



Matematică

TEZĂ DE ABILITARE
- REZUMAT -

**MODELE MATEMATICE PENTRU NANOFLLUIDE VÂSCOASE
SI MEDII POROASE**

Conf. Dr. Dalia Sabina CÎMPEAN
Departamentul de Matematică
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca

- Cluj-Napoca -
2023

Prezenta teză de abilitare conține rezultate ale matematicii aplicate în domeniul mecanicii fluidelor. Cele mai importante aspecte ale cercetării, realizate după susținerea tezei de doctorat și până în prezent, sunt rezumate în cinci capitole, astfel: primul capitol conține contribuții la mișcările fluide în canale, al doilea raportează rezultate ale comportamentului fluidelor newtoniene clare și nanofluidelor în cavități poroase, al treilea tratează nanofluide hibride în cavități trapezoidale poroase sau în prezența unui corp solid, al patrulea abordează probleme de stabilitate Hyers-Ulam iar ultimul capitol discută despre direcții noi de cercetare.

Primul capitol al tezei este dedicat unui subiect de actualitate cu numeroase aplicații practice, și anume al mișcărilor fluide în canale. Problemele continuă și completează una dintre direcțiile tezei de doctorat. Se ia în considerare convecția mixtă, aceasta înseamnând că atât convecția liberă, cât și cea forțată se consideră în sistem. Astfel se impun condiții de flux uniform de căldură la pereți și distribuție uniformă a vitezei în sens ascendent la intrarea în canal. Prima problemă raportată consideră un canal umplut cu un mediu poros saturat de fluid, iar a doua înlocuiește fluidul newtonian cu un nanofluid pentru a observa mișcarea fluidă în noile condiții. Se obține o soluție analitică, iar rezultatele se calculează ținând cont de parametrul convecției mixte, numărul Peclet, precum și unghiul de înclinare la canalului față de orizontală. Se constată că, creșterea numărului Peclet duce la reducerea efectului de înclinare al canalului și face ca soluția să devină mai simetrică, adică mai apropiată de soluția corespunzătoare canalului vertical. În schimb, pentru o valoare dată a parametrului Peclet și a convecției mixte, scăderea unghiului de înclinare duce la creșterea efectului acestuia asupra profilurilor de viteză și temperatură. Minimizarea generării de entropie este, de asemenea, studiată pentru aceleași condiții ale fluxului de fluid newtonian mixt de convecție în canal. Numărul Bejan calculat arată că influența transferului de căldură domină mecanismul de generare a entropiei.

O altă problemă importantă a acestui capitol este dedicată convecției mixte corespunzătoare unui nanofluid printr-un canal poros înclinat. Studiul, aplicat nanofluidelor, a fost motivat de aplicațiile practice ale rezultatelor care pot fi utilizate pentru proiectarea optimă a echipamentelor de transfer de căldură. Aceasta se datorează potențialului acestor fluide inteligente la o rată ridicată de schimb de căldură, care nu implică căderi de presiune sau acestea sunt neglijabile. Concluzia principală este că nanofluidul crește foarte mult transferul de căldură, chiar și pentru concentrații mici de nanoparticule în fluidul de bază.

Ultimul paragraf al capitolului este un studiu ce însumează condițiile de convecție mixtă pentru un nanofluid hibrid care saturează matricea poroasă în canal. Rezultatele se concentrează pe prevenirea disipării energiei, calculând avantajului termic maxim la o generare minimă de entropie în sistem.

Al doilea capitol prezintă probleme legate de fluxurile de fluide în cavități. Capitolul este împărțit în două părți principale, astfel: prima parte conține probleme ale mișcării unui nanofluid în cavități ondulate cu și fără un mediu poros inclus, în timp ce a doua parte abordează comportamentul unui fluid newtonian limpede și a unui nanofluid în cavități poroase rectangulare cu distribuție sinusoidală a temperaturii la pereți.

În primul paragraf al capitolului, se prezintă în două probleme, convecția liberă fluidă într-o cavitate ondulată bidimensională. Se consideră o cavitate umplută cu un nanofluid pe bază de apă și nanoparticule și apoi o cavitate umplută cu un mediu poros saturat de un nanofluid. În probleme se utilizează modelul de nanofluid propus de Buongiorno care încorporează efectele difuziei browniene și termoforezei. Lucrările raportează o intensificare a fluxului convectiv și a transferului de căldură atunci când numărul Rayleigh crește. În același timp, se

observă o distribuție mai omogenă a nanoparticulelor pentru valori mari ale numărului Rayleigh. De asemenea, o creștere a numărului Rayleigh duce la o creștere a timpului necesar pentru a atinge starea de echilibru. O creștere a altui parametru și anume, numărul de ondulații, duce la o intensificare slabă a fluxului convectiv și o reducere a numărului lui Nusselt datorită răcirii mai accentuate a jgheburilor ondulate unde gradientul de temperatură scade. De asemenea, se constată că variația locației încălzitorului ilustrează o modificare a fluxului de fluid și a transferului de căldură. Poziția superioară a încălzitorului reflectă rata minimă de transfer de căldură, în timp ce poziția în mijlocul părții inferioare caracterizează o îmbunătățire a transferului de căldură.

A doua parte a capitolului doi prezintă studii despre convecția naturală într-o cavitate poroasă pătrată, înclinată, cu distribuție sinusoidală a temperaturii pe ambii pereți laterali. S-au studiate ambele cazuri, de fluid limpede și flux de nanofluid care saturează matricea poroasă, iar rezultatele sunt publicate în lucrări cu factor de impact ridicat. Cercetarea a fost motivată de aplicații, cum ar fi studiul caracteristicilor transferului de căldură în rezervoarele de topire a sticlei unde mai multe arzătoare amplasate deasupra rezervorului de sticlă creează profiluri periodice de temperatură pe suprafața topiturii de sticlă. Problemele s-au rezolvat numeric folosind metoda diferențelor finite de ordinul doi. Rezultatele arată că, prin înclinarea cavității, în cazul unui mediu poros saturat de fluid, comportamentul celulelor convective este complet schimbat în comparație cu nicio înclinare a acesteia. De asemenea, schimbarea izotermelor nu este atât de dramatică în această situație. Creșterea unghiului de înclinare reflectă o influență neliniară asupra numărului Nusselt și a debitului fluidului.

În cazul fluxului de nanofluid, parametrii legați de unghiul de înclinare al cavității și de temperatura sinusoidală la pereți afectează modelul convectiv, fluxul de transport și concentrația nanoparticulelor în interiorul cavității. Astfel, numărul Nusselt crește odată cu creșterea unghiului de înclinare al cavității și cu o scădere a raportului de amplitudine a temperaturii sinusoidale. Pentru convecția Rayleigh-Darcy, înclinarea cavității îmbunătățește transportul căldurii. De asemenea, parametrul de termoforeză ridicat, înclinarea moderată a cavității și numărul Lewis scăzut arată o distribuție neomogenă importantă a nanoparticulelor în interiorul cavității.

Generarea de entropie în interiorul cavității este, de asemenea, raportată într-o lucrare și este prezentată pe scurt într-un paragraf al celui de-al doilea capitol. Se consideră convecția liberă pentru un mediu poros saturat de nanofluid într-o cavitate înclinată cu temperatură sinusoidală la pereții laterali și o sursă de căldură la peretele de jos. Principalele rezultate arată că existența fenomenului de ireversibilitate este afectată de condițiile modelului și de valorile parametrilor studiați. Astfel, cu excepția cazului orizontal când generarea de entropie apare în interiorul cavității datorită sursei de căldură, pe măsură ce cavitatea este înclinată, generarea entropiei este observată în apropierea pereților, influențată de temperatura sinusoidală și de sursa de căldură.

Al treilea capitol este dedicat comportamentului nanofluidelor hibride într-o cavitate poroasă pentru diferite condiții. O parte a capitolului o reprezintă rezolvarea numerică a unei probleme de convecție mixtă într-o cameră trapezoidală poroasă saturată de un nanofluid hibrid, cu un perete superior în mișcare și sub influența diferenței verticale de temperatură. Problema poate fi considerată ca o simulare a aplicațiilor industriale ce implică o mișcare solidă a materialului în interiorul cavității, cum ar fi fabricarea sticlei flotante și cuptoarele de reîncălzire continuă. Analiza efectuată arată că, cavitățile trapezoidale pot fi mai eficiente în comparație cu cavitățile pătrate. În timpul analizei s-a observat că o creștere a numărului Reynolds reflectă o creștere a circulației convective și a transportului de energie. Valorile

scăzute ale numărului Reynolds ilustrează o dezvoltare a convecției mixte, iar valorile ridicate caracterizează convecția forțată. Timpul necesar pentru formarea stării de echilibru crește odată cu numărul Reynolds. De asemenea, o creștere a numărului Darcy reflectă îmbunătățirea transferului de căldură.

O altă problemă prezentată în capitolul trei se referă la investigarea computațională a convecției naturale într-o cavitățeporoasă închisă saturată de o nanosuspensie hibridă, aflată sub efectul unui bloc termoconductor intern și a diferenței de temperatură orizontală. S-a studiat impactul numărului Darcy, al concentrației de nanoaditivi și al materialului blocului solid intern, asupra mișcării lichidului și a modelelor de transfer de căldură. Rezultatele raportate arată că: o creștere a numărului Darcy (Da) accelerează circulația convectivă și transportul de energie; adăugarea de particule solide de dimensiuni nanometrice suprimă puterea curgerii și intensitatea transferului termic; o creștere a conductibilității termice a materialului blocului solid intern intensifică transmisia termică pentru $Da < 0,005$, dar pentru $Da > 0,05$, o creștere a conductibilității termice considerate reduce intensitatea transferului de energie.

Al patrulea capitol este dedicat stabilității Hyers-Ulam. Motivația practică a acestor studii este dată de faptul că, de cele mai multe ori, modelarea matematică a problemelor reale este una complicată, astfel că, studiul proprietăților soluțiilor pentru ecuațiile date ale sistemului este de mare interes. Astfel, împreună cu abordarea numerică și poate experimentală, un studiu calitativ va valida rezultatele unei probleme aplicative de mecanica fluidelor.

Capitolul conține două rezultate importante publicate. Prima problemă este dedicată stabilității ecuației diferențiale liniare de ordin superior cu coeficienți constanți în sensul Aoki-Rassias. În consecință, se obține stabilitatea Hyers-Ulam a ecuației menționate și se stabilește o legătură cu perturbarea sistemelor dinamice. A doua problemă demonstrează când ecuația lui Euler ce caracterizează funcțiile omogene, este stabilă în sens Hyers-Ulam.

Ultima parte a tezei este dedicată ideilor viitoare de cercetare și dezvoltare. În primul rând, modelele matematice propuse ar putea fi extinse cu alte probleme noi care implică medii poroase bidisperse saturate cu nanofluidе și nanofluidе hibride. De exemplu, se studiază nanofluidеle și hibridele lor luând în considerare proprietățile fizice variabile (în funcție de temperatură, concentrație etc.) și efectul câmpului magnetic asupra nanoparticulelor (problemele de antrenare a particulelor folosind magnetoforeza și generarea de căldură). Se urmărește utilizarea unui software adecvat rezolvării problemelor de dinamica fluidelor aplicabile în inginerie sau medicină.

Având în vedere nevoile viitoare ale societății și promovarea dezvoltării energiei durabile și regenerabile, pentru cercetarea pe termen lung, mă voi concentra, de asemenea, pe probleme legate de optimizarea sistemelor energetice și pe sisteme termice verzi.

În ceea ce privește activitatea didactică, aș dori să folosesc experiența și cercetările mele pentru a prezenta aplicații relevante la cursurile de Matematici Speciale și pentru a îndruma studenți și doctoranzi.