

Vélemény Vadászné Bognár Gabriella „ Tribológiai jelenségek vizsgálata szilárd felületen áramló viszkózus folyadékban”

című MTA doktori értekezéséről

(Műszaki Tudományok)

Az értékelést az alábbi szempontok szerint végeztem :

Csak a doktori mű értékelése a feladat.

A doktori mű be kell, hogy mutassa a pályázó tudományos munkásságának egy jellemző részét, egyformán kell súlyozni a téma és az eredmények jelentőségét (fontosságát, alkalmazhatóságát, hasznosságát) az eredmények mélységével (eredetiségével, ötletességével, bonyolultságával). Javasolni kell a mű elfogadását vagy elutasítását.

Vadászné Bognár Gabriella értekezése egy olyan tematikával foglalkozik, melynek jelentősége-népszerűsége egymástól különböző tudományterületeken (hidrodinamika, reológia, fizika, kémia és matematika) igen nagy. A határréteg elméletről van szó.

Az elmélet körülbelül száz éve tartó fejlődési folyamatának több hullámhegye és hullámvölgye volt. Az utóbbi két évtizedben ismét az érdeklődés középpontjába került; ennek oka főként az új elméleti eredmények ill. a jó hardverrel és szoftverrel támogatott numerikus és szimbolikus számítási módszerek megjelenése.

A témához szorosan kapcsolódó közlemények száma ezrekre tehető (plusz könyvek), így fennáll az a veszély, hogy az újnak gondolt kétségkívül önálló eredmények valójában korábban már megjelentek valamely formában. Módszeresen utánanézni az irodalomnak, még a „modern” eszközök felhasználásával is, gyakorlatilag lehetetlen.

Példaként említhetem K.B. Pavlov és nagyszámú munkatársának tevékenységét a hetvenes évekből, sok, százas nagyságrendű cikket publikáltak főként a Magnitnaja Hidrodinamika és a Zhurnal Vychislitelnoj Matematiki i Matematicheskoy Fiziki című folyóiratokban (oroszul, néha van angol fordítás is), a hosszabb szövegek un. intézeti belső kiadványokban jelentek meg párszáz példányban és sohasem lettek máshol publikálva. Ezekhez az anyagokhoz általában nehéz hozzáférni, ha igen, aránytalanul sok pénzért. Nem véletlen, hogy a jelölt által idézett szerzők sem hivatkoznak rájuk. És nem egyedi példáról van szó.

Érthető okokból én a nemlineáris parciális és közönséges differenciálegyenletek szemszögéből tudom véleményemet a disszertációról megformálni. A fentiek miatt ehhez mindig hozzá kell gondolni, hogy „legjobb tudomásom szerint”.

Mindenekelőtt szeretném a nem szakemberek számára is érthetővé tenni, hogy lényegében miről is szól az értekezés.

Prandtl zsenialitása többek között két dologban is megmutatkozott: felfedezte a határréteget, megmagyarázta annak fontosságát ill. megadott egy, a Navier-Stokes rendszerénél sokkal egyszerűbben vizsgálható PDE rendszert (matematikai modellt). Viszkózus folyadékokról van szó, bár gondolatmenete nem-viszkózus folyadékok elméletében is feloldott bizonyos paradoxonokat.

A kiindulási modell a Prandtl rendszer stacionárius változata, mely az időtől független folyamatot írja le. Általában automatikusan feltételezik, hogy a folyamat „stabil”, vagyis bizonyos idő elteltével „beáll” erre az állapotra. Ez azonban inkább egy PDE elméleti tétel, állandó viszkozitás esetén sincs teljes bizonyítás, nemlineáris viszkozitás esetén (nem-newtoni folyadékok pl.) nem tudok ilyenekről. A Prandtl rendszer körüli elmélet kidolgozásában több nagy matematikus is részt vállalt, megemlítem James Serrin és Olga Oleinik nevét. Ez utóbbi eredményeinek összefoglalása (és sok más is) megtalálható O.A. Oleinik, V.N. Samokhin: *Mathematical Methods in Boundary Layer Theory* című könyvben; ez standard utalás a témában.

A Prandtl rendszer egyik különlegességére tanítványa, Blasius hívta fel a figyelmet. Az áramfüggvényt (ψ -t) bevezetve az egyik egyenlet automatikusan teljesül, a másik, már harmadrendű parciális DE, különleges struktúrájú: ha a megoldást önhasznós (self-similar, $x^\alpha f(\frac{y}{x^\beta})$) formában keressük, bizonyos α, β esetén (ld. „univerzális reláció”) egy harmadrendű nemlineáris autonóm közönséges differenciálegyenletet kapunk a shape function-re, $f(z)$ -re. Aki végzett már hasonló számolásokat (sokan voltak...) tudja, hogy Blasiusnak nagy szerencséje volt: két tag, melyek jelenléte lehetetlenné tette volna a PDE-ODE átmenetet, egyenlőknek bizonyultak de ellenkező előjelűek, így kiejtik egymást.

Megjegyzés 1: Az 1. Tézis első öt sorát, a 3. Tézis első kilenc sorát ezen okokból nehéz új eredményként elfogadni (ld. Tézisfüzet).

Az értekezés főbb eredményei főként a következő egyenlettel ill. peremértékekkel vannak kapcsolatban ($f=f(z)$):

$$((f'')^n)' + af f'' + bf'^2 = 0; \quad a, b - const.; \quad f(0), f'(0) \text{ és } f'(\infty) \text{ adottak.}$$

Bár a Riccati (cca. 1730) óta ismert helyettesítéssel ($p=p(f)=f'(z)$) másodrendű ODE-hez jutunk, ez itt nem sokat segít. A harmadrendű egyenletek esetén végeredményben csak saját eredményekre lehet támaszkodni, minden egyenletet külön kell vizsgálni. Természetesen a modellel kapcsolatos feladatok nehézsége a kérdéstől függ és ebben a témában a kérdések sohasem standardok. Vannak kezdeti ODE elméleti eredmények részesetekben, a gyakorlat számára azonban bizonyos mennyiségek konkrét értékei fontosak.

Két természetes, különösebb elméleti tudást nem igénylő vizsgálati módszer jöhet szóba: numerikus számolás és a sor alakban keresés. A jelölt ezt a két módszert alkalmazza nagy felkészültséggel, szellemesen.

Mérnöki szempontból nem feltétlenül f -et (tehát ψ -t(áramfüggvény) tehát u és v -t (sebességkomponensek a határrétegben)) kell igazából globálisan meghatározni, erre csak azért van szükség, hogy belőle bizonyos fontos mennyiségeket (pl. $f''(0)$) meg tudjunk határozni.

A jelölt jól kihasználja a numerikus és szimbolikus számolásokban rejlő új lehetőségeket. Erre szüksége is van, a feladat paramétereit tartalmaz, mindig felmerülnek „bifurkációs értékek”, pl. $n=1$ a folyadékok esetén: nagyon más a viselkedés ha $n>1$, $n=1$ vagy $n<1$. Precíz számolások tömege szükségeltetik ahhoz, hogy az eredmények helyességét nehéz legyen megkérdőjelezni. Ily módon a jelölt kibővítheti a többé-kevésbé izoláltan dolgozás hátrányát, eredményei (a külföldön még létező) ipari kutatóintézetek számára is hasznosak lehetnek a megfelelő experimentális és egyéb vizsgálatokhoz.

A disszertáció részletes Bevezetéséből jól megérthető a kitűzött feladatok tudományos és történeti háttere, megismerkedhetünk az alapvető fogalmakkal. Az Irodalomjegyzék 226 itemet tartalmaz, ebből mintegy 15 saját cikk foglalkozik az értekezés témájával.

Az értekezés végén ill. a Tézisfüzetben a jelölt kilenc tézist fogalmaz meg, ezekből tiszta képet kaphatunk eredményeiről, ezért ezekre nem térek ki részletesebben.

El tudom képzelni, hogy bizonyos pontos kísérletek a megfelelő mérésekkel kiegészítve a jelölt környezetében nehezen lettek volna megvalósíthatók. Ezekkel kapcsolatban mégis maradt bennem némi hiányérzet.

Összefoglalva:

A jelölt téziseit elfogadom, kivéve az első és a harmadik tézis első felét, ld. Megjegyzés. Javaslom a nyilvános vita kitűzését és a mű elfogadását. Vadászné Bognár Gabriella dolgozata és a PhD megvédése óta végzett tudományos munkássága véleményem szerint megfelel az „Műszaki Tudományok Doktora” címhez tartozó követelményeknek.

Budapest, 2014.03.20.

Kersner Róbert

egyetemi tanár