

ВПЛИВ ВОДЯНОЇ ПАРИ ПОВІТРЯ НА КОЕФІЦІЄНТ ВИТРАТИ СОПЛОВОЇ РЕШІТКИ ТУРБІНИ

Лапузін О.В., Суботович В.П., Юдін Ю.О., Науменко С.П., Малимон І.І.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

В процесі дослідження соплової решітки малорозмірної газової турбіни на аеродинамічному стенді НТУ «ХПІ» встановлено, що у деяких окремих випадках коефіцієнт витрати цієї решітки може раптово збільшитися на 0,042 – 0,053 при підвищенні надлишкового тиску гальмування P_0^* перед решіткою, а потім після прогріву експериментальної установки, тобто після підвищення температури гальмування T_0^* , знову раптово зменшитися до нормального рівня.

Причиною цих явищ є наявність парів водної пари у повітрі, що засмоктується в повітродувку або відцентровий нагнітач (ВЦН), які забезпечують аеродинамічний стенд стисненим повітрям. Вологовміст насиченого повітря (тобто повітря максимально насиченого водяним паром) суттєво зменшується при зниженні температури, але і в зимовий період при 0 °С і барометричному тиску 1,013 бар становить 3,7 г. у кілограмі насиченого повітря. При просуванні вологого повітря через повітродувку або ВЦН його температура збільшується, а потім в сопловій решітці зменшується, що може призвести до конденсації водяної пари у вигляді роси або утворення кристаликів льоду.

Якщо повітродувка працює на режимі максимальної потужності, параметри гальмування перед сопловою решіткою становлять 2900 кг/м², 300 К, тиск на кореневому радіусі за решіткою на 4000 кг/м² менше барометричного тиску, а температура повітря у горловому перерізі прикореневої струмінки току $T_{гк} = 257$ К набагато менше 0 °С. У цих умовах внаслідок перетворення водяної пари у росу або лід коефіцієнт витрати знаходиться на дуже високому рівні: $C_{dn} = 0,987$. Незначний прогрів експериментальної установки до 314 К призвів до стрибкоподібного зменшення C_{dn} до 0,945. В обох випадках економічність решітки однакова, швидкість потоку у кореневій зоні за решіткою дорівнює швидкості звуку, коефіцієнт швидкості $\phi_{гк} = 0,93$, а температура в горлі міжлопаткового каналу визначається за формулою $T_{гк} \approx 0,83T_0^*$.

В експерименті з ВЦН з електроприводом 700 кВт початкові параметри набагато вище і на режимі з $P_0^* = 7500$ кг/м², $T_0^* = 355$ К фазові перетворення у дозвуковій частині міжлопаткового каналу не відбуваються, температура $T_{гк} = 295$ К > 0 °С, $C_{dn} = 0,965$. Однак підвищення початкового тиску до 9400 кг/м² різко збільшило C_{dn} до 1,02, що вказує на фазові перетворення при $t_{гк} > 0$ °С. Можливо, що у горловому перетині прикореневої струмінки току температура повітря біля опуклої поверхні соплової лопатки все ж таки нижче 0 °С. На завершальному етапі експерименту після прогріва установки до 355 К тиск P_0^* був спочатку зменшений до 2000 кг/м², а потім збільшений до 9450 кг/м². На всіх цих режимах вода знаходиться у повітрі у газообразному стані, а коефіцієнт витрати $C_{dn} = 0,967$ при $P_0^* = 9450$ кг/м².