

УДК 629.7.083

РАТНИКОВ І.М., головний науковий співробітник, доктор технічних наук, старший науковий співробітник

КУБАРЬ С.В., начальник науково-дослідного відділу, кандидат технічних наук

МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНИЧНИХ ТЕРМІНІВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ БОРТОВОГО ОБЛАДНАННЯ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

Запропоновано методичні підходи до визначення термінів настання граничного технічного стану бортового обладнання літальних апаратів Збройних Сил України на основі використання методології дослідження складних технічних систем

Ключові слова: технічна експлуатація, бортове обладнання літальних апаратів, ресурсні показники, граничний технічний стан

На сучасному етапі історичного розвитку Україна продовжує цілеспрямоване будівництво ефективних збройних сил, одним з основних носіїв бойового потенціалу яких є авіаційна компонента.

У бойовому складі авіації Збройних Сил України на теперішній час перебувають літальні апарати (ЛА), що відносяться до авіаційної техніки 3-го та 4-го поколінь і були виготовлені переважно в кінці 80-х – на початку 90-х років. Середній вік парку ЛА становить від 24 (винищувачі МіГ-29 та Су-27) до 33 років (військово-транспортні літаки), а окремі типи ЛА (літаки Бе-12, вертольоти типу Мі-8Т) вже досягли віку у 40 років [1].

Аналіз досвіду експлуатації військової авіаційної техніки (ВАТ) у провідних країнах світу свідчить, що виходячи з високої вартості нової бойової авіаційної техніки 4+ та 5 поколінь, переважна більшість країн світу використовує ресурсний потенціал існуючого парку до досягнення ним граничнодопустимих меж шляхом відновлення справності і подальшої модернізації за критерієм “ефективність–вартість”, поступово замінюючи старіючий парк на нові зразки.

З огляду на світові тенденції та наявність старіючого парку ЛА у Збройних Силах України вітчизняними вченими проводяться дослідження [1, 2] у напрямку визначення можливості продовження ресурсних показників зразків ВАТ на основі обґрунтування меж їх безпечної експлуатації, але отримані на теперішній час результати, в основному, стосуються показників втрати міцності планера ЛА та інших силових конструкцій і не можуть бути розповсюджені на оцінку довговічності бортового обладнання (БО).

Механізми старіння в складних технічних системах, до яких належать зразки БО, вивчено недостатньо у зв'язку зі специфічними особливостями як самих об'єктів

дослідження, так і процесів, які в них протікають, тому визначення можливості подальшого продовження ресурсних показників старіючому парку БО ЛА Збройних Сил України потребує ретельного наукового обґрунтування термінів настання граничного стану зразків.

Таким чином, проведення досліджень з питань обґрунтування можливості подальшої безпечної експлуатації зразків БО з вичерпаними ресурсними показниками на основі визначення термінів настання їх граничного стану є безумовно важливим і актуальним.

Метою статті є розробка методичних підходів до визначення термінів настання граничного стану зразків БО ЛА Збройних Сил України.

Настання граничного стану зразка ВАТ визначає факт припинення його експлуатації за умови неможливості або недоцільності (рис.1). В завданні продовження установлених ресурсних показників зразків БО варто зосередитися саме на неможливості безпечної технічної експлуатації зразка і відновлення його справності на основі проведення відповідних заходів експлуатуючою частиною, що потребує припинення експлуатації зразка у складі БО ЛА з подальшим прийняттям рішення щодо доцільності та шляхів його використання (проведення середнього або капітального ремонту, демонтажу з метою поповнення ремфонду, утилізації тощо).

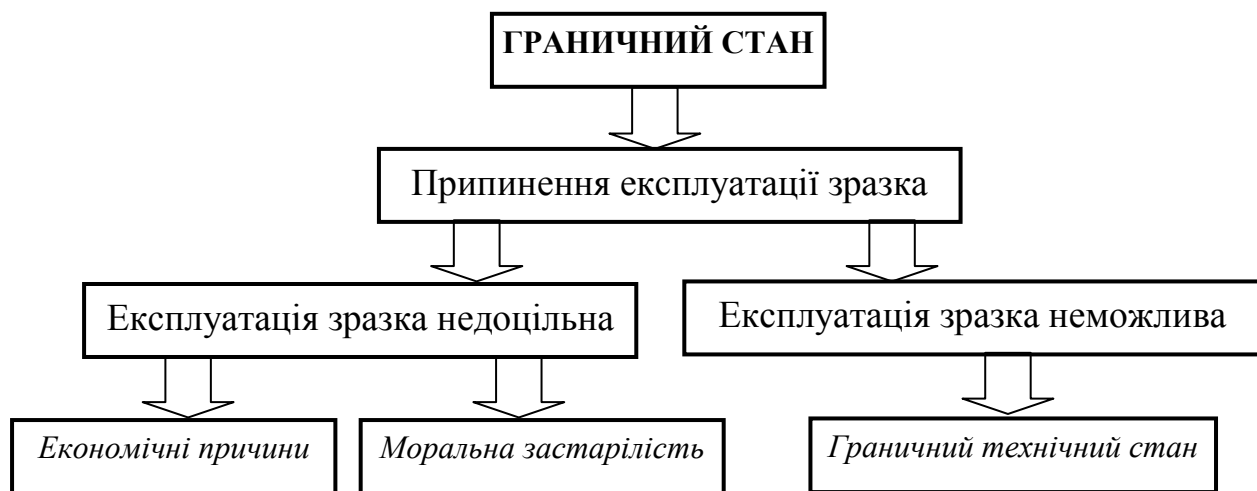


Рис.1. До визначення граничного технічного стану зразка БО.

Визначення термінів настання граничного технічного стану зразка БО являє собою складну науково-прикладну задачу, розв'язання якої потребує урахування великої кількості факторів впливу, обумовлених як тривалістю експлуатації (строком служби), так і наробітком зразка. Крім того, процеси фізичного старіння об'єктів дослідження є принципово випадковими, нелінійними та мають нестационарний характер зміни.

В основу розв'язання зазначеного завдання доцільно покласти положення методології дослідження складних технічних систем [3], які у загальному випадку включають: використання системного підходу; проведення декомпозиції складної технічної системи на окремі складові; розробку адекватної математичної моделі об'єкта дослідження; визначення показників (критеріїв) якості і проведення їх ранжирування за впливом на безпеку експлуатації; розробку високоточних методів

оцінювання кількісних показників, що характеризують визначені критерії якості; розробку сучасних методів прогнозування зміни у часі кількісних показників критеріїв якості тощо.

Декомпозиція зразка БО як складної технічної системи може бути проведена за різноманітними принципами. Враховуючи суттєву залежність процесів деградації БО від особливостей впливу факторів старіння на окремі конструктивні складові, декомпозицію доцільно провести за групами конструктивного виконання зразків БО у межах кожної з існуючих спеціальностей (рис.2), а саме: авіаційного обладнання (АО), радіоелектронного обладнання (РЕО), прицільно-навігаційних комплексів (ПРНК) та авіаційного озброєння (АОЗ).

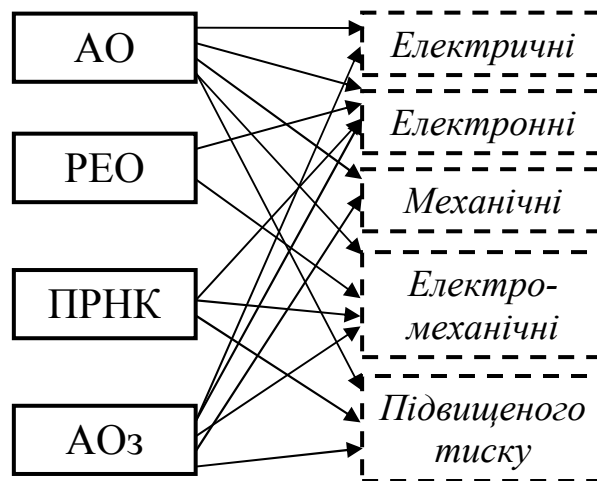


Рис.2. Декомпозиція зразків БО за групами конструктивного виконання.

Необхідно відзначити, що з урахуванням множини факторів впливу на процеси старіння, момент настання граничного стану зразків БО має принципово випадковий характер, тому може бути визначений тільки з певною ймовірністю. У термінах теорії надійності розв'язанню підлягає завдання визначення оцінки строку Δt_{zp}^* , у межах якого ймовірність події $P_e(\Delta t_{zp}) \leq P_e^{zad}$, де P_e – ймовірність відмови зразка, не перевершує ймовірності практично вірогідної події P_e^{zad} , тобто

$$\Delta t_{zp}^* \rightarrow P\{P_e(\Delta t_{zp}) \leq P_e^{zad}\} \geq 0,997. \quad (1)$$

Тут значення P_e^{zad} залежить від ступеню впливу відмови зразка БО, що досліджується, на безпеку польотів і може бути встановлено для кожного зразка, наприклад, за допомогою експертного оцінювання.

Зразки БО зі складу кожної групи, отриманої в результаті декомпозиції, у свою чергу, можуть бути віднесені до класів контрольованих або неконтрольованих об'єктів. Саме такий подальший розподіл та пов'язана з ним різниця в підходах до прогнозування технічного стану зразків покладені в основу розробки практичної методики визначення оцінки Δt_{zp}^* для усього парку БО ЛА Збройних Сил України.

Стосовно контрольованих зразків у військових частинах реалізується концепція їх технічної експлуатації з контролем параметрів. При цьому передбачається, що оцінка параметрів з переліку, що контролюється, дозволяє визначати технічний стан зразка із заданою вірогідністю. Завдання оцінювання Δt_{zp}^* у даному випадку потребує виконання двох основних процедур: встановлення граничних значень x_{zp} контрольованих параметрів, досягнення яких потребує припинення експлуатації зразка у складі БО ЛА, та прогнозування еволюції значень контрольованих параметрів у часі.

Найбільш дієва процедура прогнозування зміни контрольованих параметрів у часі заснована на застосуванні моделювання розвитку реалізацій стохастичного процесу, що описує випадкові значення параметра, з використанням реальної щільності ймовірності цього процесу [4]. У результаті моделювання обчислюється оцінка ймовірності відмови зразка у вигляді відношення $P_{\epsilon}^*(n, N) = n/N$, де n – кількість перетинань реалізаціями процесу граничного значення x_{zp} , N – загальна кількість реалізацій, отриманих при моделюванні. Час настання події $P_{\epsilon}^*(n, N) > P_{\epsilon}^{zad}$ і буде визначати оцінку Δt_{zp}^* контрольованих зразків БО, тобто

$$\Delta t_{zp}^* \rightarrow P_{\epsilon}^*(n, N) > P_{\epsilon}^{zad}. \quad (2)$$

Оскільки процес, що моделюється має випадковий характер, визначення Δt_{zp}^* необхідно виконувати з урахуванням інтервалу $\pm 3\sigma$.

Для детально неконтрольованих зразків БО у військових частинах реалізується концепція їх технічної експлуатації лише із загальним контролем надійності. При цьому доступним для спостереження є тільки апостеріорний факт наявності відмов парку однотипних зразків на інтервалі часу Δt . У даному випадку фіксується кількість відмов на обраному інтервалі Δt , обчислюється оцінка λ^* їх інтенсивності, наприклад за методиками наведеними у [5], та оцінка $P_{\epsilon}^*(\Delta t)$ ймовірності безвідмовної роботи зразка за формулою

$$P_{\epsilon}^*(\Delta t) = \int_0^{\Delta t} \exp\{-\lambda^* t\} dt = 1 - P_{\epsilon}^*(\Delta t). \quad (3)$$

Отримання низки послідовних значень $P_{\epsilon}^*(\Delta t)$ на однакових інтервалах Δt дозволяє побудувати залежність $P_{\epsilon}^*(t)$ зміни оцінки ймовірності безвідмовної роботи зразка БО у часі та її тренд. Оцінку Δt_{zp}^* неконтрольованих зразків БО буде визначати час настання з ймовірністю $P \geq 0,997$ події $P_{\epsilon}^*(t) < 1 - P_{\epsilon}^{zad}$, тобто

$$\Delta t_{zp}^* \rightarrow P\{P_{\epsilon}^*(t) < 1 - P_{\epsilon}^{zad}\} \geq 0,997. \quad (4)$$

Таким чином, застосування декомпозиції зразків БО за групами конструктивного виконання з подальшим їх розподілом на контрольовані або неконтрольовані складові дозволяє на основі використання сучасних методів прогнозування еволюції ймовірності відмов (безвідмовної роботи) зразків БО у часі запропонувати методичні підходи до визначення термінів настання граничного технічного стану для усього переліку зразків БО ЛА Збройних Сил України.

Практична значущість запропонованих підходів полягає в науковому обґрунтуванні шляхів розв'язання актуальних завдань оцінювання можливості продовження подальшої експлуатації зразків БО з вичерпаними ресурсними показниками, що є об'єктивною передумовою здійснення безпечної експлуатації старіючого парку ЛА Збройних Сил України до повного використання ресурсних можливостей і потенціалу довговічності, що закладені в конструкцію ВАТ на етапах її проектування і виготовлення. Реалізація та запровадження в практику експлуатації запропонованих підходів цілком реальна та залежить від режимів технічного обслуговування ВАТ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Харченко О.В. Безпечна експлуатація бойового складу авіації Повітряних Сил: методологічні аспекти / О.В. Харченко, С.В. Пащенко, І.М. Ратніков // Наука і оборона. – 2012. – №4. – С. 64-68.
2. Крижний А.В. Прогнозування довговічності парку зенітних ракетних комплексів (систем) під час експлуатації за технічним станом / А.В. Крижний, П.В. Опенько // Наука і оборона. – 2012. – №1. – С. 50-54.
3. Сложные технические и эргатические системы: методы исследования / А.Н. Воронин, Ю.К. Зиатдинов, А.В. Харченко, В.В. Осташевский – Харьков: Факт, 1997. – 240с.
4. Кудрицкий В.Д. Прогнозирование надежности радиоэлектронных устройств. – К.: «Техніка», 1973. – 156с.
5. Ковтуненко А.П. Математические методы оценки и прогнозирования технических показателей эксплуатационных свойств радиоэлектронных систем / А.П. Ковтуненко, В.В. Зубарев, Л.Г. Раскин. – К.: Книжн. изд. НАУ, 2005. – 182с.

Надійшла до редакції 04.11.2013