

## **ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ТРИВИМІРНОГО ПОТОКУ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ РОБОЧОГО КОЛЕСА КОМПРЕСОРУ ГТД**

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут», Україна

Компресор є одним з найважливіших вузлів газотурбінних двигунів і енергоустановок. Для створення вискоелективних компресорів і вдосконалення вже існуючих проточних частин необхідний детальний аналіз газотермодинамічних процесів, що відбуваються в них. Підвищення газодинамічної ефективності компресора є важливим, оскільки його ККД безпосередньо впливає на паливну економічність і конкурентоспроможність двигуна в цілому.

Одним з основних методів дослідження, спрямованого на підвищення ефективності проектування та доведення об'єктів, на сьогоднішній день залишається натурний експеримент. Проте слід зазначити, що у більшості випадків повномасштабний (реальний об'єкт у натурних умовах) експеримент виявляється надмірно трудомістким та дорогим. Тому значення чисельного експерименту у процесі проектування та доведення компресорів ГТД неухильно зростає. На його окремих етапах в залежності від використаних припущень і спрощень фізичної моделі реального середовища використовуються числові моделі, що призначені для розрахунків параметрів течії та сумарних характеристик об'єкта дослідження, різної достовірності, глибини та ступеня складності.

Останнім часом у зв'язку зі значним прогресом в області обчислювальної техніки для дослідження потоків широко використовуються методи обчислювальної газової динаміки (CFD-методи). Вони засновані на чисельному рішенні системи рівнянь у формі Нав'є-Стокса, що описує тривимірну течію газу або рідини математично найбільш повно (без урахування різних фізико-хімічних перетворень) на основі фундаментальних законів зберігання, тобто з мінімальними припущеннями. Як показують численні публікації, ці рішення дають результати близькі до експериментальних. Причому терміни і вартість розрахунку незрівнянно нижче, ніж в разі проведення експерименту. Крім того, розрахунок за допомогою чисельних методів дає вичерпну інформацію про всі параметри в усіх точках області потоку, що розглядається. В результаті число експериментів, яке необхідне для проектування і доведення, значно знижується, що позитивно позначається на термінах і вартості розробки виробу.

Процес CFD-розрахунку робочого колеса компресору складається з наступних основних етапів:

- 1) постановка задачі, завдання цілей моделювання, вибір розрахункової області;
- 2) створення геометричної моделі обраної розрахункової області;
- 3) накладення на геометричну модель сітки контрольних обсягів;
- 4) завдання умов моделювання (властивостей речовини, граничних умов);
- 5) безпосередньо рішення системи рівнянь Нав'є-Стокса;
- 6) аналіз отриманих результатів.

На першому етапі відбувається загальна оцінка задачі і вибирається необхідна стратегія її вирішення. Змоделювати течію в турбомашині одночасно з урахуванням всіх особливостей важко, тому перед інженером завжди стоїть завдання врахувати в математичній моделі об'єкту всі необхідні особливості і максимально виключити з неї все зайве для прискорення отримання рішення.

Проточна частина компресору ГТД має складну просторову форму, що утрудняє як побудову геометричної моделі, так і накладення на неї сітки кінцевих елементів. Під час створення математичної моделі робочого колеса повинна зберігатися геометрична

відповідність натурному об'єкту. Розрахункова область є тривимірним регіоном, для дискретизації якого використовуються блочно-структурні неортогональні сітки. Для спрощення операцій тривимірного моделювання та накладення сітки контрольних обсягів розроблені спеціалізовані програми, які дозволяють одночасно створити і тривимірну модель, і сітку для CFD-розрахунку. При цьому в якості вихідних даних вони використовують традиційну форму подання геометрії лопаток робочих коліс: координати точок профілю, лінії меридіональних обводів, тощо. При цьому процес створення сіткової моделі значно прискорюється за рахунок автоматизації та об'єднання другого і третього етапу CFD-розрахунку.

Четвертий – шостий етапи чисельного експерименту є загальними для будь-якого CFD-розрахунку, це так звані препроцесинг, пошук рішення і постпроцесинг. Вони мають деякі особливості, що пов'язані з моделюванням течії в турбомашині. На етапі препроцесингу потрібно ввести інформацію про турбомашину (тип турбомашини, властивості потоку, граничні умови). Обробка результатів розрахунку дає можливість отримати уявлення про зміну основних параметрів потоку в міжлопатковому каналі робочого колеса компресору на різних радіусах по висоті лопатки і в меридіональному перерізі.

Розрахунки тривимірного потоку з використанням сучасного програмного комплексу дозволяють отримувати надійні якісні та кількісні дані про параметри проектного робочого колеса компресору. Їх оптимізація зводиться до вирішення задач розрахунку течії з варіацією координат профілів лопаток та проточної частини у меридіональному перерізі компресора.