

УДК 629.7.083

В.М. Самоцьос

Державний науково-дослідний інституту авіації, Київ

ОЦІНКА ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ВІЙСЬКОВОЇ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ ПРИ ЇЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ З ПРОДОВЖЕНИМИ КАЛЕНДАРНИМИ ПОКАЗНИКАМИ

Аналізуються сучасні методи оцінки та прогнозування показників надійності військової авіаційної техніки, яка експлуатується за межами встановлених виробником призначених календарних показників.

Ключові слова: показники надійності, військова авіаційна техніка.

Вступ

Умови, що склалися у Повітряних Силах Збройних Сил України (далі – ПС ЗС України) за останні роки, не сприяють підвищенню рівня справності парків типів військової авіаційної техніки (далі – ВАТ). Перш за все це пов'язано з відсутністю поповнення парків ВАТ новими зразками, незначним оновленням властивостей ВАТ через її ремонт, доробку та модернізацію, відсутність авторського супроводження. В експлуатації ми маємо справу зі старіючим парком ВАТ, надійність якої підтримується лише зусиллями експлуатуючих організацій. Тому методам оцінки та прогнозування показників надійності ВАТ приділяється значна увага.

Основний матеріал

Найбільш поширеними показниками надійності ВАТ є [1]:

- імовірність безвідмовної роботи - $P(t)$;
- наробіток до відмови - T ;
- інтенсивність $\lambda(t)$ відмов.

Інтенсивність відмов найкращим чином характеризує тенденції зміни надійності об'єкта, бо є диференційною, швидко змінною характеристикою на відміну від інших показників, що є повільно змінними характеристиками. Статистичну оцінку інтенсивності відмов можна одержати за формулою

$$\bar{\lambda}(t) = (n(t + \Delta t) - n(t)) / (N \cdot \Delta t), \quad (1)$$

де $n(t)$ - поточна кількість відмов зростаючим підсумком; Δt - інтервал наробітку, що розглядається; N - кількість виробів ВАТ у парку.

З рис. 1 слідує, що протягом часу експлуатації t інтенсивність відмов з початку зменшується (період приробітку - I), потім досягає сталих, або майже сталих значень (період нормальної експлуатації - II), і наприкінці значно збільшується (період зносних відмов - III).

Задачею експлуатації є недопущення виходу виробів на режим зносних відмов. Саме з такою метою і проводиться оцінка та прогнозування рівнів надійності (безвідмовності) ВАТ.

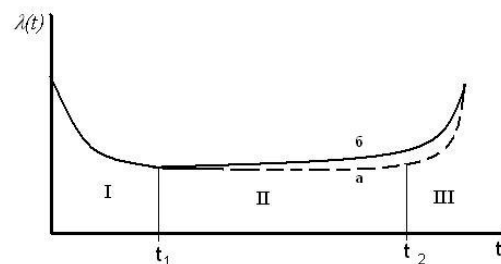


Рис. 1. Теоретичний вид залежності $\lambda(t)$

На практиці в період нормальної експлуатації можуть спостерігатися як деяке зменшення інтенсивності відмов з часом (коли причини відмов своєчасно встановлюються і вживаються дійові заходи щодо їх попередження крива а, рис. 1), так і поступове її збільшення (крива б, рис. 1), що пояснюється особливостями експлуатації кожного з виробів ВАТ.

Для оцінки надійності ВАТ встановлені такі показники: $T_{пб}$ - наліт на відмову, що приводить до невиконання бойового завдання; $T_{п}$ - наліт на відмову, що трапилася у польоті і виявлена екіпажем; $T_{с}$ - наліт на відмову і пошкодження, що виявлені в польоті та на землі.

Будь-якому з цих показників T_i відповідає своє значення інтенсивності відмов за формулою

$$\lambda_i(t) = 1/T_i. \quad (2)$$

Прогнозування показників надійності ВАТ вміщує в собі визначення імовірних меж зміни інтенсивності відмов на певний проміжок часу у майбутньому на підставі даних, що отримані за минулі роки експлуатації.

При цьому вважається, що протягом строку, на який виконується прогноз, умови експлуатації суттєво не змінюються, тобто вони є статистично однорідними.

Існує багато методів прогнозування, які відрізняються глибиною та достовірністю прогнозу. Розглянемо два найбільш поширені:

- інтерполяційний метод;
- метод регресійного аналізу.

Перший з наведених методів - інтерполяційний - можна застосовувати для індивідуального прогнозування змін у часі параметрів тривалості експлуатації окремого виробу, другий - метод регресійного аналізу - дозволяє прогнозувати зміни у часі параметрів, що характеризують надійність парка ВАТ у цілому.

Метод лінійної інтерполяції застосовується для прогнозування змін у часі параметра $y(t)$, що характеризує технічний стан окремого виробу і тривалість його експлуатації, за умови, що цей параметр змінюється у часі поступово та діапазон його зміни заздалегідь відомий. Розглянемо значення параметра $y(t)$ у три моменти часу t_i , t_j та $t_j + \Delta t$ (рис.2).

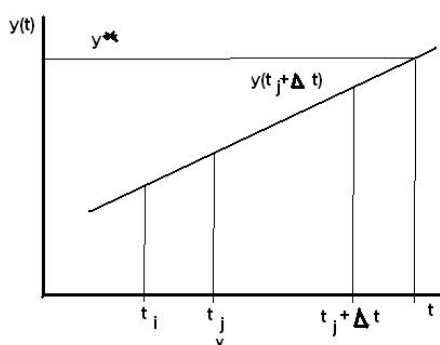


Рис. 2. Зміна параметра $y(t)$ у часі

Перші два значення параметра - $y(t_i)$ та $y(t_j)$ - апріорні, тобто заздалегідь відомі, значення $y(t_j + \Delta t)$ - прогнозоване. Величина Δt характеризує глибину прогнозу. За правилами лінійної інтерполяції прогнозоване значення параметра можна обчислити за допомогою формули

$$y(t_j + \Delta t) = y_j + (y_j - y_i) \frac{\Delta t}{t_j - t_i}. \quad (3)$$

Ця ж залежність може бути використана і для прогнозування часу безвідмовної роботи. У цьому разі замість прогнозованого значення параметра $y(t_j + \Delta t)$ слід застосувати його граничне значення y^* . Відповідна формула має вигляд

$$\Delta t = \frac{y^* - y_j}{y_j - y_i} \cdot (t_j - t_i). \quad (4)$$

Якщо насправді залежність $y(t)$ є нелінійною, виникає похибка у визначенні прогнозованих значень параметра, яка збільшується зі збільшенням Δt , тобто з глибиною прогнозу, тому не слід проводити прогнозування на час Δt , що перевищує 30% часу, протягом якого проводилось спостереження за змінами параметра.

Якщо залежність $y(t)$ має вигляд зигзагоподібної ламаної лінії з великим розмахом, що свідчить про наявність значного за величиною імовірнісного компонента, застосовувати екстраполяційний метод для прогнозування змін у часі параметра технічного стану виробу і часу його безвідмовної роботи неможливо, у цьому випадку слід застосовувати метод

регресійного аналізу.

При застосуванні методу лінійної регресії [1] вважається, що прогнозоване значення параметра $y(t)$ складається з двох компонентів - детермінованого $L(t)$ та випадкового $\varepsilon(t)$.

Детермінований компонент $L(t)$ є лінійною функцією часу, наприклад,

$$L(t) = at + b. \quad (5)$$

Випадковий компонент $\varepsilon(t)$ визначається за правилами теорії імовірності.

Як і у випадку лінійної інтерполяції, прогнозування виконується на підставі даних, що одержані в експлуатації. Чим більш даних, тим точніший прогноз. Мінімальна кількість даних - не менш трьох значень параметра у три моменти часу (у попередньому випадку було достатньо двох моментів часу - t_i та t_j).

Апріорі не ставиться ніяких обмежень на вид залежності $y(t)$, але одержані результати слід перевірити на відповідність саме лінійній моделі методами математичної статистики. У разі суперечності моделі лінійній гіпотезі слід застосовувати нелінійні моделі.

За вказаних умов прогнозоване значення параметра $y(t)$ у момент часу t можна визначити як

$$y(t) = at + b + \varepsilon(t), \quad (6)$$

де a і b - коефіцієнти, значення яких розраховуються на підставі апріорних даних; $\varepsilon(t)$ - випадковий компонент, який визначається за правилами теорії імовірності.

Тенденція зміни параметра $y^*(t)$ у часі визначається прямою (лінією регресії)

$$y^*(t) = at + b, \quad (7)$$

проведеною так, щоб виконувалась умова

$$U = \sum_{i=1}^N (y_i - at_i - b)^2 = \min, \quad (8)$$

де y_i - апріорне значення параметра на момент часу t_i .

За правилами теорії імовірності рівень

$$y = at + b + k\sigma(t)$$

не перевищуватиметься з імовірністю

$$P = 0,5 + \Phi_0(k/\sigma),$$

де Φ_0 - так званий інтеграл імовірностей [1]

$$\Phi_0(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt.$$

Випадковий компонент $\varepsilon(t)$ при виконанні гіпотези нормального розподілу може повністю визначитися через відомі чисельні характеристики - математичне сподівання $m_\varepsilon(t)$ та середнє квадратичне відхилення $\sigma_\varepsilon(t)$.

У теорії регресійного аналізу доведено, що у даному випадку математичне сподівання випадкового компонента $m_\varepsilon(t) = 0$, тобто лінія регресії $y^*(t) = at + b$ є математичним сподіванням випадкового процесу $y(t)$.

Величина $\sigma_{\varepsilon}(t)$ розраховується за формулою

$$\sigma_{\varepsilon}(t) = \sqrt{\frac{U}{N-2} \cdot \left(1 + \frac{1}{N} + \frac{(t - \bar{t})^2}{\sum_{i=1}^N (t_i - \bar{t})^2} \right)}. \quad (9)$$

Висновок

Таким чином, для оцінки та прогнозування показників надійності військової авіаційної техніки при її експлуатації з продовженим терміном служби, велике значення мають питання збору та обробки вихідних даних про несправності ВАТ розглянутими методами статистичної обробки інформації, вважаючи за $y(t)$ показник, значення якого прогнозується.

ОЦЕНКА И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ВОЕННОЙ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ ПРИ ЕЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ С ПРОДЛЕННЫМИ КАЛЕНДАРНЫМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ

В.М. Самогёс

В статье анализируются современные методы оценки и прогнозирования показателей надежности военной авиационной техники, которая эксплуатируется за пределами установленных производителем назначенных календарных показателей.

Ключевые слова: показатели надежности, военная авиационная техника.

ESTIMATION AND PROGNOSTICATION OF RELIABILITY OF MILITARY AVIATION TECHNIQUE INDEXES DURING ITS EXPLOITATION WITH THE PROLONGED INDEXES OF CALENDARS

V.M. Samotyёs

The modern methods of estimation and prognostication of reliability of military aviation technique which is exploited outside the appointed indexes of calendars set a producer indexes are analysed in the article.

Keywords: reliability indexes, military aviation technique.

Список літератури

1. Дрейпер Н. Прикладной регрессионный анализ / Н. Дрейпер, Г. Смит, Г. Абегауз. – М.: Финансы и статистика, 1986. - 366 с.

2. Справочник по вероятностным расчетам. – М.: Воениздат, 1970. - 536 с.

Надійшла до редколегії 20.10.2008

Рецензент: д-р техн. наук, с.н.с. І.М. Ратніков, Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ.