

MTA doktori értekezés bírálatára adott válasz

Az értekezés bírálója: *Baranyi László*

Az értekezés szerzője (jelölt): *Vad János*

Az értekezés címe magyarul: *Lapátnyilazás alkalmazása sugár mentén növekvő lapátcirkulációra tervezett axiális átömlésű ventilátor-járókerekre*

A bíráló kritikai megjegyzéseit, kérdéseit és a rájuk adott válaszokat sorszámoztam.

Köszönöm szépen Baranyi Lászlónak értekezésem részletes bírálatát. Kritikai észrevételeit az értekezés témakörében és azon túlmenően is hasznosítani fogom munkámban.

1) Megjegyzés: A bíráló megjegyzése a 12. oldalon lévő lapátcirkuláció definíciójához az, hogy szerinte a definíció egyes részei – szigorú értelemben – csak potenciális síkbeli lapátrács esetén érvényesek. Amennyiben az áramlás örvényes, akkor a sebesség vonalintegráljának értéke függ az úttól.

Válasz:

A lapátcirkulációra vonatkozó, általam használt kifejezés a forgógépes szakmában járatos, v.ö. pl. Lakshminarayana [1], 197. old.; Gruber és szerzőtársai [87], 174. old.; Fűzy [193], 71. old. (9.8).

2) Megjegyzés: Az irodalmi áttekintést a bíráló jónak, bár kissé vázlatosnak tartja. A dolgozat nagyon sok irodalomra hivatkozik, de csak keveset ismertet részletesen (pl. 17. és 18. oldalak).

Válasz:

Felhívom a figyelmet az értekezés terjedelmi korlátjára. Idézem az MTA (VI.) Műszaki Tudományok Osztálya által kiadott, „Követelmények a doktori műre és a tézisekre vonatkozóan” című dokumentumot: „Az értekezés érdemi fejezeteinek terjedelme ne haladja meg a 100 oldalt.”

Dolgozatom terjedelme, leszámítva a függelékeket, 99 oldal. A terjedelmi korlátnak való szigorú megfelelés több körben történő aprólékos, időigényes újraserkesztési munkát igényelt. A terjedelmi korlát miatt nem állt módomban a hivatkozott szakirodalom részletesebb ismertetése.

Az MTA Műszaki Tudományok Osztálya felé javaslom megfontolásra a 100-oldalas terjedelmi korlát felülvizsgálatát.

3) Megjegyzés: A bíráló szerint furcsa, hogy a [88] dolgozatra való hivatkozás után a [177, 192-195] cikkeket említem (20. old.).

Válasz:

Ez formai hiba. A kritikai megjegyzéssel egyetértek, azt elfogadom.

4) Megjegyzés: A bíráló megjegyzi, hogy a magyarok közül az áramlástechnikai gépek lapátrácsainak potenciálméleten alapuló tervezésében ill. analízisében jelentős eredményt ért el Czibere Tibor és Nyíri András is. A bíráló szerint célszerű lett volna a [192] (az ún. „magyar iskola”) dolgozaton túl más cikkekre is hivatkozni, még akkor is, ha (a bíráló tudomása szerint) ventilátorokat nem vizsgáltak.

Válasz:

Czibere Tibor és Nyíri András sokoldalú munkájának jelentősége vitathatatlan az áramlástechnikai forgógépek tématerületén, ipari és felsőoktatási szempontból egyaránt. Ahelyett, hogy munkásságukból kiragadtam volna részleteket, értekezésemben az áttekintő [192] közleményre hivatkoztam, amelyet Czibere Tibor, Nyíri András és további társszerzők – Fűzy Olivér, Hajdú Sándor, Vajna Zoltán – közösen írtak. A szerzők ebben közlik, hogy különösen axiális gépek esetén jellemző a szárnyrács-mérési eredmények tervezési felhasználása, aminek az előnye a veszteségek

becsülhetősége, szemben a súrlódásmentesség feltevésén alapuló elméleti számításokkal. Értekezésemben [59] Somlyódy megerősíti, hogy az axiális átömlésű lassító lapátrácsoknál a súrlódásmentességet feltételező elméleti számítások kevésbé terjedtek el.

Saját vizsgálataim – amelyeket az értekezés 40. old. 2.2. táblázatának adatai alapján végeztem el – is arra mutattak, hogy az értekezés témájában lényeges a folyadéksúrlódás figyelembe vétele. E vizsgálatokat a Nyíri András bírálataira adott [B1] válaszomban fejtettem ki részletesen.

Czibere, Nyíri és szerzőtársaik [192] valamint Somlyódy [59] fenti iránymutatásának megfelelően szerkesztettem értekezésem irodalomjegyzékét. Az igen bőséges szakirodalomból főként azokat a közleményeket idéztem, amelyek az

- **axiális átömlésű**
- **lassító lapátrácsokban** – *elsősorban ventilátor-járókerekben – kialakuló*
- **súrlódásos áramlást** tárgyalják.

Megjegyzem, hogy Füzy Olivér, Gruber József, Somlyódy László és Vajna Zoltán munkásságából is olyan szakirodalmi közleményeket idéztem, amelyek a ventilátorokban kialakuló súrlódásos áramlással foglalkoznak – ideértve a mérést is –, vagy ventilátorok üzemviteli kérdéseit tárgyalják.

Ha a bíráló szerint e korlátozások mellett is szükséges lett volna hivatkozni Czibere Tibor és Nyíri András további közleményeire, elfogadom kritikai megjegyzését. Ez esetben kérem, szakirodalmi ismereteim bővítése érdekében legyen szíves e közlemények bibliográfiai adatait megadni.

E témát a Nyíri András bírálataira adott [B1] válaszomban is tárgyaltam.

5) Megjegyzés: A bíráló szerint jó lett volna, ha a 28. old. 2.2 ábrán szereplő sebességi háromszögben a jobb szemléltetés céljából az áramlási szögeket is berajzoltam volna.

Válasz:

A kritikai megjegyzéssel egyetértek, azt elfogadom.

6) Megjegyzés: A bíráló számára nem nyilvánvaló a szövegből, hogyan határoztam meg a radiális kiáramlásra jellemző μ^* tényezőket, amelyeket a 40. old. 2.2. táblázatban foglalok össze. Igaz, az értekezés 39. oldalán leírom, hogy a meghatározásukhoz a [91], [131] és [144] dolgozatokat használtam. Ettől függetlenül a bíráló szerint jó lett volna, ha írok ezen paraméterek meghatározásáról.

Válasz:

Elfogadom a kritikát, miszerint nem kommentáltam a μ^* tényezők származtatását. Ezt itt pótlom, röviden. A szívott oldali lapátfelület közelében lévő áramlási zónákban végzett háromdimenziós sebességtér-finomszerkezeti mérések alapján határoztam meg közelítőleg a jellemző sebességkomponenseket, valamint az áramvonalakat jellemző szögeket, és mindezek térbeli változékonyságát. Ezen adatok és a lapátgeometria ismeretében számítottam a közelítő μ_i^* jellemzőket, a lapát középsugarára vonatkozóan.

7) Megjegyzés: Az előbbi megjegyzésben említett [91] dolgozat a PhD értekezésem. A bíráló kérdezi, hogy az 1. tézisben említett μ^* tényezők meghatározása nem szerepelt-e már az 1997-ben írt PhD értekezésben?

Válasz:

Nem szerepelt.

8) Megjegyzés: A bíráló észrevételezi, hogy 2. fejezet végén, az 51. oldalon felsorolt 3 tézisnél helyesen megadom a forráscikkek is, de az itt szereplő [139] dolgozatnál az értekezés irodalomjegyzékében lemaradt a „2010” évszám (a tézisfüzetbe ez a hiba nem került be).

Válasz:

Ez szerkesztési hiba. A kritikai megjegyzéssel egyetértek, azt elfogadom.

9) Megjegyzés: A bíráló szerint jó lett volna valamilyen forrást megjelölni a 31. oldalon található (2.21) és (2.22) egyenletekhez.

Válasz:

A kritikai megjegyzéssel egyetértek, azt elfogadom. Célszerű lett volna egy az Áramlástan alapjaival foglalkozó szakirodalmat hivatkozni. Az összefüggések beláthatóak pl. a [143] tankönyv 376. old. (8.40) egyenlete nyomán, vagy a 378. old. (8.45) és (8.46) egyenletei nyomán.

10) Megjegyzés: A bíráló észrevételezi, hogy a 64. old. 3.1 és 67. old. 3.2 táblázatokban hibakorlátok is szerepelnek, azonban az értekezésben nem adok tájékoztatást arról, hogy hogyan határoztam meg azok értékeit.

Válasz:

Ahogy azt a 3.1. táblázathoz írt 63. oldali kísérszövegben írtam – ezek szerint nem kellően érthetően fogalmazva –, a 3.1. táblázatban a két járókerékre jellemző geometriai és áramlástechnikai adatok közti eltérések jelennek meg hibakorlátok formájában. Az eltérések relatíve kicsik. Ezzel azt szándékoztam demonstrálni, hogy a két járókerék valóban jól összehasonlítható.

Elfogadom a kritikát, miszerint külön nem kommentáltam a 3.2. táblázathoz tartozó hibakorlátokat. A 3.2. táblázatban a „folyadékpálya-hossz” („flow path length”) adatnál szereplő hibakorlát a folyadékpálya-hossz CFD adatokból való kiolvasásának bizonytalanságát jelzi. Ez öröklődik tovább a „hatásos lapátsűrűség” („effective solidity”) hibájába, az pedig az 59. old. 3.4. ábra felső diagramján keresztül a „2D közelítésű veszteségi együttható” („loss coefficient, 2D approach”) hibájába. A lapátosztáson átlagolt „3D közelítésű veszteségi együttható” („loss coefficient, 3D approach”) hibáját a [26] szakirodalom CFD adataiból való kiolvasás bizonytalanságaként adtam meg.

Itt adok magyarázatot egy mondatra, amely a bíráló szerint nem jól érthető. A 67. old. alján: „...the predicted loss-reducing effect is judged to be of significance from the viewpoint of detectability.” Ezzel azt szándékoztam kifejezni a 3.2. táblázat adatai alapján, hogy a veszteségi együtthatók USW → FSW esetek között kimutatott csökkenése szignifikánsan meghaladja a veszteségi együtthatók becsült hibáját, tehát a veszteség-csökkenés jelensége szignifikáns: jól „detektálható”, megfigyelhető.

11) Megjegyzés: A bíráló észrevételezi, hogy a 85. old. 4.1. táblázatban hibakorlátok is szerepelnek, azonban az értekezésben nem adok tájékoztatást ezek meghatározására vonatkozóan.

Válasz:

Elfogadom a kritikai észrevételt, miszerint nem részleteztem e hibakorlátok eredetét. A mért globális üzemi jellemzők hibáját a jelleggörbe-mérés jellegzetességeinek megfelelően becsültem. Részletesebben: Φ hibáját elsősorban a következő hibaforrások adják: hibák a beszívó tölcser átfolyási számához, a beszívó tölcser geometriájához, a nyomáskülönbség méréséhez, és a légsűrűség meghatározásához kötődően. Ψ hibájának fő oka pedig a nyomáskülönbség mérésének hibája. A mért áramlás-finomszerkezeti adatok hibájának becslését a [144] cikkből vettem át. Ott részletezem, és számszerűsítom, hogy az áramlás-finomszerkezeti mérések hibája főképpen a fényszóró részecskék áramlást követő képességének korlátjából, a mérési körülmények (fordulatszám, léghőmérséklet) bizonytalanságából, és az LDA mérési-kiértékelési eljárás hibájából adódik.

12) Megjegyzés: A bíráló észrevételezi, hogy a 4. fejezetben nincs szó a lapát vastagság eloszlásáról. A bíráló kérdése: elhanyagolhatónak tartom-e a lapátalak hatását a ventilátor jelleggörbéjére? Vagy ennek figyelembe vételére csak a tervezés későbbi fázisában van szükség?

Válasz:

Elfogadom a bíráló kritikai észrevételét: az értekezésben valóban nem tértem ki a lapát vastagság-eloszlására. A lapát vastagság-eloszlásának hatását természetesen nem tartom elhanyagolhatónak – a ventilátor-jelleggörbe szempontjából. Azonban a lapátvastagság eloszlásának hatását valóban elhanyagolhatónak tartom egy adott USW → FSW áttervezésen belül.

Az értekezés benyújtását követően a tervezési módszerről folyóiratcikkem jelent meg [B2]. Ebben már kitértem a lapátprofil-alakra. Átírva a [B2] cikk szakirodalmi és egyenlet-hivatkozásait az értekezésben szereplő szakirodalom- és egyenlet-számozásra, a vonatkozó szövegrész a következő. „Determining further blade geometrical details not discussed in this article must follow the usual guidelines of preliminary design. The style of profile as well as camber line geometry and the applied cascade database are to be in correspondence. Wallis in [72] suggests the following example, being relevant to industrial fans of easy-to-manufacture geometry. When Howell’s cascade correlation of equation (4.4) is chosen, a C4 profile – or, as an alternative, a profile of constant thickness, rounded at the leading and trailing edges – can be applied to a circular-arc camber line.”

13) Megjegyzés: A bíráló felvetése: „A jelölt írja, hogy a tervezése alapján elkészült gépen a sugár menti növekvő cirkuláció és az előrenyilazás együttesen határfok javulást eredményezett.” A bíráló kérdése: a sugár menti változó cirkuláció miatti örvényleválás nem okozott-e járulékos áramlási zaj-növekedést?

Válasz:

Ilyen irányú vizsgálat nem történt, az túlmutat az értekezés keretein. Azonban a bíráló időszerű kérdést tett fel, amelyet megköszönök. A sugár mentén változó lapátcirkulációra méretezett axiális ventilátorok zajkeltésének témáját a jelenleg a témavezetésemmel futó OTKA projekt keretében tervezzük kutatni:

OTKA K 83807: „Fokozott terhelésű axiális átömlésű járókerék-lapátrácsok aerodinamikai és zajkeltési mechanizmusainak együttes vizsgálata”

14) Megjegyzés: A bíráló kritikai észrevételeket tett az értekezés angolságára vonatkozóan.

Válasz:

Az összes észrevételt tételesen e helyütt nem tárgyalom; jövőbeli munkám során köszönettel megfontolom azokat. Ha a bíráló igényli, készen állok az angolsággal kapcsolatos kritikai megjegyzések tételes megvitatására a nyilvános védésen, előszóban.

A bíráló számos módosítási javaslatát elfogadom az angolsággal kapcsolatban.

Az értekezés nyelvezetét az EnglishIndex nyelvi lektor vállalattal ellenőriztettem (www.englishindex.com). A vállalat kiterjedt tapasztalattal rendelkezik műszaki angol szöveg lektorálásában.

Elfogadom a kritikát, miszerint – szándékom ellenére – az alapvetően brit angolsággal írt szövegben előfordulnak amerikai angol írásmódú kifejezések is. Ennek oka az értekezés alapjául szolgáló közlemények „polarizáltsága”: alapvetően a brit angolságú *Proc. Instn Mech. Engrs, Part A, J. Power and Energy* folyóiratban közöltem eredményeimet, azonban az *American Society of Mechanical Engineers (ASME)* „Turbo Expo” konferenciáján is több publikációt helyeztem el.

15) Megjegyzés: A bíráló megjegyzi, hogy ha magyarul írtam volna az értekezést, hozzájárulhattam volna a magyar szaknyelv fejlődéséhez.

Válasz:

E szempontból igazat adok a bírálónak. Azonban szükséges figyelembe vennünk az angol nyelvű írásmű előnyeit is (pl. nemzetközileg közreadható összefoglaló írásmű). Azt gondolom, az MTA bölcs kompromisszumos megoldást választott, amikor engedélyezte, hogy az értekezés angol nyelven készüljön, azonban a téziszfüzet és a nyilvános védés nyelvéről a magyart határozta meg.

Az írásmű nyelvére vonatkozó érveket és ellenérveket javaslok megvitatásra az MTA Műszaki Tudományok Osztálya felé. Azonban őszintén remélem: e javaslatommal nem járulok hozzá ahhoz, hogy az idegen nyelven történő értekezés-írástól az MTA valamikor a jövőben elhatárolódik. Az a véleményem, hogy az értekezés nyelvének megválaszthatóságát – megfelelő engedélyeztetés keretében – fenn kell tartanunk.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK***Az értekezésben nem szereplő szakirodalom:***

- [B1] Vad, J., MTA doktori értekezés bírálatára adott válasz. Bíráló: Nyíri András. Budapest, 2013. február 1.
- [B2] Vad, J. (2012), Incorporation of forward blade sweep in preliminary controlled vortex design of axial flow rotors. *Proc. Instn Mech. Engrs, Part A, J. Power and Energy*, **226**, pp. 462-478.

Az értekezésben szereplő, e dokumentumban is hivatkozott szakirodalom:

- [1] Lakshminarayana, B. (1996), *Fluid Dynamics and Heat Transfer of Turbomachinery*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- [26] Corsini, A., Rispoli, F. (2004), Using sweep to extend the stall-free operational range in axial fan rotors. *Proc. Instn Mech. Engrs, Part A, J. Power and Energy*, **218**, pp. 129-139.
- [59] Somlyódy, L. (1971), Axiálventilátorok tervezése és jelleggörbeszámítása. *Műszaki doktori értekezés*, Budapesti Műszaki Egyetem.
- [72] Wallis, R. A. *Axial Flow Fans*. George Newnes Limited, London, 1961.
- [87] Gruber, J. és szerzőtársai: Blahó, M., Herzog, P., Kurutz, I., Preszler, L., Szentmártony, T., Vajna, Z. (1978), *Ventilátorok*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 4. kiadás.
- [91] Vad, J. (1997), Axiális átömlésű ventilátorok mögötti sebességtér vizsgálata lézer Doppler anemométerrel. *Ph.D. értekezés*, Budapesti Műszaki Egyetem, Áramlástan Tanszék.
- [143] Lajos, T. (2008), *Az Áramlástan alapjai*. Mackensen, Budapest. (ISBN 978 963 06 6382 3)
- [144] Vad, J., Bencze, F. (1998), Three-dimensional flow in axial flow fans of non-free vortex design. *Int. J. Heat Fluid Flow*, **19**, pp. 601-607.
- [192] Czibere, T., Füzy, O., Hajdú, S., Nyíri, A., Vajna, Z. (1970), Nemzetközi tudományos helyzetkép az áramlástechnikai gépekkel kapcsolatos kutatásokról. *Műszaki Tudomány*, **42**, pp. 221-231.
- [193] Füzy, O. (1991), *Áramlástechnikai gépek és rendszerek*. Tankönyvkiadó, Budapest.

Budapest, 2013. február 1.

Vad János