

Obliczamy lub zakładamy dane potrzebne do wyznaczenia prędkości unoszenia u_2 , a mianowicie:

- 1) sprawność hydrauliczną wyznaczamy z wzoru *Lomakina* [II, 60b]

$$1 - \eta_h = \frac{0,42}{(\lg d_{1red} - 0,172)^2}$$

Zredukowana średnica wlotu

$$d_{1red} = 4 \cdot 10^3 \sqrt[3]{\frac{Q}{n}} = 4 \cdot 10^3 \sqrt[3]{\frac{0,15}{1470}} \approx 185 \text{ mm}$$

stąd

$$1 - \eta_h = \frac{0,42}{(\lg 185 - 0,172)^2} = 1 - 0,96 \quad \eta_h = 0,904 \approx 0,90$$

Teoretyczna wysokość podnoszenia

$$H_{th} = \frac{13,7}{0,90} = 15,25 \text{ m}$$

- 2) $c_{m2} = K_{cm2} \sqrt{2gH}$, $n_{sQ} = 78,2$ współczynnik $K_{cm2} = 0,22$ (rys. VI/3); wobec czego

$$c_{m2} = 0,22 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 13,7} = 3,61 \text{ m/s;}$$

- 3) zakładamy dla środkowej linii prądu $\angle 22^\circ 00'$;

- 4) poprawkę *Pfleiderera* przynajmujemy $1 + p = 1,4$;

- 5) zakładamy, że woda dopływa do wirnika bez zawirowania, tj. $c_{u1}u_1 = 0$.

Z wzoru [IV,14] prędkość unoszenia

$$u_2 = \frac{3,61}{2 \operatorname{tg}(22^\circ)} + \sqrt{\left(\frac{3,61}{2 \operatorname{tg}(22^\circ)}\right)^2 + 9,81 \cdot 15,25 \cdot 1,4} = 4,57 +$$

$$+ \sqrt{19,5 + 209} = 4,57 + 15,15 = 19,62 \text{ m/s, skąd}$$

$$d_2 = \frac{60 \cdot 19,62}{1470 \cdot 3,14} \approx 0,225 \text{ m.}$$

Szerokość wirnika b_2

Zakładamy współczynnik przesłonięcia wyloty $\phi_2 = 1,1$; zatem przekrój wylotowy

$$F'_2 = \frac{0,158}{3,61} \cdot 1,1 = 0,0482 \text{ m}^2. \text{ Szerokość } b_2 = \frac{0,0482}{\pi \cdot 0,256} = 0,061 \approx 62 \text{ mm. Obecnie możemy}$$

zaprojektować profil wirnika, wyznaczyć linie prądu i sprawdzić, czy przyjęte założenia będą słuszne.

Dla środkowej strugi A_1A_2 (rys. 4a) średnica $d_{A1} = 0,178 \text{ m}$, a prędkość obwodowa

$$u_{A1} = \frac{\pi \cdot 0,178 \cdot 1470}{60} = 13,60 \text{ m/s; } \operatorname{tg}(\beta_{A1}) = \frac{C_{m1}}{u_{A1}} = \frac{4,33}{13,60} = 0,319 \text{ i } \angle \beta_{A1} = 17^\circ 42'.$$

Przyjmujemy kąt natarcia $\delta_1 = 3^\circ 00'$, tak iż $\angle \beta_{A1} = 17^\circ 42' + 3^\circ 00' \approx 20^\circ 45'$

Ze względu na stosunkowo wysoką wartość n_{sQ} wykonamy wirnik otwarty; wobec tego ze względu na wytrzymałość – należy dać łopatki grubsze niż dla wirnika zamkniętego. Przyjmujemy 4 łopatki o grubości $s = 7 \text{ mm}$ na krawędzi wlotowej. Wirnik będzie wykonany z żeliwa.

Sprawdzimy obecnie wg wzoru [VII/4] zacieśnienie wlotu przez łopatki:

$$\frac{1}{\phi'_1} = 1 - \frac{s_1}{t_1} \sqrt{1 + \frac{\operatorname{ctg}^2(\beta'_1)}{\sin^2(\lambda_1)}}; \quad t_{11} = \frac{178\pi}{4} = 140 \text{ mm} \quad \angle \beta'_1 = 20^\circ 45'.$$

Z wstępnego szkicu wirnika $\angle \lambda_1 \approx 58^\circ 00'$. Po podstawieniu znajdziemy

$$\frac{1}{\phi'_1} = 1 - \frac{7}{140} \sqrt{1 + \frac{2,64^2}{0,848^2}} = 0,836, \quad \text{skąd } \phi'_1 = \frac{1}{0,836} \approx 1,2$$

tj. zgodnie z założeniem.

Obliczenie kąta nachylenia łopatek na wlocie β_1

Wirnik dzielimy na 4 elementarne wirniki o jednakowej wydajności, przy czym prędkość południkową c_{m1} obliczona dla środkowej linii prądu przyjmujemy stałą dla wszystkich linii prądu, po uwzględnieniu kąta natarcia δ_1 , tj.

$$c_{m1} = u_{A1} \operatorname{tg}(\beta'_1 + \delta_1) = 13,6 \operatorname{tg}(20^\circ 45') = 5,15 \text{ m/s.}$$

Obliczenie przeprowadzamy tabelarycznie.

Linia prądu	Średnica d_1 m	u_1 m/s	c'_{m1} m/s	$\operatorname{tg}(\beta_1) = c_m/u_1$	$\angle \beta'_1$	$w_1 = \frac{c'_{m1}}{\sin(\beta'_1)}$
B_1B_2	0,245	18,75	5,15	0,275	$15^\circ 20'$	19,50
C_1C_2	0,215	16,45	5,15	0,313	$17^\circ 23'$	17,25
A_1A_2	0,178	13,60	5,15	0,380	$20^\circ 45'$	14,60
D_1D_2	0,134	10,25	5,15	0,503	$26^\circ 43'$	11,47
E_1E_2	0,070	5,35	5,15	0,963	$43^\circ 55'$	7,43

Obliczenie kątów β_2 nachylenia łopatek na wylocie

Momenty statyczne poszczególnych linii prądu są następujące: $M_{st}(B_1B_2) = 0,0115 \text{ m}^2$; $M_{st}(C_1C_2) = 0,0105 \text{ m}^2$; $M_{st}(A_1A_2) = 0,0113 \text{ m}^2$; $M_{st}(D_1D_2) = 0,0105 \text{ m}^2$; $M_{st}(E_1E_2) = 0,0095 \text{ m}^2$.

Sprawdzimy przyjętą liczbę łopatek wg wzoru

$$Z \approx 13 \frac{r_m}{e} \sin\left(\frac{\beta_1 + \beta_2}{2}\right); \text{ dla środkowej linii prądu } r_m = 100 \text{ mm, } e = 112 \text{ mm, } \angle \beta'_1 = 20^\circ 45',$$

$\angle \beta'_1 = 22^\circ 00'$. Po podstawieniu znajdziemy $Z = 13 \frac{100}{112} \sin\left(\frac{22^\circ 00' + 22^\circ 00'}{2}\right) \approx 4,2$ – bliskie założonej wartości $Z = 4$; nie byłoby jednak błędem przyjęcie $Z = 5$.

Sprawdzimy przesłonięcie wloty wirnika przez łopatki dla środkowej linii prądu A_1A_2 ;

$$t_2 = \frac{255\pi}{4} \approx 200 \text{ mm; grubość łopatki } s = 7 \text{ mm;}$$

$$s_{u2} = \frac{7}{\sin(22^\circ)} = 18,7 \text{ mm} \quad \phi_2 = \frac{t_2}{t_2 - s_{u2}} = \frac{200}{200 - 18,7} = 1,103,$$

bliskie założonej wartości $\phi_2 = 1,1$. Przyjmujemy $\phi_2 = 1,103$ dla wszystkich linii prądu.

Według zaprojektowanego profilu wirnika obliczamy jego przekrój wylotowy, jako sumę przekrojów wirników elementarnych:

$$F_2 = 2\pi(1,4 \cdot 13,6 + 1,55 \cdot 13,05 + 1,67 \cdot 12,5 + 1,8 \cdot 11,8) = 510,7 \text{ cm}^2 = 0,05107 \text{ m}^2$$

$$\text{Swobodny przekrój wylotowy } F'_2 = \frac{0,05107}{1,103} = 0,0463 \text{ m}^2. \text{ Prędkość merydionalna u wylotu}$$

$$c_{m2} = \frac{0,158}{0,0463} = 3,42 \text{ m/s} \text{ zamiast wartości } c_{m2} = 3,61 \text{ m/2 obliczonej wg wartości współczynnika}$$

K_{cm2} . Różnica w prędkości wynosi zaledwie 3,0%, wobec czego nie przeprowadzamy korekty profilu wirnika.

Prędkość $c_{m2} = 3,42 \text{ m/s}$ przyjmujemy jako stałą wzdłuż wylotowej krawędzi łopatki; krzywizna bowiem linii prądu jest łagodna.

Poprawkę Pfleiderera dla każdej linii prądu obliczymy z wzory [III, 62] $p = \frac{r'_z \psi'}{z M_{st}}$, gdzie $\psi' = (1,0 \div 1,2)(1 + \sin(\beta_2))r_1/r_2$.

Np. dla środkowej linii prądu A_1A_2 :

$$\psi' = (1,0 \div 1,2)(1 + \sin(22^\circ)) \frac{89}{128} = 0,96 \div 1,15.$$