

УДК 629.735.083.035.3.004.58 (045)

М. О. ОЛАЛІ, Н. В. ОЛАЛІ

Найджа Дельта Університет, Нігерія

ВИКОРИСТАННЯ МІНІМАЛЬНО-КРИТЕРІАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК В ЗАДАЧАХ ДІАГНОСТУВАННЯ АВІАЦІЙНИХ ДВИГУНІВ

В рамках комплексного методу діагностування авіаційних двигунів розглядається можливість використання мінімальних критеріально-параметричних характеристик.

Ключові слова: діагностування, авіаційний двигун, мінімально-критеріальна характеристика.

Вступ. На сьогоднішній день існує необхідність в дослідженні критеріально-параметричної бази комплексного методу діагностування авіаційних двигунів (АД), яка повинна відповідати не тільки міжнародним стандартам з безпеки польотів, а й слугувати надійним фундаментом для запровадження новітніх технологічних розробок для діагностування АД.

Аналіз досліджень і публікацій. Як відомо діагностичний процес, зв'язаний з отриманням і переробкою інформації тим самим потребує економіко-технічні витрати на оснащення технічної бази пристрою (електро-електронне та конструкційне оснащення детекторів, датчиків, передаючих пристроїв тощо) які спрямовані на оптимізацію пошуку і усунення вірогідних пошкоджень та відмов АД, що дозволить підвищити рівень безпеки польоту [1-4]. Так, як потреба отримання діагностичної інформації виникає, кожен раз після використання АД і під час самого використання, то постійно вводяться критерії базових важливих параметрів, на основі яких ґрунтуються різні алгоритми діагностичного дослідження [5-7]. Необхідно зазначити, що вирішальну роль у якості дослідження відіграє кількість досліджуваних критеріїв, чим більше отримано інформації тим вірогідніше буде оцінка технічного стану АД [1,4].

Постановка завдання. Завдання дослідження можна сформулювати як дослідження можливості використання мінімальних критеріально-параметричних характеристик комплексного методу діагностування АД. Такі характеристики мають одночасно відповідати сучасним міжнародним стандартам з безпеки польоту та економічній рентабельності використання даного методу і тим самим зосередити виробників діагностичних розробок на виготовлення зручних малогабаритних діагностичних пристроїв, для знаходження цих параметрів.

Формування мінімально-критеріальних характеристик умовного пошкодження АД. Сучасні діагностичні прилади для АД мають проводити аналіз зміни рівня загальної вібрації двигуна, концентрації продуктів зношення деталей, які омиваються мастилом, накопичення пошкоджень критичних елементів конструкцій [5,6], оцінки технічного стану елементів проточної частини АД.

Діагностичний параметр загальної вібрації двигуна:

$$\Delta \bar{K}_g = \frac{K_{g\text{пот}}}{K_{g0}} - 1, \quad (1)$$

де K_{g0} та $K_{g\text{пот}}$ відповідне початкове та поточне значення, наприклад, коефіцієнта віброперевантаження.

Аналогічно можна визначити відносний коефіцієнт приросту концентрації металу в мастилі:

$$\Delta \bar{K}_{Fe} = \frac{K_{Fe \text{ пот}}}{K_{Fe0}} - 1, \quad (2)$$

де K_{Fe0} та $K_{Fe \text{ пот}}$ - відповідно початкове та поточне значення концентрації заліза в мастилі.

Величину отримання пошкоджень критичного елемента конструкції представимо у вигляді:

$$\bar{K}_\tau = \frac{t_e}{\tau_e}, \quad (3)$$

де t_e - еквівалентне напрацювання, яке накопичується від польоту до польоту; τ_e - довговічність критичного елемента конструкції при параметрах еквівалентного режиму навантаження.

В якості еквівалентного режиму навантаження рекомендується вибирати злітний режим роботи двигуна в стандартних атмосферних умовах. Якщо реальне напрацювання двигуна представити у вигляді еквівалентного, яке визначається для критичного елемента конструкції, то для кожного значення еквівалентного напрацювання t_e зв'язок параметра \bar{K}_τ з $\Delta \bar{K}_g$ та $\Delta \bar{K}_{Fe}$ може бути апроксимований рівняннями першого порядку:

$$\bar{K}_\tau = \gamma + \beta_1 \Delta \bar{K}_g; \quad (4)$$

$$\bar{K}_\tau = \gamma + \beta_2 \Delta \bar{K}_{Fe}, \quad (5)$$

де γ , β_1 та β_2 - коефіцієнти взаємозв'язку.

Враховуючи вирази (4) та (5), рівняння зв'язку між розглянутими параметрами для заданого τ_e буде мати такий вигляд:

$$\bar{K}_\tau = \gamma + \beta_1 \Delta \bar{K}_g + \beta_2 \Delta \bar{K}_{Fe}. \quad (6)$$

При $\Delta \bar{K}_g = 0$ або при $\Delta \bar{K}_{Fe} = 0$ рівняння (6) перетворюється в рівняння (4) або (5). В тому випадку, коли $\Delta \bar{K}_g = 0$ та $\Delta \bar{K}_{Fe} = 0$, $\bar{K}_\tau = \gamma$.

З врахуванням рівняння (3) можна записати

$$\gamma = \frac{1}{\tau_e}. \quad (7)$$

Враховуючи, що рівняння встановлює зв'язок між параметрами \bar{K}_τ , $\Delta \bar{K}_g$ та $\Delta \bar{K}_{Fe}$ для окремих проміжків часу, встановимо залежність коефіцієнтів від величини еквівалентного напрацювання. При цьому відмітимо, що коефіцієнт зв'язаний з величиною еквівалентного напрацювання рівнянням (7).

Як показує практика, зв'язок коефіцієнтів з величиною еквівалентного напрацювання може бути описаний наступним чином:

$$\beta_1 = \lambda_0 + \lambda_1 t_e; \quad (8)$$

$$\beta_2 = \varphi_0 + \varphi_1 t_e, \quad (9)$$

де λ_0 , λ_1 , φ_0 , φ_1 постійні коефіцієнти.

З врахуванням рівнянь (7), (8), та (9) перетворюємо рівняння (6) до виду:

$$\bar{K}_\tau = \frac{1}{\tau_e} t_e + (\Delta \bar{K}_g \lambda_0 + \Delta \bar{K}_g \lambda_1 t_e) + (\Delta \bar{K}_{Fe} \varphi_0 + \Delta \bar{K}_{Fe} \varphi_1 t_e). \quad (10)$$

Розв'язуючи рівняння (10) відносно t_e , отримаємо

$$t_e = \frac{\bar{K}_\tau - \Delta \bar{K}_g \bar{\lambda}_0 - \Delta \bar{K}_{Fe} \bar{\phi}_0}{1 / \tau_e + \Delta \bar{K}_g \bar{\lambda}_1 + \Delta \bar{K}_{Fe} \bar{\phi}_1}. \quad (11)$$

Вираз (11) дозволяє оцінити еквівалент напручування при одночасній дії двох чи трьох параметрів: \bar{K}_τ , $\Delta \bar{K}_g$, та $\Delta \bar{K}_{Fe}$.

Використовуючи формулу (11) з врахуванням співвідношення (7), можна представити величину умовного пошкодження двигуна, як

$$\gamma(\bar{K}_\tau, \Delta \bar{K}_g, \Delta \bar{K}_{Fe}) = \frac{\bar{K}_\tau - \Delta \bar{K}_g \bar{\lambda}_0 - \Delta \bar{K}_{Fe} \bar{\phi}_0}{1_e + \tau_e \left(\Delta \bar{K}_g \bar{\lambda}_1 + \Delta \bar{K}_{Fe} \bar{\phi}_1 \right)}. \quad (12)$$

Розглянутий підхід до оцінки умовного пошкодження справедливий для багатократно повторювальної відповідної реалізації програми роботи двигуна та відповідної програми навантаження його основних вузлів та деталей.

В цьому зв'язку постійні коефіцієнти, які входять в розрахункову формулу, можуть бути застосовані лише для конкретної реалізації програмної роботи. Якщо реалізація відрізняється від одного польоту до іншого, то й постійні коефіцієнти будуть відрізнятися. Це вимагає необхідність установлення функціональних залежностей між постійними коефіцієнтами та параметрами, які характеризують реалізацію програми роботи двигуна.

В якості таких параметрів цілеспрямовано приймати швидкість накопичення пошкоджень прийнятого критичного елемента $d\Pi_j / t_{nj}$ під час j -й реалізації польоту t_{nj} , а також швидкості зміни відносних приростів характеристик вібрацій $(\Delta \bar{K}_g)_j / t_{nj}$ та концентрації металу в мастилі $(\Delta \bar{K}_{Fe})_j / t_{nj}$.

Результати експериментів з їх кореляційно-регресивним аналізом дозволяють встановити статистичні залежності для постійних коефіцієнтів:

$$\begin{aligned} \lambda_0 &= A_0 + \frac{1}{t_{nj}} (A_1 d\Pi_j + A_2 \Delta \bar{K}_g{}_j + A_3 \Delta \bar{K}_{Fe}{}_j); \\ \lambda_1 &= B_0 + \frac{1}{t_{nj}} (B_1 d\Pi_j + B_2 \Delta \bar{K}_g{}_j + B_3 \Delta \bar{K}_{Fe}{}_j); \\ \phi_0 &= N_0 + \frac{1}{t_{nj}} (N_1 d\Pi_j + N_2 \Delta \bar{K}_g{}_j + N_3 \Delta \bar{K}_{Fe}{}_j); \\ \phi_1 &= M_0 + \frac{1}{t_{nj}} (M_1 d\Pi_j + M_2 \Delta \bar{K}_g{}_j + M_3 \Delta \bar{K}_{Fe}{}_j), \end{aligned}$$

де A_0, \dots, A_3 ; B_0, \dots, B_3 ; N_0, \dots, N_3 ; M_0, \dots, M_3 – постійні коефіцієнти рівнянь ліній регресії.

Таким чином, визначаючи коефіцієнти λ_0 , λ_1 , ϕ_0 , ϕ_1 , можна провести оцінку умовного пошкодження двигуна для різних реалізацій програм його роботи.

Висновки. Використання комплексного методу діагностування, з урахуванням трьох діагностичних параметрів дозволяє отримати оцінки залишкової довговічності АД – запасу довговічності. Комплексний метод може використовувати

тися у широкому діапазоні зміни параметрів програм роботи АД і може бути корисним для оцінки технічного стану АД в експлуатаційних умовах.

Список літератури

1. Епифанов С. В. Синтез систем управления и диагностирования газотурбинных двигателей / С. В. Епифанов, Б. И. Кузнецов, И. Н. Богаенко. – К. : Техніка, 1998. – 312 с.
2. Система диагностирования технического состояния авиационных ГТД с применением нейронного подхода / [А. М. Пашаев, Д. Д. Асперов, Р. А. Садыхов, П.Ш. Абдуллаев] // Авиационно-космическая техника и технология. – Харьков, 2005. - №3. – С.33-42.
3. Олейник А. В. Концепция разработки систем эксплуатационного мониторинга выработки ресурсов авиационных ГТД / А. В. Олейник // Авиационно-космическая техника и технология. – Харьков, 2005. - №10. – С.37-41.
4. Епифанов С. В. Оптимальный выбор измеряемых параметров при идентификации ГТД / С. В. Епифанов, Д. Ф. Симбирский, С. Н. Каплун // Изв. вузов. Авиац. техника. – 1989. - №4. – С.39-44; 1990. - №1. – С.57-62; 1990. - №2. – С.72-76.
5. Янко А. К. Определение остаточного ресурса ГТД на основе анализа измерения запасов прочности наиболее нагруженных элементов / А. К. Янко // Промышленная теплотехника. – К. : Наукова думка, 1980. – №4. – С.231-240.
6. Карпов Е. Н. Оценка технического состояния элементов проточной части ТВД по регистрируемым параметрам / Е. Н. Карпов , В. А. Дягилев , С. Н. Лаврухин // Эксплуатационная надежность авиационных газотурбинных двигателей: межвуз. сб. науч. тр. – К. : КИИГА, 1981. - С.42-49.
7. Шереметьев А. В. Использование компьютерного моделирования для учета технологической наследственности при установлении ресурсов авиационных ГТД / А. В. Шереметьев, А. В. Петров // Авиационно-космическая техника и технология. – Харьков, 2005. - №4. – С.50-53.

Стаття надійшла до редакції 18.03.2015

M. O. OLALI, N. V. OLALI

USE OF DESCRIPTIONS MINIMUM CRITERIA IS IN TASKS OF DIAGNOSING AVIATION ENGINES

Within the framework of complex method of diagnosing of aviation engines possibility of the use of minimum criteria-parametrical descriptions is examined. Use of complex method of diagnosing, taking into account three diagnostic parameters allows to get the estimations of remaining longevity aviation engines – will stock longevity. A complex method can be used in the wide range of change parameters the programs work aviation engines and can profit for the estimation of the technical state aviation engines in operating terms.

Keywords: diagnosing, aviation engine, minimum criterion description.

Олалі Майкл Олала – канд. техн. наук, старший викладач кафедри механіко-морської інженерії, Найджа Дельта Університет, штат Байельса, острів Вібельфорс, Нігерія, Р.М.В.071, тел.: +234 07030893534, E-mail: diamant1@ukr.net.

Олалі Наталія Василівна – канд. фіз.-мат. наук, старший викладач кафедри математики і комп'ютерних наук, Найджа Дельта Університет, штат Байельса, острів Вібельфорс, Нігерія, Р.М.В.071, тел.: +234 08139759558, E-mail: diamant1@ukr.net.