

UDK 531.787:621.515.5

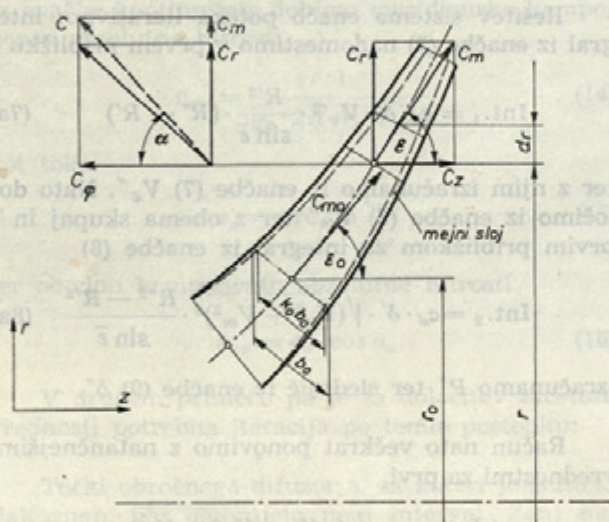
Analiza toka skozi obročni difuzor s pomočjo v njem izmerjenega statičnega tlaka

MARKO PERKAVEC

Akademiku prof. dr. ing. Antonu Kuhlju ob 70-letnici

1. Uvod

Kinetična energija medija, izstopajočega iz kolesa radialnega turbokompresorja, je v primerjavi s celotnim v kolesu dovedenim delom tolikšna, da jo skušamo vsaj deloma spremeniti v tlačno energijo. V ta namen je za kolesom radialnega turbokompresorja predviden obročni difuzor (sl. 1).



Sl. 1. Obročni difuzor splošne oblike. Izhodiščna točka za račun je označena z indeksom 0, k je koeficient zoženja zaradi mejnega sloja, indeks m pomeni meridiansko, φ pa obodno komponento

Pri preračunu obročnega difuzorja oz. toka skozenj razlikujemo dve glavni nalogi:

— geometrija obročnega difuzorja je znana, preračunati je treba potek aero-termodinamičnih veličin toka skozenj (analiza toka),

— potek ene izmed aero-termodinamičnih veličin toka skozi obročni difuzor je podan, določiti je treba geometrijo difuzorja (osnutek difuzorja) in preračunati potek drugih veličin toka.

Če se omejimo na prvo nalogo, imamo naprej dve delni nalogi: za preračun potrebne začetne veličine toka so znane

— ob vstopu v obročni difuzor oz. izstopu iz kolesa (npr. iz preračuna kolesa) ali pa

— v neki točki obročnega difuzorja (npr. iz meritev).

Iz znanih začetnih veličin je treba določiti v prvem primeru

— potek poljubne aero-termodinamične veličine toka skozi obročni difuzor

in v drugem primeru

— vrednosti veličin toka ob vstopu v obročni difuzor oz. njihov potek v njem.

Obe delni nalogi sta v bistvu podobni, le da je smer računanja različna: v prvem primeru računamo v smeri toka in v drugem v smeri proti njemu.

Za izvedbo računa potrebne osnovne enačbe toka so v obeh primerih enake in v literaturi znane (gl. npr. [1] in [2]). Večina avtorjev se pri nastavitvi enačb omejuje na dve dimenziji, upošteva kompresibilnost medija in trenje v toku, zanemarija pa izgube mešanja ob vstopu v obročni difuzor ter instacionarnost, ki pa je predvsem v bližini kolesa občutna (glej [3] in [4]).

Za rešitev enačb toka, kakršne so podane v [2], je treba poznati v eni točki obročnega difuzorja dve glavni veličini toka, npr. statični in totalni tlak, površ tega pa še geometrijo obročnega difuzorja in totalno temperaturo kot za račun pomožne veličine.

Rešitev istih enačb pa je možna tudi s statičnim tlakom, znanim v dveh točkah obročnega difuzorja, in z istimi pomožnimi veličinami.

Ta rešitev je predvsem zanimiva tedaj, kadar želimo analizirati tok skozi izvedeni obročni difuzor z meritvami v njem ali pa z njimi določiti razmere ob izstopu iz kolesa. Njena prednost je med drugim ta, da zamudna meritev totalnega tlaka v obročnem difuzorju ni več potrebna, pač pa se lahko zadovoljimo — kakor kažejo izkušnje — z meritvijo statičnega tlaka na obeh stenah obročnega difuzorja.

Namen pričujočega članka je torej pokazati:

— možnost za preračun poljubne aero-termodinamične veličine toka na poljubnem mestu obročnega difuzorja, če je znan statični tlak v dveh točkah,

— možnost za preračun veličin toka ob izstopu iz kolesa in s tem možnost za analizo toka skozi kolo z meritvami toka v obročnem difuzorju ter

— možnost za določitev vrednosti koeficientov trenja c_f in disipacije c_d za tok skozi obročni difuzor.

2. Enačbe toka

Sistem diferencialnih enačb toka skozi obročni difuzor, kakršne navaja [2], rešimo z numerično metodo. V ta namen razdelimo razdaljo od začetne točke, v kateri so veličine toka podane, do skrajne točke v eni ali drugi smeri, do katere želimo računati, na veliko majhnih intervalov in označimo veličine na obeh mejah z eno ali dvema črticama. Za vsak posamezni interval napišemo

— enačbo kontinuitete

$$\varrho'' \cdot c_m'' \cdot k'' \cdot b'' \cdot r'' = \varrho_o \cdot c_{mo} \cdot k_o \cdot b_o \cdot r_o \quad (1)$$

— momentno enačbo

$$r'' \cdot c_\varphi'' = r' \cdot c_\varphi' - \frac{1}{\varrho_o \cdot c_{mo} \cdot k_o \cdot b_o \cdot r_o} \cdot \int_{r'}^{r''} c_f \cdot \varrho \cdot c_\varphi \cdot \sqrt{c_\varphi^2 + c_m^2} \cdot \frac{r^2 dr}{\sin \varepsilon} \quad (2)$$

— prvi glavni stavek

$$\frac{\kappa}{\kappa - 1} \cdot \frac{p'}{\varrho'} \cdot \left[\left(\frac{p''}{p'} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1 \right] = \frac{1}{2} [(c_\varphi'^2 + c_m'^2) - (c_\varphi''^2 + c_m''^2)] - \frac{1}{\varrho_o \cdot c_{mo} \cdot k_o \cdot b_o \cdot r_o} \quad (3)$$

$$\cdot \int_{r'}^{r''} c_d \cdot \varrho \cdot \sqrt{(c_\varphi^2 + c_m^2)^3} \cdot \frac{r dr}{\sin \varepsilon}$$

— in energijsko enačbo

$$\frac{1}{\varrho''} = \frac{1}{\varrho'} \cdot \frac{p'}{p''} + \frac{\kappa - 1}{2\kappa} \cdot \frac{1}{p''} \cdot [(c_\varphi'^2 + c_m'^2) - (c_\varphi''^2 + c_m''^2)] \quad (4)$$

S pomočjo brezdimenzijskih veličin (označbe so podane na sl. 1)

$$\begin{aligned} V_\varphi &= \frac{c_\varphi}{c_o} & P &= \frac{p}{p_o} & R &= \frac{r}{r_o} \\ V_m &= \frac{c_m}{c_o} & \delta &= \frac{\varrho}{\varrho_o} & B &= \frac{b}{r_o} \end{aligned} \quad (5)$$

dobimo za vsak posamezni interval delovne enačbe

$$\delta'' \cdot V_m'' \cdot k'' B'' \cdot R'' = k_o B_o \cdot \sin \alpha_o \quad (6)$$

$$R'' \cdot V_\varphi'' = R' \cdot V_\varphi' \mp \frac{1}{k_o B_o \cdot \sin \alpha_o} \cdot \int_{R'}^{R''} c_f \cdot \delta \cdot V_\varphi \cdot \sqrt{V_\varphi^2 + V_m^2} \cdot \frac{R^2 dR}{\sin \varepsilon} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} &\frac{2p_o}{\varrho_o \cdot c_o^2} \cdot \frac{p'}{\delta'} \cdot \frac{\kappa}{\kappa - 1} \cdot \left[\left(\frac{p''}{p'} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1 \right] = \\ &= (V_\varphi'^2 + V_m'^2) - (V_\varphi''^2 + V_m''^2) \mp \end{aligned} \quad (8)$$

$$\mp \frac{2}{k_o B_o \cdot \sin \alpha_o} \cdot \int_{R'}^{R''} c_d \cdot \delta \cdot \sqrt{(V_\varphi^2 + V_m^2)^3} \cdot \frac{R dR}{\sin \varepsilon}$$

$$\frac{1}{\delta''} = \frac{1}{\delta'} \cdot \frac{p'}{p''} + \frac{\kappa - 1}{\kappa} \cdot \frac{\varrho_o \cdot c_o^2}{2p_o} \cdot \frac{1}{p''} \cdot [(V_\varphi'^2 + V_m'^2) - (V_\varphi''^2 + V_m''^2)] \quad (9)$$

Zgornji predznak pred integraloma velja za preračun v smeri toka, spodnji pa za preračun v smeri proti njemu. Z indeksom o so označene začetne vrednosti veličin toka.

Rešitev sistema enačb poteka iterativno: integral iz enačbe (7) nadomestimo v prvem približku z

$$\text{Int.}_1 = c_f \cdot \delta' \cdot V_\varphi'^2 \cdot \frac{R'^2}{\sin \varepsilon} \cdot (R'' - R') \quad (7a)$$

ter z njim izračunamo iz enačbe (7) V_φ'' . Nato določimo iz enačbe (6) V_m'' ter z obema skupaj in s prvim približkom za integral iz enačbe (8)

$$\text{Int.}_2 = c_d \cdot \delta' \cdot \sqrt{(V_\varphi'^2 + V_m'^2)^3} \cdot \frac{R'^2 - R''^2}{\sin \varepsilon} \quad (8a)$$

izračunamo P'' ter slednjič iz enačbe (9) δ'' .

Račun nato večkrat ponovimo z natančnejšimi vrednostmi za prvi

$$\begin{aligned} \text{Int.}_1 &= c_f \cdot \delta \cdot V_\varphi \cdot \sqrt{V_\varphi^2 + V_m^2} \cdot \\ &\cdot \frac{R^2}{\sin \varepsilon} \cdot (R'' - R') \end{aligned} \quad (7b)$$

in drugi integral

$$\text{Int.}_2 = c_d \cdot \delta \cdot \sqrt{(V_\varphi^2 + V_m^2)^3} \cdot \frac{(R'^2 - R''^2)}{\sin \varepsilon} \quad (8b)$$

pri čemer je s - označena srednja vrednost med vrednostjo na začetku in koncu intervala; za slednjo vzamemo vsakokrat vrednost iz zadnje iteracije.

3. Določitev začetnih vrednosti

Začetne vrednosti veličin toka določimo lahko ali iz totalnega in statičnega tlaka v eni točki obročnega difuzorja ali pa iz statičnega tlaka v dveh primerno oddaljenih točkah. V obeh primerih so potrebne še pomožne veličine.

Določitev poteka v prvem primeru po naslednji shemi:

iz totalnega in statičnega tlaka določimo entalpijsko diferenco

$$\Delta i_o = i_{to} - i_o = \frac{\kappa}{\kappa - 1} \cdot R_\kappa \cdot T_{11} \cdot \left(\frac{p_{to} - p_o}{p_{11}} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \quad (10)$$

ter hitrost toka

$$c_o = \sqrt{2 \cdot \Delta i_o} \quad (11)$$

Z njo določimo statično temperaturo

$$T_o = T_{to} - \frac{c_o^2}{2c_p} \quad (12)$$

in gostoto medija

$$\rho_o = \frac{p_o}{R_\kappa \cdot T_o} \quad (13)$$

Iz enačbe kontinuitete dobimo meridiansko komponento absolutne hitrosti

$$c_{mo} = \frac{1}{\rho_o \cdot 2\pi \cdot r_o \cdot k_o b_o} \quad (14)$$

kot toka

$$\alpha_o = \arcsin \frac{c_{mo}}{c_o} \quad (15)$$

ter obodno komponento absolutne hitrosti

$$c_{\varphi o} = c_o \cdot \cos \alpha_o \quad (16)$$

V drugem primeru pa je za določitev začetnih vrednosti potrebna iteracija po temle postopku:

Točki obročnega difuzorja, za kateri je statični tlak znan, naj omejujeta neki interval. Zanj naj velja, da je tok v njem inkompresibilen, torej

$$c_m^{\prime\prime} = c_m' \cdot \frac{k' b' \cdot r'}{k'' b'' \cdot r''} \quad (17)$$

in brez trenja

$$c_{\varphi}^{\prime\prime} = c_{\varphi}' \cdot \frac{r'}{r''} \quad (18)$$

Z ocenjeno absolutno hitrostjo c' izračunamo po enačbi (12) statično temperaturo, po enačbi (14) meridiansko komponento absolutne hitrosti ter po enačbi (13) gostoto medija. S temi vrednostmi gremo v s supozicijama (17) in (18) preurejeno enačbo (4)

$$\frac{2\kappa}{\kappa - 1} \cdot R_\kappa \cdot T' \cdot \left(\frac{p''}{p'} - 1 \right) = (c_{\varphi}^{\prime\prime 2} + c_m^{\prime\prime 2}) - \left(c_{\varphi}^{\prime 2} + c_m^{\prime 2} \cdot \frac{k^{\prime 2} \cdot b^{\prime 2}}{k^{\prime 2} \cdot b^{\prime 2}} \right) \cdot \frac{r^{\prime 2}}{r^{\prime 2}} \quad (19)$$

določimo iz nje kvadrat obodne komponente absolutne hitrosti

$$c_{\varphi}^{\prime\prime 2} = \frac{1}{1 - \frac{r^{\prime 2}}{r^{\prime\prime 2}}} \cdot \left[2c_p \cdot \left(\frac{p''}{p'} - 1 \right) - c_m^{\prime 2} \cdot \left(1 - \frac{k^{\prime 2} b^{\prime 2}}{k^{\prime 2} b^{\prime 2} \cdot \frac{r^{\prime 2}}{r^{\prime\prime 2}} \right) \right] \quad (20)$$

ter nadomestimo ocenjeno absolutno hitrost s

$$c' = \sqrt{c_{\varphi}^{\prime 2} + c_m^{\prime 2}} \quad (21)$$

Račun ponavljamo tako dolgo, dokler z iteracijo ne dosežemo v okviru izbrane tolerance konstantno vrednost za absolutno hitrost.

Nato določimo s statično entalpijo

$$i' = \frac{\kappa}{\kappa - 1} \cdot R_\kappa \cdot T_{11} \cdot \left[\left(\frac{p'}{p_{11}} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1 \right] \quad (22)$$

in absolutno hitrostjo c' totalno entalpijo

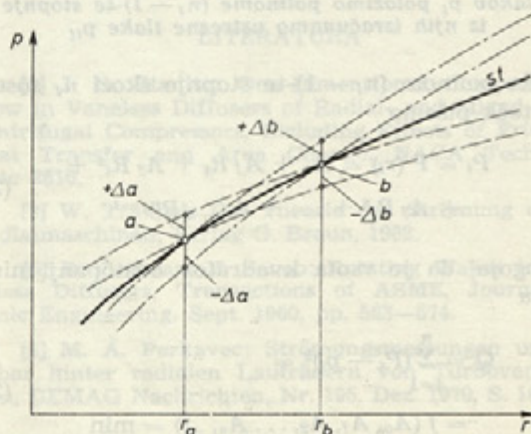
$$i_t' = i' + \frac{c'^2}{2} \quad (23)$$

ter iz nje izmerjenemu statičnemu tlaku ustrezajoči totalni tlak

$$p_t' = \left[\frac{\kappa - 1}{\kappa} \cdot \frac{i_t'}{R_\kappa \cdot T_{11}} + 1 \right]^{\frac{\kappa}{\kappa-1}} \quad (24)$$

4. Potek statičnega tlaka

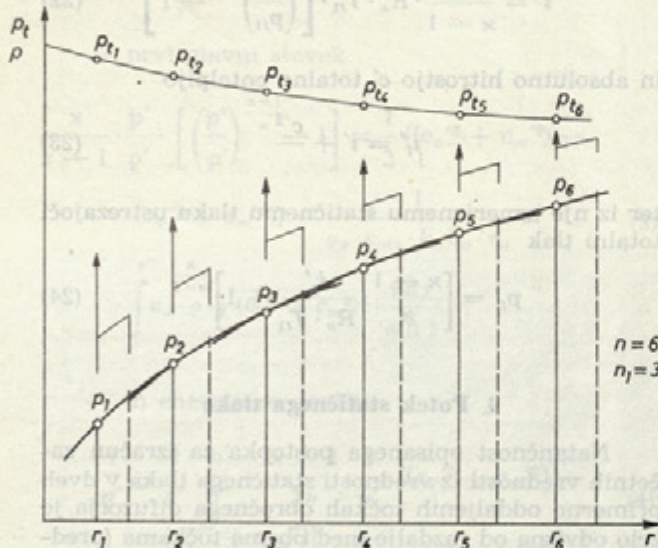
Natančnost opisanega postopka za izračun začetnih vrednosti iz vrednosti statičnega tlaka v dveh primerno oddaljenih točkah obročnega difuzorja je zelo odvisna od razdalje med obema točkama (predpostavka, enačbi (17) in (18)) ter natančnosti me-



Sl. 2. Računski potek statičnega tlaka v obročnem difuzorju je močno odvisen od natančnosti v točkah a in b izmerjenega statičnega tlaka

ritve statičnega tlaka. Razdalja naj bi bila majhna, natančnost čim večja. Vendar si oba pogoja nasprotujeta: statični tlak poteka v obročnem difuzorju po neki zakonitosti, npr. krivulji *st* na sliki 2. To krivuljo moramo položiti skozi obe izmerjeni vrednosti *a* in *b*. Če sta le-ti izmerjeni z neko napako $\pm \Delta a$ oz. $\pm \Delta b$, je lega krivulje bolj spremenjena, če sta točki blizu skupaj, kakor pa če sta daleč narazen. Da bi pa obe predpostavki, enačbi (17) in (18), ne povzročili pri določitvi začetnih vrednosti občutne napake, bi morali obe točki ležati blizu skupaj, kajti le za zelo majhne intervale velja približno, da je tok inkompresibilen in brez trenja.

Iz zagate si pomagamo z naslednjim postopkom: statični tlak (*n*) v več (*n*) točkah obročnega difuzorja (najmanj treh), slika 3. Skozi skupino *n_I* sosednjih točk položimo polinom (*n_I* - 1)-te stopnje s pogojem, da je vsota kvadratov odstopanj med izmerjenimi vrednostmi $p_i = p(r_i)$ in polinomom $P_i = P(r_i)$ minimalna.



Sl. 3. Skozi skupino vsakokrat po n_I izmerjenih statičnih tlakov p_i položimo polinome ($n_I - 1$)-te stopnje in iz njih izračunamo ustrezne tlake p_{ti}

Za polinom ($n_I - 1$)-te stopnje skozi n_I sosednjih točk pišemo

$$P_i = P(r_i) = A_0 + A_1 R_i + A_2 R_i^2 + A_3 R_i^3 + \dots + A_{n_I-1} R_i^{n_I-1} \quad (25)$$

Iz pogoja, da je vsota kvadratov odstopanj minimalna

$$Q = \sum_{i=1}^n (P_i - p_i)^2 = f(A_0, A_1, A_2, \dots, A_{n_I-1}) = \min \quad (26)$$

dobimo z odvajanjem vsote po posameznih koeficientih polinoma naslednji sistem linearnih enačb

$$\begin{aligned} n_I \cdot A_0 + \sum r_i \cdot A_1 + \sum r_i^2 \cdot A_2 + \dots + \sum r_i^{n_I-1} \cdot A_{n_I-1} &= \sum p(r_i) \\ \sum r_i \cdot A_0 + \sum r_i^2 \cdot A_1 + \sum r_i^3 \cdot A_2 + \dots + \sum r_i^{n_I} \cdot A_{n_I-1} &= \sum p(r_i) \cdot r_i \\ \sum r_i^2 \cdot A_0 + \sum r_i^3 \cdot A_1 + \sum r_i^4 \cdot A_2 + \dots + \sum r_i^{n_I+1} \cdot A_{n_I-1} &= \sum p(r_i) \cdot r_i^2 \\ \vdots \\ \sum r_i^{n_I-1} \cdot A_0 + \sum r_i^{n_I} \cdot A_1 + \sum r_i^{n_I+1} \cdot A_2 + \dots + \sum r_i^{2(n_I-1)} \cdot A_{n_I-1} &= \sum p(r_i) \cdot r_i^{n_I-1} \quad (27) \end{aligned}$$

iz katerega lahko določimo koeficiente $A_1, A_2, A_3, \dots, A_{n_I-1}$.

Tako določimo za vseh $n - n_I + 1$ možnih skupin po n_I točk nadomestne polinome. Za določitev začetnih vrednosti si nato izberemo primeren interval ter na njegovi spodnji in zgornji meji izračunamo iz nadomestnega polinoma, ki ustreza legi intervala, vrednosti statičnega tlaka ter naprej računamo po zgoraj opisanem postopku. Račun lahko ponavljamo z vsakim nadomestnim polinomom najmanj enkrat oz. največ tolikokrat, kolikor intervalov izbrane širine obsega definicijsko področje nadomestnega polinoma med obema skrajnjima točkama v skupini n_I točk, ki ga določajo.

5. Določitev vrednosti c_f in c_d

Potem ko smo z nadomestnimi polinomi določili vrednosti totalnega tlaka $p_{ti} = p_t(r_i)$ v točkah obročnega difuzorja, v katerih smo merili statični tlak $p_i = p(r_i)$, imamo na voljo n parov p_i in p_{ti} kot začetne vrednosti za preračun toka skozi obročni difuzor v želeni smeri. Po potrebi lahko analogno tudi skozi točke p_{ti} položimo nadomestne polinome za totalni tlak ter računamo naprej z njihovimi vrednostmi.

Odslej naprej imamo torej poljubno število parov p_i in p_{ti} in z vsakim od njih lahko rešimo sistem enačb toka skozi obročni difuzor. Pravzaprav bi zadoščal en sam par; vendar računamo z več (npr. s tolikimi, kolikor nadomestnih polinomov smo položili skozi izmerjene točke statičnega tlaka) in nato v ciljni točki določimo srednje vrednosti, da bi tako povečali natančnost računa ter predvsem z računom iz več začetnih točk dobili možnost za določitev vrednosti koeficientov trenja c_f in disipacije c_d .

Postopek za določitev vrednosti obeh koeficientov je takle: imamo N parov $p_i = p(r_i)$ in $p_{ti} = p_t(r_i)$ in njim ustreznih pomožnih vrednosti. S prvim parom računamo tok v želeni smeri, npr. nazaj k vstopu v obročni difuzor ter pri tem vstavimo v oba integrala ocenjeni vrednosti za c_f oz. c_d ; enako delamo

z drugim, tretjim in vsemi naslednjimi pari. Ker predvsem meritev statičnega tlaka in ne nazadnje določitev nadomestnih polinomov ne potekata brez napake, dobimo ob vstopu v obročni difuzor izračunane vrednosti statičnega in totalnega tlaka (ter z njima vrednosti vseh drugih veličin toka), ki med seboj bolj ali manj odstopajo. Širina odstopanja pa ni odvisna samo od natančnosti meritev in računa, pač pa predvsem od obeh koeficientov c_f in c_d .

S pogojem, da je skrajno odstopanje — iz različnih začetnih parov p_i in p_{ii} v ciljni točki obročnega difuzorja izračunanih — vrednosti p in p_t minimalno, dobimo kriterij za določitev vrednosti obeh koeficientov c_f in c_d . Ker se zdi matematična formulacija kriterija zamotana, izvedemo variacijo vrednosti koeficientov c_f in c_d po naslednjem sistemu: začetni vrednosti za oba koeficienta ocenimo ter z njima računamo od vseh parov p_i in p_{ii} do ciljne točke. Tako za statični kakor tudi za totalni tlak v ciljni točki poiščemo maksimalno in minimalno vrednost ter njima ustrezno izhodiščno točko v obročnem difuzorju oz. njen radij. V odvisnosti od odstopanja med maksimalno in minimalno vrednostjo ter lege ustrezne izhodiščne točke spremenimo vrednosti za c_f in c_d in računamo znova. Ta postopek ponavljamo, dokler ne dosežemo v ciljni točki odstopanja, ki leži znotraj vnaprej določene tolerance, ki pa seveda ne sme biti strožja od natančnosti izmerjenih statičnih tlakov oz. v najboljšem primeru nadomestnih polinomov.

Večkrat se pojavlja primer (predvsem, če smo meritve statičnega tlaka izvedli tudi blizu kolesa, kjer je tok še močno instacionaren in je izmerjena vrednost statičnega tlaka nezanesljiva, glej [4]), da kljub večkratnemu računu in variaciji obeh koeficientov zelene tolerance ne dosežemo. Tedaj izvedemo po nekaj poizkusnih variacijah koeficientov c_f in c_d takle kontrolni račun: računska krivulja statičnega oz. totalnega tlaka, ki izhaja iz vsakega para p_i in p_{ii} v obročnem difuzorju, poteka mimo vseh parov p_i in p_{ii} , ki leže med izhodiščem krivulje in ciljno točko. S primerjavo teh vrednosti med seboj lahko pare p_i in p_{ii} , ki najbolj odstopajo od računске krivulje, izločimo iz nadaljnega računa ter račun z ostalimi pari ponovimo. Tako dosežemo dobro ujemanje rezultatov v ciljni točki in tako so določene vrednosti za koeficienta trenja c_f in disipacije c_d zanesljive.

6. Sklep

Za analizo toka skozi obročni difuzor znane geometrije in razmer ob izstopu iz kolesa radialnega oz. semiradialnega turbokompresorja potrebujemo kot izhodiščno vrednost ali statični in totalni tlak v eni ali pa samo statični tlak v dveh točkah obročnega difuzorja. V prvem primeru moramo meriti statični tlak, npr. s po eno izvrtino na obeh stenah obročnega difuzorja ter totalni tlak, npr. s tlačno

sondo, ki jo pomikamo počez po celotni širini obročnega difuzorja in iz tako dobljenega profila izračunamo njegovo srednjo vrednost. Pomikanje sonde je precej zamudno in pri mnogih strojih, predvsem večstopenjskih, zaradi težkega dostopa komajda izvedljivo, da ne omenjamo problemov pri določanju reprezentativne srednje vrednosti oz. natančnosti meritve totalnega tlaka v toku pod kotom in s hitrostjo, ki se močno spreminjata. V drugem primeru odpadejo problemi s totalnim tlakom; zato pa moramo meriti statični tlak v najmanj dveh točkah obročnega difuzorja, ki ležita na različnih radijih. Predpostavka, da je statični tlak na enem radiju po celotni širini obročnega difuzorja približno konstanten, pa je potrebna v obeh primerih.

Vsekakor je prva možnost zanesljivejša in obširnejša. Povrh profila totalnega tlaka lahko merimo tudi profil kota toka ter s termosondo tudi profil totalne temperature oz. njenega zvišanja kot posledice dovoda energije v kolesu ter vse te vrednosti uporabimo za preračun toka skozi obročni difuzor po različnih metodah. Zgoraj opisani drugi primer je zajet v prvem.

Vendar te vrste meritve lahko izvajamo le pri poizkusnih strojih, medtem ko enostavno meritev statičnega tlaka lahko praktično opravimo na vsakem stroju. Kakor kažejo izkušnje, so računski rezultati po predlagani metodi, za katero je potrebna samo meritve statičnega tlaka, enako zanesljivi, če le poznamo enake pomožne veličine, kakršne so potrebne tudi pri obširnejši metodi.

Če povrh opisanih računov izvedemo še preračun mešalnih izgub ob vstopu v obročni difuzor, ki so posledica neenakomernosti toka, ki izstopa iz kolesa, ter upoštevamo instacionarne efekte in geometrijo izstopa kolesa, lahko sicer zelo preprostimi meritvami v obročnem difuzorju dokaj zanesljivo sklepamo na vrednosti v delu toka tik pred izstopom iz kolesa in tik za njim, kjer je meritev zelo zapletena.

LITERATURA

- [1] J. D. Stanitz: One-Dimensional Compressible Flow in Vaneless Diffusers of Radial- and Mixed-Flow Centrifugal Compressors, Including Effects of Friction, Heat Transfer and Area Change, NACA Technical Note 2610.
- [2] W. Traupel: Die Theorie der Strömung durch Radialmaschinen, Verlag G. Braun, 1962.
- [3] R. C. Dean, Y. Senoo: Rotating Wakes in Vaneless Diffusers, Transactions of ASME, Journal of Basic Engineering, Sept. 1960, pp. 563—574.
- [4] M. A. Perkavec: Strömungsmessungen unmittelbar hinter radialen Laufrädern von Turboverdichtern, DEMAG Nachrichten, Nr. 195, Dez. 1970, S. 16—24.

Avtorjev naslov:

dipl. ing. Marko Perkavec,
Ljubljana, Ob potoku 18