 2012. – 272 с.
7. Прилади і технології для авіаційної промисловості. Каталог розробок фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка. – Львів: 2016. – 38 с.
8. Назарчук З.Т., Скальський В.Р. Акустико-емісійне діагностування елементів конструкцій / Науково-технічний посібник у 3-х т. – К.: Наукова думка, 2009.