

# Prenos toplote z mešano konvekcijo v pravokotni kotanji z ogrevanim pokrovom, napolnjeni z nanofluidom $\text{Al}_2\text{O}_3$ -voda

Yazan Taamneh<sup>1,\*</sup> – Kahled Bataineh<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Jordanska znanstveno-tehniška univerza, Oddelek za aeronavtiko, Jordanija

<sup>2</sup> Jordanska znanstveno-tehniška univerza, Oddelek za strojništvo, Jordanija

Pričujoče delo obravnava stacionaren laminarni mešani konvekcijski tok v pravokotni kotanji z ogrevanim pokrovom, napolnjeni z nanofluidom  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -voda, in sicer po metodah računalniške dinamike fluidov. V literaturi obstaja veliko študij lastnosti prenosa toplote v nanofluidih, manjkajo pa študije kombiniranega mešanega konvekcijskega toka in prenosa toplote. Uporaba nanofluidov v industriji se v zadnjih časih povečuje zaradi odličnih termofizikalnih lastnosti tega medija. Še vedno pa manjka natančnejše razumevanje vpliva uporabe nanodelcev v kombiniranem prenosu toplote s konvekcijo. Glavni namen te študije je zato numerična analiza kombiniranega konvekcijskega toka in prenosa toplote v pravokotni kotanji z ogrevanim pokrovom, ki je napolnjena z nanofluidom. Za nanofluid so bile privzete splošne odvisnosti med dejansko toplotno prevodnostjo, viskoznostjo in temperaturnim koeficientom raztezka ter volumskim deležem, premerom delcev, temperaturo in fizikalnimi lastnostmi osnovne tekočine.

Ugotovljeno je bilo, da mešani prenos toplote in tok fluida nista povezana samo z odličnimi termofizikalnimi lastnostmi nanofluida. Model viskoznosti je zelo občutljiv na koncentracijo nanodelcev, zato je potrebna posebna previdnost pri oblikovanju kakršnihkoli sklepov o izboljšanju prenosa toplote, še posebej pri visokih koncentracijah nanodelcev. Potrebne bodo še intenzivne študije za preučitev newtonskega ali nenevtonskega vedenja nanofluida z nanodelci.

Tekočina v kotanji je bila voda, pomešana z  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Leva in desna stena kotanje sta izolirani. Zgornja stena je ogreta na temperaturo, višjo od temperature spodnje stene, in se lahko premika s konstantno hitrostjo. Privzeta je enakomerna oblika in velikost delcev premera 100 nm, nanofluid je v študiji obravnavan kot ena faza. Vodilne enačbe pri določenih robnih pogojih so bile razrešene po metodi končnih volumnov s komercialno programsko opremo FLUENT 6.3. Mreža je bila pripravljena s komercialno programsko opremo GAMBIT. Celice v bližini sten kotanje so zgoščene zaradi velikih hitrostnih gradientov v mejni plasti viskoznega toka. Tlačno in hitrostno polje sta sklopljena po shemi SIMPLE. Za mešano konvekcijo je bila uporabljena gorvodna shema drugega reda. Sklopljene enačbe so rešene zaporedno. Pri vseh simulacijah sta bila uporabljena časovno neodvisen program za reševanje in diskretizacijska shema drugega reda. Vse termofizikalne lastnosti zgoraj opisanega materiala so bile implementirane v programski opremi FLUENT z uporabniško določeno funkcijo (UDF).

Opravljena je bila primerjava numeričnih rezultatov glede Nusseltovega števila in hitrosti  $U$  v srednjem delu kotanje, pri čemer je bilo ugotovljeno, da se rezultati dobro ujemajo z rezultati v literaturi. Omeniti je treba, da se lokalno Nusseltovo število pri  $Ri = 1$  občutno poveča s povečanjem volumskega deleža nanodelcev. Pri razmeroma majhnem Richardsonovem številu ( $Ri = 0,1$ ) ni pomembnejše spremembe lokalnega Nusseltovega števila ob prisotnosti nanodelcev. Sledi sklep, da pri spremenljivem volumskem deležu trdnih delcev in Richardsonovem številu dobimo različne značilne vzorce izoterm. Vzorec tokovnic v pravokotni kotanji z ogrevanim pokrovom je mogoče opisati s primarno recirkulacijo. Sprememba vzorca ob spremembi volumskega deleža ni pomembna.

**Ključne besede:** mešana konvekcija, nanofluid, pravokotna kotanja, CFD, ogrevan pokrov