

## **BÍRÁLAT**

**Vad János: „Blade sweep applied to axial flow fan rotors of controlled vortex design / Lapátnyilazás alkalmazása sugár mentén növekvő lapátcirkulációra tervezett axiális átömlésű ventilátor-járókerékre” című MTA doktori értekezéséről**

### **1) A doktori mű formai jellemzői:**

Az angol nyelvű értekezés 118 számozott oldalt, 28 ábrát és 10 táblázatot tartalmaz. A kezdő köszönetnyilvánítást egy rövid összefoglaló követ, utána a jelölt megadja az alkalmazott jelölések és rövidítések jegyzékét, majd röviden definiálja a dolgozatban használatos szakkifejezéseket. Az ez után következő 5 számozott fejezetben mutatja be a kutatásának főbb eredményeit. A fejezeteket egy 192 tételből álló irodalomjegyzék és a részleteket bemutató 16 függelék követi.

#### ***Értékelő megjegyzések:***

- *Az értekezés logikusan felépített, jól áttekinthető munka.*
- *A jelölésjegyzék igen hasznos; megkönnyíti az értekezés áttekinthetőségét.*
- *- A szakkifejezések definíciójának megadása is igen hasznos. Egy megjegyzésem a 12. oldalon lévő lapátcirkuláció definíciójához az, hogy szerintem a definíció egyes részei - szigorú értelemben – csak potenciális síkbeli lapátrács esetén érvényesek. Amennyiben az áramlás örvényes, akkor a sebesség vonalintegráljának értéke függ az úttól...*
- *Az irodalomjegyzék igen bőséges.*
- *A nagy számú (16) függelék nagy mértékben megkönnyíti a levezetések érthetőségét és az egyenletek reprodukálhatóságát.*

### **2) Fejezetenkénti észrevételek, kérdések:**

A **Bevezetés**ben először azt mutatja meg, hogy miért kapott a ventilátorok forgórészének tervezése kevesebb figyelmet, majd ismerteti az axiális átömlésű ventilátor forgórésze állandó sugáron vett lapátmetszeteinek felfűzési módjait, amelyet a korábbi radiális helyett egyre inkább a nem-radiális felfűzés jellemez. Ez után bemutatja a tervezési módszereket, amelyeket a korábbi állandó cirkuláció helyett a sugár mentén változó cirkuláció jellemez. Irodalmi adatokra támaszkodva ismerteti a sugár mentén növekvő cirkuláción alapuló tervezési eljárás alapján nyert forgórészek előnyeit. Ezek után röviden ismerteti a kutatás előzményeit és az értekezés célkitűzéseit, amelynek lényege a lapát-felfűzési vonal alakja és a lapátcirkuláció sugár menti eloszlása együttes hatásának vizsgálata a három-dimenziós lapátcsatorna áramlásra. Végül röviden bemutatja a sugár mentén növekvő cirkulációs elven alapuló, saját módszerével tervezett és legyártott, axiál-ventilátorokat.

#### ***Megjegyzések:***

- *A rövid bevezető arányos. Az irodalmi áttekintést jónak, bár kissé vázlatosnak tartom. Nagyon sok irodalomra hivatkozik, de csak keveset ismerttet részletesen (lásd például a 17. és 18. oldalakat).*

- *Furcsa, hogy a [88] dolgozatra való hivatkozás után a [177, 192-195] cikkeket említi (20. old.).*
- *A magyarok közül az áramlástechnikai gépek lapátrácsainak potenciálméleten alapuló tervezésében ill. analízisében jelentős eredményt ért el Czibere Tibor és Nyíri András is, így szerintem célszerű lett volna a [192] (az ún. „magyar iskola”) dolgozaton túl más cikkekre is hivatkozni, még akkor is, ha (tudomásom szerint) ventilátorokat nem vizsgáltak.*

Az értekezés leghosszabb fejezetében, a **2. fejezet**ben a jelölt egy általa kidolgozott analitikus modellt mutat be a ventilátor járókeréklapát szívott oldalán jelentkező radiális irányú áramlás vizsgálatára. A forgó rendszerben a lapát szívott oldalán a súrlódási határrétegben illetve a határrétegen kívüli szomszédos pontokra felírt RANS (Reynolds Averaged Navier-Stokes) egyenletek, ill. a súrlódásmentes áramlásra vonatkozó Euler mozgásegyenletek sugárirányú komponensegyenleteinek különbségét képezi. Definiál egy  $\mu$ -vel jelölt, radiális kiáramlásra jellemző paramétert, amelyet a fent említett egyenlet minden tagjához (összesen 14 ilyen tag van) hozzárendel. Pozitív  $\mu$  érték esetén a lapát szívott oldalán a sugárirányú áramlás fokozódik, negatív érték esetén pedig csökken. Elméleti megfontolásokra és irodalmi tapasztalatra támaszkodva megvizsgálja, hogy a kapott egyenlet egyes tagjai erősítik vagy gyengítik az említett radiális irányú áramlást.

Ezek után 4 járókerék tervezési üzemállapotaiban végzett LDA mérési eredményekből meghatározza a fenti 14 taghoz rendelhető paraméterek közül a 6 legnagyobb abszolút értékű  $\mu$  paraméter értékét, ill. szakirodalmi eredmények alapján becslést ad a 8 kisebb fontosságú tagra vonatkozó  $\mu$  értékekre is. A 4 járókerékből egy állandó lapátcirkulációra tervezett volt, amelyet a szakirodalomból vett a jelölt, 3 pedig az általa, sugár mentén változó cirkulációra, de lapátnyílazás nélkül tervezett járókerék volt. A 4 kerékben kialakuló áramlásra vonatkozó LDA mérésekből az látszik, hogy a változó cirkulációra tervezett járókerekek esetén a szívott oldali radiális kiáramlás és az ugyanott fellépő áramlási veszteség (a helyi határréteg megvastagodása miatt) is nagyobb, mint az állandó cirkulációra tervezett keréknél. Ennek oka minden bizonnyal a sugár mentén változó lapátcirkuláció miatt fellépő örvényleválás. A szívott oldali dimenziótlan határréteg kizorítási vastagság lapátcirkuláció sugár szerinti deriváltjától való függésére a 3 változó cirkulációra tervezett kerékre vonatkozó eredmények alapján egy pozitív iránýtangenssel jellemezhető lineáris függvénykapcsolatot ad meg.

Ugyanebben a fejezetben megvizsgálja az említett szívott oldali radiális kiáramlás és annak nemkívánatos hatásai csökkentésének lehetőségeit is. A lehetőségek közül legfontosabbnak a lapátok előrenyílazását tekinti, amikor is a lapát hengermetiszeteit a húrjukkal párhuzamosan a sugár növekedésével egyre nagyobb mértékben a főáramlás irányával ellentétes irányban eltolják. A jelölt szerint az előrenyílazásnak jó hatása van az állandó cirkulációra tervezett gépeknél is, de ez a pozitív hatás még fokozottabban jelentkezik a sugár mentén növekvő cirkulációra tervezett gépeknél.

Ebben a fejezetben bemutatott eredményekből 3 tézist fogalmaz meg.

#### **Megjegyzések, kérdés:**

- *A jelölt ebben a fejezetben részletesen és jól követhetően származtatja azokat a tagokat, amelyek hozzájárulnak a lapát szívott oldalán fellépő radiális kiáramláshoz. Az egyenletek többségét magam is reprodukáltam és nem találtam bennük hibát.*

- Egy apróság: jó lett volna, ha a 2.2 ábrán szereplő sebességi háromszögben a jobb szemléltetés céljából az áramlási szögeket is berajzolta volna a jelölt.
- Számomra nem nyilvánvaló a szövegből, hogyan határozza meg a radiális kiáramlásra jellemző  $\mu^*$  tényezőket, amelyeket a 2.2. táblázatban foglal össze. Igaz, az értekezés 39. oldalán leírja, hogy a meghatározásukhoz a [91], [131] és [144] dolgozatokat használta. Ettől függetlenül, jó lett volna, ha ír valamit ezen paraméterek meghatározásáról is.
- Az előbbi megjegyzésben említett [91] dolgozat a jelölt PhD értekezése. Kérdésem: ugye az 1. tételben említett  $\mu^*$  tényezők meghatározása nem szerepelt még az 1997-ben írt PhD értekezésében?
- A jelölt a fejezet végén felsorolt 3 tézisnél helyesen megadja a forráscikkeket is. Az itt szereplő [139] dolgozatnál az értekezés irodalomjegyzékében lemaradt az évszám (a tézisfüzetben rendben).
- Jó lett volna valamilyen forrást megjelölni a 31. oldalon található (2.21) és (2.22) egyenletekhez.

A **3. fejezetben** a jelölt az áramlási úthossz és az ezen az úthosszon fellépő nyomásvesztés kapcsolatát vizsgálja lassuló áramlásban, amely az általa tanulmányozott lassuló lapátrácsokon kialakuló áramlásban is igen fontos szerepet játszik. A szokásos szakirodalmi megközelítésnek megfelelően külön vizsgálja az a) kvázi- egy-dimenziós (Q1D) áramlást kúpdiffúzorokban, b) a hagyományos két-dimenziós (2D) rácsáramlást és c) a lapát-körrácsokban kialakuló három-dimenziós (3D) áramlást. Az összehasonlító vizsgálat során a jelölt a be- és kilépő geometriai és áramlástan jellemzőket rögzíti, így gyakorlatilag az egyetlen független változó az  $L$  áramlási úthossz, amely mentén a folyadék részecskék pozitív nyomásgradiensnek (áramlás irányában növekvő nyomásnak, vagy ellennyomásnak) vannak kitéve.

A szilárd felületeken kialakuló határréteg vastagságának növekedését alapvetően a falsúrlódás és az áramlás irányában növekvő nyomás okozza. A jelölt szakirodalmi eredmények feldolgozásával egy egyszerű kúpos diffúzorra a kúpalkotó dimenziótlanított hosszától függő össznyomás-vesztési tényező diagramját származtatta. A különböző átmérő-viszonyok esetére vonatkozó veszteségi tényezőknek bizonyos kúpalkotó hosszak esetén minimuma van. Lieblein 1965-ben publikált síkrácsokra vonatkozó eredményeit feldolgozva egy hasonló diagramot készített síkrácsok esetére különböző áramlási szögekre a rácssűrűség függvényében. Itt felhasználta Lieblein azon alapgondolatát, hogy amennyiben a rácson fellépő nyomásvesztés a később róla elnevezett diffúziós tényező függvényében vizsgálják, akkor az lehetőséget adhat az optimális rácssűrűség meghatározására.

Ezt a diagramot használta a jelölt annak megvizsgálására, hogy milyen hatása van az előrenyilazásnak a rácson fellépő nyomásvesztésre és az optimális rácssűrűsége növekvő sugár menti cirkulációra tervezett járókerekek esetén. Két azonos méretű járókereket vizsgáltak (társszerzőkkel); az eredeti nyílazás nélküli és egy előrenyilazott kereket. Az utóbbinál a profilok íveltségét és rácsszögét úgy változtatták meg, hogy a két kerék azonos áramlási szögeket adjon. A két járókerék áramlási szögei megegyeznek a korábbi síkrácsra vonatkozó egyik síkrács áramlási szögeivel, így lehetőség adódik összehasonlításra, amennyiben a síkrács lapátosztása ill. a húr hossza helyett a vizsgált járókerékre vonatkozó, közepes sugáron vett lapátosztást és a tényleges áramlási úthosszat veszi figyelembe. Az összehasonlításból kiderül, hogy az előrenyilazott kerék esetén mind az áramvonal

hossza, mind az áramlási veszteség kisebb, mint a nyílazás nélküli kerék esetén. Egy más szerzőktől származó, előbb említett járókerekekre vonatkozó számítási eredmények ugyancsak azt mutatták, hogy az előrenyílazott kerék esetén a lapát szívott oldalán az áramvonal rövidebb és kisebb a sugárirányú kiterjedése is, mint a nyílazás nélküli keréknél.

Ebben a fejezetben bemutatott eredményekből 3 tézist fogalmaz meg a jelölt.

#### **Megjegyzések, kérdés:**

- *A jelölt nagyon ügyesen használja a szakirodalomban rendelkezésre álló mérési és számítási eredményeket saját új eredmények létrehozásához Lieblein (1965) eredményeinek feldolgozása és továbbfejlesztése különösen érdekes és hasznos (l. 3.4 ábra).*
- *A 3.1 és 3.2 táblázatokban hibakorlátok is szerepelnek, de a jelölt az értekezésben semmit sem mond arról, hogyan határozta meg azok értékeit. Tudna erről valamit mondani?*

A **4. fejezetben** a jelölt az axiálventilátor előtervezési módszerének kidolgozásához a síkbeli lapátrács tervezésének alapösszefüggéseiből indul ki, de jelentősen továbbfejleszti és kiterjeszti azt. Elméletében, amelyben fontos szerepet kap az optimális rácssűrűség, kombinálja a kvázi-két- és három-dimenziós elméleteket. A sugár menti növekvő cirkuláció elvén alapuló előtervezési módszerénél figyelembe veszi az előrenyílazás hatását is. A módszer kidolgozását mérésekkel és elméleti tanulmányokkal támasztja alá. Az előtervezésre bemutat egy példát is, amely során az értekezésben leírtakat használja egy előrenyílazott kerék tervezésére.

#### **Megjegyzések, kérdések:**

- *A 4.1 táblázatban hibakorlátok is szerepelnek, de a jelölt az értekezésben semmit sem mond arról, hogyan határozta meg azok értékeit. Tudna erről valamit mondani?*
- *Úgy látom, hogy ebben a fejezetben nincs szó a lapát vastagság eloszlásáról. Elhanyagolhatónak tartja a lapátalak hatását a ventilátor jelleggörbéjére? Vagy ennek figyelembe vételére csak a tervezés későbbi fázisában van szükség?*

Az utolsó, 1 oldalas, **5. fejezetben** a jelölt röviden bemutatja az értekezésben leírtak alkalmazását ill. a kapcsolódó továbbfejlesztési lehetőségeket is.

### **3) Egyéb észrevételek, kérdés:**

- *Dicséretes, hogy a jelölt a szakirodalomban ill. a szakterületen rendelkezésre álló ismeretek (pl. a növekvő sugár menti cirkuláción alapuló tervezés, a lapátnyílazás, a síkbeli lapátrácsokra vonatkozó elvek és mérési eredmények, az olasz társszerzők CFD számításai, stb.), mérési és számítási eredmények szintéziséből új eredményeket tudott létrehozni.*
- *A jelölt írja, hogy a tervezése alapján elkészült gépen a sugár menti növekvő cirkuláció és az előrenyílazás együttesen határfok javulást eredményezett. Kérdésem: a sugár menti változó cirkuláció miatti örvényleválás nem okozott-e járulékos áramlási zaj növekedést?*

#### 4) Az értekezés angolsága:

Dicséretes, hogy az angol nyelven írt értekezésben nem találtam egyetlen gépelési hibát sem. Ugyanakkor, bár az értekezés szövege érthető, az angolsága némi kivetnivalót hagy maga után. Ezzel kapcsolatban a következő megjegyzéseket kívánom tenni a teljesség igénye nélkül:

a) Az értekezés nagy részét a jelölt brit angol nyelven írta, de elég sok helyen előfordulnak amerikai írásmódú kifejezések is. Például: *realized* (14., 21., 57., 58. o.), *algorithmized* (16., 22. o.), *optimization* (16. o.), *customizing* (19. o.), *subway* (20. o.), *airfoil* (21. o.), *parametrized* (22. o.), *summarized* (25., 77., 88. o.), *finalization* (52. o.), *utilization* (57. o.), stb.

b) Az angol stílus homogenitásából is egyértelműen látszik, hogy az értekezést a jelölt saját maga írta és máshonnan nem vett át szöveget.

c) A szóhasználatnál van némi probléma. Gyakran használ olyan szavakat, amelyek vagy nem oda illőek, vagy határesetet jelentenek; az adott szöveggörnyezetben érhetők ugyan (vagy kitalálhatók, hogy mit akart kifejezni), de nem egyezik meg a mérnöki-tudományos nyelvvel. Számos nem megfelelő angol kifejezés gyakori előfordulása számomra kissé zavaró volt. Álljon itt néhány példa a teljesség igénye nélkül, amelynek remélhetőleg némi hasznát veszi a jelölt a további munkájában.

7., 78. old.: torque reacting on → torque acting on

16. o.: ... efforts have been sacrificed to → ... efforts have been devoted to

17, 32. o., stb.: presume → assume?

17. o. Simultaneous with... → In addition to?

20. o.: Pecedents → Previous research?

21. o. Publications have been elaborated. Ez pontosan mit jelent?

25., 100., 101., 103., 105. o., stb.: Obtainment. Bár a szó benne van a nagyobb szótárakban, én még sosem láttam ezt tudományos dolgozatban. Nem lenne jobb a „Derivation of” kifejezés helyette?

26. o. (és sok más helyen): y-wise component → y component

32. o., stb. aforementioned, herein (inkább jogi szövegekben használatos). Például a 32. old. utolsó bekezdésében:

„Initiated by the aforementioned practical demands, the guideline of the work presented herein is, although not limited to, the exploration of combined effects due to CVD and FSW.” Ez a mondat más szempontból is eléggé „magyaros”.

Egy másik mondat a 65. oldalról: „...the predicted loss-reducing effect is judged to be of significance from the viewpoint of detectability”. Mit akar ez jelenteni?

32., 47., 65., 73. o., stb.: lifelike. Egy szobor vagy egy kép lehet „lifelike”, de...

32. o. alján: referencing the → referring to?

33. o., stb.: brief approximation → rough approximation?

39. o.: indices i → subscript i?

51. o., stb.: Thesis point 1 → Contribution 1?/ Thesis 1?

52. o., stb.: dedicated to → attributed to?

52. o.: Ad 1.,..., Ad 8. Szerintem ez „Hunglish” (latin gyökerekkel). Sosem láttam ilyet angol nyelvű tudományos munkákban.

59., 69., 71. o., stb.: loss developing in... → loss in...

60. o. közepe, stb.: the intensification – or moderation – of → the increase – or decrease – of

62. o.: boundary layer fluid → boundary layer flow?

60., 62., 72. o., stb.: moderation of loss → loss reduction? (a „reduction” szót nem is igen használja a szerző, pedig az helyénvalóbb lenne)

63. o.:  $(1.5 \div 2.5) \cdot 10^5 \rightarrow (1.5-2.5) \times 10^5$  Lásza még a 2. 3 táblázatot is a 40. oldalon!

67. o.: The FSW flow path under interrogation. A szegény pályát miért vallatják? under interrogation  $\rightarrow$  under investigation

69. o.: extensive CFD campaign (??) Van köze a politikához, marketinghez vagy a hadászathoz?

78. o.: A (4.14) egyenlet után nagybetűvel és bekezdéssel írja a „where” szót. Ugyanez a probléma a 82. oldalon a (4.20) egyenlet után is.

Szerencsésebbnek tartanám, ha az egyenleteket a mondat részének tekintené, és amennyiben az egyenlet a mondat végén szerepel, pontot kellene tenni utána.

d) Ezek a problémák enyhíthetők lettek volna, ha az egyébként gondosan írt értekezést benyújtás előtt átnézte volna optimális esetben olyan anyanyelvi lektorral, aki a szakterület nyelvezetében is jártas.

e) Amennyiben magyarul írta volna az értekezést, hozzájárulhatott volna a magyar szaknyelv fejlődéséhez.

## 5. Összefoglalás

A leírtak alapján megállapíthatom, hogy az értekezés magas színvonalú tudományos eredményeket tartalmaz, amellyel a jelölt igazolta kutatói képességét. Az értekezéssel kapcsolatos kisebb kritikai észrevételeim nem csökkentik az eredmények jelentőségét. Az értekezés megítélésem szerint megfelel az MTA Doktori Tanácsa által előírt követelményeknek. Mindezek alapján javaslom az értekezés nyilvános vitára bocsátását és sikeres védelem esetén a jelölt részére az MTA doktora tudományos cím odaítélését.

Miskolc, 2012. január 7.

Dr. Baranyi László  
a műszaki tudomány kandidátusa  
dr. habil, egyetemi tanár