

Preliminarna primerjava termodinamičnih modelov podzvočnega ejektorja in turbopuhala

Vytautas Martinaitis – Dovydas Rimdžius – Juozas Bielskus – Giedrė Streckienė* – Violeta Motuzienė

Tehniška univerza Gediminas v Vilniusu, Oddelek za gradbeno energetiko, Litva

Mešanje tokov je del tehnoloških procesov. Za realizacijo interakcij med tokovi z različnimi energijskimi potenciali se med drugim uporabljajo ejektorji in turbopuhala. Ejektorji so danes v široki uporabi in njihovi analitični modeli so dobro znani. Po vedenju avtorjev pa manjkajo študije, ki bi preučevale učinkovitost turbopuhala in pogoje, v katerih imajo lahko turbopuhala prednost pred ejektorji ali obratno. Pričujoči članek je namenjen primerjavi učinkovitosti termodinamičnih procesov v teh napravah. V ta namen sta uporabljeni stopnji kompresije in odnašanja, določena pa je tudi notranja nepovračljivost procesov (izgube). Predstavljena sta celovita enorazsežnostna termodinamična modela podzvočnega ejektorja in turbopuhala. Osnova za primerjavo so podatki o ejektorjih, saj so termodinamični modeli ejektorjev praktično in znanstveno potrjeni. Turbopuhalo ima jasno ločeno turbino in puhalo, zato v preliminarno primerjavo vstopa z manj domnevami, ki so odprte za razpravo, obenem pa ima podobno kot ejektor logično zaporedje korakov. Članek je teoretične oz. konceptualne narave: v njem so bile za obravnavani primer uporabljene analitične enačbe tokovnih procesov in njihove interpretacije iz učbenikov inženirske termodinamike. Kvantitativni indikatorji za razrešitev naloge so definirani z analitičnimi modeli in kombinacijo tamkajšnjih enačb. V obstoječih virih ni bilo mogoče najti preliminarnih primerjav termodinamičnih modelov omenjenih naprav. Avtorji verjamejo, da je z uporabo petih količnikov nepovračljivosti procesa za nastalo entropijo zagotovljen minimalen vpliv empiričnega pristopa, ki je sicer značilen za tehniške vede.

Meja, na kateri turbopuhalo pridobi prednost pred ejektorjem na osnovi indikatorjev izkoristka kompresije in stopnje odnašanja, je določena analitično kot kombinacija izentropnih izkoristkov vrednotenih komponent $(\eta_T \eta_F)^2 / (\eta_{Ns} \eta_{Ms} \eta_{Ds})$. V tem primeru gre za izentropne izkoristke turbine, puhala, šobe, mešalne komore in difuzorja. Kvantitativni indikatorji so določeni za enake začetne pogoje, izražene kot razmerje razlike entalpije za idealno kompresijo in idealno ekspanzijo. Če so začetni pogoji enaki numerični vrednosti kombinacije izentropnega izkoristka vrednotenih komponent (numerični primer 0,16), imata obe napravi enak izkoristek. Pri nižjih začetnih pogojih (numerični primer 0,10) je stopnja odnašanja turbopuhala za $1,5\times$ in izkoristek kompresije za $1,25\times$ višji, medtem ko je pri višji vrednosti začetnih pogojev (numerični primer 0,28) učinkovitejši ejektor. Turbopuhala s svojimi značilnimi lastnostmi in naravo njihove variabilnosti so lahko primerna za različna področja uporabe tehnološke opreme, ki zahtevajo določene parametre mešanja tokov. Glavni vzrok razlik je v procesu mešanja. V ejektorju je ta realiziran z interakcijo kinetičnih energij, ki je izražena z enačbo ravnovesja momentov. V turbopuhalu se energija aktivnega toka pretvori v delo turbine, ta pa se prenese na puhalo, ki ustvarja pasivni tok. Proces je opredeljen z enačbami ravnovesja dela. Izentropni izkoristek je specifična lastnost komponent. Vrednosti η_{Ns} , η_{Ms} , η_{Ds} so v širokem območju razmeroma stabilne in dobro raziskane, pri mikroturbinah z delnim natokom in mikropuhalih pa se lahko vrednosti η_T , η_F precej odmaknejo od 1.

Numerični rezultati primerjave modelov v članku so omejeni na mešanje zračnih tokov v podzvočnem režimu. Predstavljeni termodinamični model je zaradi podobnosti z ejektorjem, turbino in puhalom primeren tudi kot osnova za gradnjo teoretičnega modela strešnih turbinskih ventilatorjev. Razviti model bo lahko tudi podlaga za razvoj na področju analize nadzvočnega režima.

Ključne besede: ejektor, turbopuhalo, termodinamični model, mešanje tokov, izkoristek kompresije, stopnja odnašanja