

РОЗРОБКА І ВДОСКОНАЛЕННЯ ПАРАМЕТРИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ТИПОВИХ КОМПОНЕНТІВ ГАЗОТУРБІННИХ ДВИГУНІВ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ПРОЕКТУВАЛЬНИХ РОЗРАХУНКІВ

Етап попереднього проектування газотурбінних двигунів (ГТД) є одним із найбільш складних і відповідальних, що зумовлено наявністю великої кількості змінних та взаємопов'язаних параметрів, які характеризують як окремі компоненти двигуна, так і систему в цілому [1]. Геометричні, газодинамічні та конструктивні параметри компонентів ГТД формують багатовимірний простір проектних рішень, у якому зміна одного параметра, як правило, призводить до зміни цілої групи інших характеристик. Це суттєво ускладнює пошук раціональних проектних рішень уже на початкових етапах розробки двигуна.

Для підвищення ефективності вирішення таких задач доцільним є застосування сучасних оптимізаційних комплексів, які дозволяють автоматизувати пошук оптимальних комбінацій параметрів [2]. Однак якість результатів, отриманих із використанням таких комплексів, значною мірою визначається коректністю постановки оптимізаційної задачі та якістю параметричних моделей компонентів ГТД. Надмірна кількість змінних параметрів, цільових функцій і обмежень, а також їх сильна взаємна залежність можуть призводити до появи «шуму» в роботі оптимізаційних алгоритмів і, як наслідок, до зниження достовірності отриманих результатів [3], [4]. Таким чином, актуальною є задача розробки параметричних моделей з мінімально необхідною кількістю змінних, цільових функцій і обмежень, які при цьому адекватно описують фізичні та геометричні властивості досліджуваних об'єктів.

У даній роботі розроблено універсальні параметричні моделі для типових компонентів газотурбінних двигунів, а саме: ступеня осьового вентилятора, ступеня осьового компресора, ступеня радіального компресора та ступеня осьової турбіни. Для кожного з зазначених компонентів сформовано базовий перелік параметрів, що дозволяє визначати радіальні розміри проточної частини, а також основні геометричні характеристики лопаткових вінців. Зокрема, для ступеня осьової турбіни до такого переліку ввійшли радіальні розміри на вході та виході соплового апарата і робочого колеса, кількість лопаток, хорди та лопаткові кути статора і ротора.

Окрему увагу приділено формуванню системи обмежуючих параметрів, які забезпечують фізичну та можливість конструктивної реалізації отриманих

комбінацій змінних під час виконання проєктних розрахунків. До таких обмежень, зокрема, належать співвідношення радіальних розмірів суміжних елементів проточної частини, що унеможливають появу зворотних уступів і нереалістичних геометричних конфігурацій.

Подальший аналіз отриманих параметричних моделей показав можливості їх вдосконалення шляхом скорочення кількості вхідних і обмежуючих параметрів. Це було досягнуто за рахунок заміни групи взаємопов'язаних геометричних параметрів одним більш універсальним узагальненим параметром, а також за рахунок усунення надлишкових обмежень, які не мають суттєвого впливу на результати проєктних розрахунків. Такий підхід дозволив зменшити розмірність параметричного простору без втрати інформативності моделей.

У результаті виконаної роботи суттєво скорочено необхідну кількість параметрів для опису кожного типового компонента ГТД та підвищено якість розроблених параметричних моделей. Запропоновані моделі осьових ступенів можуть використовуватися як для проєктних розрахунків окремих одноступеневих компонентів, так і в межах багатоступеневих модулів. При цьому для багатоступеневих компонентів досягнуто значного зменшення сумарної кількості параметрів, що створює передумови для їх застосування при проєктуванні складних модулів, зокрема багатоступеневих осьових компресорів із великою кількістю ступенів.

Розроблені та вдосконалені параметричні моделі можуть бути ефективно використані для виконання попередніх проєктних розрахунків у поєднанні з оптимізаційними комплексами і створюють основу для подальшого застосування в оптимізаційних задачах підвищеної складності, зокрема при одночасному проєктуванні та узгодженні кількох компонентів газотурбінного двигуна.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Beatty R.F., Prueger G.H. Turbomachinery Design Process Improvements Produce More Robust Machine. AIAA 2000-3876, 36th Joint Propulsion Conference and Exhibit. 2000.
2. Panchenko Y., Moustapha H., Mah S., Patel K. Dowhan Preliminary Multi-Disciplinary Optimization in Turbomachinery Design.
3. Reitenbach S., Schnoes M., Becker R.-G., Otten T. Optimization of Compressor Variable Geometry Settings Using Multi-Fidelity Simulation. ASME, 2015: GT2015-42832.
4. Sasaki S., Obayashi S. Adaptive Range Multi-objective Genetic Algorithm and Self Organizing Map for Multi-objective Optimization Problems. *Optimization Methods for Multicriteria/multidisciplinary Design Applications to Aeronautics and Turbomachinery*. 2004: VKI-LS-2004-7.