УДК 621.51

Сітало В.С.,
ORCID 0009-0005-0610-3320
Ванєєв С.М., канд. техн. наук, доцент,
ORCID 0000-0002-8205-0209
Сумський державний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ СІТКИ НА РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИХРОВОГО КОМПРЕСОРА В ПРОГРАМНОМ У КОМПЛЕКСІ ANSYS CFX

Вихрові компресори посідають важливе місце серед машин для стиснення газів завдяки високій напірності, компактності та конструктивній простоті. Робочий процес у таких машинах описується регенеративною гіпотезою, згідно з якою газ багаторазово взаємодіє з лопатками колеса та накопичує енергію протягом проходження кільцевого каналу. Унаслідок складної тривимірної структури течії, наявності рециркуляційних зон, локальних прискорень та перепадів тиску, неможливо здійснити точний аналітичний розрахунок. Тому чисельне моделювання (CFD) є ключовим інструментом дослідження вихрових компресорів.

Одним із визначальних чинників достовірності CFD-моделей є якість розрахункової сітки, яка визначає точність відтворення тривимірної геометрії проточної частини, градієнтів швидкості та тиску. На відміну від відцентрових ступенів, у вихрових компресорах енергетичний обмін визначається не одноразовим проходженням лопаточного каналу, а багаторазовими циклами циркуляції.

Тому параметри сітки мають безпосередній вплив на адекватність чисельного опису безрозмірних характеристик, які застосовуються для порівняння різних типорозмірів машин та узагальнення результатів досліджень [1].

Метою даної роботи є аналіз впливу структури та щільності розрахункової сітки на чисельне визначення витратних, напірних та енергетичних характеристик вихрового компресора в ANSYS CFX, а також узагальнення результатів у безрозмірних характеристиках.

Дослідження виконано на основі геометричної моделі вихрового ступеня з периферійно-боковими лопатками та криволінійним

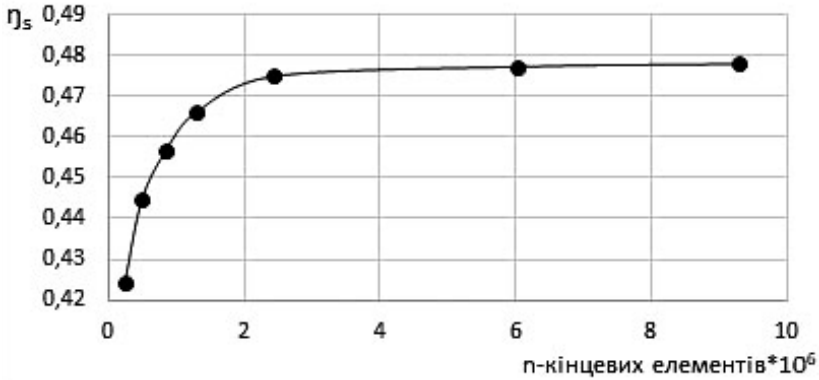
профілем меридіонального перерізу каналу. Побудовано кілька варіантів сіткових моделей, що відрізнялися:

- загальною кількістю елементів;
- типом елементів (тетраедральна, гексагональна, гібридна);
- наявністю та кількістю призматичних прикордонних шарів (inflation).

Для кожного варіанту проводився повний CFD-розрахунок з використанням моделі турбулентності SST, що довела свою ефективність для складної течії у вихровому компресорі або насосі [2].

Для оцінки розрахункової моделі було побудовано залежність ізентропного ККД вихрового компресора від загальної кількості кінцевих елементів у сітці. Графік демонструє характерну для турбомашин поведінку: при збільшенні кількості елементів значення η_s зростає, проте зростання поступово сповільнюється.

На ділянці до 1 млн елементів спостерігається інтенсивне зростання ККД. У цьому діапазоні різниця між сусідніми варіантами сіток становить до 3–5 %, що свідчить про чутливість моделі до недостатньої деталізації.



У діапазоні 1–3 млн елементів точність моделі продовжує зростати, але зміни ККД зменшуються до рівня 1–1,5 %, що вказує на часткове досягнення сіткової незмінності. Подальше збільшення кількості елементів понад 6 млн приводить лише до незначного зростання η_s – менше ніж 0,3 %, що підтверджує доцільність використання локального згущення, а не глобального збільшення кількості елементів.

Таким чином, аналіз графіка дозволяє зробити висновок, що для досліджуваної моделі оптимальною є сітка з кількістю елементів 3–4 млн, за умови правильної топології та наявності призматичного прикордонного шару. Саме в цьому діапазоні досягається баланс між точністю моделювання та обчислювальними витратами, що є критично важливим при виконанні параметричних CFD-досліджень вихрових компресорів.

Список використаних джерел:

1. J. Adam, M. Heinrich, and R. Schwarze, "DESIGN OF EXPERIMENT ON THE INFLUENCE OF CHANNEL DESIGN ONTO REGENERATIVE COMPRESSOR PERFORMANCE," in European Conference on Turbomachinery Fluid Dynamics and Thermodynamics, ETC, 2023.

2. A. Salimi, H. Hooshdar Rostami, A. Riasi, and J. Nejadali, "Multi–objective optimization of a regenerative pump with S–shaped impeller using response surface methodology," International Communications in Heat and Mass Transfer, vol. 143, p. 106734, 2023, doi: https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2023.106734.