

УДК 621.518.3

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

*ФЕДОТОВ І.Н., старший науковий співробітник*

*ЗВАРИЧ В.І., старший науковий співробітник*

## **МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО ВИКОРИСТАННЯ ПАРАМЕТРИЧНОГО КОНТРОЛЮ АВІАЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ ЗА ТЕХНІЧНИМ СТАНОМ**

*У статті розглядаються питання методичного підходу до використання параметричного контролю авіаційного обладнання: вибір параметрів контролю, визначення упереджувальних допусків на ці параметри та періодичності контролю при експлуатації авіаційної техніки за технічним станом.*

*Ключові слова:* параметричний контроль, оптимальна стратегія технічного обслуговування.

В умовах, коли технічний стан авіаційної техніки (АТ) авіації Повітряних Сил Збройних Сил (ПС ЗС) України характеризується закінченням строків служби та відсутністю авторського нагляду, підтримка її у справному і безпечному для польотів стані шляхом переведення на експлуатацію за технічним станом, набуває все більш актуального значення. При експлуатації АТ за технічним станом найбільш доцільним є застосування стратегії обслуговування АТ з контролем параметрів.

Стратегія обслуговування й ремонту АТ з контролем параметрів являє собою сукупність правил з визначення режимів і регламенту діагностування комплектувальних виробів (КВ) та ухвалення рішення про необхідність їхнього обслуговування, заміни або ремонту на основі інформації про фактичний технічний стан.

При переведенні АТ на експлуатацію за технічним станом для кожного конкретного КВ АТ, встановленого на конкретному типі літального апарата (ЛА), потрібно визначити перелік параметрів, які контролюються, допуски на ці параметри, періодичність контролю та перелік необхідної контрольної-вимірювальної апаратури (КВА).

Одержання вихідної інформації про технічний стан КВ АТ здійснюється шляхом виміру його функціональних і діагностичних параметрів. Традиційний і найпоширеніший підхід до цього полягає в тому, що для конкретного виробу вибирається деяка сукупність параметрів, проводяться виміри, результати яких порівнюються із заданими границями області працездатності. При виконанні умов приналежності кожного з параметрів заданій для нього області приймається рішення про працездатність виробу. Якщо хоча б для одного з параметрів ця умова не дотримується, то виріб визнається непрацездатним [1...3].

На перший погляд такий підхід досить простий, однак на практиці його реалізація наштовхується на істотні труднощі.

По-перше, досить складно для кожного конкретного виробу вибрати мінімальну кількість параметрів, які з достатньою вірогідністю характеризували б його технічний стан.

По-друге, важко визначити для кожного з обраних параметрів область працездатності, тобто призначити допуски на параметр.

По-третє, значні труднощі виникають і при апаратній реалізації вимірів параметрів, що обумовлені необхідністю застосування великої кількості штатної й додаткової вимірювальної апаратури, комутаторів, перетворювачів тощо.

Найбільш загальний підхід до вибору оптимального переліку параметрів полягає в аналізі втрат, пов'язаних з відсутністю контролю того чи іншого параметра. Перелік параметрів, що контролюються, складається так, щоб втрати після контролю не перевищували заданого рівня. Такий підхід вимагає попереднього накопичення великих масивів статистичної інформації і пов'язаний з суттєвими обчислювальними труднощами. Менш витратні процедури вибору параметрів, що засновані на використанні методу гілок і границь, методу скороченого перебору та табличного методу [1].

Але більш зручним є методичний підхід щодо формалізованого визначення обсягу вимірюваних параметрів для оцінки технічного стану авіаційного обладнання (АО) із заданою вірогідністю [5]. Формалізація процесу призначення переліку вимірюваних параметрів забезпечується на основі введення поняття значимості кожного параметра. Коефіцієнт значимості  $j$ -ого параметра визначається як вірогідність оцінки характеристики виробу АО при вимірюванні тільки одного цього параметра

$$k_j = 1 - \frac{s_{u_j}^*}{s_u},$$

де  $s_{u_j}^*$  – апостеріорне середньоквадратичне відхилення оцінюваної характеристики

$u$  при вимірюванні тільки одного  $j$ -ого параметра;  $s_u$  – апріорне

середньоквадратичне відхилення оцінюваної характеристики  $u$ .

За обчисленими значеннями коефіцієнтів значимості параметрів будується упорядкована монотонна убиваюча послідовність параметрів. За упорядкованою послідовністю параметрів визначається залежність вірогідності  $d_l$  оцінки  $l$ -ої характеристики виробу АО як функція кількості вимірюваних параметрів. Необхідна кількість вимірюваних параметрів  $m_l$  для оцінки  $l$ -ої характеристики виробу АО обумовлюється заданою величиною вірогідності  $d_l^{зад}$ .

При оцінюванні технічного стану КВ результати вимірювання параметрів порівнюються із заданими границями області працездатності.

Для виявлення передвідмовного стану може використовуватися принцип призначення упереджувальних допусків на параметри. При цьому під упереджувальним допуском розуміють сукупність значень параметрів, укладених між граничним і передвідмовним рівнями параметра. Досягнення параметром передвідмовного рівня означає необхідність виконання профілактичних робіт або заміни виробу. Якість роботи виробу визначається якістю його вихідних характеристик (параметрів). Ці характеристики прийнято визначати їхніми кількісними значеннями, тобто розташуванням цих значень у певних межах.

Нехай якість виробу характеризується функцією  $E(x)$ , що залежить від вихідного параметра  $x$  виробу. Під цією функцією можна розуміти ймовірність виконання виробом поставлених задач залежно від відхилення параметра  $x$  від його номінального значення  $x_n$  (рис. 1). Критичні значення параметра  $x_{акр}$  і  $x_{вкр}$  визначають область функціонування КВ  $S_\phi$ , у якій  $x_{акр} < x_n < x_{вкр}$ . За межами цієї області виріб не може виконувати призначених задач. Тому призначається область працездатних станів виробу  $S_p$ , де  $x_{ар} \leq x_n \leq x_{ер}$ , ця нерівність є умовою працездатності об'єкта, а діапазон прийнятних значень параметра  $x_{ер} - x_{ар} = S_p$  називається полем допуску параметра  $x$ .

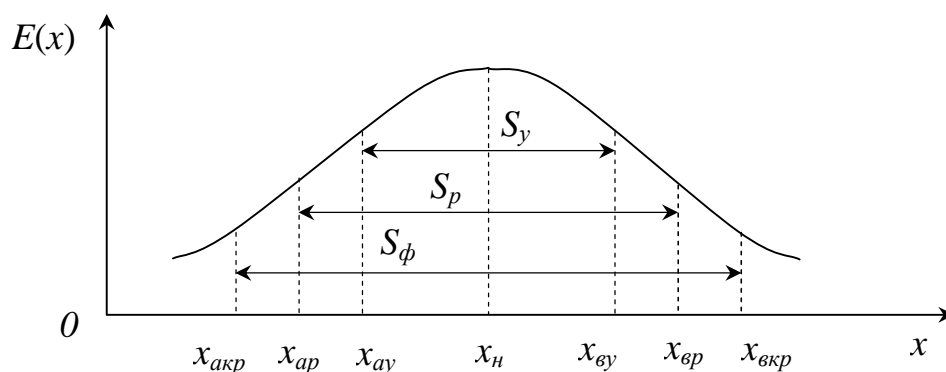


Рис. 1. Залежність функції якості виробу від вихідного параметра

У процесі експлуатації вихід параметра на границі працездатності недопустимий. Тому для параметра виробу встановлюється поле упереджувальних допусків  $S_y$  із границями  $x_{ау}$  та  $x_{еу}$ . При цьому  $x_{ер} - x_{еу} \geq 0$ ,  $x_{ау} - x_{ар} \geq 0$ ,  $S_y \subset S_p$ .

Упереджувальні допуски створюють запас працездатності, що забезпечує профілактичними (відновлювальними) роботами безвідмовну роботу виробу до чергової перевірки. Встановлення упереджувальних допусків – одна із задач прогнозування технічного стану виробу.

Для певної частини КВ АТ контрольовані параметри мають нормальний розподіл з математичним сподіванням  $m_x$  і середнім квадратичним відхиленням  $S_x$ . Функції  $m_x(t)$  і  $S_x(t)$  отримують на підставі статистичних досліджень параметрів відповідних виробів. Прикладами виробів з постійними  $m_x$  являються гіронавігационні компаси, авіагоризонти, часові механізми тощо [2].

На практиці часто характер зміни контрольованих параметрів  $x(t)$  є складним, близьким до випадкового. У цих випадках прогнозування треба розглядати як імовірну задачу з урахуванням розподілів параметра. Таким чином, варто розрізняти

КВ з постійним і КВ зі змінним математичним сподіванням. В обох випадках дисперсія параметра є функцією часу.

Вихідною умовою для розрахункового визначення упереджувального допуску  $x_y$  на параметр є задана ймовірність  $q_3$  його виходу за межі робочого допуску. Призначати упереджувальні допуски на визначальні параметри КВ можна лише при монотонному характері їхньої зміни. Значення упереджувального допуску за інших рівних умов залежить від періодичності контролю параметрів: чим більше час наробітку КВ між черговими перевірками, тим більше повинна бути й величина упереджувального допуску.

При визначенні періодичності профілактичного контролю параметрів необхідно враховувати показники надійності виробу, що контролюється. При цьому можна використовувати залежність [2]:

$$p_{\min}(T_1) = 1 - q_3 = e^{-\int_0^{T_1} I(t) dt}, \quad (1)$$

звідси 
$$\ln p_{\min}(T_1) = -\int_0^{T_1} (I_0 + bt) dt = -I_0 T_1 - \frac{b}{2} T_1^2, \quad (2)$$

де  $T_1$  – час до першого профілактичного контролю;  $p_{\min}(T_1)$  – ймовірність безвідмовної роботи за час  $T_1$ ;  $q_3$  – задана (максимально припустима) ймовірність відмови;  $I_0$  – інтенсивність відмови;  $I(t) = I_0 + bt$  – інтенсивність відмови за час  $t$ ;  $b$  – сталий коефіцієнт.

Наведемо приклад.

Гіронапівкомпас має такі характеристики: максимально припустима ймовірність відмови  $q_3 = 5 \cdot 10^{-4}$ ; інтенсивність відмови по відходах курсу  $I(t) = I_0 + bt$ ;  $I_0 = 10^{-6}$  1/год;  $b = 2 \cdot 10^{-9}$ . Потрібно визначити час  $T_1$  до першого профілактичного контролю, час  $T_2$  між черговими перевірками.

Після підстановки вихідних даних і розв'язання рівняння (2) одержуємо  $T_1 = 370$  год. Доцільно  $T_1$  вибрати таким, щоб контроль виробу суміщався зі вже встановленим найближчим контролем основного виробу (регламентними роботами), наприклад,  $T = 300$  год. Час наступної перевірки  $T_2$  береться  $T_2 \leq T_1$ .

Чим частіше здійснюється контроль, наприклад, перед кожним польотом, тим більш вірогідна інформація про поточний стан виробу. Але зробити так не завжди можливо, тому що на контроль потрібно багато часу, економічних, трудових та інших витрат. Поглиблений контроль не завжди можливий в умовах військової частини.

Уточнення періодичності контролю проводиться відповідно до впливу відмови виробу, стан якого контролюється, на показники безпеки польотів, а також витрати на контроль відповідних параметрів. Найбільш прийнятним варіантом може бути приєднання профілактичного контролю виробу до контролю основного виробу (ЛА) з існуючим строком за нальотом чи календарним строком експлуатації.

При параметричному контролі технічного стану АТ можуть використовуватися штатні засоби вимірювання спеціального та загальновійськового призначення, бортові засоби вбудованого контролю та засоби об'єктивного контролю.

Крім того, для організації поглибленого параметричного контролю доцільно у військових частинах мати мобільні лабораторії, оснащені сучасними засобами неруйнівного контролю та засобами вимірювання загального призначення з необхідними метрологічними характеристиками.

Слід зазначити, що при визначенні оптимальної стратегії технічного обслуговування виробу (за ресурсом, за технічним станом з контролем параметрів або з контролем рівня надійності) необхідно враховувати особливості впливу його відмови на безпеку польотів, а також показники надійності та контролепридатності. Це доцільно робити відповідно до “Тимчасової методики розподілу комплектувальних виробів літальних апаратів на групи” [4]. Якщо даний виріб відноситься до 2-ї групи, то він може бути допущений до експлуатації за станом з контролем параметрів.

Запропонований в даній статті методичний підхід до використання параметричного контролю авіаційного обладнання може знайти практичне застосування при переведенні та експлуатації АТ за технічним станом, що сприятиме підвищенню її надійності і безпеки польотів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Контроль функционирования больших систем. / Под ред. Шибанова Г.П.– М.: Машиностроение, 1977. – 358с.
2. Техническая эксплуатация авиационного оборудования. / Под ред. Воробьева В.Г. – М.: Транспорт, 1990. – 296с.
3. Смирнов Н.Н., Ицкович А.А. Обслуживание и ремонт авиационной техники по состоянию. – М.: Транспорт, 1987. – 272с.
4. Тимчасова методика розподілу комплектувальних виробів літальних апаратів на групи, уведена в дію вказівкою ГІ авіації ПС ЗСУ від 12.02.2009 р. № 420 (0009).
5. Пашенко С.В., Вознюк М.М., Лещенко Ю.М., Агамов Л.Г. Методичний підхід до вибору параметрів для оцінки технічного стану авіаційного обладнання//Збірник наукових праць ДНДІА, Випуск 6(13).– К.: ДНДІА, 2010.– С. 182-188.

*Надійшла до редакції 29.10.2011*