

Є.В. Марценюк, С.В. Єпіфанов, С.Ю. Свєженцев

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГРАНИЧНИХ УМОВ ТЕПЛООБМІНУ В МАСЛЯНИХ ПОРОЖНИНАХ НА ТЕРМОНАПРУЖЕНИЙ СТАН У КРИТИЧНИХ ЗОНАХ ДИСКІВ

Створення сучасного конкурентоспроможного двигуна потребує забезпечення ресурсу на всіх етапах життєвого циклу. Однією зі складових цього забезпечення є система управління ресурсами в експлуатації (Life-Time Management). Найважливішим елементом цієї системи є експлуатаційний моніторинг міцнісного ресурсу контрольованих деталей двигуна.

Для розв'язання задачі моніторингу ресурсу О. В. Олійником і Д. Ф. Симбірським розроблено методичні підходи, основані на використанні системи математичних моделей, за допомогою яких реалізується наступна послідовність перетворень: на основі обмеженого складу параметрів, що вимірюються в експлуатації й реєструються в польоті, визначаються механічні, газодинамічні, інерційні й інші навантаження на контрольовані деталі, а також значення невимірюваних параметрів, які визначають граничні умови теплообміну деталей; із використанням зазначених граничних умов розраховуються значення температур і термічні напруження в критичних точках деталей; на основі відомих навантажень і термічних напружень розраховуються сумарні (еквівалентні) напруження в критичних зонах деталей; по відомій зміні температур і напружень у критичних точках деталей виділяються характерні для цього польоту ділянки тривалого статичного та циклічного навантаження; використовуючи виділені ділянки, розраховуються пошкодження в умовах тривалого статичного й циклічного навантаження; на підставі підсумовування пошкоджень визначається вироблення ресурсу ув поточному польоті та значення залишкового ресурсу.

У цій роботі розглянуто завдання визначення температур і температурних напружень у критичних зонах, тобто в локальних областях деталей, у яких внаслідок дії підвищених температур і напружень (як правило, зумовлених наявністю концентраторів) відбувається найбільш інтенсивне вироблення ресурсу.

Тепловий стан деталі на встановлених і перехідних режимах визначається умовами її нагрівання та охолодження. Дослідження в цій галузі показали можливість досить точного опису граничних умов теплообміну, необхідних для визначення температури в критичних зонах, значеннями цих умов на базовому режимі, а також чотирма коефіцієнтами, що характеризують відношення температур охолоджуючого середовища та середовища, що нагріває, а також коефіцієнтів тепловіддачі на поверхнях, що нагріваються і охолоджуються, до відповідних значень температур і коефіцієнтів на режимі роботи двигуна, прийнятому як базовий. Використання умов подібності дозволяє пов'язати зазначені коефіцієнти з параметрами робочого процесу двигуна та отримати прості, але досить точні моделі моніторингу температурного стану деталей.

Однак у ході практичних робіт з формування алгоритмів моніторингу ресурсу авторами було виявлено, що в ряді випадків ця методика не дає достатньо точних результатів. Встановлено можливу причину цього явища – вплив умов теплообміну в масляних порожнинах, які не

можна жорстко пов'язати з параметрами робочого процесу двигуна. Дослідженню цієї причини присвячено цю роботу.

В якості об'єкта дослідження обрано диски турбіни та компресора, як характерні деталі, які завжди присутні в складі основних деталей двигуна, а також мають ділянки контакту з масляними порожнинами.

Досліджено диски турбін високого тиску й турбін низького тиску чотирьох різних типів двигунів, а також диски компресора. Виділено характерні точки цих дисків, які можуть бути критичними, й для них за традиційною методикою складено моніторингові моделі температурного й напруженого стану, пов'язані з параметрами робочого процесу. Результати розрахунку температур і напружень, отримані при різних значеннях коефіцієнтів температури й інтенсивності тепловіддачі, порівнювалися зі значеннями температур і напружень, отриманих з використанням скінченно-елементних моделей.

Отримані результати дозволяють зробити такі висновки: 1) Для дисків компресора умови в масляних порожнинах практично не впливають на термонапружений стан у критичних точках (це пов'язано з низьким загальним рівнем температури та розташуванням вказаних точок на великих радіусах внаслідок основного впливу відцентрових сил). 2) Для складових дисків турбіни, опорна частина яких виконана як окрема деталь, що має невелику площу контакту з полотном диска, вплив теплообміну в масляних порожнинах також незначний. 3) Для суцільних дисків турбіни, що мають значну площу контакту з масляною порожниною, умови теплообміну в ній мають значний вплив на термонапружений стан (а, отже, й на ресурс), яким нехтувати не можна. 4) Для таких дисків необхідно вдосконалити моніторингові моделі температур і температурних напружень, що потребує проведення спеціальних досліджень.