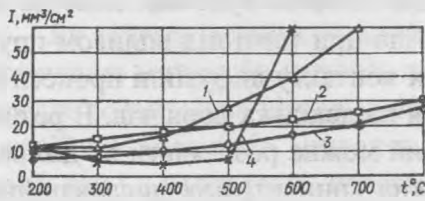


Структурно напилені механічною сумішшю порошків карбіду вольфраму і легованого кобальту покриття складаються значною мірою з монокарбіду вольфраму α -WC, твердого



Залежність інтенсивності зношування від температури покриттів: 1 – на основі Al₂O₃; 2 – типу ВК з легованою кобальтовою зв'язкою; 3 – на основі нікелю; 4 – типу ВК-15

розчину Mo і Si в α -Co, а також деякої частини інтерметалідів Mo₅Co₇, Co₂Si, незначної кількості напівкарбіду вольфраму типу W₂C. Дані випробувань, що визначають функціональну залежність інтенсивності зношування від температури поблизу поверхні тертя детонаційних покриттів, що досліджувалися, наведені на рисунку.

Найменші значення інтенсивності зношуваності при даних умовах випробувань мають покриття на основі нікелю і карбіду вольфраму з легованим кобальтом.

В умовах підвищених температур та через високоенергетичний вплив на активованих поверхнях тертя покриттів відбувається твердофазна взаємодія, що реалізує кілька груп реакцій пасивації, наслідком яких є утворення гетерофазних оксидних плівок і перебудова поверхневих шарів, що відповідає більш стійкому структурному стану.

Отже, результати експериментальних досліджень свідчать, що механізм змінення структурно-фазового складу поверхневих шарів при терті значно різноманітніше і складніше, ніж прийнято вважати, і є визначальним фактором, що забезпечує їх експлуатаційні можливості в екстремальних умовах.

Список літератури

1. *Поверхностная прочность материалов при трении* /Б.И. Костецкий, И.Г. Носовский, А.К. Караулов и др. –К.: Техніка, 1986. – 296 с.
2. *Черепин В.Т., Васильев М.А. Методы и приборы для анализа поверхностей материалов.* – К.: Наук. думка, 1982. – 398 с.
3. *Физика износостойкости поверхности металлов* // Под ред. В.И. Владимирова. –Л.: ФТИ, 1988. – 230 с.
4. *Гринфельд М.А. Фазовые переходы первого рода в нелинейноупругих материалах*// Механика твердого тела. – АН СССР. – 1982. – № 1. – С. 99–109.
5. *Носовский И.Г., Исаев Э.В. Влияние типа решетки, температуры и скорости скольжения на процесс схватывания*// Проблемы трения и изнашивания. – К.: Техніка, 1973. – № 6. – С. 73–78.

Стаття надійшла до редакції 06.07.01.

ББК 053.41 20-042.2 - 016
УДК 629.735.03

В.В. Панін, М.В. Купчик

АНАЛІТИЧНЕ ВІДОБРАЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПРЕСОРІВ АВІАЦІЙНИХ ТУРБОГВИНТОВИХ ДВИГУНІВ

Наведено методику визначення характеристик компресора авіаційного турбогвинтового двигуна при математичному моделюванні його дросельних та висотно-швидкісних характеристик. Методика розроблена на прикладі компресора двигуна типу АИ-24.

Процес розрахунку робочого процесу авіаційних двигунів неможливий без використання характеристик його основних елементів і зокрема компресора. Характеристиками компресора називають залежності ступеня підвищення тиску π_c^* і коефіцієнта корисної дії η_c^* від параметра витрати повітря [1; 2]. Як такий параметр частіше за інші використовують зведену до умов стандартної атмосфери витрату повітря:

$$\begin{aligned}
 &= 3,3052 - 2,64 \cdot V - 7,2 \cdot 10^{-6} F; \\
 &= 0,14232 - 4,696 \cdot 10^{-4} V + 3,684 \cdot 10^{-6} V; \\
 &= -0,011315 + 1,0195 \cdot 10^{-4} (4V - 5,13 \cdot 10^{-4} V).
 \end{aligned}$$

1
 $\pi^* = f(G_{np}) = \text{const}$

$T^* / T^* = \text{const}$

$$\begin{aligned}
 \pi_k^* &= f\left(n_{np}; \frac{T_r^*}{T_H^*}\right), \\
 G_{п.п.р} &= f\left(\pi_k^*; \frac{T_r^*}{T_H^*}\right).
 \end{aligned}$$

(1)

$14\,000 < n_{np} < 15\,100$

(. 3):

$$\pi_k^* = a_1 n_{np} + b_1,$$

$$\text{де } a_1 = f\left(\frac{T_r^*}{T_H^*}\right); b_1 = f\left(\frac{T_r^*}{T_H^*}\right).$$

-24

$$\begin{aligned}
 a_1 &= \left(2,19375 \frac{T_r^*}{T_H^*} + 2,15497\right) \cdot 10^{-4}; \\
 b_1 &= -2,682 \frac{T_r^*}{T_H^*} + 0,995.
 \end{aligned}$$

$15100 < n_{np} < 17000$

$$\pi_k^* = f\left(n_{np}; \frac{T_r^*}{T_H^*}\right)$$

$$\pi_k^* = a_2 n_{np}^2 + b_2 n_{np} + c_2.$$

(3)

$2, \quad 2 \quad 2$

T^* / T^*

-24

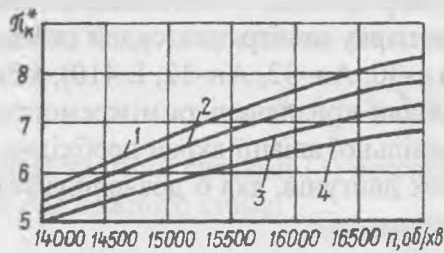
(2)

$11 < n_{np} < 14,5$

(. 4):

$$G_{п.п.р} = a_3 \pi_k^* + b_3,$$

$$\text{де } a_3 = f\left(\frac{T_r^*}{T_H^*}\right); b_3 = f\left(\frac{T_r^*}{T_H^*}\right).$$

Рис. 3. Залежність π_k^* від обертів n та T_r^*/T_n^* :

$$1 - T_r^*/T_n^* = 4,0; \quad 2 - T_r^*/T_n^* = 3,5; \\ 3 - T_r^*/T_n^* = 3,0; \quad 4 - T_r^*/T_n^* = 2,5$$

Для двигуна АИ-24:

$$a_3 = -0,1316 \frac{T_r^*}{T_n^*} + 2,6351;$$

$$b_3 = 0,9714 \frac{T_r^*}{T_n^*} - 2,4784.$$

В діапазоні $14,5 < G_{п.пр} < 16,0$ кг/с залежності (2) виражаються поліномами другого степеня:

$$G_{п.пр} = a_4 \pi_k^* + b_4 \pi_k^* + c_4,$$

$$\text{де } a_4 = -\left(0,077 \frac{T_r^*}{T_n^*} + 0,212\right); \quad b_4 = 2,005 \frac{T_r^*}{T_n^*} + 1,6821; \quad c_4 = -11,9727 \frac{T_r^*}{T_n^*} + 18,9555.$$

Аналізуючи залежності $\eta_k^* = f(\pi_k^*)_{n_{пр} = \text{const}}$, можна зробити висновок, що вони становлять сімейство парабол, вершини яких відповідають $\eta_{k \max}^*$ для даних $n_{пр}$. Координати вершин парабол визначаються рівняннями:

$$\pi_{k \eta \max}^* = -5,2141 \cdot 10^{-8} \cdot n_{пр}^2 \cdot a + 26,4129 \cdot 10^{-4} \cdot n_{пр} - 21,4572; \quad (4)$$

$$\eta_{k \max}^* = -5,878 \cdot 10^{-3} (\pi_{k \eta \max}^* - 5,66)^2 - 7,853 \cdot 10^{-4} (\pi_{k \eta \max}^* - 5,66) + 0,8306. \quad (5)$$

Апроксимація залежності ККД компресора η_k^* від степені підвищення тиску π_k^* та частоти обертання ротора $n_{пр}$ виконується за допомогою рівняння:

$$\eta_k^* = a_5 \cdot (\pi_k^* - \pi_{k \eta \max}^*)^2 + b_5 \cdot (\pi_k^* - \pi_{k \eta \max}^*) + \eta_{k \max}^*,$$

де координати точок з максимальними значеннями $\pi_{k \eta \max}^*$, $\eta_{k \max}^*$ визначаються виразами (4) і (5), а коефіцієнти a_5 та b_5 в залежності від $n_{пр}$ розраховуються за наступними рівняннями:

$$a_5 = -0,82034 \cdot 10^{-8} n_{пр}^2 + 2,71693 n_{пр} - 2,27054;$$

$$b_5 = 0,01 \cdot 10^{-8} n_{пр}^2 - 0,07744 \cdot 10^{-4} n_{пр} - 0,02254.$$

При співставленні масиву значень, отриманих за наведеними рівняннями в діапазоні $13900 < n_{пр} < 17000$ і $4,58 < \pi_k^* < 8,72$ та даних звіту [3], похибка не перевищувала 0,6 %.

Наведене математичне відображення характеристик компресора турбогвинтового двигуна пропонується авторами як фрагмент математичної моделі авіаційного турбогвинтового двигуна. При використанні основних технічних даних двигуна, які заявлені в нормативно-технічній документації, або діагностичних допусків на відхилення параметрів, одержаних в результаті експериментально-теоретичних досліджень, даний фрагмент має складовою частиною комплексної методики оцінку технічного стану двигуна та його силової установки в цілому за даними польотної інформації та інформації, одержаної під час технічного обслуговування із застосуванням сучасних обчислювальних машин.

Створення такої системи діагностування, на думку авторів, є надзвичайно важливим, оскільки практично половину цивільного авіаційного парку повітряних суден складають літаки з турбогвинтовими двигунами (Ан-24, Ан-26, Ан-30, Ан-32, Ан-12, L 410), а більшість двигунів, що встановлені на даних літаках, відпрацювали призначені та міжремонтні ресурси. Тому для забезпечення високого рівня польотів цивільної авіації вкрай необхідно створити систему діагностування авіаційних турбогвинтових двигунів, яка б дозволила контролювати їхній технічний стан до повного виведення з експлуатації.

Список літератури

1. Холщевников К.В., Емин О.Н., Митрохин В.Т. Теория и расчет авиационных лопаточных машин. – М.: Машиностроение, 1986. – 432 с.
2. Нечаев Ю.Н., Федоров Р.М. Теория авиационных двигателей. Ч.1. – М.: Машиностроение, 1977. – 311 с.
3. Экспериментально-расчетные высотно-скоростные характеристики турбовинтового двигателя Ан-24. – Запорожье, Б.в., 1961. – 149 с.

Стаття надійшла до редакції 10.09.01.

УДК 656.735(045)

ББК 052-052.05-648.661.3+
052-053-64.661.3

О.А. Тамаргазін

АЛГОРИТМ УМОВНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ

Розглянуто методику оптимізації параметрів систем технічного обслуговування і ремонту агрегатів і систем авіаційної техніки на базі граф-моделі системи технічної експлуатації, яка відрізняється простотою і високою вірогідністю результатів і дозволяє оперативно виконувати призначення періодичності технічного обслуговування та контролю-відновлювальних робіт за рахунок мінімізації витрат на технічну експлуатацію.

При рішенні задачі умовної оптимізації серйозною перешкодою для застосування ітераційного алгоритму оптимізації марковських моделей Р.Ховарда є наявність в ній обмежень. Усунення цього недоліку можна домогтися зведенням задач на умовний екстремум до задач безумовної оптимізації за допомогою методів узагальнених множників Лагранжа [1] і штрафних функцій [2; 3].

Метод узагальнених множників Лагранжа можна застосовувати для умовної оптимізації марковських моделей у вигляді мінімізації:

$$\Phi(\Lambda, X) = g(X) + \sum \lambda_m |\min[0, C_m(X)]|,$$

$$\Phi(\Lambda, X) = g(X) + \sum_m \lambda_m [C_m(X)]_-,$$

$$[C_m(X)]_- = \min[0, C_m(X)] = \begin{cases} C_m(X), & \text{якщо } C_m(X) \leq 0; \\ 0, & \text{якщо } C_m(X) > 0. \end{cases}$$