

УДК 621.438

ЖИРКОВ О. Г.^{1}, УСАТИЙ О. П.², АВДЄЄВА О. П.³,
ТОРБА Ю. І.⁴*

ВПЛИВ ЗМІНИ НАПРЯМКУ ПОВОРОТУ ДІАФРАГМИ СОПЛОВОГО АПАРАТУ НА ВЕЛИЧИНУ ВТРАТ КІНЕТИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В СОПЛОВІЙ РЕШІТЦІ

¹ провідний інженер-дослідник сектору газодинаміки експериментально-випробувального комплексу ДП «Івченко-Прогрес», м. Запоріжжя, Україна.

² д.т.н., с.н.с., завідувач кафедри турбінобудування, НТУ «ХПІ», м. Харків, Україна.

³ к.т.н., доцент, доцент кафедри турбінобудування НТУ «ХПІ», м. Харків, Україна.

⁴ к.т.н., начальник експериментально-випробувального комплексу ДП «Івченко-Прогрес», м. Запоріжжя, Україна.

* e-mail: zhirkov@i.ua

Вступ. Для регулювання витрати пару у теплофікаційних турбінах використовують соплові апарати з поворотними діафрагмами. Перекриття каналів соплового апарату здійснюється поворотом рухомого кільця діафрагми, при цьому його поворот виконується в сторону протилежну обертанню ротора турбіни. Назвемо такий рух кільця діафрагми – прямим. Положення кільця діафрагми відносно стану з повністю відкритими каналами соплової решітки оцінюється ступенем відкриття діафрагми δ , яке, в свою чергу, має сильний вплив на структуру течії в міжлопатковому каналі і відповідно на величину втрат кінетичної енергії в сопловій решітці.

В роботі [1] зазначено, що з метою зменшення втрат кінетичної енергії, при малих ступенях відкриття діафрагм, слід переміщати поворотне кільце в положення закриття соплового каналу в напрямку, що співпадає з напрямком обертання ротора. Назвемо такий рух поворотного кільця діафрагми – зворотним.

Мета роботи. Провести чисельне дослідження, за допомогою програмного комплексу *Fluent* (№ клієнта 01067322), плоского обтікання соплового апарату, що складається з профілів С-9013Р [2] для отримання коефіцієнтів втрати кінетичної енергії ζ з метою визначення оптимального напрямку відкриття каналів соплової решітки та більш детального вивчення фізичних процесів, що протікають при прямому і зворотному рухах кільця поворотної діафрагми.

Загальна частина. Виконано розрахунки для чотирьох ступенів відкриття $\delta = 1; 0,5; 0,3; 0,15$ при прямому відкритті діафрагми і для трьох ступенів відкриття $\delta = 0,5; 0,3; 0,15$ при зворотному відкритті діафрагми. Кожен з варіантів розраховувався при перепадах тиску повітря на решітці $\pi = 0,7; 0,5; 0,3$. Розрахункова область, в обох варіантах, обмежувалася одним міжлопатковим каналом з приєднаними областями на вході і виході

з каналу. Для кожного з варіантів, за ступенем відкриття δ , будувалися окремі структуровані сітки розрахункової області з кількістю елементів від $1,8 \cdot 10^5$ до $4,7 \cdot 10^5$. Кількість елементів залежала від ступеня відкриття соплових каналів діафрагми. Всі сітки розрахункових областей були побудовані за умови забезпечення показника $y^+ \leq 1$ в області близької до стінки. Для розрахунку течії була використана модель двовимірної течії в'язкого газу програмного комплексу *Fluent* з використанням різницевого методу другого порядку. Робоче тіло – в'язкий газ, що стискається – повітря. В якості граничних умов на вході в розрахункову область використовувалися: тиск та температура повітря; напрямок потоку повітря; інтенсивність турбулентності; гідрравлічний діаметр. Для виходу з розрахункової області: тиск повітря. Для моделювання явищ турбулентності використовувалася модель $k-\omega$ SST (модель Ментера) [3].

В результаті виконаних розрахунків отримані: картини течії в міжлопатковому каналі; залежність відношення G/G_0 від ступеня відкриття δ ; залежність коефіцієнтів втрати кінетичної енергії ζ від відношення G/G_0 ; графіки розподілу коефіцієнтів втрати кінетичної енергії ζ уздовж фронту решітки за сопловим апаратом, залежність коефіцієнтів втрати кінетичної енергії ζ від ступеня відкриття δ .

Висновки. За результатами розрахунків встановлено:

- як для прямого руху кільця діафрагми, так і для зворотного, зменшення перепаду тисків π на сопловому апараті, призводить до зменшення коефіцієнта втрат кінетичної енергії ζ .

- для обох випадків руху, при $\delta < 0,5$ і $\pi < 0,5$ потік, в міжлопатковому каналі, має складну структуру: розділений на надзвукове ядро і застійну зону з вихровою течією.

- зміна напрямку руху повороту кільця діафрагми соплового апарату, що складається з профілів С-9013Р, призводить до значного зниження коефіцієнта втрат кінетичної енергії ζ . Так, при $\pi = 0,5$, для ступеня відкриття діафрагми $\delta = 0,3$ і $0,15$ при прямому русі коефіцієнти втрат кінетичної енергії $\zeta = 0,424$ і $0,637$ відповідно. При зворотному русі коефіцієнти втрат кінетичної енергії $\zeta = 0,474$ і $0,803$. Це говорить про неефективність такого рішення для соплового апарату, що складається з профілів С-9013Р. Але, як показано в роботі [1] такий підхід може бути ефективним для інших форм профілів, що необхідно враховувати при виборі оптимальної конструкції соплових апаратів.

Список літератури:

1. Дроконов, А. М., Дроконов А. Е. Совершенствование регулирующих диафрагм паровых турбин. *Вестник Брянского государственного технического университета*. 2015. № 2(46). С. 26–31.
2. Дейч М. Е., Филипов Г. А., Лазарев Л. Я. *Атлас профилей решеток осевых турбин*. Москва: Машиностроение, 1965. 96 с.
3. Menter F.R. Zonal two equation $k-\omega$ turbulence models for aerodynamic flows. *AIAA*. 1993. 93-2906. P. 1–21.

Тези доповідей XVI Міжнародної науково-технічної конференції