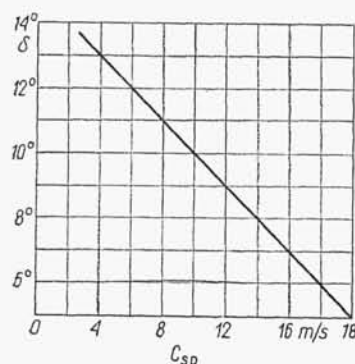


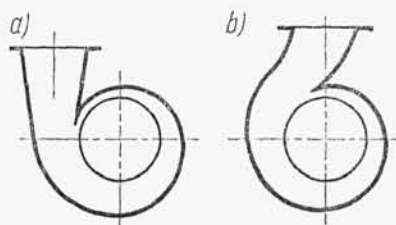
Szerokość  $b_3$  kanałów zbiorczych (rys. 15.2) (niezależnie od ich kształtu) powinna być zawsze większa od szerokości wirnika na wypływie  $b_2$  tak, aby mimo niedokładności odlewu nie wystąpiło przesłonięcie wylotu z wirnika. Większa szerokość  $b_3$  umożliwia ponadto zastosowanie wirników o różnej szerokości danego kanału zbiorczego. Zwykle stosunek  $b_3/b_2 = 1,4 \div 1,8$ .

### 15.3.6. Dyfuzor wylotowy

Z końcowego przekroju kanału zbiorczego ciecz jest kierowana do przekroju króćca wylotowego (tłocznego) za pomocą zamkniętego przewodu, najczęściej w postaci *dyfuzora*. W dyfuzorze następuje dalsza zamiana energii prędkości cieczy na energię ciśnienia. Towarzyszącą temu konieczną zmianą przekrojów dyfuzora od końcowego przekroju (o różnych kształtach) kanału zbiorczego do kołowego przekroju króćca tłocznego powinna zapewnić maksymalną sprawność przepływu. Kąt rozwarcia dyfuzora  $\delta$  nie może być zbyt duży, aby nie następowało odrywanie się strug od ścian. Zależność kąta  $\delta$  od prędkości  $c_{sp}$  w kanale zbiorczym przedstawiono na rys. 15.8.



Rys. 15.8. Wykres  $\delta = f(c_{sp})$  dopuszczalnego kąta rozwarcia dyfuzora wylotowego



Rys. 15.9. Dyfuzory wylotowe: a) styczny do kanału zbiorczego, b) z króćcem tłocznym promieniowym

Dyfuzor może stanowić przedłużenie kanału zbiorczego (rys. 15.9a) lub może mieć wylot skierowany promieniowo (rys. 15.9b). Króciec tłoczny dyfuzora jest najczęściej skierowany pionowo w górę, rzadziej poziomo lub w innym kierunku w zależności od warunków montażowych i konstrukcji pompy.

## 15.4. Przepływ cieczy przez kierownicę odśrodkową

Zamiast kierownicy bezłopatkowej omówionej w p. 15.2 stosuje się *kierownicę łopatkową* nazywaną też *kierownicą odśrodkową*.

W pompach odśrodkowych jednostopniowych o małych wyróżnikach szybkoobrotowości ( $n_{sQ} = 14 \div 16$ ) i wysokości podnoszenia powyżej 100 m w celu zmniejszenia prędkości cieczy stosuje się kierownicę łopatkową, co powoduje zwiększenie przekroju kanału zbiorczego oraz zmniejszenie strat przepływu.

W pompach odśrodkowych wielostopniowych kierownicę łopatkową stosuje się w celu częściowej zamiany energii prędkości cieczy na energię ciśnienia oraz w celu zwiększenia kąta  $\alpha$  nachylenia bezwzględnej prędkości cieczy  $c$  do kierunku obwodowego (dalsze jego zwiększenie aż do  $90^\circ$  — przed wlotem do wirnika następnego stopnia — następuje w dalszych kanałach przewалу i kierownicy dośrodkowej).

#### 15.4.1. Wlot na łopatki kierownicy

Odśrodkowa kierownica łopatkowa (rys. 15.10) składa się z łopatek tworzących rozszerzające się kanały, w których następuje zmniejszenie prędkości cząsteczki cieczy oraz zmiana jej toru. W przypadku kierownicy bezłopatkowej torem cząsteczki byłaby spirala logarytmiczna o stałym kącie nachylenia  $\alpha = \alpha'_3$  (krzywa  $ABC$  na rys. 15.10) wg zależności wyprowadzonych w p. 15.2 (wzór (15.6)). Zadaniem łopatek kierowniczych jest skrócenie toru cząsteczki i zwiększenie kąta  $\alpha$ . W obszarze  $EFG$ , otwartym od strony wirnika, nie możemy oddziaływać na wartość i kierunek prędkości cieczy zgodnie z rozważaniami w p. 15.2. Torem każdej cząsteczki będzie zatem (zgodnie z p. 15.2) spirala logarytmiczna wyrażona za pomocą równania

$$\vartheta \operatorname{tg} \alpha'_3 = \ln \frac{r}{r_2} \quad (15.28)$$

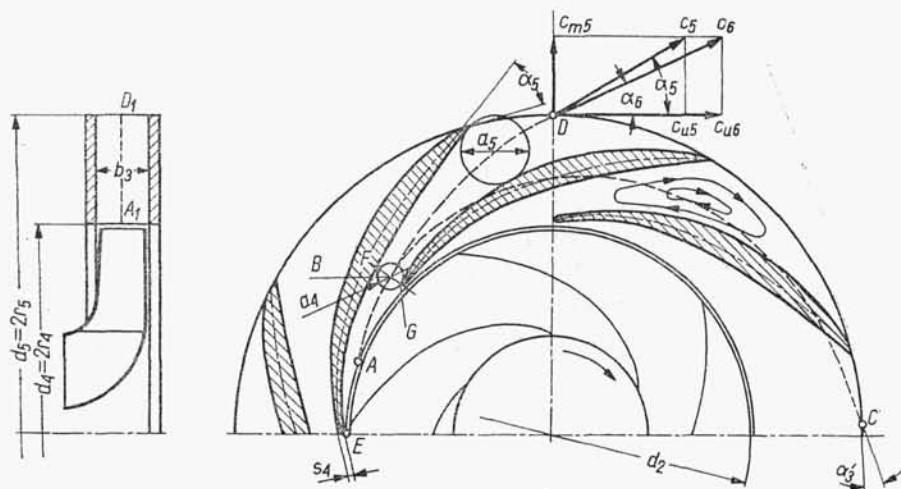
stąd kąt środkowy

$$\vartheta = \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha'_3} \ln \frac{r}{r_2} \quad \text{rad} \quad (15.29)$$

Teoretyczny kształt łopatek od  $E$  do  $F$  powinien mieć krzywiznę określoną równaniem (15.28).

Od przekroju  $FG$  zaczyna się kanał zamknięty i odtąd możemy zmieniać wartość i kierunek prędkości, aż do przekroju wylotowego o szerokości  $a_5$  (tor  $ABD$ ).

Ze względu na zacieśnienie wlotu kierownicy przez łopatki, składowa południ-



Rys. 15.10. Kierownica odśrodkowa łopatkowa

kowa prędkości  $c'_{m3}$  wzrasta do  $c_{m4}$  na wejściu na łopatkę. Przez to ulegnie zwiększeniu kąt nachylenia prędkości bezwzględnej na wejściu z  $\alpha'_3$  do  $\alpha_4$ .

Uwzględniając ponadto nierównomierny rozkład prędkości w przekroju wlotowym do kierownicy oraz pewne wtórne prądy między kierownicą a wirnikiem, jak też wpływ kontrakcji za pomocą doświadczalnego współczynnika  $\kappa_4$ , otrzymamy ostateczne wyrażenie określające kąt  $\alpha_4$  nachylenia łopatki kierowniczej na wlocie

$$\operatorname{tg} \alpha_4 = \kappa_4 \frac{t_4}{t_4 - s_{u4}} \operatorname{tg} \alpha'_3 \quad (15.30)$$

gdzie  $t_4$  podziałka na promieniu  $r_4$ , zaś

$$s_{u4} = \frac{s_4}{\sin \alpha_4} \quad (15.31)$$

oraz  $\frac{t_1}{t_4 - s_{u4}} = \varphi_4$  jest współczynnikiem zacieśnienia wlotu na łopatkę kierownicy.

Wartość współczynnika  $\kappa_4$  zależy od liczby łopatek wirnika  $Z$  oraz kąta wylotowego łopatek. Przy  $Z = 6 \div 12$ ,  $\beta_2 = 30^\circ$  i przy 8 łopatkach kierownicy  $\kappa_4 = 1,25 \div 1,8$ .

Szerokość kanału międzyłopatkowego na wlocie  $a_4$  zależy od liczby łopatek, ich grubości na wlocie  $s_4$  i od kąta nachylenia  $\alpha_4$ , zaś pole tego przekroju wlotowego  $A_4$  (FG na rys. 15.10) powinno mieć kształt zbliżony do kwadratu. Wartość jego można z dostateczną dokładnością obliczyć z zależności

$$A_4 = \frac{A_{360}}{Z_k} \quad (15.32)$$

gdzie  $A_{360} = Q/c_{sp}$ , zaś  $c_{sp} = K_{csp} \sqrt{2gH}$ ,  $Z_k$  — liczba łopatek kierownicy.

#### 15.4.2. Wpływ cieczy z łopatek kierownicy

Teoretycznie kierunek prędkości wylotowej  $c_5$  z kierownicy jest określony kątem linii szkieletowej łopatki na wylocie, ale podobnie jak w wirniku zaznacza się wpływ skończonej liczby łopatek  $Z_k$  na przepływ w kierownicy. Występują tu różnice ciśnień i prędkości po obu stronach łopatki, czyli w kanale międzyłopatkowym, a więc wyrównanie ciśnień i prędkości następuje po wypływie z kierownicy.

Zmienny rozkład prędkości i ciśnienia w kanale międzyłopatkowym powoduje zmniejszenie kąta pochylenia strug na wylocie z  $\alpha_5$  do  $\alpha_6$  (rys. 15.10).

C. Pfeiderer tłumaczył to istnieniem zawirowania w przestrzeni międzyłopatkowej, w kierunku przeciwdziałającym zamierzonemu odchyleniu strug przez łopatkę. Zatem zawirowanie będzie miało kierunek zgodny z obrotem wirnika (choć nie istnieje żaden logiczny związek między nimi!). Otrzymamy rzeczywisty rozkład prędkości, w którym  $c_{u5}$  zwiększy się do  $c_{u6}$ . Rzeczywistą wartość składowej obwodowej  $c_{u6}$  obliczamy z empirycznego wzoru podanego przez C. Pfeiderera

$$c_{u6} = \frac{1}{1 + p_k} \left( c_{u5} + p_k \frac{r_2}{r_5} c_{u3} \right) \quad (15.33)$$

przy czym  $\operatorname{tg} \alpha_6 = c_{m5}/c_{u6}$ . (15.34)

Współczynnik poprawkowy  $p_k$  oblicza się podobnie jak w przypadku wirnika

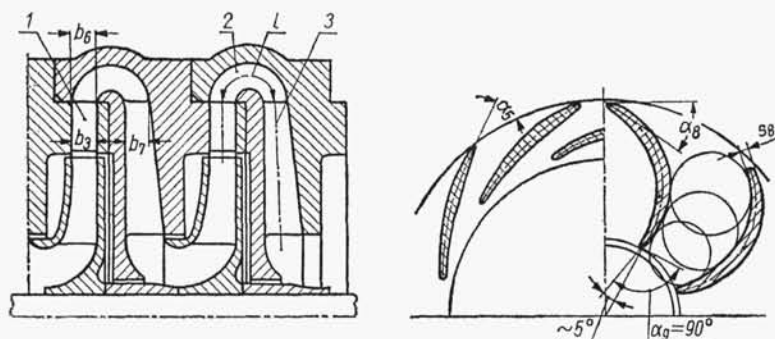
$$p_k = \frac{\psi_k r_s^2}{Z_k M_{st}} \quad (15.35)$$

gdzie:  $M_{st}$  — moment statyczny rzutu cylindrycznego środkowej linii prądu (odcinek  $A_1 D_1$  na rys. 15.10),  $\psi_k$  — współczynnik bezwymiarowy ( $\psi_k = 0,8 \div 1,0$ ).

Przy projektowaniu łopatek kierownicy należy sprawdzić zmienność przekroju kanału międzyłopatkowego od wlotu do wylotu. Pole przekroju powinno wzrastać łagodnie (wykres zmienności powinien być zbliżony do prostej).

## 15.5. Przepływ cieczy przez przewał bezłopatkowy i kierownicę dośrodkową

W wielostopniowych pompach należy ciecz po wypływie z kierownicy odśrodkowej skierować dalej na łopatki kierownicy dośrodkowej (rys. 15.11) za pomocą kanału zwanego *przewalem*. Linie prądu w tej przestrzeni mają kształt śrubowy. Przepływ jest określony zasadą stałego krętu (określenie składowej obwodowej  $c_u$  w dowolnym punkcie) oraz prawem ciągłości przepływu (określenie składowej południkowej  $c_m$ ).



Rys. 15.11. Kierownice z przewalem bezłopatkowym pompy odśrodkowej wielostopniowej; 1 — kierownica odśrodkowa łopatkowa, 2 — przewał, 3 — kierownica dośrodkowa

W przewale występują straty prędkości spowodowane tarcie cieczy o ścianki, zmniejszające składową obwodową  $c_u$ , a przez to zwiększające kąt  $\alpha$  nachylenia bezwzględnej prędkości  $c$  do kierunku obwodowego.

C. Pfleiderer podaje następującą zależność umożliwiającą obliczenie kąta  $\alpha_7$  przed wlotem na łopatki dośrodkowe z uwzględnieniem strat tarcia w przewale bezłopatkowym

$$\operatorname{tg} \alpha_7 = \left( b_6 \operatorname{tg} \alpha_6 + \frac{\lambda}{4} l \right) \frac{1}{b_7} \quad (15.36)$$

gdzie:  $b_6, b_7$  — szerokość na początku i końcu przewалу,  $l$  — długość środkowej linii prądu w przewale w rzucie południkowym,  $\lambda$  — współczynnik oporu przepływu w przewale bezłopatkowym ( $\lambda \approx 0,04$ ).