

ЕВОЛЮЦІЙНА ОПТИМІЗАЦІЯ ГЕОМЕТРІЇ КОМПРЕСОРА НА ОСНОВІ СУРОГАТНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

А.С. Азаров

аспірант кафедри гідравлічних машин ім. Г.Ф. Проскури, НТУ «ХПІ», Харків, Україна
Andrii.Azarov@mit.khpi.edu.ua

Підвищення енергоефективності відцентрових компресорів [1] є одним із ключових завдань сучасного машинобудування. CFD-моделювання геометричних варіацій робочого колеса потребує значних обчислювальних ресурсів, що обмежує гнучкість проектування [2]. Використання сурогатного моделювання на основі машинного навчання дозволяє суттєво скоротити кількість симуляцій, зберігаючи високу точність прогнозування аеродинамічних характеристик.

За результатами дослідження використано сучасну методику оптимізації геометрії робочого колеса високонапірного відцентрового компресора [3] з використанням сурогатного моделювання та еволюційного алгоритму NSGA-II. Основна мета – підвищення енергетичної ефективності та зменшення обчислювальних витрат при CFD-аналізі. Для побудови аналітичної моделі залежності ККД та ступеня стискання від геометричних параметрів застосовано метод Kriging (Gaussian Process Regression) у середовищі ANSYS Design Exploration.

Параметризація компресора виконана за трьома змінними: вихідний кут лопаті робочого колеса, вхідний кут лопатей дифузора та відносна довжина спліттера. Навчальна вибірка сформована за скороченим центрально-композиційним планом, що дозволило обмежити кількість CFD-розрахунків до 15. Побудована сурогатна модель продемонструвала високу точність апроксимації, підтверджену крос-валідацією.

Оптимізація за допомогою NSGA-II забезпечила формування Парето-фронт, який відображає компроміс між ККД та ступенем стискання. Аналіз чутливості показав, що найбільший вплив на ефективність має вихідний кут лопатей, тоді як довжина спліттера та вхідний кут дифузора виконують стабілізуючу роль. Отримані результати підтверджують доцільність застосування машинного навчання та еволюційних алгоритмів у проектуванні турбомашин, що дозволяє досягти високої точності при значному скороченні обчислювальних ресурсів.

Список літератури:

1. *Роговий А.* Картини течії газу у високонапірному відцентровому компресорі / *А. Роговий, А. Азаров, Є. Овчаров, О. Шудрик, П. Толстий* // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Машинознавство та САПР. – 2023. – №. 1. – С. 82-91.
2. *Korohodskiy V.* Research of spark ignition engine and internal mixture formation using single-zone, two-zone and three-zone calculation model of it working process. /*V.Korohodskiy, D.Leontiev, A.Rogovyi, S.Kryshchyn, I.Gritskuk, O.Voronkov, D.Prokopiuk*– SAE Technical Paper, 2022. – №. 2022-01-1000.
3. *Rogovyi A.* Improving the Performance of a Centrifugal Compressor Through Computer-Aided Design and Optimization of Blade Thickness /*A.Rogovyi, A.Azarov, Y.Kukhtenkov, A.Avershyn, S.Khovanskyi*//Design, Simulation, Manufacturing: The Innovation Exchange. – Cham : Springer Nature Switzerland, 2024. – С. 324-333.