

W przypadku trójkąta prędkości *AML* składowa obwodowa $c_{u2} = 0$, zatem $H_{th\infty} = 0$ (zgodnie ze wzorem 11.2). Jest to graniczna wartość kąta $\beta_2 = \beta_{2min}$.

Przy wzroście kąta β_2 otrzymamy w następnym przypadku trójkąt *BML*, w którym $\beta_2 < 90^\circ$. Całkowita wysokość podnoszenia $H_{th\infty}$ ma pewną wartość, na którą składają się dynamiczna wysokość podnoszenia $H_{dyn\infty}$ i potencjalna $H_{p\infty}$.

W punkcie *C* mamy przypadek szczególny, w którym $\beta_2 = 90^\circ$, zatem $c_{u2} = u_2$, wtedy $H_{th\infty} = u_2^2/g$

$$H_{dyn\infty} = \frac{c_2^2 - c_1^2}{2g} \approx \frac{c_2^2 - c_{m2}^2}{2g} \approx \frac{c_{u2}^2}{2g} \approx \frac{u_2^2}{2g} \quad (11.54)$$

więc

$$H_{p\infty} = H_{th\infty} - H_{dyn\infty} = u_2^2/g - u_2^2/2g = u_2^2/2g = H_{dyn\infty} \quad (11.55)$$

W punkcie *D* kąt $\beta_2 > 90^\circ$, $\tan \beta_2$ ma wartość ujemną i równanie (11.53) przyjmie postać

$$H_{th\infty} = \frac{1}{g} \left(u_2^2 + u_2 \frac{c_{m2}}{\tan \beta_2} \right)$$

W punkcie *E*, dobranym tak aby $c_{u2} = 2u_2$, otrzymamy (11.56)

$$H_{th\infty} = \frac{2u_2^2}{g} = H_{dyn\infty}, \quad \text{więc} \quad H_{p\infty} = 0$$

W punkcie tym nie ma przyrostu ciśnienia na wirniku. Całkowita wysokość podnoszenia jest równa przyrostowi wysokości prędkości. Przy dalszym wzroście kąta β_2 mielibyśmy na wirniku zjawisko spadku ciśnienia, gdyż przyrost wysokości prędkości byłby większy od całkowitej wysokości podnoszenia: $H_{dyn\infty} > H_{th\infty}$. Oczywiście z powodu dużych strat wynikających z oporu przepływu i bardzo dużego wygięcia łopatek ku przodowi praca wirnika byłaby utrudniona lub wręcz niemożliwa.

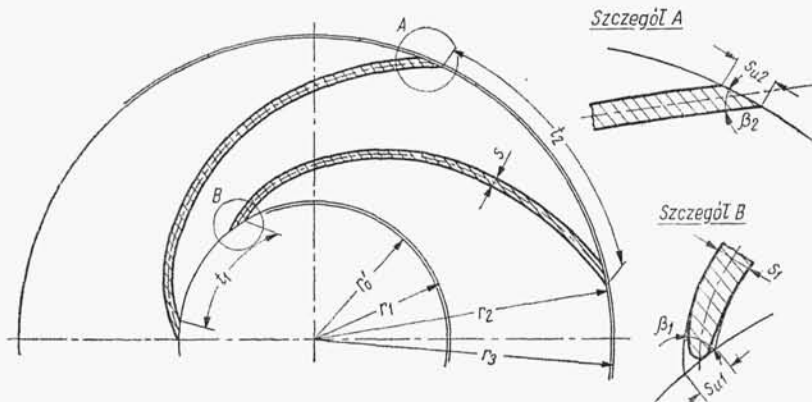
Przy obecnie stosowanych kątach $\beta_2 = 20 \div 40^\circ$ kanały międzyłopatkowe mają kształty zapewniające dużą sprawność hydrauliczną pomp, głównie wskutek mniejszej przemiany energii prędkości w energię ciśnienia po wypływie cieczy z wirnika.

Przy mniejszych kątach β_2 uzyskuje się bardziej strome lecz stabilne charakterystyki, przy większych kątach β_2 charakterystyki są bardziej płaskie, lecz często niestabilne.

11.5. Wpływ skończonej grubości łopatek na kształt pola prądu w wirniku pompy odśrodkowej

11.5.1. Wpływ grubości łopatek na pole prądu na wlocie do wirnika

Grubość łopatek zmienia kształt pola prądu na wlocie i wylocie z wirnika przez zmniejszenie czynnego (netto) przekroju przepływu. Rozpatrzmy przepływ bezpośrednio przed i na wlocie do wirnika oraz na wylocie i bezpośrednio za wylotem z wirnika. Poprowadzimy w tym celu współśrodkowe powierzchnie cylindryczne, o promieniach r_0 i r_3 , okalające wirnik w bezpośredniej jego bliskości (rys. 11.15).



Rys. 11.15. Wpływ grubości łopatki na pole prądu na wirniku

Powierzchnia o promieniu r_1 jest mniejsza od powierzchni o promieniu r'_0 wskutek przesłonięcia jej łopatkami, w wyniku czego składowa południkowa c'_{m0} prędkości bezwzględnej c'_0 zwiększy się do $c_{m1}^{1)}$. Miarą zwiększenia jest stosunek podziałki t_1 do różnicy $t_1 - s_{u1}$, czyli

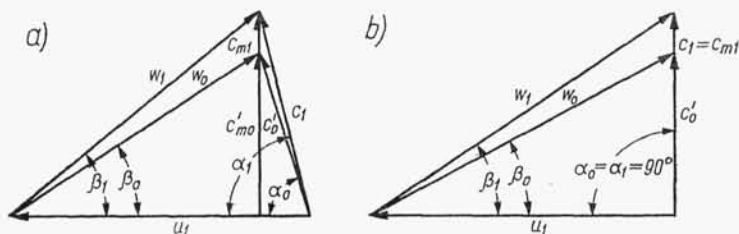
$$c_{m1} = c'_{m0} \varphi_1 = c'_{m0} \frac{t_1}{t_1 - s_{u1}} \quad (11.57)$$

przy czym

$$\varphi_1 = \frac{t_1}{t_1 - s_{u1}} \quad (11.58)$$

$$s_{u1} = \frac{s_1}{\sin \beta'_1} \quad \text{oraz} \quad t_1 = \frac{\pi d_1}{Z} \quad (\text{z rys. 11.15})$$

w przypadku dopływu promieniowego $\alpha_0 = \alpha_1 = 90^\circ$ oraz $c_{m1} = c'_0 \varphi_1 = c_1$.



Rys. 11.16. Wpływ skończonej grubości łopatek na trójkąt prędkości na wlocie na łopatkę: a) przy $\alpha_1 < 90^\circ$, b) przy $\alpha_1 = 90^\circ$

Współczynnik φ_1 ma nazwę *współczynnika przesłonięcia wlotu*. Skończona grubość łopatki na wlocie powoduje więc zwiększenie średniej prędkości południkowej c_{m1} (11.57) przy stosunkowo nieznacznej zmianie pola prądu.

Zmiany prędkości w zależności od grubości łopatek na wlocie do wirnika przedstawiono na rys. 11.16a, b. Z układów prędkości wynika, że występuje tu zwiększenie kąta nachylenia bezwzględnej prędkości z α_0 do α_1 . W celu złagodzenia nagłej

¹⁾ Należy rozróżniać bezwzględną prędkość cieczy c'_0 przed krawędzią wlotową łopatki od bezwzględnej prędkości cieczy c_0 w przekroju wlotowym d_0 wirnika (patrz rys. 11.21).

zmiany prędkości z c_{m0} do c_{m1} stosuje się zaostrenie łopatek na wlocie. Dalsze zmiany na wlocie do wirnika wynikające z zawirowania międzyłopatkowego oraz ze stosowania kąta natarcia δ_1 podano w p. 11.3.6 i na rys. 11.11).

11.5.2. Wpływ skończonej grubości łopatek na pole prądu na wylocie z wirnika

Grubość łopatek na wylocie powoduje również zmianę pola prądu, lecz w odwrotnym kierunku niż na wlocie. Składowa południkowa na wirniku $c_{m2} = c_{m3}$ zmniejszy się do c'_{m3} na podstawie zależności

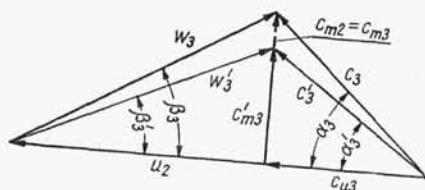
$$c'_{m3} = c_{m2} / \varphi_2 \quad (11.59)$$

przy czym współczynnik przesłonięcia wylotu z wirnika

$$\varphi_2 = \frac{t_2}{s_2 - s_{u2}} \quad (11.60)$$

oraz

$$t_2 = \frac{\pi d_2}{Z}; \quad s_{u2} = \frac{s_2}{\sin \beta_2} \quad (\text{z rys. 11.15})$$



Rys. 11.17
Wpływ skończonej grubości łopatek na trójkąt prędkości na wypływie z wirnika

Na rys. 11.17 przedstawiono zmianę układów prędkości na wylocie z wirnika. Skończona grubość łopatek powoduje zmniejszenie bezwzględnej prędkości z c_2 do c'_3 oraz zmniejszenie jej kąta nachylenia do kierunku obwodowego z α_2 do α'_3 (zmiany z c_2 na c_3 i α_2 na α_3 nastąpiły w wyniku wpływu skończonej liczby łopatek na zawirowanie międzyłopatkowe, co wyjaśniono w p. 11.3.6 oraz na rys. 11.12)

11.6. Wpływ prerotacji na przepływ przez wirnik

Optymalną wysokość podnoszenia pompy, określoną za pomocą równania podstawowego

$$H_{th} = \frac{1}{g} (u_2 c_{u3} - u_1 c_{u1}) \quad (11.61)$$

otrzymamy, gdy drugi wyraz w nawiasie będzie równy zero, co występuje przy $c_{u1} = 0$ oraz $\alpha_1 = 90^\circ$, czyli przy promieniowym kierunku prędkości wlotowej c_1 w wirniku, czemu odpowiada również promieniowy (bez zawirowania) dopływ cieczy do wirnika z prędkością c_0 . Jednak taki rozkład prędkości występuje bardzo rzadko, natomiast w większości przypadków przed wlotem na łopatki wirnika następuje wstępne zawirowanie, czyli prerotacja cieczy.