

УДК 621.438

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

**ЧИСЕЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗМІНИ КУТА АТАКИ
НА ВЕЛИЧИНУ КОЕФІЦІЄНТА ВТРАТ КІНЕТИЧНОЇ
ЕНЕРГІЇ ТА КУТІВ ВИХОДУ ПОТОКУ ДЛЯ СОПЛОВИХ
РЕШІТОК З ПОВОРОТНИМИ ДІАФРАГМАМИ**

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 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 теплофікаційних турбін, що мають регульовані відбори пари, часто застосовуються соплові решітки з поворотними діафрагмами [1]. Зміна витрати пари через турбіну при змінних режимах досягається перекриттям на вході каналів соплового апарату.

Для розрахунку змінного режиму роботи ступенів парових турбін необхідно знати вплив кута входу потоку в соплові і робочі решітки на втрати в них. При відхиленні кута входу потоку від розрахункового змінюються епюри розподілу тиску за профілем, з'являються дифузорні ділянки, на протязі яких інтенсивно зростає товщина пограничного шару, а в деяких випадках виникає відрив потоку [2].

Мета роботи. Провести чисельне дослідження, за допомогою програмного комплексу Fluent (№ клієнта 01067322), плоского обтікання соплової решітки з поворотною діафрагмою, при кутах входу потоку в решітку профілів С-9013Р відмінних від розрахункового кута атаки і їх вплив на величину коефіцієнта втрат кінетичної енергії і кути виходу потоку з решітки.

Загальна частина. Проведені розрахунки течії при параметрах $\pi = 0,7; 0,3$ і $\delta = 1; 0,3$. Кут атаки α^* змінювався в діапазоні $45^\circ\text{--}135^\circ$. 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 $2,4 \cdot 10^5$. 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 ро-

Тези доповідей XVII Міжнародної науково-технічної конференції

зрахунку 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; гідравлічний діаметр. Для виходу з розрахункової області: тиск повітря. Для моделювання явищ турбулентності використовувалася модель $k-\omega$ SST (модель Ментера) [3].

В результаті виконаних розрахунків були отримані: картини течії у міжлопаточному каналі і за ним; розподіл коефіцієнтів втрати кінетичної енергії вздовж фронту решітки при різних ступенях відкриття вхідної частини каналів соплової решітки при зміні кута атаки; розподіл статичного тиску вздовж профілю при зміні кута атаки.

Висновки. За результатами розрахунків встановлено:

- при зміні кута атаки величини коефіцієнтів втрати кінетичної енергії значно (до 25 %) збільшуються лише для $\pi = 0,7$ і $\delta = 1$. При $\pi = 0,3$ і $\delta = 1$ коефіцієнт збільшується незначно (до 0,5 %); при $\pi = 0,7$; $0,3$ і $\delta = 0,3$ коефіцієнт збільшується до 5 %, при цьому коефіцієнт ζ_i змінюється менше, щодо коефіцієнта ζ_{90} при розрахунковому куті атаки $\alpha_0 = 90^\circ$, при менших перепадах тиску на решітці профілів (при збільшенні швидкості потоку на виході з соплової решітки);

- зміна кута атаки впливає на розподіл статичного тиску вздовж профілю лише на його передній частині, та не впливає на розподіл у вихідній частині;

- зміна кутів атаки не впливає на кути виходу з соплової решітки профілів С-9013Р;

- зменшення перепаду тиску на сопловій решітці призводить до зміни кутів виходу з соплової решітки при ступені відкриття поворотної діафрагми $\delta > 0,5$.

Результати, отримані в даній роботі, будуть використані для розробки методики чисельного дослідження просторового обтікання соплових решіток з поворотними діафрагмами.

Список літератури:

1. Бененсон Є. І. *Теплофікаційні парові турбіни*. Москва: Вища школа, 1986. 270 с..
2. Дейч М. Е., Филипов Г. А., Лазарев Л. Я. *Атлас профелей решеток осевых турбин*. Москва: Машиностроение, 1965. 96 с.
3. Menter F. R. Zonal two equation $k-\omega$ turbulence models for aerodynamic flows. *AIAA*. 1993. no. 93-2906. P. 1–21.