

13.4.3. Wysokość podnoszenia pompy śmigłowej

Uwzględniając zależność $c_{u3} - c_{u1} = \Delta c_u$ oraz $H_{th} = H/\eta_h$ i wstawiając je do równania (13.2a), otrzymamy

$$H_{th} = \frac{1}{g} u \Delta c_u \quad (13.28)$$

oraz w przypadku $\alpha_1 = 90^\circ$

$$H_{th} = \frac{1}{g} u c_{u3} \quad (13.29)$$

lub wzory określające rzeczywistą wysokość podnoszenia

$$H = \frac{\eta_h}{g} u \Delta c_u \quad (13.30)$$

oraz przy $\alpha_1 = 90^\circ$

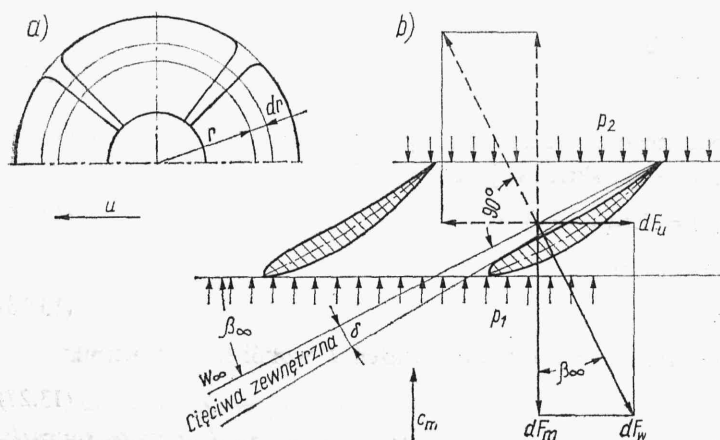
$$H = \frac{\eta_h}{g} u c_{u3} \quad (13.31)$$

13.5. Rozkład sił występujących w palisadzie wirnika

W czasie obrotu wirnika łopatki oddziałują na ciecz, w wyniku czego pompa uzyskuje odpowiednie wartości parametrów pracy Q i H . Wyznamy siły reakcji cieczy na łopatkę.

Rozwinięcie palisady przedstawiono na rys. 13.6. Zakładamy przepływ cieczy doskonałej, pomijając lepkość cieczy i opory hydrauliczne.

Na element łopatki o szerokości dr (rys. 13.6a) i długości podziałki t działa elementarna siła dF_w , jako wypadkowa siły obwodowej dF_u i siły wzdłużnej dF_m .



Rys. 13.6. Rozkład sił w palisadzie przy przepływie cieczy doskonałej

Biorąc pod uwagę niezmiennosc całkowitego ciśnienia przed i za palisadą możemy na podstawie równania D. Bernoulliego wyznaczyć powstałą różnicę ciśnień po obu stronach palisady

$$p_1 + \varrho \frac{w_1^2}{2} = p_2 + \varrho \frac{w_3^2}{2} \quad (13.32)$$

stąd

$$p_2 - p_1 = \varrho \frac{w_1^2 - w_3^2}{2} \quad (13.33)$$

Więc siła dF_m , jako iloczyn ciśnienia i elementarnej powierzchni, wyniesie

$$dF_m = (p_2 - p_1) t dr = \frac{\varrho}{2} (w_1^2 - w_3^2) t dr \quad (13.34)$$

Siłę obwodową dF_u działającą na ciecz wyznaczymy z równania pędu. W kierunku osiowym w czasie 1 s przez rozpatrywany przekrój o wymiarach $t dr$ przepływa elementarna masa cieczy

$$dm = \varrho t dr c_m \quad (13.35)$$

doznając zmiany prędkości w kierunku obwodowym, tzn. w kierunku ruchu łopatk

$$w_{u1} - w_{u3} = c_{u3} - c_{u1} \quad (13.36)$$

więc elementarna siła obwodowa wyniesie

$$dF_u = \varrho t dr c_m (w_{u3} - w_{u1}) \quad (13.37)$$

zaś siła obwodowa oddziaływania cieczy na łopatkę będzie przeciwnie skierowana

$$dF_u = \varrho t dr c_m (w_{u1} - w_{u3}) \quad (13.38)$$

Kąt nachylenia wypadkowej dF_w do kierunku osiowego wyniesie

$$\operatorname{tg} \beta_\infty = \frac{dF_u}{dF_m} = \frac{\varrho t c_m (w_{u1} - w_{u3}) dr}{\frac{\varrho}{2} (w_1^2 - w_3^2) t dr} \quad (13.39)$$

Po podstawieniu do równania (13.39) zależności

$$w_1^2 = c_m^2 + w_{u1}^2 \quad (13.40)$$

$$w_3^2 = c_m^2 + w_{u3}^2 \quad (13.41)$$

$$\frac{w_{u1} + w_{u3}}{2} = w_{u\infty} \quad (13.42)$$

i przeprowadzeniu redukcji otrzymamy

$$\operatorname{tg} \beta_\infty = \frac{dF_u}{dF_m} = \frac{c_m}{w_{u\infty}} \quad (13.43)$$

Siła wypadkowa F_w jest więc prostopadła do kierunku przepływu niezakłóconego, czyli ma kierunek siły nośnej profilu aerodynamicznego (patrz rozdz. 2). Dzięki tej właściwości w aerodynamicznej metodzie projektowania jest możliwe zastoso-

wanie płata nośnego o profilu aerodynamicznym na łopatkę wirnika pompy śmigłowej. Wartość wypadkowej siły dF_w obliczymy z równania

$$dF_w = \sqrt{dF_m^2 + dF_u^2} \quad (13.44)$$

po podstawieniu do tego równania wyrażeń (13.34) i (13.38) i przy uwzględnieniu zależności (13.40), (13.41) i (13.42) otrzymamy

$$dF_w = \varrho t (w_{u1} - w_{u3}) w_\infty dr = \varrho t (c_{u3} - c_{u1}) w_\infty dr \quad (13.45)$$

Na całej długości łopatki (płata nośnego) od r_p do r_z siła oddziaływania cieczy wyniesie

$$F_w = \int_{r_p}^{r_z} \varrho t (c_{u3} - c_{u1}) w_\infty dr = \varrho b t (c_{u3} - c_{u1}) w_\infty \quad (13.46)$$

gdyż $r_z - r_p = b$ jest *rozpiętością płata nośnego* odpowiadającą długości łopatki. Siły oddziaływania łopatki na ciecz są równe siłom obliczonym, lecz przeciwnie skierowane.

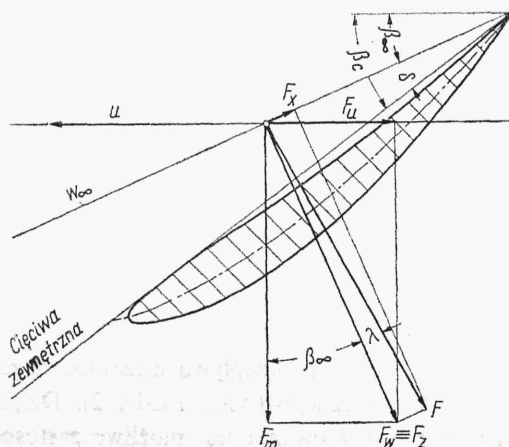
13.6. Zastosowanie płatów nośnych o profilu aerodynamicznym na łopatkę wirnika

Na rys. 13.7 pokazano rozkład sił działających na łopatkę przy zastosowaniu profilu aerodynamicznego. Warunkiem zastosowania właściwego profilu płata nośnego jest równość jego siły nośnej F_z z siłą wypadkową oddziaływania cieczy na łopatkę F_w

$$F_z = F_w \quad (13.47)$$

Ze względu na zmienność rozkładu sił weźmiemy pod uwagę pierścień elementarny o szerokości dr (rys. 13.6). Elementarne natężenie przepływu przez ten pierścień wyniesie

$$dQ = 2\pi r dr c_m = tZ dr c_m \quad (13.48)$$



Rys. 13.7
Rozkład sił działających na łopatkę przy zastosowaniu płata o profilu aerodynamicznym