

UDK 532.528:621.224

Izračun odlepljanja toka v rotirajočem lopatičnem kanalu turbinskega stroja z uporabo Hamiltonovega principa

JOACHIM RAABE

* (Nadaljevanje in konec)

4.0 Določitev minimalnega števila lopat v radialno-aksialnem turbinskem stroju

4.1. Teoretične osnove

V zelo gosti kaskadi lopat je število lopat z takole povezano z geometrično širino kanala a_{geo}

$$a_{geo} = \zeta 2 \pi r_D \sin \beta_D / z \quad (93)$$

ζ je zožitev kanala zaradi končne debeline lopat. Če se hočemo izogniti odlepljanju toka, mora biti širina a , pri kateri se pojavlja ekstrem akcije, večja od geometrične širine kanala a_{geo}

$$a_{geo} \leq a \quad (94)$$

Iz (87) in (93) preberemo minimalno število lopat

$$z \geq \zeta 2 \pi \sin \beta_D / x^* \quad (95)$$

Iščemo tisto število lopat, ki ravno še zadržuje odlepljanje tekočine. V enačbi (95) obvelja torej enačaja. Z uvedbo

$$f = 2 \pi \sin \beta_D \quad (96)$$

dobimo zvezo

$$x^* = \zeta f / z \quad (97)$$

Tako izraženo število lopat je pravo minimalno število lopat. Da imamo res opravka z minimalnim številom lopat, vidimo iz naslednjega: vsakršno zmanjšanje z poveča po enačbi (93) geometrično širino kanala a_{geo} . Naravna širina a , ki se vzpostavi sama zaradi ekstremne akcije, bi postala lahko manjša od a_{geo} in pojavilo bi se odlepljanje.

Vstavimo (97) v enačbo (92), preuredimo člene in napišimo naslednjo enačbo četrte stopnje za določitev minimalnega števila lopat z

$$B_1 z^4 + 2 B_2 \zeta f z^3 + 3 B_3 \zeta^2 f^2 z^2 + 4 B_4 \zeta^3 f^3 z + 5 B_5 \zeta^4 f^4 = 0 \quad (98)$$

V praksi je število lopat ponavadi tako veliko, da so pri običajnih vrednostih B_i zanimivi le trije členi z najvišjimi potencami z . Enačba (98) se poenostavi, dobimo približno kvadratično enačbo za minimalno število lopat z

$$z^2 + 2 (B_2/B_1) \zeta f z + 3 (B_3/B_1) \zeta^2 f^2 = 0 \quad (99)$$

Sledi približno minimalno število lopat

$$z = \zeta f \left[- (B_2/B_1) (\pm) \sqrt{(B_2/B_1)^2 - 3 (B_3/B_1)} \right] \quad (100)$$

V naslednjih primerih bomo pokazali, da je pri praktično zanimivih rešitvah $B_2/B_1 < 0$. Takrat je tudi izraz pod korenem vedno pozitiven.

Minus pred korenem da zelo majhno število lopat, ker je drugi člen radikanda zelo majhen; to nasprotuje naši predpostavki. Zato je minus postavljen v oklepaj, kar pelje k naravni rešitvi enačbe (100).

Iz enačbe (100) izhajajo tudi preprosta rešitev (58,2), če upoštevamo v ravnem kanalu z vzporednima stenama: $z \rightarrow \infty$, $r \rightarrow 0$, $\chi \rightarrow 0$ in $\gamma \rightarrow 0$.

Dokaz za to najdemo v dodatku 5.

4.2 Primeri

Podane so naslednje veličine rotorja

$$r = 0,6616, \varphi = 0,3308, k = 1,2, \lambda = \varphi = 0,3308.$$

$$\chi = 0,9, \gamma = 0,03$$

$$R_D/r_D = 16, \mu_D = 70^\circ, \beta_D = 15^\circ$$

Pri tem λ ima meridianski prerez običajno obliko z br = const.

Podajmo približno odvisnost r in φ od geometrije rotorja

$$r = 2 \cos \mu_D \cos \beta_D \quad (101)$$

$$\varphi = \cos \mu_D \cos \beta_D = r/2 \quad (102)$$

(Dokaz za to najdemo v dodatku 1 in 2.)

V meridianskem prerezu z br^m = const., je λ odvisen od m in φ

$$\lambda = m \varphi \quad (103)$$

(To je dokazano v dodatku 3.) Običajni rotorji imajo $m = 1$. Zožitev naj bo $\zeta = 1,0$, pretočni koeficient pa $c_m/u = 0,5$. Iz enačb (90,1) do (90,5) dobimo

$$B_1 = 0,9659, B_2 = -5,909, B_3 = 1,64,$$

$$B_4 = -0,03946, B_5 = -0,009419$$

iz enačbe (96) pa

$$f = 1,624.$$

Minimalno število lopat je po približni enačbi (100)

$z = 1,624 (6,1 (\pm) 5,67) = 19,2$, kar zaokrožimo na 20 lopat.

Če rešimo natančno določilno enačbo (98), pa dobimo minimalno število lopat

$$z = 19,2 \text{ in zaokroženo} = 20.$$

Približna rešitev po enačbi (100) popolnoma začenja, prevladujejo le prvi trije členi z najvišjimi potencami števila lopat.

Vzemimo pri istem rotorju pretočni koeficient $c_m/u = 0,7$; po enačbi (100) izračunamo $z = 6,33$, natančna rešitev enačbe (98) pa da $z = 10,33$, kar zaokrožimo na 11 lopat.

Našli smo velikostni red števila lopat, pri katerem odpove približno reševanje. Spoznamo tudi, da se minimalno število lopat močno spreminja s pretočnim koeficientom c_m/u (z obratovanjem stroja). Vstavimo rešitev v natančno enačbo (98) in ugotovimo tudi v drugem primeru, da izstopajo členi z najvišjimi potencami števila lopat in da tudi tukaj velja kvadratični približek.

Z zožitvijo $\zeta = 0,8$ bi v drugem primeru dobili $z = 0,8 \cdot 10,33 = 8,27$ ali okroglo 9 lopat.

S končno debelino lopat se zmanjša minimalno število lopat, to pa v praksi tudi želimo. Hiter pregled praktično uporabnih rešitev natančne enačbe (98) kaže, da se število lopat močno zmanjša z rastočim c_m/u in se zmanjša z R_D/r_D .

5. Sklep

Odgovorimo nazadnje na vprašanje, kje se pojavi odlepljanje toka od lopate. Prejšnji računi dajo samo širino zdravega toka, pri kateri ima Hamiltonova akcija ekstrem, in ki se oblikuje nekako sama po sebi. Izračun je tako postavljen, da merimo širino od tlačne strani kanala. Zato je razumljiv sklep, da se ta širina sama vzpostavi kot zgornja meja a zdravega toka v kanalu, in da pride do odlepljanja toka na sesalni strani kanala. K. Fischer [5] in pozneje še drugi avtorji [6] so z rotoskopskimi opazovanji relativnega toka v rotorjih centrifugalnih črpalk ugotovili, da se — v nasprotju z energijskim stavkom za idealen fluid — premakne maksimum hitrosti blizu izstopa iz rotorja k tlačni strani kanala. V primerjavi s pričakovano debelino mejne plasti se pojavi izredno veliko področje mrtve vode ali mejne plasti ob sesalni strani. Do takih pojavov pride v toku realnega fluida tudi zaradi kopičenja materiala mejne plasti, ki ga povzroča sekundarni tok v mejnih plasteh ob notranjem in zunanem vencu rotorja. Sekundarni tok teče od tlačne k sesalni steni kanala in je posledica vpliva naraščanja tlaka v zdravem toku med sesalno in tlačno stranjo. Posebej bi bilo treba raziskati, če se pojavlja mrtva voda ob sesalni strani kanalov v centrifugalnih črpalkah res zaradi odlepljanja toka zaradi vztrajnosti.

Postopek velja tudi pri naprej zavitih lopatah, le za radij ukrivljenosti postavimo — R_D , pri turbinah pa upoštevamo nasprotno smer hitrosti c_m in $r \omega$.

DODATEK

1. Izpeljava izraza za φ v enačbi (102)

Po enačbi (83) velja za rotor s podanimi lopatami

$$\varphi = (r_s/r_D - 1)/(r_D/a_{geo}) \quad (1A)$$

S slike 3 razberemo za kanal z majhno geometrično širino a_{geo} v primerjavi z r_D , da je

$$r_s = r_D + a_{geo} \cos \beta_D \cos \mu_D \quad (2A)$$

Vstavimo v enačbo (1A) in dobimo

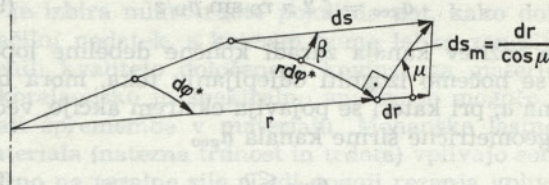
$$\varphi = \cos \beta_D \cos \mu_D \quad (3A)$$

2. Izpeljava izraza za ν v enačbi (101)

Za rotor, podan z lopatami vred, velja po enačbi (85)

$$\nu = [(d s_s/d s_D)^2 - 1] (r_D/a_{geo}) \quad (4A)$$

Rabimo analitični izraz za razmerje razdalj ds med sosednjima normalama ob tlačni in sesalni strani kanala. Vzamemo neskončno tanke profile lopat na osno simetrični tokovni ploskvi po sliki 6.



Sl. 6. Lega elementa lopate ds v prostoru

Nalogo še poenostavimo tako, da se kota β in μ v prečni smeri k kanalu ne spreminjata, podana sta kar z vrednostma β_D in μ_D na tlačni strani. S slike 6 dobimo meridiansko projekcijo loka ds_m

$$d s_m / (r d \varphi^*) = \tan \beta_D \quad (5A)$$

Iz meridianskega prereza dobimo

$$d s_m / dr = 1 / \cos \mu_D \quad (6A)$$

Iz enačb (5A) in (6A) izhaja diferencialna enačba tanke lopate

$$d r / r = \tan \beta_D \cos \mu_D d \varphi \quad (7A)$$

Z integracijo dobimo za prvo lopato pri $r = r_1$, ki gre skozi točko $A_1(r_D, 0)$ po sliki 7, funkcijo

$$r_1 = r_D e^{\tan \beta_D \cos \mu_D \cdot \varphi^*} \quad (8A)$$

Normalo prve lopate n_1 v točki $A_1(r_D, 0)$ dobimo iz zgornjega izraza z zamenjavo kota β_D z $\beta_D + \pi/2$

$$\tan(\beta_D + \pi/2) = -\cot \beta_D \quad (9A)$$

Funkcija normale n_1 je pri $r = r_1$ po sliki 7

$$r_{n1} = r_D e^{-\cot \beta_D \cos \mu_D \cdot \varphi^*} \quad (10A)$$

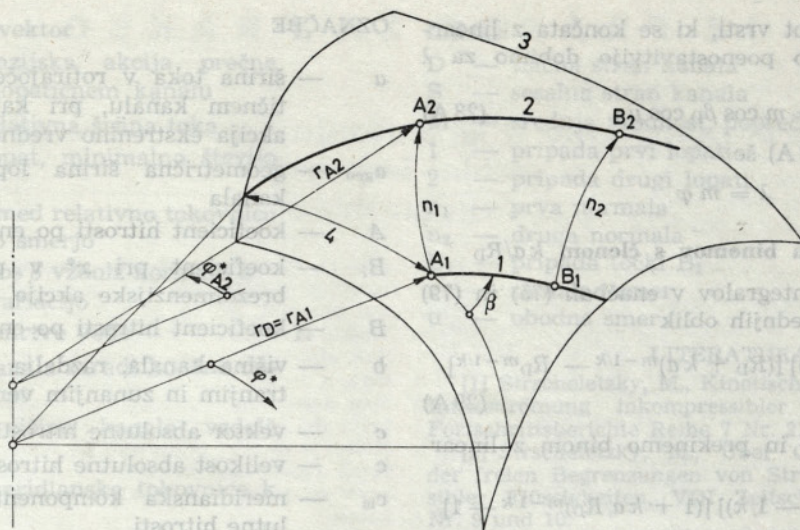
Funkcija sosednje »druge« lopate v točki ($r = r_D$, $\varphi^* = -2\pi/z$) je pri $r = r_2$ in po enačbi (8A)

$$r_2 = r_D e^{\tan \beta_D \cos \mu_D (\varphi + 2\pi/z)} \quad (11A)$$

Funkcija druge normale skozi točko $B_1(\varphi^* = -\Delta\varphi^*, r = r_D \exp \tan \beta_D \cos \mu_D \cdot \Delta\varphi^*)$ k prvi lopati pa je z upoštevanjem enačbe (10A) in slike 7

$$r_{n2} = r_D e^{-\cot \beta_D \cos \mu_D (\varphi^* - \Delta\varphi^* \cos^2 \beta_D)} \quad (12A)$$

Ker pa smo vzeli konstanten kot $\beta = \beta_D$, sta obe normali n_1 in n_2 normalni tudi k drugi lopati.



Sl. 7. Projekcija medlopatičnega kanala na osno simetrično tokovno ploskev

Kot $\Delta\varphi^*$ naj bo infinitezimalno majhen, odseka A_1B_1 in A_2B_2 na obeh lopatah sta zelo enaka lokoma ds_D in ds_s na tlačni in sesalni strani. Vzemi-mo, da ustreza prva lopata tlačni in druga sesalni strani kanala. Radij r_{A2} presečišča A_2 druge lopate in prve normale n_1 oklepa po sliki 7 kot φ^*_{A2} .

Iz enačb (10A) in (11A) izhajajo

$$\begin{aligned} r_{A2} &= r_D e^{-\cot \beta_D \cos \mu_D \varphi^*_{A2}} = \\ &= r_D e^{\tan \beta_D \cos \mu_D (\varphi^*_{A2} + 2\pi/z)} \end{aligned} \quad (13A)$$

Izenačimo eksponenta in dobimo kot

$$\varphi^*_{A2} = -(2\pi/z) \sin^2 \beta_D \quad (14A)$$

in radij po enačbi (13A)

$$r_{A2} = r_D e^{(\pi/z) \cos \mu_D \sin 2\beta_D} \quad (15A)$$

Presečišče normale n_2 z drugo lopato leži po sliki 7 na radiju r_{B2} in oklepa kot φ^*_{B2} . Iz enačb (11A) in (12A) izhajajo

$$\begin{aligned} r_{B2} &= r_D e^{\tan \beta_D \cos \mu_D (\varphi^*_{B2} + 2\pi/z)} = \\ &= r_D e^{-\cot \beta_D \cos \mu_D (\varphi^*_{B2} - \Delta\varphi^*/\cos^2 \beta_D)} \end{aligned} \quad (16A)$$

Izenačenje eksponentov da kot

$$\varphi^*_{B2} = -(2\pi/z) \sin^2 \beta_D + \Delta\varphi^* \quad (17A)$$

in radij po enačbi (16A)

$$r_{B2} = r_D e^{(\pi/z) \cos \mu_D \sin 2\beta_D + \Delta\varphi^* \cos \mu_D \tan \beta_D} \quad (18A)$$

A_1, A_2, B_1, B_2 so oglišča plasti v kanalu in imajo koordinate

$$\begin{aligned} A_1(r_D, 0) \quad B_1(r_D e^{\Delta\varphi^* \cos \mu_D \tan \beta_D}, \Delta\varphi^*) \\ A_2(r_D e^{(\pi/z) \cos \mu_D \sin 2\beta_D}, -(2\pi/z) \sin^2 \beta_D) \\ B_2(r_D e^{(\pi/z) \cos \mu_D \sin 2\beta_D + \Delta\varphi^* \cos \mu_D \tan \beta_D}, \\ -(2\pi/z) \sin^2 \beta_D + \Delta\varphi^*) \end{aligned} \quad (19A)$$

Pri infinitezimalno majhnem $\Delta\varphi^*$ dobimo kvadrata infinitezimalnih razdalj po Pitagorovem izreku $A_1B_1^2 = (ds_D)^2$, $A_2B_2^2 = (ds_s)^2$ in

$$(ds_D)^2 = r_D^2 [(e^{\Delta\varphi^* \cos \mu_D \tan \beta_D} - 1)^2 + \Delta\varphi^{*2}] \quad (20A)$$

$$(ds_s)^2 = r_D^2 e^{(2\pi/z) \cos \mu_D \sin 2\beta_D} [(e^{\Delta\varphi^* \cos \mu_D \tan \beta_D} - 1)^2 + \Delta\varphi^{*2}] \quad (21A)$$

Z enačbo (4A) in z upoštevanjem

$$a_{geo} = (2\pi/z) r_D \sin \beta_D \quad (22A)$$

dobimo iskano vrednost ν v (4A)

$$\nu = (e^{(2\pi/z) \cos \mu_D \sin 2\beta_D} - 1) [z/(2\pi \sin \beta_D)] \quad (23A)$$

Zaradi predpostavke o velikem številu lopat z , lahko nadomestimo eksponentialno funkcijo s prvima členoma pripadajoče vrste in dobimo

$$\nu = 2 \cos \mu_D \cos \beta_D \quad (24A)$$

3. Izpeljava izraza za λ

Po enačbi (77) je v rotorju s podanimi lopatami

$$\lambda = (r_D/a_{geo}) (1 - b_s/b_D) \quad (25A)$$

V meridijskem toku naj velja relacija

$$b_s/b_D = (r_D/r_s)^m \quad (26A)$$

kjer je m poljubno, ponavadi pozitivno število, približno enako 1. Z enačbama (2A) in (26A) dobimo izraz za λ po enačbi (25A)

$$\begin{aligned} \lambda &= \{[1 + (a_{geo}/r_D) \cos \beta_D \cos \mu_D]^m - \\ &- 1\} (r_D/a_{geo})/[1 + (a_{geo}/r_D) \cos \beta_D \cos \mu_D]^m \end{aligned} \quad (27A)$$

Pri velikem številu lopat je kvocient a_{geo}/r_D majhen, oba binoma s členom a_{geo}/r_D v zadnji

enačbi zapišemo kot vrsti, ki se končata z linearnim členom. S to poenostavitvijo dobimo za λ izraz

$$\lambda = m \cos \beta_D \cos \mu_D \quad (28 A)$$

in zaradi enačbe (3 A) še

$$\lambda = m \varphi$$

4. Linearizacija binomov s členom ka/R_D

Pri reševanju integralov v enačbah (75) in (79) srečamo člene naslednjih oblik

$$D = [1/(m - 1/k)] [(R_D + ka)^{m-1/k} - R_D^{m-1/k}] \quad (29 A)$$

Izpostavimo R_D in prekinemo binom z linearnim členom

$$D = [R_D^{m-1/k}/(m - 1/k)] [(1 + ka/R_D)^{m-1/k} - 1] \\ D \approx R_D^{m-1-1/k} \cdot ka \quad (30 A)$$

5. Dokaz za prehod splošnejše rešitve minimalnega števila lopat po enačbi (100) v posebno rešitev po enačbi (58,2)

Prehod od aksialno radialnega rotorja z zakrivljenimi lopatami k radialnemu rotorju z ravnimi in vzporednimi lopatami je mogoč kot poseben primer le pri neskončno velikem številu lopat. V splošni rešitvi za minimalno število lopat po enačbi (98) upoštevamo zato le prva dva člena na desni strani, z najvišjima potencama z . Tako dobimo v ravnem kanalu z vzporednima stenama v primeru $\zeta = 1$ (tako smo obravnavali tudi enačbo (58,2)) naslednji izraz za minimalno število lopat (enačba 98)

$$z = -2 f (B_2/B_1) \quad (31 A)$$

V takem kanalu je $ds = \text{const}$ in zato je $ds = ds_D$ ter po enačbi (85)

$$r = 0 \quad (32 A)$$

in tudi

$$\gamma = 0 \quad (33 A)$$

$$\lambda = 0 \quad (34 A)$$

Iz enačbe (90,2) izhaja

$$B_2 = -(1/2) \varphi \cos \beta_D \quad (35 A)$$

Z f po enačbi (96) in β_1 iz enačbe (90,1) dobimo z iz enačbe (31 A)

$$z = 2 \cdot 2 \pi \sin \beta_D \varphi (\cos \beta_D/2) / [c_m/(U \sin \beta_D) - \cos \beta_D] \quad (36 A)$$

Upoštevajmo, da je v radialnem rotorju $\mu_D = 0$ in še enačbo (3 A)

$$\varphi = \cos \beta_D \quad (37 A)$$

Minimalno število lopat je potemtakem

$$z = \pi \sin 2 \beta_D / [2 (c_m/U) / \sin 2 \beta_D - 1] \quad (38 A)$$

kar ustreza neposredno izračunanemu izrazu (58,2), če upoštevamo enačaj in postavimo $\beta = \beta_D$.

OZNAČBE

Dimenzija

a	— širina toka v rotirajočem lopatičnem kanalu, pri kateri ima akcija ekstremno vrednost	L
a_{geo}	— geometrična širina lopatičnega kanala	L
A	— koeficient hitrosti po enačbi (72)	T^{-1}
B_i	— koeficient pri x^* v polinomu brezdimenzijske akcije	
B	— koeficient hitrosti po enačbi (73)	
b	— višina kanala, razdalja med notranjim in zunanjim vencem	L
c	— vektor absolutne hitrosti	LT^{-1}
c	— velikost absolutne hitrosti	LT^{-1}
c_m	— meridianska komponenta absolutne hitrosti	LT^{-1}
f	— $2 \pi \sin \beta_D$	
F	— sila	MLT^{-2}
i°	— vektorska enota v aksialni smeri x	L
j°	— vektorska enota v radialni smeri r ; vrti se s konstantno kotno hitrostjo	L
k°	— vektorska enota v tangencialni smeri φ , vrti se s konstantno kotno hitrostjo	L
K	— koeficient hitrosti po enačbi (78)	LT^{-1}
L	— Lagrangeva funkcija v absolutnem toku	ML^2T^{-2}
n	— ločna dolžina na normali k relativni tokovnici; leži na osno simetrični tokovni ploskvi in jo merimo od tlačne strani kanala	L
m	— masa	M
p	— tlak	$ML^{-1}T^{-2}$
ΔQ	— volumenski tok, pretok skozi lopatični kanal	L^3T^{-1}
r	— osna razdalja	L
R	— radij ukrivljenosti relativne tokovnice	L
s	— ločna dolžina relativne tokovnice	L
ds	— vektor loka na relativni tokovnici	L
ds	— ločni element relativne tokovnice	L
t	— čas	T
T	— kinetična energija absolutnega in relativnega toka	ML^2T^{-2}
V	— prostornina	L^3
w	— vektor relativne hitrosti	LT^{-1}
w	— velikost relativne hitrosti	LT^{-1}
U	— velikost obodne hitrosti	LT^{-1}
W	— Hamiltonova akcija	ML^2T^{-1}
W^*	— $= W/\varrho$	L^5T^{-1}

x	— krajevni vektor	L
y	— brezdimenzijska akcija prečne plasti v lopatičnem kanalu	
x^*	— $=a/r_D$, relativna širina toka	
z	— število lopat, minimalno število lopat	
β	— ostri kot med relativno tokovnico in obodno smerjo	
γ	— strmina $\cos \beta$ vzdolž normale n	
δ	— znak za variacijo	
δ^*	— debelina mrtve vode	L
ζ	— zožitev kanala zaradi končne debeline lopat	
λ	— strmina višine kanala vzdolž normale	
μ	— naklon meridianske tokovnice k radiju	
ν	— strmina kvadrata debeline d_s prečne plasti v kanalu, ki seka tokovnice pravokotno	
ρ	— gostota fluida	ML^{-3}
φ	— strmina osne razdalje vzdolž normale	
φ^*	— obodni kot	
Φ	— potencial sil	ML^2T^{-2}
ψ	— strmina $\cos \mu$ vzdolž normale n	
Ψ	— potencialni del Lagrangeove funkcije v relativnem sistemu	ML^2T^{-2}
ω	— kotna hitrost rotorja	T^{-1}

Indeksi

D	— tlačna stran kanala
S	— sesalna stran kanala
M	— srednja vrednost, poprečje
1	— pripada prvi lopati
2	— pripada drugi lopati
n_1	— prva normala
n_2	— druga normala
B_1	— pripada točki B_1
r	— radialna smer
u	— obodna smer

LITERATURA

- [1] Strscheletzky, M., Kinetisches Gleichgewicht der Innenströmung inkompressibler Flüssigkeiten, VDI Fortschrittsberichte Reihe 7 Nr. 21 1967.
 - [2] Strscheletzky, M., Über Gleichgewichtsformen der freien Begrenzungen von Strömungen inkompressibler Flüssigkeiten, VDI Zeitschrift, Bd 106 (1964) Nr. 9 und 10.
 - [3] Baule, B., Die Mathematik des Naturforschers und Ingenieurs. Band V. Variationsrechnung. Hirzel, Leipzig 1950.
 - [4] Raabe, J., Hydraulische Maschinen und Anlagen, Teil 1, Grundlagen der hydraulischen Strömungsmaschinen, VDI Verlag Düsseldorf 1970.
 - [5] Fischer, K., Untersuchung der Strömung in einer Zentrifugalpumpe. Mitt. d. Hydr. Instituts TH München Bd 4 (1931).
 - [6] Stieß, W., Über die Relativströmung an einem Pumpen-Laufrad von großem Radienverhältnis. Mitt. Inst. f. Strömungsforschung TH Karlsruhe 3 (1933).
- Avtorjev naslov: Prof. Dr.-Ing. Joachim Raabe, 8023 Pullach/Isar, Sonnenstrasse 1
mag. Marin Bajd, dipl. ing. fiz. Institut za turbinske stroje 61210 Ljubljana-Sentvid, Rovšnikova 7
- Prevod v slovenščino:

POPRAVEK

V članku F. Kosela »Reševanje stabilnosti sten z uporabo funkcij kompleksne spremenljivke«, ki smo ga objavili v št. 1—2, se mora enačba (9) na strani 9 glasiti pravilno:

$$w_{\zeta\bar{\zeta}\bar{\zeta}} |\omega'(\zeta)|^2 - w_{\zeta\bar{\zeta}} \omega'(\zeta) \overline{\omega''(\zeta)} - w_{\zeta\bar{\zeta}} \overline{\omega'(\zeta)} \omega''(\zeta) + w_{\zeta\bar{\zeta}} |\omega''(\zeta)|^2 + \frac{h}{16D} \left(-2 w_{\zeta\bar{\zeta}} \beta_2(\zeta) |\omega'(\zeta)|^4 + \right. \\ \left. + w_{\zeta\bar{\zeta}} a_2(\zeta) |\omega'(\zeta)|^2 \overline{\omega'^2(\zeta)} + w_{\zeta\bar{\zeta}} a_2(\zeta) |\omega'(\zeta)|^2 \omega'^2(\zeta) - w_{\zeta\bar{\zeta}} a_2(\zeta) \omega'(\zeta) \overline{\omega'^3(\zeta)} - w_{\zeta\bar{\zeta}} a_2(\zeta) \overline{\omega'(\zeta)} \omega'^3(\zeta) + \frac{1}{h} q_1(\zeta, \bar{\zeta}) \right) = 0$$

POROČILO

UDK 658.382.3

O PROUČEVANJU ZMANJŠANJA NEZGOD PRI DELU V INDUSTRIJSKI PROIZVODNJI

Prispevek k razpravi

V zborniku »IX. svetovanje proizvodnog mašinstva« (Niš, 1974) je objavljen tudi referat S. Kerkez: *Neka razmatranja mogućnosti smanjenja povreda*. V tem sestavku navaja avtor več statističnih rezultatov, iz katerih je razvidno, da je mogoče s primernimi ukrepi zmanjšati število in težo nezgod pri delu v industrijskih podjetjih. Tako je tudi mnogo delovnih organizacij prispevalo svoj delež k zmanjšanju nesreč. V sklepih pa navaja avtor nekaj težko sprejemljivih zahtev, ki jih želimo razložiti.

V srednjih šolah namreč ni mogoče povsod vpeljati enotnega predmeta — zaščito pri delu. Le v strokovnih šolah je mogoče in potrebno poučevati dijake o varnosti pri delu, predvsem v okviru njihove stroke.

Na višjih in visokih šolah novega predmeta prav tako ni mogoče vpeljati, bilo bi pa potrebno, da se pri vsakem strokovnem predmetu posveti pozornost tudi varnosti pri delu.

Pač pa bi uspešnejše objavljane prispevkov s področja zaščite lahko imelo poseben pomen. Treba bi bilo čimprej napisati ali prevesti primerne učbenike. Tako bi omogočili vsem delavcem v industriji strokovno izpopolnjevanje z individualnim študijem, ki bi bilo lahko uspešnejše od čistega klasičnega šolanja. Seveda je treba upoštevati poprejšnjo izobrazbo posameznika in knjigo prilagoditi bralcu. Občasni seminarji in preverjanje znanja, pridobljenega tudi z individualnim študijem, bi takšno izobraževanje pospešili in ovrednotili. Za delavce z nizko kvalifikacijo bi bila potrebna zato tudi finančna spodbuda.

Za posamezne stroke bi bilo treba izobraziti ožje specialiste, ki bi lahko svetovali podjetjem pri reševanju problemov. Ker pa je za posamezno majhno podjetje večkrat težko redno namestiti takega specialista, bi lahko rešili to z združevanjem sredstev ali z namestitvijo pri združenju podjetij enake stroke (morda tudi pri Gospodarski zbornici).

S temi pripombami sem želel samo dopolniti sklepe omenjenega referata tako, da bi bili njegovi predlogi lahko uresničeni v naših podjetjih in šolah.

F. Roethel