

УДК 629.7.083

КУБАРЬ С.В., начальник науково-дослідного управління, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

ВОЗНЮК М.М., заступник начальника науково-дослідного відділу, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

АГАМОВ Л.Г., провідний науковий співробітник, кандидат технічних наук, доцент, старший науковий співробітник

ДОСЛІДЖЕННЯ ЩОДО ПОДАЛЬШОЇ БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВІАЦІЙНИХ БАЛОНІВ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Розглянуто особливості відновлення та запропоновано підхід щодо підтримання справності авіаційних балонів (АБ), в яких вичерпано призначені строки служби

Ключові слова: авіаційні балони, літальні апарати, призначений строк служби, режим технічного обслуговування, стратегія технічного обслуговування

На сьогодні одним із проблемних питань щодо відновлення й підтримання справності авіаційної техніки державної авіації є визначення технічного стану АБ різних типів і номенклатури, та прийняття на його основі обґрунтованих управлінських рішень щодо їх подальшої безпечної експлуатації.

Попередні дослідження технічного стану АБ високого тиску систем літальних апаратів (ЛА) з метою визначення можливості продовження призначеного строку служби виконано поетапно у 2000...2009 роках. За основу було взято алгоритм досліджень АБ, приведений на рисунку 1.

Роботи виконано фахівцями державного підприємства “Дослідне конструкторсько-технологічне бюро інституту електрозварювання ім. Є.О.Патона” (ДП ДКТБ ІЕ ім. Є.О.Патона) Національної академії наук України та Державного науково-дослідного інституту авіації (ДНДІА) на базі випробувальної лабораторії “Випробування тиском зварних виробів” ДП ДКТБ ІЕ ім. Є.О.Патона.

Методика проведення досліджень [1] включала відбір 3...5 АБ кожного типу з максимальним строком експлуатації. Основними критеріями оцінки технічного стану АБ після їх тривалої експлуатації були значення коефіцієнтів запасу міцності, отримані при циклічних випробуваннях внутрішнім тиском у пульсуючому режимі та статичних випробуваннях внутрішнім тиском до руйнування.

На початку проводились циклічні випробування двох АБ кожного типу. При цьому кожен АБ навантажували пробним тиском $1,5P_p$, де P_p – робочий тиск для даного типу АБ. Після 10-хвилинного витримання тиск знижували до P_p і оглядали АБ. Циклічні випробування внутрішнім тиском $1,5P_p$ проводили 10^4 циклів

навантаження $0, \dots, P_p$. АБ, які пройшли циклічні випробування, разом з АБ, що не випробувались, піддавали статичним випробуванням внутрішнім тиском до руйнування в два етапи. Перший етап проводили за аналогією з циклічними випробуваннями АБ – один раз 10 хвилинним витриманням тиском $1,5P_p$, другий – тиск підвищували до руйнування АБ.



Рис. 1. Алгоритм дослідження технічного стану АБ

За результатами досліджень великої кількості АБ, що пройшли випробування, оцінено вплив строку експлуатації на їх технічний стан. Оцінка проводилась за результатами визначення величини коефіцієнта запасу міцності АБ. Тобто, розраховувалась ступінь деградації властивостей матеріалу залежно від строку експлуатації АБ і впливу середовища. При цьому коефіцієнт запасу міцності переважної кількості досліджуваних АБ перевищував встановлений в 1,3...1,7 рази і становив 3,8...4,8 при нормативному 2,6, що задовольняє вимоги до нових АБ.

Виходячи з цього, було запропоновано на продовжений період переглянути строки планового огляду АБ і приведення його до періодичності обслуговування ЛА.

В сучасних умовах, при вичерпанні призначеного строку служби АБ і відсутності на складах запасного фонду, прийняття рішення щодо їх подальшої експлуатації вимагає розробки комплексу заходів з індивідуального підходу до визначення технічного стану АБ. До цього часу найрозповсюдженим і єдиним методом контролю технічного стану АБ залишився періодичний огляд, що, на думку фахівців [2], призводить до нарощування темпів витрачання запасу ресурсу АБ. Для

уникнення цього пропонується взагалі відмовитись від періодичного огляду АБ. Проведений аналіз іноземного досвіду експлуатації АБ доводить раціональність такої думки [3]. Адже, дефекти (неякісне зварювання або неякісне термооброблення) виробничого походження, що зменшують міцність конструкції до критичної межі і мали б бути виявлені при вихідному контролі підприємства виробника, при проведенні періодичного огляду АБ провокують розвиток тріщин, що призводять до відмов.

Схильними до такого впливу є зварені АБ. Тріщини їх шовної зони орієнтовані переважно перпендикулярно і паралельно осі шва. Холодні тріщини переважно виникають при зварюванні закалених легованих і середньо й високо вуглеводних сталей через напругу і водень в металі. Повздовжні тріщини в металі шва, так звані “гарячі” тріщини виникають у вуглеводневих і легованих сталях як результат дії на метал шва розтягуючих напруг. Тріщини й пори у вигляді накопичення або ланцюга пор зменшують статичну і вібраційну міцність швів.

Зварний шов як конструктивний елемент АБ є концентратором напруги в стінці АБ і збільшує напругу в 1,5...1,6 рази. Дефектний шов збільшує напругу більше ніж у 2 рази. Усі дефекти швів, що виконані зварюванням плавлення, поділяють на зовнішні і внутрішні. Зовнішні – дефекти форми шва й дефекти сплюсненості. Внутрішні – дефекти структури й дефекти сплюсненості. Дефектами форми є напливи і натікання, а зовнішніми дефектами сплюсненості – пропали і кратери. Внутрішніми дефектами сплюсненості є непровари, включення в пори, шлакові тріщини.

Отже, конструктивні особливості й умови експлуатації (робоче середовище, тиск, тривалість навантаження, межа навантаження тощо) та зберігання є основними чинниками, що впливають на строки служби АБ. Тому вирішення завдання подальшої безпечної експлуатації АБ ЛА є актуальним.

Передумовою позитивного вирішення завдання продовження призначених показників АБ ЛА є проведення ефективного оцінювання технічного стану АБ різних типів і номенклатури на стадії попередньої дефектації і післяремонтного вихідного контролю (виявлення координат місць протікання, зародження й розвитку тріщиноутворень ранніх стадій руйнування, корозійних уражень тощо), та моніторингу їх стану під час експлуатації ЛА з використанням технологій, засобів і методів неруйнівного контролю.

Проведений аналіз методів неруйнівного контролю [4] довів ефективність їх застосування при контролі технічного стану АБ. Проте застосування лише одного методу неруйнівного контролю недостатньо через низьку чутливість до виявлення дефектів.

Так, традиційний для застосування ультразвуковий контроль має низьку завадостійкість до різних чинників впливу, що обумовлено конструктивними формами АБ, дефектами збирання. Його застосування ускладнено з причини наявності захисного покриття АБ. Застосування рентгенографічного методу контролю є неефективним при розкритті дефекту в площині просвічування менше 0,1 мм, а саме: тріщини й непровари і є найнебезпечнішими дефектами.

Виходячи з цього. для отримання достовірних результатів контролю пропонується як альтернатива застосування комплексної системи оцінювання

технічного стану АБ, яка буде будуватися на основі використання методів неруйнівного контролю, що доповнюють один одного. Тому актуальним завданням є розробка нормативно-технічної та науково-методичної бази з впровадження саме комплексного підходу.

Для більш точного оцінювання технічного стану АБ пропонується під час ремонту ЛА додатково поряд з роботами, що проводяться на АБ відповідно до технологій керівництв (інструкцій) з капітального ремонту, виконувати:

вимірювання геометричних розмірів АБ з метою отримання інформації про їх зміни відносно первісних геометричних розмірів і форми;

огляд внутрішньої поверхні АБ за допомогою ендоскопу на предмет відсутності тріщин, корозійних уражень;

вимірювання та оцінка дефектів АБ (корозійних ушкоджень, тріщин, деформацій);

контроль суцільності зварних з'єднань і зон основного матеріалу АБ рентгеновським методом;

контроль товщини стінок АБ ультразвуковим (вихрострумовим) методом;

гідралічні (пневматичні) випробування АБ (визначення коефіцієнтів запасу за межею повзучості, залишкового розширення).

Аналіз іноземного досвіду експлуатації АБ доводить обов'язковість проведення гідралічних випробувань (випробувань на об'ємне розширення) результатом яких буде визначення коефіцієнтів залишкового розширення АБ.

Коефіцієнт залишкового розширення K_{op} визначається як відношення залишкової зміни об'єму АБ ΔW_{ocn} до повної його зміни під тиском $\Delta W_{повн}$. Він характеризує ступінь пластичних деформацій в стінці АБ і є інтегральним критерієм надійності.

Теоретично правильно та якісно сконструйований АБ ніколи не буде демонструвати залишкове розширення після напруження перевіроючим тиском. Однак в силу різних відхилень геометрії і механічних властивостей матеріалу можливі деякі незначні, але вимірювані деформації, які не впливають на безпеку [5].

Дуже незначні деформації неможливо виявити візуально при простому навантаженні перевіроючим тиском. Тому метод випробувань на об'ємне розширення АБ має перевагу перед методом простого навантаження перевіроючим тиском і полягає в тому, що він містить в собі виконання всіх вимог, які стосуються простого навантаження, і на відміну від нього дає інтегральну характеристику АБ як конструкції в цілому. Іншими словами він об'єднує геометричні характеристики АБ (такі як: процент овальності, різнотовщинність тощо) з межею повзучості й внутрішнім тиском в одне ціле. Тому метод випробувань перевіроючим тиском АБ з визначенням коефіцієнта залишкового розширення має стати основою досліджень з визначення можливості їх подальшої безпечної експлуатації.

Можливість, строки й параметри подальшої експлуатації АБ будуть визначатися на основі сукупності отриманої інформації за результатами контролю їх технічного стану й розрахунків на міцність і тріщиностійкість.

Залежно від критеріїв оцінки технічного стану й умов експлуатації АБ вихідними параметрами можуть бути визначені:

характеристики матеріалів (межа повзучості, тимчасовий опір, тріщиностійкість, межа витривалості, структура, хімічний склад тощо);

коефіцієнти запасу міцності (за межею повзучості, тимчасовим опором, циклічною міцністю тощо);

технологічні параметри (температура, тиск, параметри циклічного навантаження, вібрації тощо);

дані гідравлічних (пневматичних) випробувань (коефіцієнт запасу за межею повзучості, коефіцієнт залишкового розширення).

Для більшої досконалості досліджень можливо введення й додаткової системи критеріїв оцінки технічного стану, яка дозволить визначити залишковий ресурс АБ, що досліджується.

Прогнозування залишкового ресурсу здійснюватиметься відповідно до закономірностей зміни визначальних параметрів, отриманих при аналізі пошкоджень або в результаті вимірювання функціональних показників. Отримані дані й будуть основою для прийняття рішення про можливість подальшої експлуатації АБ.

Отже, враховуючи позитивний досвід експлуатації АБ, досвід закордонних досліджень і фахівців, ДНДІА у взаємодії з авіаційними ремонтними підприємствами (АРП) та науковими установами, розпочато роботи з організації досліджень АБ методами неруйнівного контролю з метою визначення можливості продовження їх призначених строків служби. Відповідно до розробленого алгоритму підтримання справності авіаційних балонів розроблено Програму досліджень, яка об'єднує всі основні аспекти викладеного вище комплексного підходу до їх проведення. А позитивні результати досліджень АБ стануть необхідною умовою продовження призначеного строку служби.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гафт Э.Ф., Юхимец П.С., Нехотящий В.А., Чепиженко В.И. Продление срока эксплуатации авиационных баллонов / Техническая диагностика. Вып. № 1. – Киев, 2006. – С. 3-10.
2. ДНАОП 0.00-1.07-94. Правила будови та безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском. – Київ, 1998. – 190 с.
3. Надежность и экономичность производимых в Украине баллонов высокого давления для технических газов / Гафт Э.Ф., Р.И. Дмитренко, А.А. Перепечай и др. // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. –2012. – № 12. – С. 36-41.
4. Троицкий В.А. Краткое пособие по контролю качества сварных соединений. – К: Феникс, 2006. – 320 с.
5. ECE/TRANS/ WP.15/AC.1/2010/15. Совместное совещание Комиссии Экспертов МПОГ и рабочей группы по перевозкам опасных грузов. Предложения о внесении поправок в МПОГ/ДОПОГ/ВОПОГ (СМГС) в пункте 6.2.3.4.1. – Берн, 22-26 марта 2010 г.