

Zwykle kąt wylotowy łopatki $\alpha_s = 90^\circ$, ale ze względu na skończoną liczbę łopatek, co może spowodować niezupełną przemianę składowej c_u na ciśnienie, stosuje się niekiedy przecięcie łopatki po kątem $4 \div 6^\circ$, czyli kąt $\alpha_s = 94 \div 96^\circ$.

Obliczenia kątów prowadzimy dla każdej linii prądu.

W celu wyznaczenia powierzchni przestrzennej łopatki stosujemy metodę odwzorowania konforemnego, przy czym linie prądu w rozwinięciu cylindrycznym są najczęściej łukami kół.

Poprawność zaprojektowanych powierzchni sprawdzamy prowadząc przekroje modelarskie płaszczyznami prostopadłymi do osi pompy. Przyjmujemy na łopatki profile aerodynamiczne symetryczne, a częściej zakładamy stałą grubość łopatki ze względów technologicznych.

Przykład obliczania i projektowania kierownicy śmigłowej podano w rozdz. 13.

15.9. Przykład obliczenia kierownicy odśrodkowej łopatkowej

Parametry pracy jednostopniowej pompy odśrodkowej, w której zastosowano kierownicę łopatkową (ze względu na dużą wysokość podnoszenia oraz w celu otrzymania większych przekrojów kanału zbiorczego spiralnego, co znacznie wpłynie na zmniejszenie strat przepływu), są następujące:

$Q = 0,01333 \text{ m}^3/\text{h}$, $H = 80 \text{ m}$, $n = 4500 \text{ obr/min}$, $\eta = 0,67$, $\eta_h = 0,835$. Dane dotyczące wirnika: $d_2 = 170 \text{ mm}$, $b_2 = 8 \text{ mm}$, $\beta_2 = 36^\circ$, $Z = 6$. Przyjęte dane dotyczące kierownicy: $Z_k = 8$, średnica wlotu na łopatki $d_4 = 174 \text{ mm}$, średnica wylotu $d_5 = 230 \text{ mm}$, grubość łopatki na wlocie $s_1 = 2 \text{ mm}$, $n_{sQ} = 19,4$.

Prędkość południkowa po wypływie z łopatek wirnika wynosi

$$c'_{m3} = \frac{Q}{\pi d_2 b_2} = \frac{0,01333}{\pi \cdot 0,17 \cdot 0,008} = 3,12 \text{ m/s}$$

Prędkość obwodowa na wypływie z wirnika

$$u_2 = \frac{\pi d_2 n}{60} = \frac{\pi \cdot 0,17 \cdot 4500}{60} = 40,05 \text{ m/s}$$

Składowa obwodowa c_{u3} prędkości bezwzględnej na wylocie

$$c_{u3} = \frac{gH}{\eta_h u_2} = \frac{9,81 \cdot 80}{0,835 \cdot 40,05} = 23,46 \text{ m/s}$$

Kąt pochylenia prędkości bezwzględnej α'_3 po wypływie z wirnika

$$\operatorname{tg} \alpha'_3 = \frac{c'_{m3}}{c_{u3}} = \frac{3,12}{23,46} = 0,133, \quad \alpha'_3 = 7,6^\circ$$

Składowa obwodowa na wlocie na łopatkę kierowniczą

$$c_{u4} = \frac{r_2 c_{u3}}{r_4} = \frac{85 \cdot 23,46}{87} = 22,93 \text{ m/s}$$

Zatem kąt pochylenia prędkości bezwzględnej α'_3 przed wlotem na łopatkę kierownicze oblicza się z zależności

$$\operatorname{tg} \alpha'_3 = \frac{c'_{m3}}{c_{u4}} = \frac{3,12}{22,92} = 0,136; \quad \alpha'_3 = 7,75^\circ$$

Zakładając współczynnik przesłonięcia wlotu $\varphi_4 = 1,15$ oraz współczynnik kontrakcji $\kappa_4 = 1,5$, obliczymy kąt nachylenia łopatkę na wlocie α_4 z zależności

$$\operatorname{tg} \alpha_4 = \kappa_4 \varphi_4 \operatorname{tg} \alpha'_3 = 1,5 \cdot 1,15 \cdot 0,136 = 0,2346 \quad \alpha_4 = 13,2^\circ$$

Sprawdzimy wartość współczynnika

$$\varphi_4 = \frac{\pi d_4}{\pi d_4 - \frac{Z_k s}{\sin \alpha_4}} = \frac{\pi \cdot 174}{\pi \cdot 174 - \frac{8 \cdot 2}{\sin 13,2}} = 1,147$$

zatem wartość φ_4 jest bliska założonej.

W otwartym obszarze kanału międzyłopatkowego (EFG, rys. 15.10) kształt łopatkę powinien być zgodny z linią prądu, określoną równaniem (15.29)

$$\vartheta = \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha_4} \ln \frac{r}{r_4} = \frac{1}{\operatorname{tg} 13,2^\circ} \ln \frac{r}{0,087} = 4,26 \ln \frac{r}{0,087}$$

Wyniki obliczeń dla kilku punktów podano w postaci zestawienia:

r m	ϑ rad	ϑ °	r m	ϑ rad	ϑ °
0,0870	0,0	0,0	0,0975	0,4854	27,81
0,0900	0,1444	8,274	0,1000	0,5932	33,99
0,0925	0,2611	14,96	0,1025	0,6984	40,02
0,0950	0,3747	21,47	0,1050	0,8011	45,89

Obliczone punkty określają krzywiznę łopatkę w części otwartej. Dla ułatwienia technologii wykonania modelu krzywiznę zastąpiono łukiem koła R93 (rys. 15.18).

Pole przekroju wlotowego kanału międzyłopatkowego określa wzór (15.32)

$$A_4 = \frac{A_{360}}{Z_k}$$

Prędkość przepływu w przekroju wlotowym

$$c_{sp} = K_{c\,sp} \sqrt{2gH} = 0,45 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 80} = 17,82 \text{ m/s}$$

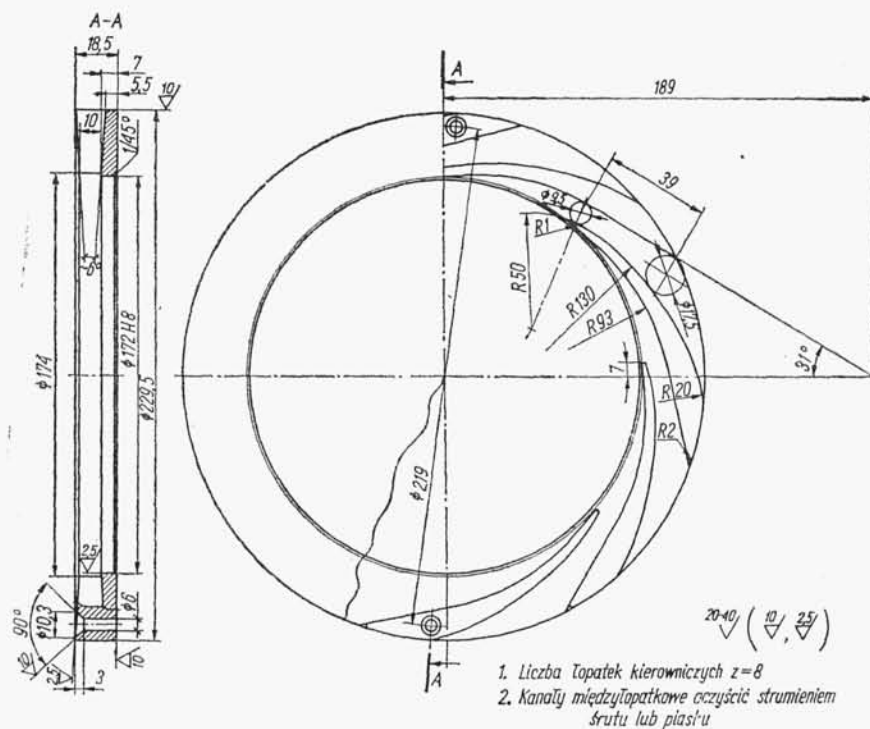
gdzie współczynnik $K_{c\,sp}$ odczytano z wykresu na rys. 15.6, dla $n_{sQ} = 19,4$.

Zatem

$$A_{360} = \frac{Q}{c_{sp}} = \frac{0,0133}{17,82} = 0,000748 \text{ m}^2$$

zaś

$$A_4 = \frac{0,000748}{8} = 0,0000935 \text{ m}^2 = 0,935 \text{ cm}^2$$



Rys. 15.18. Kierownica pompy odśrodkowej; $Q = 48 \text{ m}^3/\text{h}$, $H = 80 \text{ m}$, $n = 4500 \text{ obr/min}$ (dotyczy charakterystyki na rys. 15.13)

Przy przyjętej szerokości na wlocie $b_4 = 10 \text{ mm}$ (rys. 15.18)

$$a_4 = A_4/b_4 = 0,935/1 \cong 0,94 \text{ cm} = 9,4 \text{ mm}$$

Przyjęto $a_4 = 9,5 \text{ mm}$.

Na wylocie z kanału międzyłopatkowego przyjęto wymiary

$$a_5 = 17,5 \text{ mm}, \quad b_5 = 13 \text{ mm}$$

Przekrój wylotowy wynosi

$$A_5 = a_5 b_5 = 17,5 \cdot 13 = 227,5 \text{ mm}^2 = 0,0002275 \text{ m}^2$$

Prędkość wypływu

$$c_5 = \frac{Q}{Z_k A_5} = \frac{0,01333}{8 \cdot 0,0002275} = 7,32 \text{ m/s}$$

Przyjęto kształt łopatek kierowniczych jak na rys. 15.18.

Zmierzony kąt nachylenia prędkości bezwzględnej α_5 do kierunku obwodowego wynosi teoretycznie 31° .

Składowa prędkości wypływu

$$c_{u5} = c_5 \cos \alpha_5 = 7,32 \cos 31^\circ = 6,27 \text{ m/s}$$

Prędkość południkowa

$$c_{m5} = c_5 \sin \alpha_5 = 7,32 \sin 31^\circ = 3,77 \text{ m/s}$$

Wskutek odchylenia strumienia wywołanego zawirowaniem międzyłatkowym kąt α_5 zmniejszy się do α_6 .

Według wzoru (15.33) rzeczywista składowa obwodowa c_{u6} wyniesie

$$c_{u6} = \frac{1}{1+p_k} \left(c_{u5} + p_k \frac{r_2}{r_5} c_{u3} \right)$$

przy czym

$$p_k = \frac{\psi_k r_5^2}{Z_k M_{st}}$$

gdzie ψ_k przyjmiemy równe 0,9.

Ponieważ

$$M_{st} = \frac{1}{2} (r_5^2 - r_4^2) = \frac{1}{2} (0,115^2 - 0,087^2) = 0,002828 \text{ m}^2$$

zatem

$$p_k = \frac{0,9 \cdot 0,115^2}{8 \cdot 0,002828} = 0,526$$

oraz

$$c_{u6} = \frac{1}{1+0,526} \left(6,27 + 0,526 \frac{0,085}{0,115} 23,46 \right) = 10,08 \text{ m/s}$$

zaś

$$\operatorname{tg} \alpha_6 = \frac{c_{m5}}{c_{u6}} = \frac{3,77}{10,08} = 0,374; \quad \alpha_6 = 20,5^\circ$$

Kąt rozwarcia kanału międzyłatkowego $\delta/2$

$$\operatorname{tg} \delta/2 = \frac{a_5 - a_4}{2l} = \frac{17,5 - 9,4}{2 \cdot 39} = 0,1038$$

gdzie l — średnia długość kanału międzyłatkowego wg rys. 15.18,

zatem $\delta/2 = 5,9^\circ$.

Wartość ta nie przekroczy dopuszczalnej wg rys. 15.8.