

## 12.5. Przykład obliczenia i projektowania pompy diagonalnej

Obliczyć i zaprojektować diagonalną pompę w układzie pionowym (rys. 12.23) do podnoszenia wody czystej zimnej o następujących parametrach pracy:  $Q = 3600 \text{ m}^3/\text{h} = 1 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $H = 33 \text{ m}$  i  $n = 983 \text{ obr/min}$ . Pompa jest zanurzona w studni zbiorczej ujęcia podziemnego wodociągu. Ciężar właściwy wody  $\gamma = 10^4 \text{ N/m}^3$ .

### 12.5.1. Obliczenia ogólne

Wyróżnik szybkoobrotowości przy założonej prędkości obrotowej  $n = 983 \text{ obr/min}$  wyniesie

$$n_{sQ} = n Q^{1/2} H^{-3/4} = 983 \cdot 1^{1/2} \cdot 33^{-3/4} = 71,5$$

Zakładamy wstępnie sprawność całkowitą pompy  $\eta = 84\%$  i obliczymy zapotrzebowanie mocy na wale

$$P_w = \frac{\gamma Q H 10^{-3}}{\eta} = \frac{10\,000 \cdot 1 \cdot 33 \cdot 10^{-3}}{0,84} = 396 \text{ kW}$$

Przyjmujemy 10% zapas mocy silnika. Jego moc wyniesie

$$P_s = 1,1 P_w = 1,1 \cdot 396 = 435 \text{ kW}$$

Najbliższy przyjęty silnik elektryczny (z katalogu silników) ma moc 500 kW (zapas mocy z konieczności zbyt duży, co może wpływać ujemnie na stronę elektryczną układu). Minimalna średnica wału przy założeniu  $k_s = 45 \text{ MPa}$  (naprężenia dopuszczalne dla stali 55, z której ma być wykonany wał, są większe, jednak biorąc pod uwagę osłabienie wału przez rowki wpustowe oraz wymaganą jego sztywność, przyjmujemy naprężenia nieco mniejsze)

$$d_{w\min} = \sqrt[3]{\frac{48,6 \cdot 10^6 P_s}{k_s n}} = \sqrt[3]{\frac{48,6 \cdot 10^6 \cdot 500}{45 \cdot 983}} = 81,9 \text{ mm}$$

### 12.5.2. Obliczenie i zaprojektowanie wirnika

Ze względów konstrukcyjnych i wytrzymałościowych przyjmujemy średnicę wału w miejscu osadzenia wirnika  $d_w = 110 \text{ mm}$ .

$$d_p = (1,3 \div 1,4) d_w = 1,36 \cdot 110 = 150 \text{ mm}$$

Średnica wlotu wirnika  $d_0$ .

Prędkość merydionalna (południkowa)  $c_{m1} = K_{cm1} \sqrt{2gH}$ . Dla  $n_{sQ} = 71,5$  współczynnik  $K_{cm1} = 0,25$  (rys. 11.20), zatem  $c_{m1} = 0,25 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 33} = 6,35 \text{ m/s}$ .

Prędkość na wlocie wirnika  $c_0 = \frac{c_{m1}}{\varphi_1}$ .

Zakładamy wstępnie współczynnik przesłonięcia wlotu  $\varphi_1 = 1,2$ , wtedy  $c_0 = \frac{6,35}{1,2} = 5,3 \text{ m/s}$ .

Przyjmujemy sprawność objętościową  $\eta_v = 0,96$ , więc obliczeniowa wydajność pompy wyniesie

$$Q' = \frac{Q}{\eta_v} = \frac{1}{0,96} = 1,04 \text{ m}^3/\text{s}$$

Swobodny przekrój wlotowy

$$A_0 = \frac{Q'}{c_0} = \frac{1,04}{5,3} = 0,1960 \text{ m}^2$$

Pole przekroju piasty

$$A_p = \frac{\pi d_p^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,15^2}{4} = 0,0176 \text{ m}^2$$

Całkowity przekrój wlotowy

$$A'_0 = A_0 + A_p = 0,1960 + 0,0176 = 0,2136 \text{ m}^2$$

oraz średnica wlotu wirnika

$$d_0 = \sqrt{\frac{4A'_0}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,2136}{3,14}} = 0,522 \text{ m}$$

Przyjmujemy  $d_0 = 520 \text{ mm}$ .

Średnica środkowej linii prądu na wlocie wirnika (rys. 12.25)  $A_1 A_2$  wyniesie

$$d_{A1} = \sqrt{\frac{d_0^2 + d_p^2}{2}} = \sqrt{\frac{0,520^2 + 0,150^2}{2}} = 0,383 \text{ m}$$

Prędkość unoszenia (obwodowa)

$$u_{A1} = \frac{\pi d_{A1} n}{60} = \frac{\pi \cdot 0,383 \cdot 983}{60} = 19,7 \text{ m/s}$$

Kąt nachylenia łopatki na tej średnicy

$$\operatorname{tg} \beta_{A1} = \frac{c_{m1}}{u_{A1}} = \frac{6,35}{19,7} = 0,322 \quad \beta_{A1} = 17^\circ 50'$$

Przyjmujemy kąt natarcia  $\delta_1 = 2^\circ 10'$

więc

$$\beta'_{A1} = \beta_{A1} + \delta_1 = 17^\circ 50' + 2^\circ 10' = 20^\circ$$

Następnie wstępnie obliczamy główne wymiary wirnika na wylocie. Ze wzoru A. Łomakina (4.23) sprawność hydrauliczna

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

przy czym

$$d_{1red} = (4,0 \div 4,5) \cdot 10^3 \sqrt[3]{\frac{Q}{n}} = 4,2 \cdot 10^3 \sqrt[3]{1/983} = 423 \text{ mm}$$

oraz

$$\eta_h = 1 - \frac{0,42}{(\lg 423 - 0,172)^2} = 0,93$$

Przy założeniu sprawności mechanicznej  $\eta_m = 0,94$  całkowita sprawność pompy wyniesie

$$\eta = \eta_h \eta_v \eta_m = 0,93 \cdot 0,96 \cdot 0,94 = 0,84 \text{ — równa założonej.}$$

Prędkość merydionalna

$$c_{m2} = K_{cm2} \sqrt{2gH} = 0,21 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 33} = 5,33 \text{ m/s}$$

gdzie  $K_{cm2}$  odczytano z wykresu na rys. 11.20. Następnie zakładamy dla średniej linii prądu  $\beta_{2tr} = 26^\circ$  oraz  $p = 0,4$ . Przy założeniu ponadto  $\alpha_1 = 90^\circ$ , a więc  $c_{u1} = 0$  (nie ma zawirowania na wlocie na łopatki) prędkość unoszenia obliczymy ze wzoru (11.72)

$$u_{2tr} = \frac{c_{m2}}{2 \operatorname{tg} \beta_2} + \sqrt{\left(\frac{c_{m2}}{2 \operatorname{tg} \beta_2}\right)^2 + \frac{gH}{\eta_h} (1+p)} = \frac{5,33}{2 \operatorname{tg} 26^\circ} + \sqrt{\left(\frac{5,33}{2 \operatorname{tg} 26^\circ}\right)^2 + \frac{9,81 \cdot 33}{0,93} (1+0,4)} = 28,20 \text{ m/s}$$

stąd

$$d_{2tr} = \frac{60 u_{2tr}}{\pi n} = \frac{60 \cdot 28,20}{\pi \cdot 983} = 0,550 \text{ m}$$

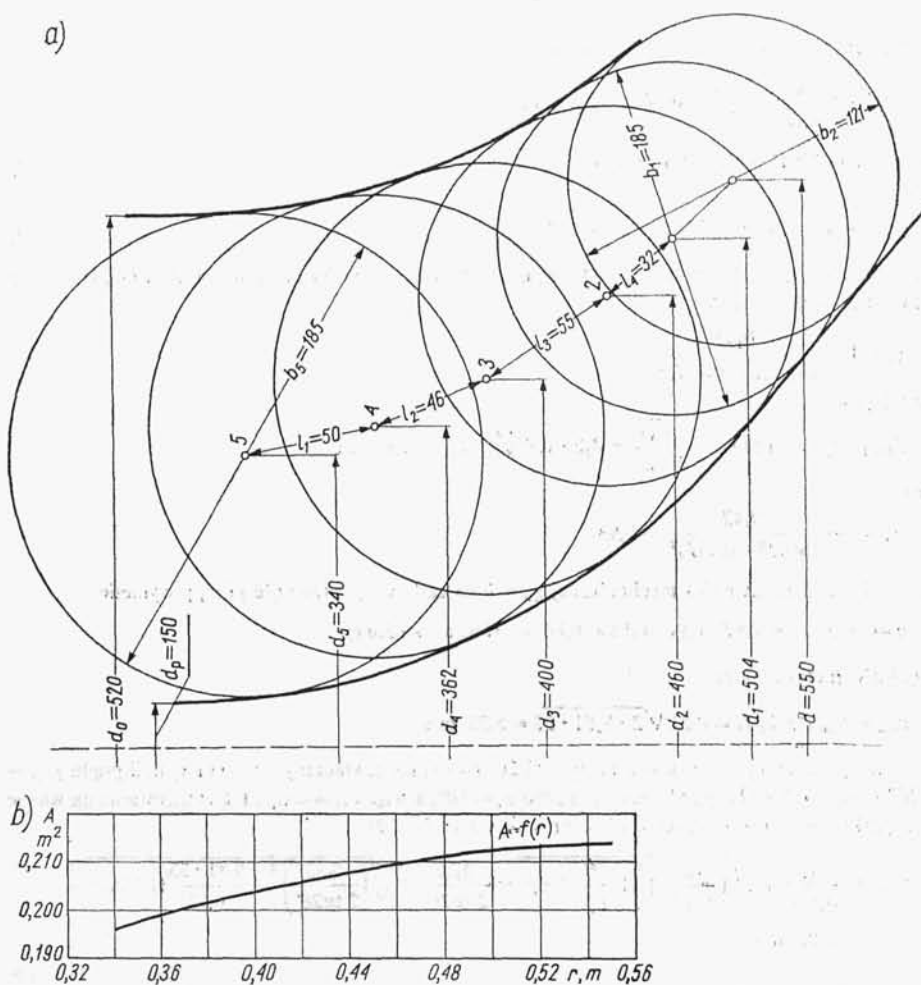
Zakładamy współczynnik przesłonięcia wylotu  $\varphi_2 = 1,07$  i obliczymy szerokość wirnika na wylocie

$$b_2 = \frac{\varphi_2 Q'}{\pi d_{2,4r} c_{m2}} = \frac{1,07 \cdot 1,04}{\pi \cdot 0,550 \cdot 5,33} = 0,121 \text{ m}$$

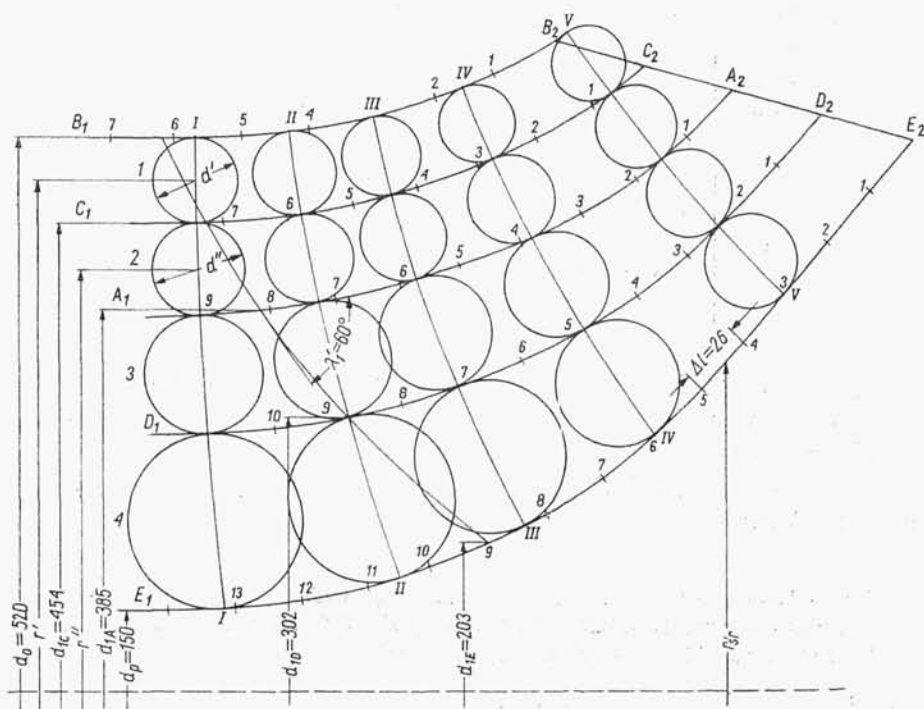
Obliczone główne wymiary wlotu i wylotu pozwalają na zaprojektowanie przekroju południkowego. Po wstępnym ustaleniu profilu kanału przepływowego sprawdzamy wielkości przekrojów  $A$  dla kilku dowolnych średnic. Należy dążyć do prostoliniowej zmiany przekroju od wlotu do wylotu wirnika. Wyniki obliczeń ujęto w tabl. 12.1 oraz przedstawiono na rys. 12.24a i 12.24b.

Wyznaczenie linii prądu pokazano na rys. 12.25. Wirnik został podzielony na cztery elementarne strugi ograniczone pięcioma liniami prądu. Na wlocie wirnika średnice linii prądu obliczono z zależności

$$d_i = \sqrt{\frac{d_{i-1}^2 + d_{i+1}^2}{2}}$$



**Rys. 12.24.** Wirnik: a) kształt kanału przepływowego wirnika w przekroju południkowym, b) wykres zmienności przekroju przepływowego wirnika



**Rys. 12.25.** Podział kanału przepływowego wirnika w rzucie południkowym na elementarne strugi (cząstkowe wirniki) i wykreślenie linii prądu

Następnie poprowadzono 5 trajektorii (*I* do *V*) i wpisano okręgi styczne do linii prądu o środkach położonych na danej trajektorii. Przyjmując stałą prędkość południkową  $c_m$  dla danej trajektorii sprawdzimy rozmieszczenie linii prądu przy założeniu stałych wydajności cząstkowych, a zatem i stałych przekrojów przepływu elementarnych strug.

Dla każdej ortogonalnej musi być spełniony warunek

$$r'd' = r''d'' = r'''d''' \dots = \text{const}$$

gdzie:  $r'$ ,  $r''$  itd. — promienie środków kół wpisanych między dwie sąsiednie linie prądu,  $d'$ ,  $d''$  itd. — średnice tych kół.

**Tablica 12.1.** Obliczenie przekrojów przepływowych wirnika

Średnica <i>d</i> m	Szerokość kanału <i>b</i> m	Pole przekroju $A = \pi db \text{ m}^2$
0,550	0,124	0,214
0,504	0,135	0,214
0,460	0,145	0,209
0,400	0,164	0,206
0,362	0,175	0,200
0,340	0,185	0,198

**Tablica 12.2.** Wartości iloczynu  $r'd'$  dla poszczególnych trajektorii i strug

Struga	Jednostki	Nr trajektorii				
		I	II	III	IV	V
B-C	cm <sup>2</sup>	80,9	81,0	82,0	85,0	87,0
C-A		79,5	79,5	82,0	84,0	87,0
A-D		80,6	80,7	83,0	83,0	86,5
D-E		79,5	79,5	81,0	82,0	87,0
(rd) <sub>śred</sub>		80,1	80,1	82,0	83,5	87,0

Przyjęto dopuszczalne odchyłki wartości iloczynów  $\pm 5\%$  od wartości średniej. Obliczenie zestawiono w tabl. 12.2. Obliczone wartości iloczynów mieszczą się w granicach dopuszczalnego błędu. Następnie założono krawędzie wlotową i wylotową łopatki jak na rys. 12.25. Krawędź wylotową, ze względu na stosunkowo dużą wartość wyróżnika  $n_{sQ}$ , przyjęto ukośną.

Obliczenie kątów  $\beta_1$  nachylenia łopatek na wlocie przeprowadzamy zakładając liczbę łopatek  $z=6$  o grubości  $s=8$  mm. Z rys. 12.25 odczytujemy kąt  $\lambda'_1=60^\circ$ . Dla środkowej linii prądu  $\beta'_{1A}=-20^\circ$  (z poprzedniego obliczenia), zaś podziałka  $t$  wynosi

$$t_1 = \frac{\pi d_{1A}}{Z} = \frac{\pi \cdot 0,385}{6} = 0,201 \text{ m} = 201 \text{ mm}$$

Sprawdzimy zacieśnienie wlotu na łopatki wg wzoru

$$\frac{1}{\varphi_1} = 1 - \frac{s_1}{t_1} \sqrt{1 + \frac{\text{ctg}^2 \beta'_{1A}}{\sin^2 \lambda'_1}} = 1 - \frac{8}{202} \sqrt{1 + \frac{\text{ctg}^2 20^\circ}{\sin^2 60^\circ}} = 0,87$$

$$\varphi_1 = \frac{1}{0,87} = 1,15, \text{ a więc bliski założonemu.}$$

Z rys. 12.25 szerokość na wlocie  $b_1=181$  mm oraz średnia średnica wlotu  $d_{1kr}=343$  mm ( $b_1$  jest średnicą koła wpisanego o środku leżącym na krawędzi wlotowej łopatki i na średnicy  $d_{1kr}$  — na rys. nie wykreślono), więc ostatecznie obliczymy

$$c_{m1} = \frac{Q' \varphi_1}{\pi d_{1kr} b_1} = \frac{1,04 \cdot 1,15}{\pi \cdot 0,343 \cdot 0,181} = 6,15 \text{ m/s}$$

$$\text{tg } \beta_{1A} = \frac{c_{m1}}{u_{1A}} = \frac{6,15}{19,8} = 0,312 \beta_{1A} = 17^\circ 20'$$

**Tablica 12.3.** Kąt nachylenia łopatek na wlocie  $\beta'_1$

Linia prądu	Średnica $d_1$ m	$u_1$ m/s	$\text{tg } \beta'_1$	$\beta'_1$
$B_1-B_2$	0,520	26,7	0,269	$15^\circ 00'$
$C_1-C_2$	0,454	23,2	0,308	$17^\circ 10'$
$A_1-A_2$	0,385	19,8	0,364	$20^\circ 00'$
$D_1-D_2$	0,302	15,5	0,464	$24^\circ 50'$
$E_1-E_2$	0,203	10,4	0,688	$34^\circ 30'$

Przyjmujemy kąt natarcia  $\delta_1 = 2^\circ 40'$ , więc

$$\beta'_{1A} = 17^\circ 20' + 2^\circ 40' = 20^\circ \quad \text{tg } \beta'_{1A} = 0,364$$

$$c'_{m1} = u_{1A} \text{tg } \beta'_{1A} = 19,8 \cdot 0,364 = 7,2 \text{ m/s}$$

Kąty wlotowe dla pozostałych linii obliczymy z proporcji  $\text{tg } \beta'_{1B} = \frac{d_{1A}}{d_{1B}} \text{tg } \beta'_{1A}$  itd. Obliczenia przedstawiono w tabl. 12.3.

**Obliczenie kątów  $\beta_2$  łopatek na wylocie z wirnika.** Momenty statyczne poszczególnych linii prądu zostały obliczone za pomocą wzoru  $M_{st} = \sum r_{st} \Delta e$ .

Sprawdzimy przyjętą liczbę łopatek wg wzoru

$$Z = 13 \frac{r_m}{e} \sin \left( \frac{\beta_1 + \beta_2}{2} \right).$$

Dla środkowej linii prądu  $M_{stA1A2} = 466 \text{ cm}^2$  oraz długość linii prądu w rzucie południkowym  $e = 20,8 \text{ cm}$ .

Promień środka ciężkości linii

$$r_m = \frac{M_{stA1A2}}{e} = \frac{466,0}{20,8} = 22,4 \text{ cm}$$

więc

$$Z = 13 \frac{22,4}{20,8} \sin \frac{20^\circ + 26^\circ}{2} = 5,5;$$

przyjęta liczba 6 łopatek jest bliska obliczonej.

Sprawdzenie przesłonięcia wylotu z wirnika dla środkowej linii prądu.

Z rys. 12.25  $d_{2A} = 556 \text{ mm}$ ;

$$t_2 = \frac{\pi d_{2A}}{Z} = \frac{\pi \cdot 556}{6} = 291 \text{ mm}$$

$$s_{u2} = \frac{s}{\sin \beta_2} = \frac{8}{\sin 26^\circ} = 18,4$$

$$\varphi_2 = \frac{t_2}{t_2 - s_{u2}} = \frac{291}{291 - 18,3} = 1,067$$

jest prawie równe uprzednio założonej wartości, więc korygowanie obliczeń przekroju wylotowego i prędkości  $c_{m2}$  jest zbędne. Przyjmujemy prędkość  $c_{m2}$  stałą wzdłuż wylotowej krawędzi łopatki. Następnie dla każdej linii prądu obliczamy kolejno:

$$u_2 = \frac{\pi d_2 n}{60}, \quad (d_2 \text{ — odczytujemy z rys. 12.25})$$

$$c_{u3} = \frac{gH}{\eta_h u_2}$$

$$p = \frac{\chi r_2^2}{Z M_{st}}$$

przy czym współczynnik  $\chi$  obliczymy dla środkowej linii prądu  $A_1 A_2$  i przyjmiemy tę wartość dla pozostałych linii.

Według C. Pfleiderera  $\chi = (1 \div 1,2) (1 + \sin \beta_2) \frac{r_1}{r_2} = 1,2 (1 + \sin 26^\circ) \frac{191,5}{278} = 1,18$  lub z innej zależności

$$\chi = (0,65 \div 0,85) \left( 1 + \frac{\beta_2}{60^\circ} \right) = 0,8 \left( 1 + \frac{26^\circ}{60^\circ} \right) = 1,15$$

Przyjmiemy  $\chi = 1,18$ .

Dla poszczególnych linii prądu obliczono momenty statyczne  $M_{st}$ . Ostatecznie obliczymy współczynnik zmniejszenia poboru mocy  $p$  (poprawka Pfleiderera) wg wzoru

$$p = \frac{\chi r_2^2}{Z M_{st}}$$

następnie

$$c_{u2} = c_{u3} (1 + p)$$

oraz

$$\operatorname{tg} \beta_2 = \frac{c_{m2}}{u_2 - c_{u2}} = \frac{c_{m2}}{w_{u2}}$$

$$\operatorname{tg} \alpha_3 = \frac{c_{m2}}{c_{u3}}$$

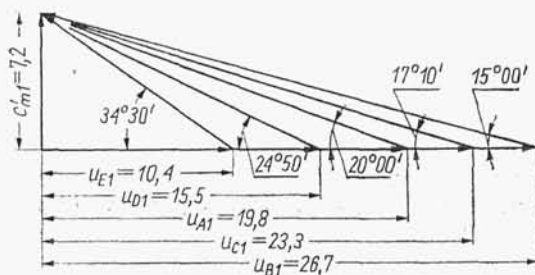
Obliczenie zestawiono w tabl. 12.4.

Trójkąty prędkości na wlocie i wylocie z wirnika dla poszczególnych linii prądu przedstawiono na rys. 12.26 i 12.27.

Do wyznaczenia powierzchni łopatki zastosowano metodę odwzorowania kon-

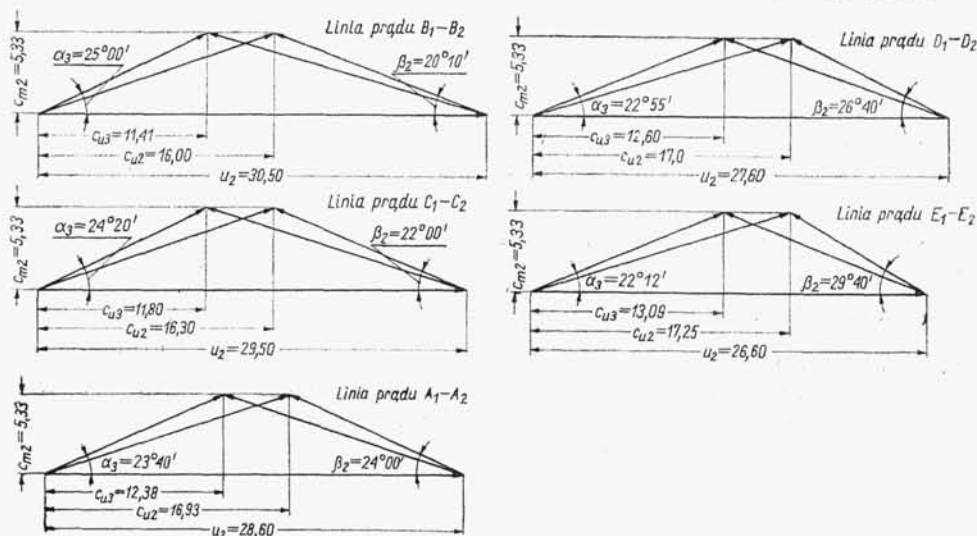
Tablica 12.4. Obliczanie kątów  $\alpha_3$  i  $\beta_2$  na wylocie z wirnika

Linia prądu	$d_2$ m	$u_2$ m/s	$M_{st}$ m <sup>2</sup>	$p$	$c_{m2}$ m/s	$c_{u3}$ m/s	$c_{u2}$ m/s	$w_{u2}$ m/s	$\operatorname{tg} \beta_2$	$\beta_2$	$\operatorname{tg} \alpha_3$	$\alpha_3$
$B_1-B_2$	0,594	30,50	0,0432	0,40	5,33	11,41	16,00	14,50	0,368	20°10'	0,466	25°00'
$C_1-C_2$	0,575	29,50	0,0429	0,38	5,33	11,80	16,30	13,20	0,404	22°00'	0,452	24°20'
$A_1-A_2$	0,556	28,60	0,0412	0,37	5,33	12,17	16,67	11,67	0,447	24°00'	0,438	23°40'
$D_1-D_2$	0,538	27,60	0,0406	0,35	5,33	12,60	17,00	10,60	0,503	26°40'	0,423	22°55'
$E_1-E_2$	0,518	26,60	0,0414	0,32	5,33	13,09	17,25	9,35	0,570	29°40'	0,408	22°12'

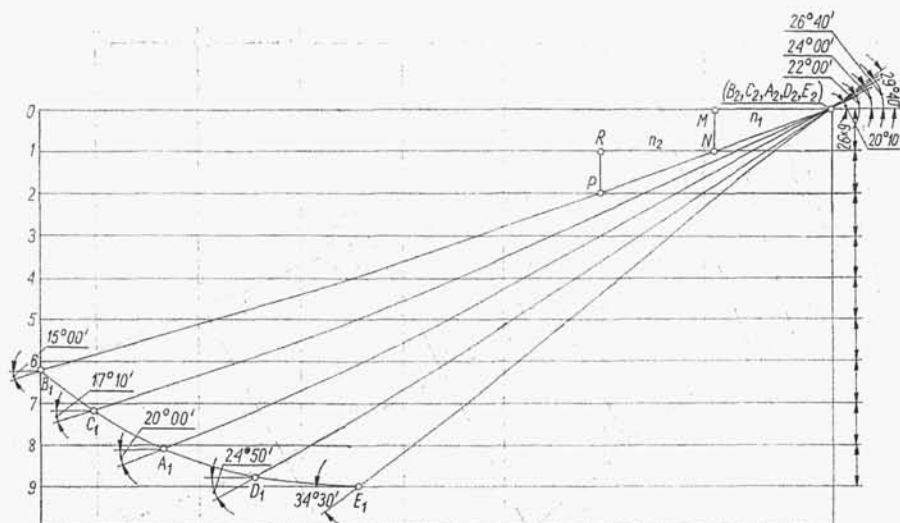


Rys. 12.26

Trójkąty prędkości na wlocie na łopatki wirnika



Rys. 12.27. Trójkąty prędkości na wypływie z wirnika pompy diagonalnej



Rys. 12.28. Rozwinięcie linii przecięć wirnika

foremnej linii przecięć omówioną w p. 12.3. Założony przebieg linii w rozwinięciu przedstawiono na rys. 12.28. Rzuty osiowe linii pokazano na rys. 12.10.

Sprawdzenie powierzchni łopatki przeprowadzono dwukrotnie za pomocą przekrojów modelarskich płaszczyznami południkowymi  $I \div VII$  oraz płaszczyznami prostopadłymi do osi wirnika  $a \div i$ . Ślady przecięć modelarskich, widoczne na rys. 12.9 i 12.10, umożliwiają ocenę poprawności zaprojektowania powierzchni łopatki. Zaprojektowana powierzchnia łopatki jest (przy łopatkach o zmiennej grubości) powierzchnią środkową; przy łopatkach o stałej grubości jest zwykle przednią (czynną) ścianą łopatki.

### 12.5.3. Obliczenie i zaprojektowanie kierownicy

Rysujemy wstępnie zarys kierownicy w przekroju południkowym (rys. 12.29) w powiązaniu z profilem wirnika i przekrojem wylotowym kierownicy, jak to przedstawiono na rysunku zestawieniowym pompy.

Przyjmujemy liczbę łopatek kierowniczych  $Z=8$  i grubości krawędzi wlotowych i wylotowych  $s=8$  mm. Krawędź wlotowa jest prostopadła do osi wału, krawędź wylotowa jest ukośna. Kąt nachylenia łopatki na wlocie obliczamy jak następuje.

Dla uproszczenia obliczeń i rysunku kanał przepływowy dzielimy linią prądu  $A_4-A_5$  tylko na dwie strugi cząstkowe.

Średnice linii prądu na wlocie wynoszą

$$d_{4B}=750 \text{ mm}$$

$$d_{4E}=500 \text{ mm}$$

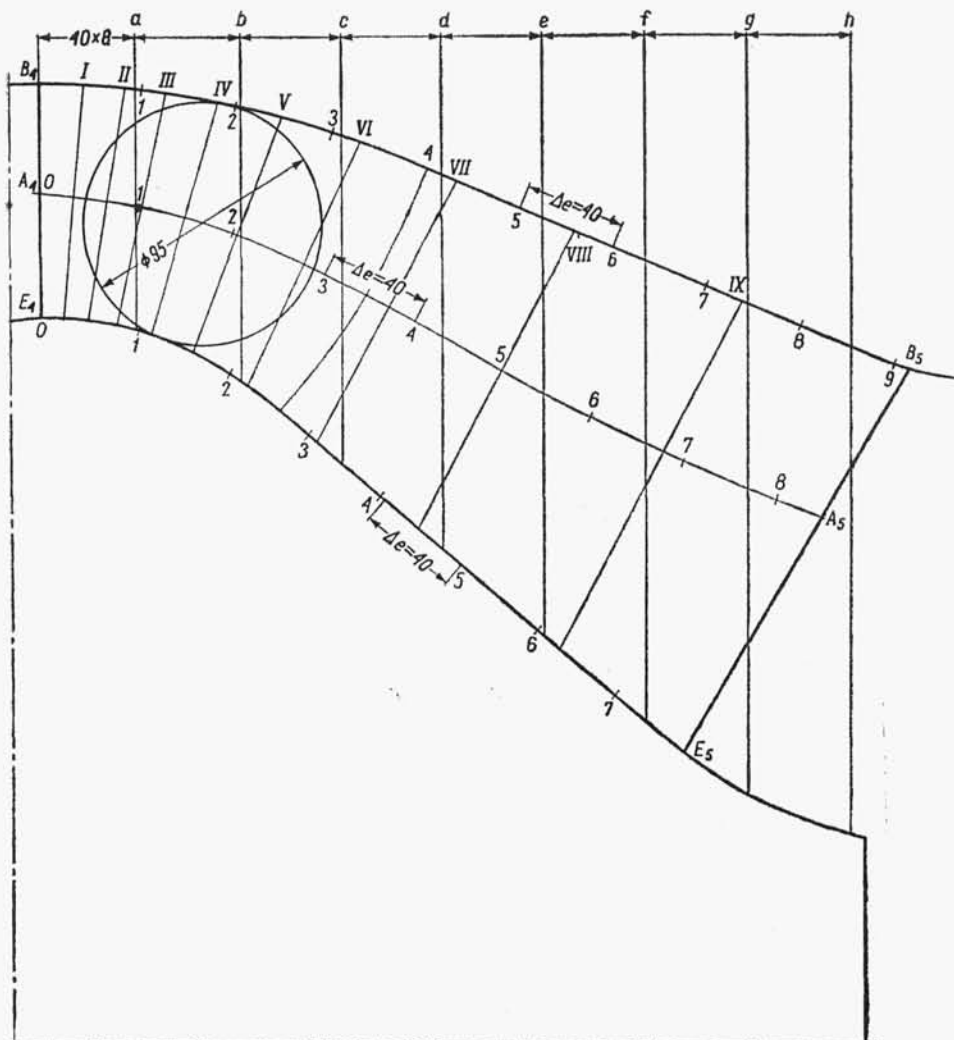
oraz

$$d_{4A} = \sqrt{\frac{d_{4B}^2 + d_{4E}^2}{2}} = \sqrt{\frac{750^2 + 500^2}{2}} = 638 \text{ mm}$$

Przy założeniu wstępnie  $\alpha_{4A}=27^\circ$  obliczymy współczynnik przesłonięcia wlotu

$$t_4 = \frac{\pi d_{4A}}{Z} = \frac{\pi \cdot 638}{8} = 250 \text{ mm}$$

$$\varphi_4 = \frac{t_4}{t_1 - \frac{s}{\sin \alpha_{4A}}} = \frac{250}{250 - \frac{8}{\sin 27^\circ}} = 1,08$$



Rys. 12.29. Zarys\_kierownicy w przekroju południkowym

Prędkość południkowa na wlocie wyniesie

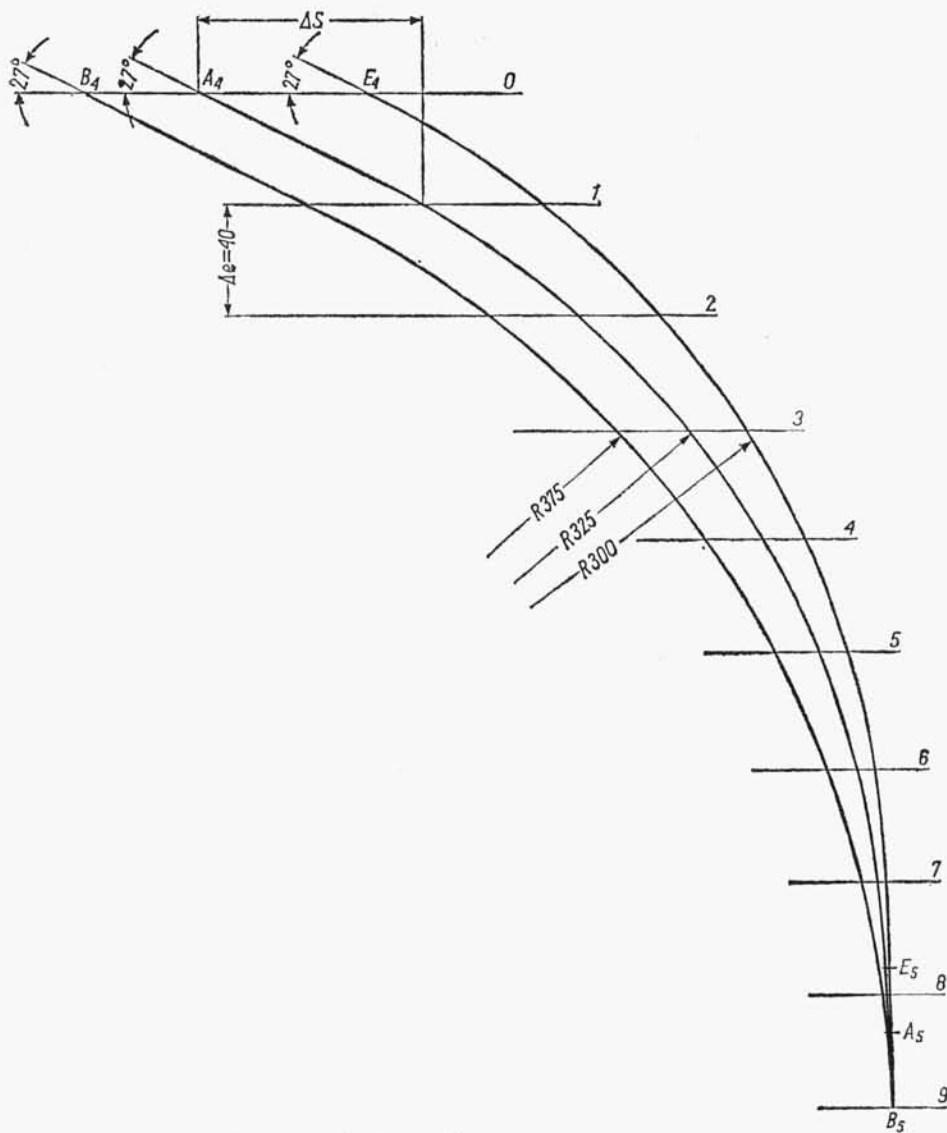
$$c_{m4} = \frac{\varphi_4 Q}{\frac{\pi}{4} (d_{4B}^2 - d_{4E}^2)} = \frac{1,08 \cdot 1,0}{\frac{\pi}{4} (0,750^2 - 0,500^2)} = 4,43 \text{ m/s}$$

Z równania stałości krętu na wylocie z wirnika i wlocie na łopatki kierownicy obliczymy składowe obwodowe prędkości

$$c_{u4B} = \frac{r_{2B} c_{u3B}}{r_{4B}} = \frac{297 \cdot 11,41}{375} = 9,05 \text{ m/s}$$

$$c_{u4A} = \frac{r_{2A} c_{u3A}}{r_{4A}} = \frac{278 \cdot 12,17}{319} = 10,6 \text{ m/s}$$

$$c_{u4E} = \frac{r_{2E} c_{u3E}}{r_{4E}} = \frac{259 \cdot 13,09}{250} = 13,6 \text{ m/s}$$



Rys. 12.30. Rozwinięcie linii prądu kierownicy

Zakładając współczynnik zwężenia strugi przy wejściu do kierownicy  $\kappa_4 = 1,2$ , obliczmy

$$\operatorname{tg} \alpha_{4B} = \frac{c_{m4}}{c_{u4B}} \kappa_4 = \frac{4,43}{9,05} \cdot 1,2 = 0,59$$

$$\alpha_{4B} = 30^\circ 30'$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{4A} = \frac{c_{m4}}{c_{u4A}} \kappa_4 = \frac{4,43}{10,4} \cdot 1,2 = 0,510$$

$$\alpha_{4A} = 27^\circ 00'$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{4E} = \frac{c_{m4}}{c_{u4E}} \kappa_4 = \frac{4,43}{13,6} \cdot 1,2 = 0,391$$

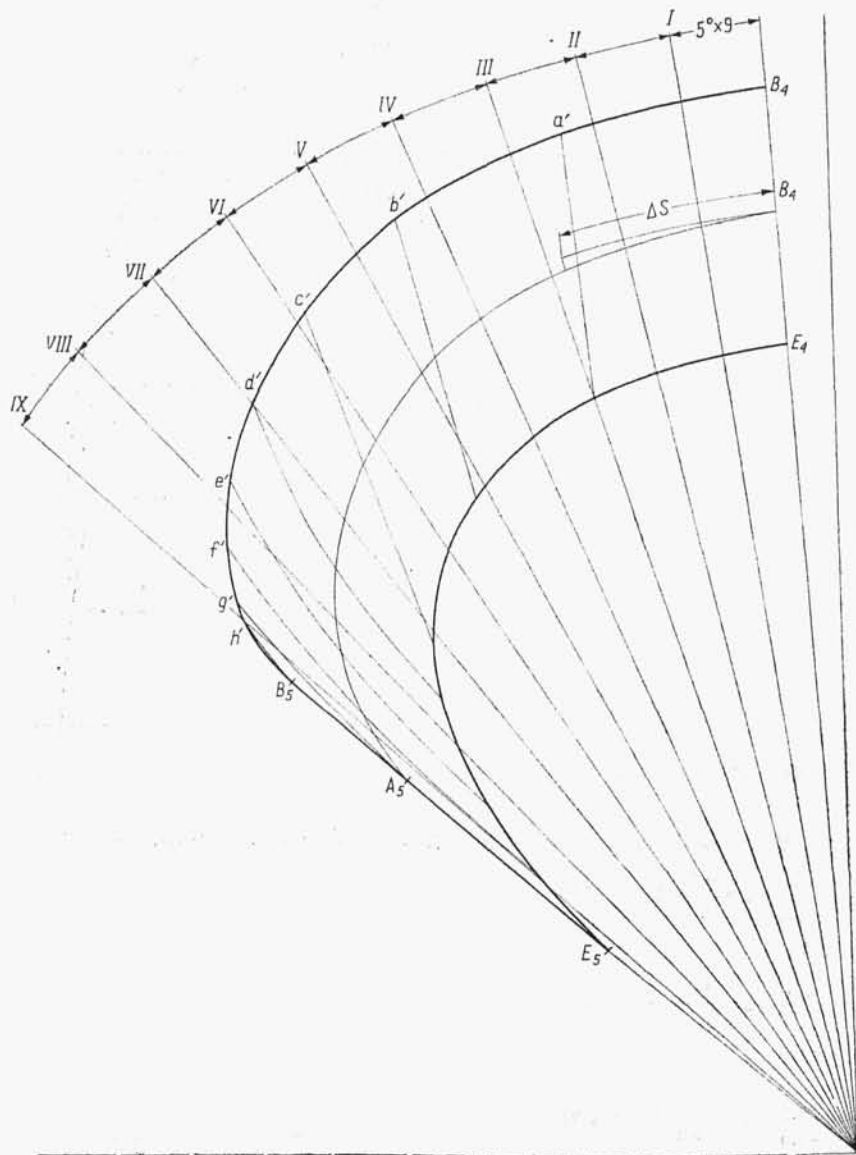
$$\alpha_{4E} = 21^\circ 20'$$

Ze względu na pewne oddalenie krawędzi wlotowej kierownicy od wirnika, co wpływa na lepsze dostosowanie się strugi przy niestycznym napływie na łopatki kierownicy, przyjmujemy dla wszystkich linii prądu kąt stały, równy  $\alpha_4 = 27^\circ 00'$ .

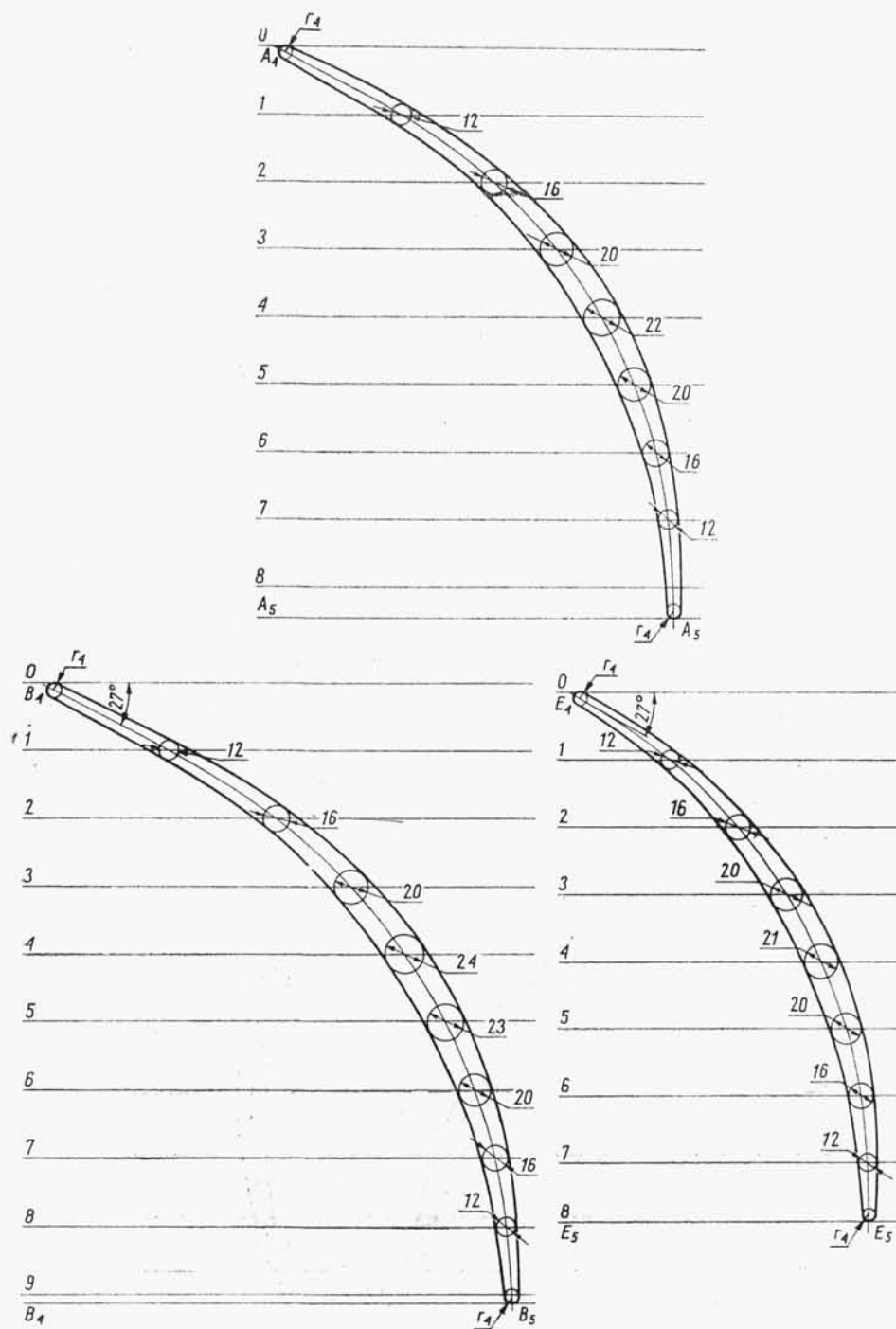
Kąt nachylenia łopatek na wylocie przyjmujemy równy  $\alpha_5 = 90^\circ$ .

Przy wyznaczeniu kształtu łopatek kierownicy zarys łopatek wyznaczamy podobnie jak dla wirnika przy zastosowaniu metody odwzorowania konforemnego. Rysujemy konstrukcyjny profil kanału w przekroju południkowym oraz kreślimy krawędzie: wlotową prostopadłą do osi wału i wylotową ukośną (rys. 12.29). Obie krawędzie leżą w płaszczyznach południkowych. Rysujemy linie prądu oraz, podobnie jak dla wirnika, prowadzimy trajektorie i sprawdzamy poprawność podziału na strugi. Następnie wyznaczamy siatkę konforemną przyjmując jednakowe odległości  $\Delta e$  (rys. 12.29) i kreślimy linie prądu w rozwinięciu (rys. 12.30). Linie prądu mają różne długości.

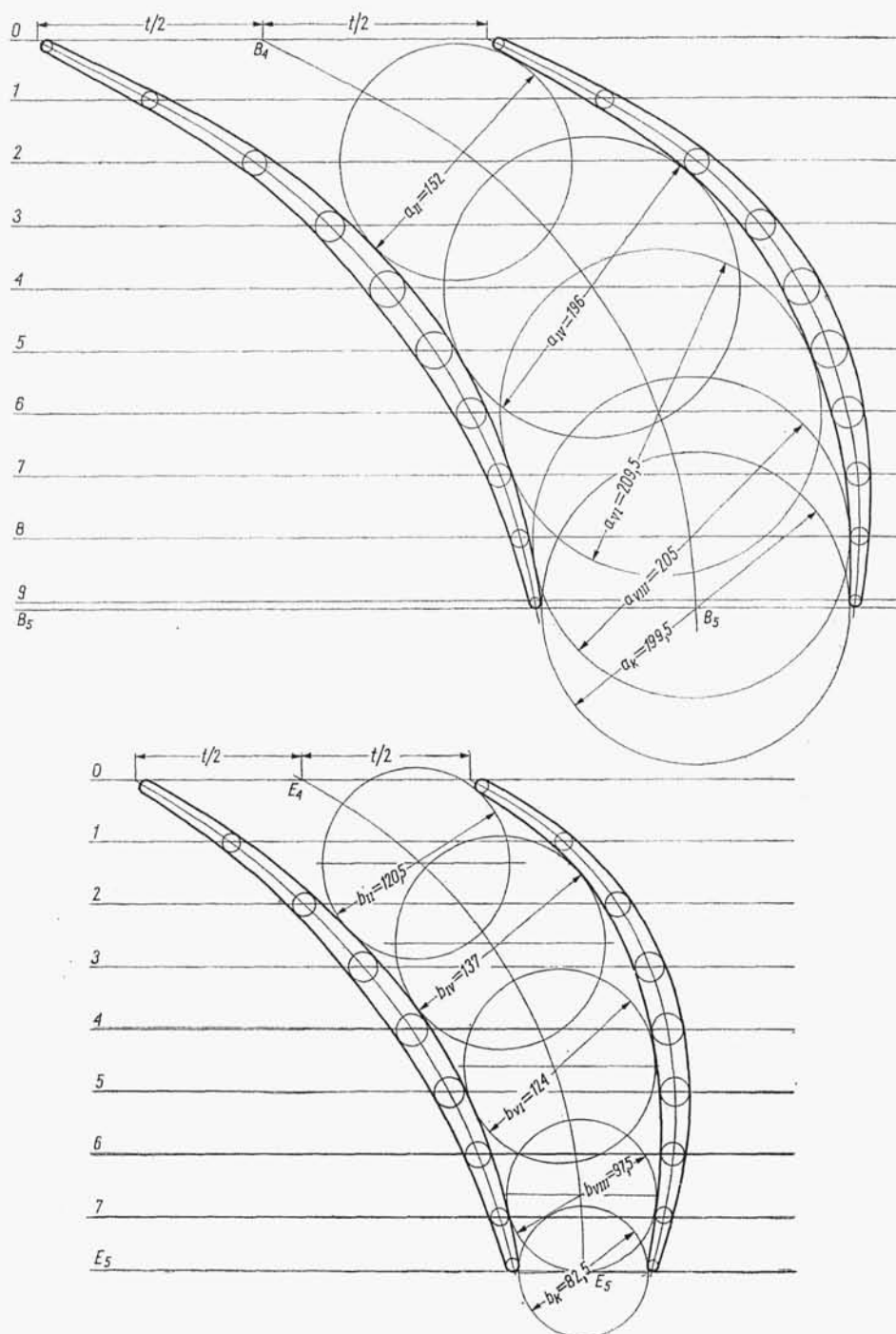
Z rozwinięcia linii prądu wyznaczamy ich przebieg w rzucie osiowym (rys. 12.31), przy czym krawędzie wlotowa i wylotowa powinny z założenia mieć kierunek promieniowy. Jeżeli tego nie



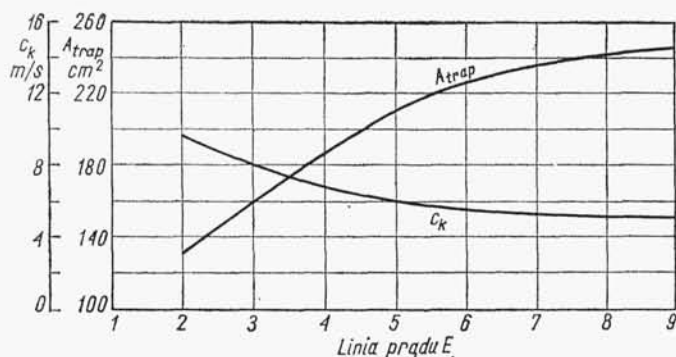
Rys. 12.31. Rzut osiowy linii prądu kierownicy



Rys. 12.32. Rozwinięcie łopatek dla linii prądu  $A_4-A_5$ ,  $B_4-B_5$ ,  $E_4-E_5$  kierownicy



Rys. 12.33. Rozwinięcie kanałów międzyłopatkowych kierownicy

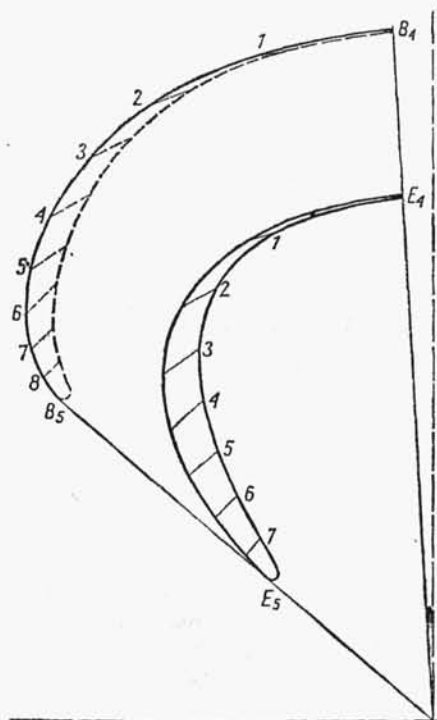


Rys. 12.34. Wykresy zmienności przekrojów  $A_k$  i prędkości  $c_k$  w kanale międzyłopatkowym kierownicy

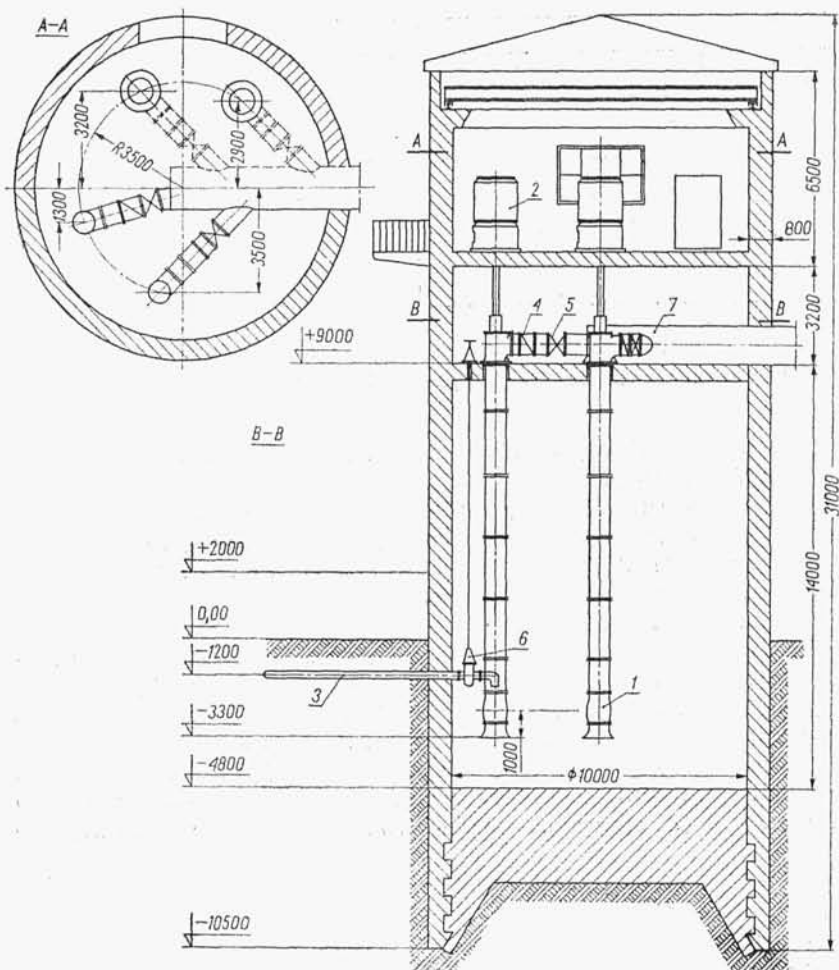
otrzymamy, należy przeprowadzić odpowiednią korektę długości linii w rozwinięciu (rys. 12.30) i ponownie wyznaczyć rzut osiowy.

W celu sprawdzenia powierzchni łopatki prowadzimy, podobnie jak przy konstrukcji wirnika, przekroje modelarskie płaszczyznami prostopadłymi do osi pompy ( $a, b$  itd. na rys. 12.29) i wyznaczamy ślady przecięcia łopatki ( $a', b'$  na rys. 12.31). Przy dokładnym projektowaniu należy dodatkowo wykonać przekroje modelarskie płaszczyznami południkowymi  $I, II$  itd., jak na rys. 12.31, i wyznaczyć ślady ich przecięć (rys. 12.29).

Łopátka kierownicy ma zwykle zmienną grubość, co wynika z dążności do możliwie prostoliniowej zmiany prędkości, a przez to i zmiany prostoliniowej przekroju kanału międzyłopatkowego od wlotu do wylotu z kierownicy. Zwykle zakładamy grubość łopatki, jak to przedstawiono na rzucie (rys. 12.32); dla skrócenia zadania pominięto zarys łopatki dla środkowej linii prądu  $A_4-A_5$ . Dla ułatwienia można przyjąć zarys wypukłej strony łopatki, odpowiadający rozwiniętej linii prądu. Następnie należy narysować rozwinięcie kanałów międzyłopatkowych dla rozpatrywanych trzech linii prądu. Na rys. 12.33 (dla uproszczenia) podano rozwinięcia dla dwóch linii odkładając po



Rys. 12.35  
Rzut osiowy łopatki kierownicy



Rys. 12.36. Projekt pompowni w studni zbiorczej ujęcia podziemnego; 1 — pompa diagonalna pionowa, 2 — elektryczny silnik napędowy, 3 — sączki podziemne doprowadzające wodę do studni zbiorczej, 4 — zawór zwrotny, 5 i 6 — zasuw (zawór) odcinająca, 7 — kolektor tłoczny

obu stronach rozwinięcia linii połowy podziałek łopatkowych, właściwych dla danej średnicy i przenosząc założone kształty zarysu łopatek. Przez wpisanie stycznych kół, jak to podano na rys. 12.33, otrzymuje się szerokości rozpatrywanego przekroju  $A_k$  o kształcie zbliżonym do trapezu. Na rys. 12.29 należy w rozpatrywanym przekroju wpisać koło w celu określenia wysokości trapezu. Następnie należy obliczyć prędkość przepływu w rozpatrywanym przekroju (rys. 12.34). W naszym przypadku

$$A_{trap} = 0,095 \frac{(0,152 + 0,120)}{2} = 0,013 \text{ m}^2$$

zaś prędkość

$$c_k = \frac{Q}{Z A_{trap}} = \frac{1}{8 \cdot 0,013} = 9,6 \text{ m/s}$$

W przypadku otrzymania dużych zmian prędkości przy przepływie przez kanał międzyłopatkowy należy zmienić grubość łopatki i ponownie przeprowadzić obliczenia sprawdzające. Ostatecznie przyjęte grubości łopatki zostały naniesione na rys. 12.35 w celu uplastycznienia widoku łopatki.

Koncepcję pompowni z pompami diagonalnymi, obliczonymi w przykładzie, przedstawiono na rys. 12.36.