

A VENTILLÁTOROKKAL KAPCSOLATOS HAZAI ÁRAMLÁSTECHNIKAI KUTATÁSOKRÓL*

HELYZETKÉP

LITVAI ELEMÉR

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK KANDIDÁTUSA

[Beérkezett 1973. április 12-én]

A tanulmány a ventillátorokkal kapcsolatban Magyarországon végzett áramlástechnikai jellegű kutatómunka tendenciáit és 1960 óta elért eredményeit ismerteti, levonva a többi áramlástechnikai gépfajtára is érvényes következtetéseket.

1. Bevezetés

Az Áramlás- és Hőtechnikai Gépek Akadémiai Bizottsága megbízásából CZIBERE és szerzőtársai [1] által írt, az *áramlástechnikai* gépek szakterületének 1969-es állapotát tükröző nemzetközi tudományos helyzetkép egységes alapot teremtett az egyes áramlástechnikai gépfajtákkal kapcsolatban hazánkban végzett kutatómunka ismertetésére.

A ventillátorok területén a GRUBER [2] által korábban, 1960-ban publikált helyzetkép számolt be a hazai kutatás eredményeiről, de alapvető fontosságú GRUBER professzor és a BME Áramlástan Tanszéke munkatársaiból alakult társszerzői kollektíva könyve, a „Ventillátorok” [3] is, mely amellett, hogy egyetemi tankönyv és ipari kézikönyv, a szakterület tudományos helyzetét és problémáit is rögzíti.

Figyelemre méltó tény, hogy ventillátoriparunk nem csak igényli a tudományos kutatómunkát és felhasználja annak eredményeit, hanem konkrét feladatok kitűzésével maga is ösztönzi a kutatást. Az erre vonatkozó alábbi adatokat szerző ANGYÁN László főkonstruktornek, a Szellőző Művek munkatársának, a címben megnevezett Bizottság 1973. április 12-én elhangzott felhívásából merítette, s értük ehelyütt is szeretné köszönetét kifejezni.

Az áramlástechnikai jellegű problémákon kívül a modern szellőző-, hűtő- és tüzelőberendezések tervezésekor természetesen egyéb problémák is adódnak: szilárdságtani (a 140–160 m/s kerületi sebességek miatt), dinamikai (a rezgésjelenségek miatt) és elektrotechnikai problémák (a hajtómotorokkal

* Az Áramlás- és Hőtechnikai Gépek Akadémiai Bizottsága 1973. ápr. 12-i ülésén megvitattott referátumnak az opponensek és hozzászólók véleményét is tükröző szövege.

kapcsolatban), amelyek akadémiai és egyetemi kutatóhelyek bevonását igénylik (Aero- és Termotechnika Tanszék, Gépelemek Tanszék, Villamos Gépek Tanszék).

Ezekkel azonban szerző a továbbiakban nem kíván foglalkozni az egyébként figyelemre méltó vizsgálati módszerek (pl. vákuumban, forgatott forgórész szilárdsági vizsgálata nyúlásmérő bélyegekkel, stb.) ellenére sem.

Az alábbi tanulmány célkitűzése az, hogy az [1]–[3] alatt hivatkozott három műből kiindulva, s azokat bizonyos szempontból kiegészítve, a hazai ventilátorkutatás áramlástechnikai jellegű tendenciáit, újabb eredményeit és a fejlesztés javasolható irányait ismertesse. Nép gazdasági érdekeknek megfelelően a tűzelő berendezések és a vegyipari léghűtő berendezések igényeit vizsgálja elsősorban, melyek jó hatásfokú centrifugális és axiális ventilátorokat követelnek. Ezért a centrifugális és axiális bontásban való tárgyalást választja, s csak röviden, a kapcsolódó problémák keretében tér ki a keresztáramú ventilátorra, mint viszonylag új típusra. A minden fajta áramlástechnikai gépre egyformán érvényes eredményeket, valamint az alkalmazott áramlástant érintő következtetéseket is ismerteti.

2. Centrifugális ventilátorok

Mint az a [2] alatt hivatkozott helyzetképből is kitűnik, GRUBER professzor munkássága, valamint az általa vezetett akadémiai és tanszéki kutatócsoport munkája tudományos és népgazdasági szempontból egyaránt jelentős eredménnyel járt: centrifugális ventilátoraink hatásfokát a felszabadulás előtti mintegy 60%-ról hátrahajló lapátózás esetén átlagosan 85%-ra, sőt néhány esetben még nagyobbra lehetett növelni. Tisztán tudományos szempontból a legjelentősebb eredmény egy a szingularitások módszerén alapuló tervező eljárás [4], ennek köszönhető a jó hatásfokú hátrahajló lapátózású ventilátortípusok.

A szivattyú területén körülbelül párhuzamosan hasonló jelentőségű eredmények születtek CZIBERE (pl. [5], [6]) munkássága nyomán. Figyelmet érdemelnek FÜZY (pl. [7], [8]) publikációi is.

Hivatkozott szerzők tervező és ellenőrző számító módszereinek közös jellemzője, hogy az áramló közeget *súrlódásmentesnek* és *síkáramlásnak* tekintik, illetőleg olyannak, amelyben az áramvonalak egy forgásfelület-család egyedeire illeszkednek. Ezekkel a feltevésekkel jelentős matematikai előnyök járnak együtt, kizárják viszont az olyan fontos áramlási jelenségek figyelembevételét, mint a *határréteg*, a *leválás* és a *szekunder áramlások*. Nem is lehetnek általános érvényűek tehát, hanem csak bizonyos esetekben adnak valóban jó hatásfokú lapátrácsokat. Az eredmény ugyanis pl. a [4] esetében a számítás kiindulásként felvett, előírt sebességmegoszlástól függ: alkalmatlan felvétel esetében a

kiszámított, majd kivitelezett lapáton méréssel meghatározott sebességmegoszlás nem egyezik meg a tervezettel, attól lényegesen eltér, mert a határréteg a lapát felületéről leválik, vagy mert szekunder áramlások keletkeznek. Ezért a járókerék hatásfoka, de egyéb jellemzői sem felelnek meg a kívánalmaknak.

Különösen nagy az eltérés az elmélet és a valóság között előrehajló lapátozás esetén. Erre az esetre kidolgozott tervező eljárások [9], [10] eredményeit PRESZLER, BENCZE és VAJNA [11] vetette össze kísérletekkel. A belépő lapátszögnek, a lapátszámnak és a lapátok íveltségének rendszeres változtatásával végzett vizsgálataik szerint a belépő lapátszög szokatlanul nagy értékénél, közel 90° -nál adódott mintegy 76%-os hatásfok optimum, amikor az „ütkezésmentes belépés” elméleti feltétele már biztosan nem teljesül. VAJNA, BENCZE és PRESZLER [12] ugyancsak előrehajló lapátozás esetében a járókerékből kilépő — s a szekunder áramlások-keltette — örvénylésben találta a viszonylag nagy veszteségek és a rossz hatásfok magyarázatát.

A súrlódásmentes közeg absztrakciója tehát csak bizonyos sebességmegoszlások esetében felel meg jó közelítéssel a valóságos viszonyoknak. Ezek rendszerint kis lapátterhelést és kis nyomástényezőt tesznek lehetővé. Ilyen kedvező sebességmegoszlást feltételezve GRUBER [13] összenyomható közegekre dolgozott ki számító eljárást, KURUTZ pedig a gyakorlat számára könnyebben hozzáférhető numerikus módszerekre törekedve [14] $M = 0,7$ Mach-számig alkalmazható, viszonylag egyszerű eljárást fejlesztett ki [15], [16] hátrahajló lapátrács tervezésére.

Ugyancsak ideális közeget vett alapul, s a perdületszabályozóval ellátott kazánüzemi radiális ventillátorok szabályozott jelleggörbéinek közelítő számítására dolgozott ki módszert VAJNA és BENCZE [17].

Ha olyan kritériumokat keresünk, melyek segítséget nyújtanak nagyobb nyomástényező, előrehajló lapátozás esetében is jó hatásfokot adó sebességmegoszlások felvételére, vagy ha optimumra törekszünk, a súrlódás jelenségeinek számításba vétele elkerülhetetlenül szükséges.

Kézenfekvőnek tűnik, hogy ennek első lépéseként a *határréteg-elmélet* módszereit alkalmazzuk és általánosítsuk a centrifugális járókerekek lapátozására. Lamináris határréteg és ún. tiszta radiális lapátozás feltételezésével ezt JUNGCLAUS [18] végezte el. A gyakorlatban szinte kivétel nélkül fellépő turbulens határrétegekre ilyen módszert a szakirodalom nem közölt részben nyilván azért, mert a turbulens áramlások ezidőszáig csak empirikus módon vizsgálhatók, a forgó rendszerben való mérés pedig bonyolult és a viszonylag vékony határrétegek miatt pontatlan.

A BME Áramlástan Tanszékén végzett korábbi sikertelen kísérleteken okulva tett a jelen tanulmány szerzője 1964-ben javaslatot egy 5 m átmérőjű felnagyított járókerék-modell építésére, melyben együttforgó megfigyelő révén a határrétegek és a szekunder áramlások viszonylag egyszerűen és pontosan mérhetők. Az első e tárgyú publikáció [19] arról számolt be, hogy a hátra-

hajló lapátózás szívott oldalán kialakuló határréteg törvényszerűségei jelentősen eltérnek a nem forgó rendszerben tapasztaltakétól: a határréteg „laminárisabb” a vártnál, de mégsem egészen lamináris.

Külföldön, forgó radiális lapátszertornában történő kialakult turbulens áramlás vizsgálata során [20], [21], [22], [23] ennek a jelenségnek magyarázatát a Coriolis-erőtér stabilizáló, illetve instabilizáló hatásában találták, ugyanilyen eredményt adott a hazai kutatómunka is [24].

A további kísérletek [25] azt mutatták, hogy az egyedi sebességprofiloknak a „logaritmikus” része, a „faltörvény” módosul elsősorban, míg az ún. „nyomtörvény” (COLES [26]) gyakorlatilag változatlan marad [27]. A faltörvény változását azonban a forgás adta Coriolis-erőterén kívül a lapátózás görbületéből adódó stabilizáló-instabilizáló hatások is befolyásolják [28], amelyek egymást bizonyos helyeken és esetekben erősíthetik is, gyengíthetik is. A kutatómunka során a Stanford-egyetem kutatóival a fent hivatkozott publikációk cseréjére és kölcsönös hivatkozásra [23], [25], [28] is sor került.

Hasonló tárgyú kutatómunkáról érkezett hír Leningrádból [29], LEWIS professzor szóbeli közlése révén Newcastle upon Tyne-ből, Angliából és a Karlsruhe-i (NSZK) egyetemről is.

A fentiek arra engednek következtetni, hogy a centrifugális ventillátorok kutatása hazánkban nagyjában megfelel a külföldön folyó kutatómunkának. A probléma bonyolultsága folytán felvetődhet a nemzetközi munkamegosztás kérdése is, ebben az esetben a szorosabb kapcsolatok felvétele a fent említett intézményekkel javasolható.

Ide kívánczik annak megemlítése, hogy a határréteg elméletben az [1]-ben vázolt helyzethez képest is történt előrehaladás, mégpedig két fő irányban. Az egyik irányzat a „turbulens viszkozitási együttható” bevezetésével a határréteg differenciálegyenlet-rendszerének numerikus megoldása révén kívánja a sebességprofilokat és a határréteg egyéb jellemzőit előre számítani. Legeredményesebbnek BRADSHAW [30] munkássága ítéltető a centrifugális járókerekekre való alkalmazás lehetősége szempontjából.

A másik irányzat a határréteg-egyenlet integrált alakját, mint közelítő érvényű egyenletet oldja meg. LEWKOWITZ [31] eredményei a legbiztatóbbak, minthogy eljárása a járókerék lapátózásának esetére viszonylag egyszerűen kiterjeszthető. Ilyen irányú kutatómunka a BME Áramlástan Tanszéken külföldi aspiráns bevonásával ez idő szerint is folyik.

A továbbiakban a szekunder áramlások további vizsgálata válik majd előreláthatólag szükségessé. A már fentebb említett vizsgálatok [11], [24] eléggé meggyőzően bizonyítják ezt.

Minthogy ezek a vizsgálatok népgazdasági szinten is eredményt ígérnek, felvetődik annak gondolata, hogy a kísérletek intenzifikálása a népgazdasági eredmény megjelenését siettetné.

3. Axiális ventillátorok

Erről a szakterületről mindössze néhány közlemény ad hírt, aminek elsőrendű oka abban keresendő, hogy az axiális ventillátorok elmélete — mint az a hivatkozott helyzetképből [2] kitűnik, — már korábban kialakult. KELLERnek [32] az *egyedülálló szárnyakon* végzett mérések eredményeit felhasználó — tehát a közeg sűrűdásosságát is figyelembevevő, — elmélete jó hatásfokú és a tervezett adatoknak közel megfelelő axiálventillátorok gyártását teszi lehetővé. Módszerének lényeges vonása, hogy sugárirányban, a lapátok hossza mentén állandó perdületet ír elő, aminek — ugyancsak sugárirányban — állandó meridiánsebesség felel meg. Egyszerűségénél fogva a gépészmérnökképzésben is alkalmazásra kerül [3].

Időközben axiálkompresszorokon végzett fejlesztőmunka eredményeként — egy másik tervező és ellenőrző eljárás is kialakult, mely *szárnyrácsokon* végzett mérések adatait használja fel [33]. Mivel így nagyobb nyomást énevezők, ill. kisebb gép méretek elérésére nyílik lehetőség, SOMLYÓDY [34] — konkrét ipari igények ösztönzésére — kísérletet tett a két módszer egységes alapon való kezelésére. Az általa javasolt $\beta(l/t \cdot c_f)$ diagram erre a célra valóban alkalmas, azonfelül a méretezést is jelentősen megkönnyíti. Ugyanakkor felfed egy hiányosságot is: a végtelen lapátosztásnak megfelelő egyedülálló szárnyról a véges lapátosztásnak megfelelő szárnyrácsra való átmenet során egy — éppen a gyakorlatban fontosnak bizonyuló — terület nincs a szárnyrácsmérésekkel kellőképpen felderítve. SOMLYÓDY idézett munkájában nyomatékosan utal ennek a hézagpótló mérésnek fontosságára.

A méretezési ponttól eltérő munkapontokban és így az ellenőrző módszer alkalmazásakor, tehát a jelleggörbe előreszámításakor az állandó perdület és az állandó meridiánsebesség feltétele általában már nem teljesül. SOMLYÓDY [35] újabb dolgozatában ezért megvizsgálta a sugár mentén változó perdületre tervezett axiálventillátort és arra a megállapításra jutott, hogy a meridiánsebesség jó közelítéssel lineáris. Számításai szerint a változó perdületre tervezett axiálventillátor az alábbi előnyöket nyújtja:

1. nagyobb nyomásszám — kisebb gépméret;
2. kevésbé elcsavart, vagy el nem csavart lapát;
3. kisebb agyátmérő;
4. lapátok takarása az agynál elkerülhető (önthetőség).

A kisebb agyátmérő a vegyipari léghűtő-berendezéseken különösen előnyös, mert az agy nyoma kisebb és a hűtő homlokfelülete mentén a sebességmegosztás egyenletesebb. Ha az előnyök mellett figyelembe vesszük még, hogy a hatásfok lényegtelenül különbözik csak az állandó perdületre méretezett ventillátorokétól, az új méretezési eljárás ipari alkalmazása mindenképpen célszerűnek tűnik.

Legújabb munkájában [36] SOMLYÓDY a perdületváltozás hatását a jelleggörbe-számítás során is figyelembe veszi. A számított és mért jelleggörbék közötti különbség elegendően kicsiny. A még meglévő eltérések oka feltehetően az olyan jelenségek figyelmen kívül hagyásával magyarázható, mint az agy és a ház mentén kialakuló határréteg, a lapátvégen leváló örvények, stb., amelyek számításba vétele a számító eljárást jelentősen — és ez idő szerint indokolatlanul — megnehezítené.

4. Kapcsolódó problémák

A fenti osztályozás merevségét enyhítendő, szükségesnek látszik a kapcsolódó szakterületekről felmerülő néhány problémát is legalább érinteni.

A keresztáramú ventilátorral néhány éve folynak hazánkban elméleti és kísérleti vizsgálatok [37], [38]. Az ezzel a típussal elérhető nyomásszám és a térfogatáram problémamentes tervezése (a térfogatáram a gép tengely irányú hosszával arányos) igen kedvező tulajdonságok. A hatásfok még alacsony, ezért ez idő szerint csak épület- és járműgépészeti alkalmazásai ismertek, ahol a hatásfok alárendeltebb jelentőségű. A fejlesztőmunka ezen a téren mindenképpen indokolt.

A ventilátorok zaja szintén fontos kérdés, mely a hatásfokkal is szoros összefüggésben van. Munkavédelmi vonatkozásai és az ipar részéről felmerülő problémák egyaránt igénylik a zajosság vizsgálatát.

Mind a tüzelőberendezések, mind pedig a vegyipari léghűtő berendezések esetében növekvő jelentősége van a szabályozás, valamint az instacionárius üzem során fellépő *lengésjelenségeknek*. Így a ventilátor indításakor keletkező tranziens jelenségeknek, melyekkel BENCZE [39] foglalkozott.

5. Következtetések

A tüzelő berendezések és a vegyipari léghűtő berendezések ventilátorai-val kapcsolatos hazai tudományos kutatómunka helyzetének áttekintése azt mutatja, hogy az ideális közeg feltételezésével végzett vizsgálatok fokozatosan átadják helyüket a közegek sűrűlódásos voltát is figyelembevevő módszereknek. Hasonló törekvés a szivattyúk szakterületén is megfigyelhető [40]. Tekintettel arra, hogy a műszaki gyakorlatban szinte kivétel nélkül olyan turbulens áramlások tapasztalhatók, amelyek tiszta elméleti tárgyalása ma még nem lehetséges, a kísérlet elkerülhetetlen és a mérési módszerek fejlesztése is szükségszerű. Megfigyelhető ez a hődrótos mérés technika térhódításával [19], [25], [37], [38], kapcsolatban is.

A turbulens határrétegek számítása terén tapasztalható elméleti fejlődésről a 2. szakasz már beszámolt. A centrifugális járókerekekben a határréteg-

elmélet módszerei módosításra szorulnak egyrészt a Coriolis-erőtér turbulenciafok módosító hatása miatt, másrészt azért, mert a relatív rendszerben a határre tégen kívüli alapáramlás is örvényes.

A szekunder áramlások számítása terén a kutatómunka még kezdeti stádiumában van. Hatásuk kettős: egyrészt késleltetik, vagy siettetik a leválást azáltal, hogy a határre tég anyagát oldalirányban elszívják, illetőleg feltorlasztják, másrészt az örvénylő mozgás kinetikai energiájának megfelelő veszteséget okoznak. Mivel a lapátózás szívott oldalán optimum kialakulása elképzelhető, további kutatásuk célszerű és rá a lehetőségek is nálunk is megvannak.

Ezek az alapvető áramlástechnikai jelenségek többé-kevésbé minden áramlástechnikai gépben fellépnek és éreztetik hatásukat, még a gőzturbinákban is, ahol pl. a turbulenciafok csökkenése, és a szekunder áramlások intenzitásának csökkenése egyaránt kedvezően befolyásolná a hatásfokot. Kutatásukat tehát egyi dőben több szakterület népgazdasági és tudományos érdekei indokolják.

IRODALOM

1. CZIBERE T.—FÜZY O.—HAJDU S.—NYIRI A.—VAJNA Z.: Nemzetközi tudományos helyzetkép az áramlástechnikai gépekkel kapcsolatos kutatásokról. *Műszaki Tudomány* **42** (1970), 221
2. GRUBER J.: A hazai ventilátorkutatás eredményei az ország felszabadulása óta. *Műszaki Egyetem Évkönyve*. Budapest 1960, 141
3. GRUBER J. és szerzőtársai: Ventilátorok. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1966
4. GRUBER J.: Die Konstruktion von Schaufelsternen mit rückwärts gekrümmter Beschau felung. *Periodica Polytechnica* **1** (1957), 43
5. CZIBERE, T.: Berechnungsverfahren zum Entwurf gerader Schaufelgitter mit stark gewölbten Profilschaufeln I. *Acta Techn. Hung.* **28** (1960).
6. CZIBERE, T.: Berechnungsverfahren zum Entwurf radialer Schaufelgitter. *Acta Techn. Hung.* **38** (1962)
7. FÜZY, O.: Design of Mixed Flow Impeller. *Periodica Polytechnica*, Mechanical Engineering. **6** (1963)
8. FÜZY, O.: Employment of Singularity Carrier Auxiliary Curve for Blade Profile Design. *Periodica Polytechnica*, Mechanical Engineering. **10** (1966)
9. BENCZE, F.: Direct and Inverse Method of Calculating Rotating Cascades with an Infinite Number of Blades and Radial Flow. *Periodica Polytechnica*, Maschinen und Bauwesen. **10** (1966), 385
10. VAJNA, Z.: A Study on Impellers of Greatly Cambered Forward Curved Blading. *Acta Techn. Hung.* **58** (1967), 191
11. PRESZLER, L.—BENCZE, F.—VAJNA, Z.: Experiments for Developing Fans with Forward Curved Bladings. *Acta Techn. Hung.* **72** (1972), 183
12. VAJNA, Z.—BENCZE, F.—PRESZLER, L.: Examination of Fans with Forward Curved Blading. *Proc. 3. Conf. Fluidmechanics* Budapest 1969, 687
13. GRUBER, J.: Ein Näherungsverfahren zur Berechnung von rotierenden Kreisgittern mit Berücksichtigung der Kompressibilität. *ZAMM* **41** (1961), Sonderheft, T 132
14. KURUTZ, I.: Berechnung der Strömungstechnischen Kennwerte radialdurchströmter Laufräder bei gegebener geometrischer Gestalt. *Periodica Polytechnica*, Maschinenbau. **12** (1964), 229
15. KURUTZ, I.: Eine Näherungsmethode zur Berechnung radial durchströmter Laufräder mit Berücksichtigung der Kompressibilität. *Periodica Polytechnica*, Maschinen- und Bauwesen **12** (1968), 19
16. KURUTZ, I.: Influence of the Compressibility of the Medium on the Efficiency of Radial Impellers. *Proc. Conf. Fluidmachinery* Budapest 1969, 323
17. VAJNA Z.—BENCZE F.: Zur Berechnung der Drallregelung von Radialventilatoren. *Periodica Polytechnica*, Maschinen- und Bauwesen **5** (1961), 13

18. JUNGCLAUS, G.: Grenzsichtuntersuchungen in rotierenden Kanälen und bei scherenden Strömungen. *Mitt. Max Planck Inst.* 11 (1955), Göttingen
19. LITVAI E.: Határreteg vizsgálata radiális átömlesztű járókerekekben. *BME Tud. Ülésszak* 1967. 1, 179. L. még:
DZUNG L. S., red.: Flow Research on Blading. Elsevier 1970, 392
20. MOORE, J.: Effects of Coriolis on Turbulent Flow in Rotating Rectangular Channels. Gas Turbine Laboratory Rep N° 89. (1967) MIT.
21. HALLEEN R. M.—JOHNSTON, J. P.: The Influence of Rotation on Flow in a Long Rectangular Channel — An Experimental Study. Rep. MD-18. (1967), Stanford Univ.
22. JOHNSTON, J. P.: The Effects of Rotation upon Boundary Layers in Turbomachine Rotors. Rep. MD-24. (1970) Stanford University
23. LEZIUS, D. K.—JOHNSTON, J. P.: The Structure and Stability of Turbulent Wall-Layers in Rotating Channel Flow. Rep. MD-29 (1971). Stanford Univ.
24. GRUBER, J.—LITVAI, E.: An Investigation of the Effects Caused by Fluid Friction in Radial Impellers. *Proc. 3. Conf. Fluidmachinery* Budapest, (1969). 241
25. LITVAI, E.—PREZSLER, L.: On the Velocity Profile of the Turbulent Boundary Layer on Rotating Impeller Bladings. *Periodica Polytechnica, Mechanical Engineering*. 13 (1969), 215
26. COLES, D.: The Law of the Wake in the Turbulent Boundary Layer. *J. Fluid Mech.* 1 (1956), 191
27. LITVAI, E.—PREZSLER, L.: The Velocity Profile of a Turbulent Boundary Layer on the Blading of Radial Impellers. *Proc. 3. Conf. Fluidmachinery* Budapest, 1969, 348
28. LITVAI, E.: Prediction of Velocity Profiles for Turbulent Boundary Layers on the Blading of Radial Impellers. *Proc. 4. Conf. Fluidmachinery*, Budapest 1972, 771
29. SELEZNEV, K. P.—SHKARBUL, S. N.: Study of a Viscous Flow in Rotating Centrifugal Impellers. *Proc. 4. Conf. Fluidmachinery*, Budapest 1972, 1215
30. BRADSHAW, P.—FERRIS, D. H.—ATWELL, N. P.: Calculation of Boundary Layer Development Using the Turbulent Energy Equation. *J. Fluid Mech.* 28. (1967), 593
31. LEWKOWITZ, A. K.—HOADLEY, D.—HORLOCK, J. H.—PERKINS, H. J.: A Family of Integral Methods for Predicting Turbulent Boundary Layers. *AIAA Journal* 8 (1970), 44
32. KELLER, C.: Axialgebläse vom Standpunkt der Tragflügeltheorie. Leemann, Zürich 1934
33. WALLIS, R. A.: Axial Flow Fans. Academic Press, London 1961
34. SOMLYÓDY, L.: Berechnung der Bescheufelung und der Strömung axial durchströmter Wirbelmaschinen unter Anwendung von Gittermessungen. *Periodica Polytechnica, Mechanical Engineering* 15 (1971), 307
35. SOMLYÓDY, L.: Wirkung der Drallverteilung auf die Kenngrößen von Axialventilatoren. *Periodica Polytechnica, Mechanical Engineering* 15 (1971), 293
36. SOMLYÓDY, L.: An Approximative Method for the Calculation of the Characteristics of Axial-Flow Fans. *Proc. 4. Conf. Fluidmachinery* Budapest 1972, 1273
37. LAJOS, T.—PREZSLER, L.: Calculative Method for Sizing the Tangential Flow Fan. *Proc. 4. Conf. Fluidmachinery*, Budapest 1972, 731
38. PREZSLER, L.—LAJOS, T.: Experiments for the Development of the Tangential Flow Fan. *Proc. 4. Conf. Fluidmachinery*, Budapest 1972, 1071
39. BENCZE, F.: Examination of the Transient Phenomena Arising at the Start-up of Fans. *Proc. 4. Conf. Fluidmachinery*, Budapest 1972, 175
40. BOBOK, E.: Determination of Pressure Losses in Turbomachines. *Proc. 4. Conf. Fluidmachinery*, Budapest 1972, 199.

Situation Report on Research Work in Hungary on Fans. A survey is given on the trend
 a the aerodynamic research work on fans and on the results, respectively obtained since 1960
 c Hungary. Conclusions valid for other types of turbomachines are also shown.

Stand der Forschungsarbeiten auf Ventilatoren in Ungarn. Die Tendenzen sowie einige
 Resultate der aerodynamischen Forschungsarbeit an Ventilatoren seit 1960 in Ungarn werden
 bekanntgegeben. Auf die für alle Störungsmaschinen gültigen Folgerungen wird hingewiesen.