

Bírálat

Vadászné Bognár Gabriella „Analysis of tribological phenomena in viscous fluid flows over solid surfaces” című MTA doktori értekezéséről

Az angol nyelvű értekezésben ismertetett kutatások célja olyan módszerek kidolgozása, amelyekkel gyakorlatban is használható információk szerezhetők nem-newtoni hatványfüggvény közegek szilárd fal melletti áramlása esetén létrejövő határretegek sebesség- és hőmérséklet megoszlásáról, és meghatározható az ellenállástényező értéke.

Az értekezés 119 számozott oldalt, 52 ábrát és 16 táblázatot tartalmaz. A Tartalomjegyzék után a Jelölések és külön a Görög jelölések jegyzéke következik. Ezt követi a Bevezetés, majd a kutatási eredményeket összefoglaló négy fejezet. Ezek után van a Következtetések és a Köszönetnyilvánítás fejezet. Az értekezés végén van a hivatkozások 226 tételből álló, 17 oldalas jegyzéke. A jegyzékben 23 olyan hivatkozás található, amelyben Jelölt az első szerző.

Az értekezés felépítése logikus, jól áttekinthető, kivitele jó, a szakmai angol nyelv alkalmazása színvonalas. Kiemelendő, hogy az értekezés, valamint a fejezetek elején Jelölt ismerteti a tárgyalt témakör elméleti és gyakorlati, műszaki jelentőségét, a saját kutatások előzményeit és azok szakirodalmát.

A fejezetek tartalma és az észrevételek.

1. Bevezetés

A 14 oldal terjedelmű fejezet kiváló áttekintését adja a téma szakirodalmának, a nem-newtoni közegekben kialakuló határreteg jellemzőivel, számításával kapcsolatos ismereteknek, a témakör fejlődésének.

Az 1.1. alfejezet ismerteti a kenési és megmunkálási folyamatok fejlődését és ebben alkalmazott folyadékok jellemzőit, szerepét, fejlődését, az értekezésben tárgyalt problémák gyakorlati jelentőségét. Néhány megjegyzés: Az 1. oldalon a 3. sorban két csatolt nemlineáris differenciálegyenletet említ Jelölt, holott a kontinuitás egyenlet lineáris. Az 1 oldal közepén a határretegről megállapítja, hogy nagyon vékony, holott vastagsága – ha a nyomás nem csökken áramlás irányában – az áramlás irányában folyamatosan nő, és a körüláramlott testhez képest jelentős méretű is lehet. Az „inviscid flow” kifejezés, amely többször előfordul az értekezésben félrevezető, hiszen nem az áramlás súrlódásmentes, hanem az áramló közeg, ezért a máshol ugyancsak használt „outer potential flow” kifejezés lenne releváns. A 2. oldalon a „flow field usually satisfies the equations of continuity and momentum” kifejezésben a usually szó célszerűen kihagyható lenne, mert az áramlási tér mindig kielégíti a leíró egyenleteket.

A 4. oldalon kezdődő 1.2. alfejezet az alapvető egyenleteket és az alkalmazott derékszögű koordináta-rendszert ismerteti. Néhány megjegyzés: célszerű lett volna a tárgyalt áramlások jellemzői között megemlíteni, hogy stacionárius áramlásokkal foglalkozik az értekezés. Az első bekezdés végén szereplő „The fluid flows in parallel layers next to the solid surface” megállapítás félrevezető lehet, hiszen a határreteg általában vastagszik áramlás irányában, és ezért az áramvonalak (amelyek ezeket a rétegeket elválasztják) nem párhuzamosak a fallal. Az 1.1. ábra hibás, a vízszintes sík lap áramlással szemben lévő függőleges része rajzoló hiba eredménye. Az utolsóelőtti bekezdés alján Fig. 1.1. a helyes. 5. oldal első sor végén lévő „a” fölösleges. A 4. bekezdésben szerepel a Reynolds szám: $Re \gg 1$. Célszerű lett volna definiálni, hogy milyen sebességre és hosszra vonatkozik.

A 7. oldal alsó része a peremfeltételeket tárgyalja. A kezdeti feltételekhez célszerű lett volna megjegyezni, hogy instacionárius áramlásoknál alkalmazzuk.

Jelölt a 12. oldalon fogalmazza meg az értekezés és az azt megalapozó kutatás fő célját. A gyakorlati fontosságuk miatt szükséges tanulmányozni a kenőanyag viszkozitásának hatását a kenési sebességre és a hőmérséklet mezőre. Miután a valóságban lejátszódó bonyolultabb áramlási folyamatokat tökéletesen leíró modell még nem áll rendelkezésre, a gyakorlat megközelítése empirikus. Ugyanakkor fontos a differenciálegyenletek és peremfeltételek által meghatározott áramlási folyamatok megértése, hogy hatásukat szabályozhassuk. A jelenségeket leíró differenciálegyenlet rendszer csak igen kevés gyakorlatban fontos esetre oldható meg, ezért az egyre szélesebb körben alkalmazott numerikus módszerek mellett fontos szerepe van az analitikus módszereknek, mert ezekkel egyrészt validálhatók a numerikus módszerek, másrészt az ezek alkalmazásával kapott eredmények értékes információkat adhatnak alapvető folyamatokról és kvalitatív eredményeket a kenési folyamat egyes komponenseiről.

Az 2. fejezet a síklap menti határréteg áramlással foglalkozik: a 2.1. alfejezet newtoni, a 2.2. alfejezet pedig nem-newtoni folyadék áramlásánál állandó zavartalan áramlási sebességnél, a 2.3. alfejezet pedig hatványkitevő sebességmegoszlás esetén.

A 2.1. alfejezetben ismertetett munka célja egy végtelen hosszú síklapra rááramló newtoni közegben kialakuló határréteg jellemzőinek meghatározása (Blasius feladat) hasonlósági megoldása Töpfer transzformációval.

A 2.2. alfejezet nem-newtoni hatványkitevő közeg és konstans zavartalan áramlás esetén mutatja be a határréteg jellemzőinek meghatározását módosított Töpfer típusú hasonlósági transzformáció (2.2.2) és hatványsor megoldás (2.2.3) alkalmazásával. Az eredményeket bemutató egyik ábra (Fig. 2.6.) függőleges tengelyén lemaradt a függő változó megnevezése. Itt jegyzi meg a bíráló, hogy az ábrák kivitele (technikai minőség, olvashatóság) a nyomtató hibájából jelentősen elmarad az értekezés általános kivitelének színvonalától: a görbék tengelyekre és a görbék felvitt mennyiségek alig olvashatók (ld. pl. 2.7.-2.12. ábrák). Az ábrák gyakorlati felhasználása tekintetében különösen fontos lett volna a jelölések jegyzékében a változók mértékegységeinek megadása, valamint – ahol ez releváns – a tengelyekre felvitt mennyiségek gyakorlati alkalmazás figyelembe vételével történő megválasztása, vagy a diagramok kiegészítése gyakorlat számára könnyebben alkalmazható változókat tartalmazó diagramokkal.

A 2.3. alfejezet nemnewtoni hatványkitevő közegek hatványfüggvény szerint változó zavartalan sebesség mellett kialakuló áramlását elemezi, amely álló nemnewtoni közegben mozgó, folyamatosan nyújtott felület melletti határrétegben jön létre. Jelölt a határérték probléma közelítő helyi analitikus megoldását tűzte ki célul és valósította meg.

Az értekezés 3. fejezete a gyakorlatban fontos áramlási elrendezés: a nyugvó közegben mozgó síklap felületén kialakuló határréteg vizsgálatának eredményeit mutatja be: a 3.1. alfejezet newtoni, a 3.2. alfejezet pedig nemnewtoni folyadékokra. A leíró differenciálegyenleteket az áramfüggvény bevezetésével átalakítva hatványsor alapú megoldást dolgozott ki.

A 4. fejezet az áramló newtoni (4.1. alfejezet) és nemnewtoni (4.2. alfejezet) közeggel szemben és a közeggel megegyező irányban mozgó fal mellett kialakuló határréteg áramlás leírásával foglalkozik. A határréteg egyenlet meghatározása után Jelölt newtoni és nemnewtoni folyadékokra is megoldja a nemlineáris közönséges egyenletet. Megállapította, hogy hasonlósági megoldás csak akkor létezik, ha a fal sebesség és közeg sebesség hányadosa egy, a hatványkitevőtől függő kritikus értéknél kisebb. Hasonlósági megoldás eredményeinek összevetése numerikus szimuláció eredményeivel az analitikus módszer egyik legfontosabb alkalmazási területe, mert hosszadalmas mérések nélkül is lehetővé teszi a rohamosan terjedő numerikus szimuláció nemnewtoni folyadékok áramlására való alkalmazása során elkövetett hibák meghatározását. Az értekezés 4.3. alpontjában a Jelölt az ANSYS FLUENT szoftverrel végzett 2D szimulációkat mozgó fal melletti áramlás

leírására newtoni, dilatáló és pszeudoplasztikus közege, és az eredményeket összehasonlította a hasonlósági megoldással kapott eredményekkel jó egyezést kapott.

Az 5. fejezet a hidrodinamikai és hőmérsékleti határréteg hasonlósági megoldásával foglalkozik. Az 5.1. alfejezetben a kenélméletben igen fontos Marangoni hatást, az általa newtoni közegben keltett áramlást, és ennek gyakorlati jelentőségét ismerteti. Ezt követi a határréteg egyenletek definiálása (5.1.1.) és az exponenciális sor megoldás ismertetése.

Az 5.2. alfejezet vízszintes felület mentén kialakuló, belső hőfelszabadulással jellemzett határréteg gyakorlati felhasználásának bemutatásával, valamint a sebesség és a hőmérsékleti viszonyok leírásával foglalkozik. Mivel a jelenséget leíró egyenletrendszerre nincsen egzakt megoldás, a határérték problémát a hasonlósági problémával együtt numerikusan oldotta meg Maple 12 szoftver segítségével.

A 6. fejezet az áramló nemnewtoni közegek határán kialakuló határrétegben létrejövő áramlási sebesség- és hőmérséklet-eloszlások tanulmányozásával foglalkozó értekezés következtetéseit, megállapításait tartalmazza 9 pontba rendezve, tézisszerű megfogalmazásban. A tézisek megfelelnek az értekezés egyes fentebb elemzett gondolatmeneteinek, azokat elfogadom.

Összefoglaló értékelésként megállapítom, hogy jelölt kiváló mérnöki és matematikai érzékkel és tudással kiváló értekezést készített a nem-newtoni hatványfüggvény közegek szilárd fal melletti áramlása esetén létrejövő határrétegek sebesség- és hőmérséklet megoszlásáról. Eredményeivel nemcsak az áramlástechnika tudomány szak egy speciális területét a nemnewtoni folyadékok áramlástan tudomány szakának ismereteit gyarapította, de hozzájárult a tárgykörrel kapcsolódó műszaki gyakorlat fejlődéséhez..

A fentiek alapján javaslom a nyilvános vita kitűzését és az MTA doktora cím odaítélését.

Budapest, 2014. február 2.

(Lajos Tamás)
a műszaki tudomány doktora