

10.3. Wyróżniki szybkobieżności

Własności hydrauliczne pomp wirowych określają ich podstawowe parametry: wydajność Q , wysokość podnoszenia H i prędkość obrotowa n . Zaś wzajemny stosunek wartości tych parametrów określa kształt powierzchni prądu przepływu przez wirnik, a przez to określa rodzaj pompy (patrz p. 9.3).

W sposób jednoznaczny kształt wirników pomp wirowych określa wielkość n_s , zwana *wyróżnikiem szybkobieżności pompy*.

10.3.1. Kinematyczny wyróżnik szybkobieżności n_{sQ}

Weźmy pod uwagę pompę roboczą o parametrach pracy Q, H, n . Wykonajmy następnie pompę specjalną (modelową), tzn. spełniającą wszystkie warunki podobieństwa dynamicznego w odniesieniu do pompy roboczej. Niech parametry tej pompy modelowej będą Q_s, H_s, n_s .

Korzystając z właściwości omówionych w poprzednim ustępie, ustalamy wielkości Q_s i H_s jako stałe — jednostkowe, wtedy ze wzoru (10.19) otrzymamy obliczoną jedną i tylko jedną wartość pozostałego parametru pompy n_s i tę wartość nazywamy *wyróżnikiem szybkobieżności*.

W tym celu wprowadzimy we wzorze (10.19) parametry pracy pompy roboczej $Q = Q_2$, $H = H_2$ i $n = n_2$ oraz parametry jednostkowe pracy pompy modelowej specjalnej

$$Q_1 = Q_s = 1 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{ i } \quad H_1 = H_s = 1 \text{ m}$$

Otrzymamy wzór na *kinematyczny wyróżnik szybkobieżności*

$$n_1 = n_{sQ} = \frac{nQ^{1/2}}{H^{3/4}} = \frac{n}{\sqrt{H}} \sqrt{\frac{Q}{H}} \quad (10.21)$$

gdzie: Q w m^3/s , H w m , n w obr/min .

W interpretacji słownej *kinematyczny wyróżnik szybkobieżności n_{sQ} pompy wirowej* o parametrach Q, H, n jest to prędkość obrotowa pompy geometrycznie podobnej, która przy wysokości podnoszenia $H_s = 1 \text{ m}$ ma wydajność $Q_s = 1 \text{ m}^3/\text{s}$.

Należy tu podkreślić, że dla konkretnych wartości Q, H, n pompy roboczej istnieje tylko jedna wartość wyróżnika szybkobieżności n_{sQ} , przy czym wartość ta zależy od wzajemnego stosunku wielkości Q, H, n . Zatem określona wartość wyróżnika szybkobieżności n_{sQ} jest ściśle związana z określonym kształtem wirnika.

Kinematyczny wyróżnik szybkobieżności n_{sQ} ma charakter uniwersalny, ponieważ jego wartość nie zależy ani od rodzaju cieczy (jej gęstości), ani od wartości pola grawitacyjnego g .

10.3.2. Dynamiczny wyróżnik szybkobieżności n_{sP} ¹⁾

Wprowadzając do wzoru (10.20) wartości parametrów pompy roboczej $H_2 = H$, $Q_2 = Q$ i $P_2 = P$ oraz specjalnej (modelowej) $H_1 = H_s = 1$ m i $P_1 = P_s = 1$ KM, otrzymamy wzór

$$n_{sP} = \frac{nP^{1/2}}{H^{5/4}} \quad (10.22)$$

Ponadto uwzględniając zależność

$$P = \frac{\gamma QH}{75} \quad \text{KM} \quad (10.23)$$

otrzymamy wzór liczbowy

$$n_{sP} = n \sqrt{\frac{QH}{75H^{5/2}}} = n \left(\frac{\gamma}{75}\right)^{1/2} \frac{Q^{1/2}}{H^{3/4}} = \left(\frac{\gamma}{75}\right)^{1/2} n_{sQ} \quad (10.24)$$

gdzie: γ w daN/m³, Q w m³/s i H w m.

Dynamiczny wyróżnik szybkobieżności n_{sP} jest to prędkość obrotowa pompy geometrycznie podobnej, której zapotrzebowanie mocy przy wysokości podnoszenia $H_s = 1$ m wynosi $P_s = 1$ KM.

Wyróżnik szybkobieżności n_{sP} wiąże zatem parametry pompy H , P i n .

Ponieważ we wzorze (10.24) występuje ciężar właściwy cieczy γ , zastosowanie dynamicznego wyróżnika szybkobieżności do pomp wirowych jest niewłaściwe, gdyż pompa o określonym kształcie wirnika mogłaby mieć kilka wartości wyróżników n_{sP} zależnie od ciężaru właściwego cieczy. Zatem wyróżnik ten nie może jednoznacznie określać kształtu wirnika.

Dla wody $\gamma = 1000$ daN/m³ wartość wyróżnika n_{sP} wyniesie

$$n_{sP} = \left(\frac{1000}{75}\right)^{1/2} n_{sQ} = 3,65 n_{sQ} \quad (10.25)$$

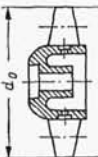
Chronologicznie jako pierwszy został utworzony i stosowany dynamiczny wyróżnik szybkobieżności (głównie w odniesieniu do turbin wodnych). W literaturze zagranicznej [4], [5], [6] był i jest on oznaczany symbolem n_s lub rzadziej n_{sN} , podczas gdy kinematyczny wyróżnik szybkobieżności ma symbol n_q .

Wyróżniki szybkobieżności charakteryzują w sposób poglądowy i jednoznaczny typ wirnika pompy wirowej. Wartość wyróżnika wzrasta wraz ze wzrostem wydajności i prędkości obrotowej oraz maleje ze wzrostem wysokości podnoszenia. Zatem pompy o dużej wysokości podnoszenia i małej wydajności są *pompami wolnobieżnymi*, zaś o małych wysokościach podnoszenia i dużych wydajnościach — *pompami szybkobieżnymi* (nie należy mylić z określeniami wolno- lub szybkoobrotowymi).

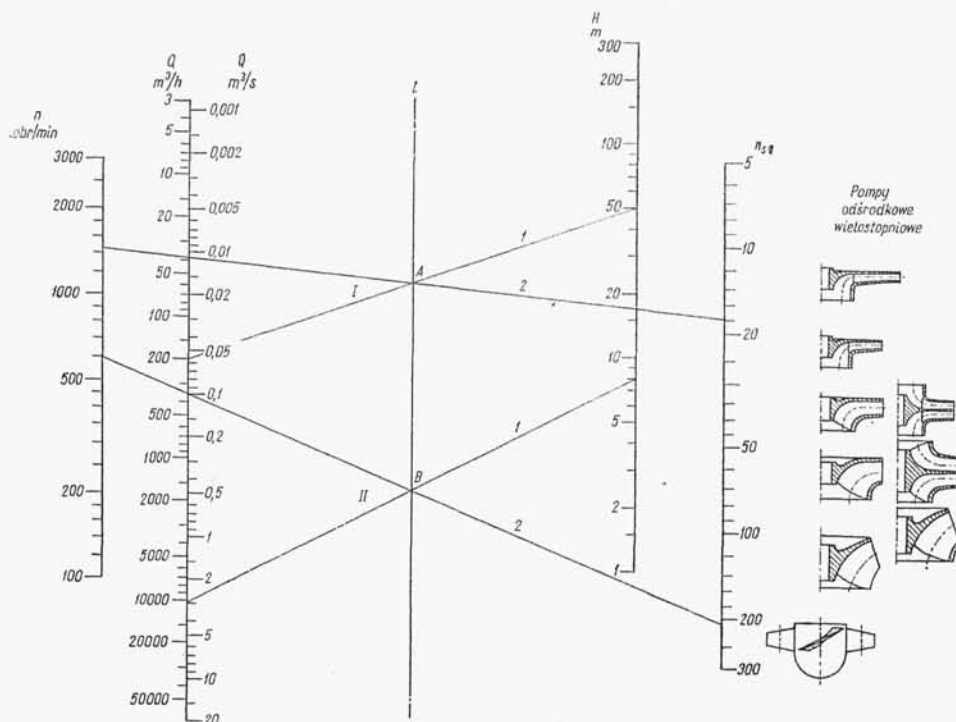
W pompach wielostopniowych lub wielostrumieniowych należy obliczać wyróżniki szybkobieżności dla jednego stopnia albo wirnika, przyjmując do wzorów wartości parametrów przypadające tylko na jeden wirnik (stopień).

¹⁾ W punkcie 10.3.2 zachowano jednostki mocy KM, gdyż występujące w literaturze zagranicznej wartości n_{sP} były obliczane w tych jednostkach.

Tablica 10.1. Kształty wirników w zależności od wyróżników szybkości n_{sQ} i n_{sP} (dla wody)

| Profil | | | Widok | Rodzaje pomp |
|-----------|----------|---|---|--|
| n_{sQ} | 10—30 | <p>Wirnik odśrodkowy o pojedynczej krzywiznie łopatek</p>  |  | <p>pompy odśrodkowe jedno- i wielostopniowe do dużych wysokości podnoszenia, np. wysokociśnieniowe zasilające</p> |
| n_{sP} | 37—110 | | | |
| d_2/d_0 | 3,5—2 | | | |
| n_{sQ} | 30—50 | <p>Wirnik odśrodkowy o przestrzennej krzywiznie łopatek</p>  |  | <p>pompy odśrodkowe jednostopniowe z jedno- i obustronnym wlotem (wirniki dwustronne), pompy wielostopniowe na większe wysokości podnoszenia, maszyny odwracalne promieniowe</p> |
| n_{sP} | 110—180 | | | |
| d_2/d_0 | 2—1,5 | | | |
| n_{sQ} | 50—80 | <p>Wirnik helikoidalny zamknięty</p>  |  | <p>pompy helikoidalne jednostopniowe z jedno- i dwustronnym wlotem (wirniki dwustronne) na niewielkie wysokości podnoszenia i duże wydajności; maszyny odwracalne helikoidalne</p> |
| n_{sP} | 180—290 | | | |
| d_2/d_0 | 1,5—1,3 | | | |
| n_{sQ} | 80—150 | <p>Wirnik helikoidalny lub diagonalny zamknięty, a przy większych wartościach wyróżnika szybkoobrotowości n_{sQ} otwarty</p>  |  | <p>pompy helikoidalne jw., pompy diagonalne jedno- i kilkustopniowe przeważnie pionowe, maszyny odwracalne o łopatkach nastawialnych (Deriaza)</p> |
| n_{sP} | 290—550 | | | |
| d_2/d_0 | 1,2—1,1 | | | |
| n_{sQ} | 110—500 | <p>Wirnik śmigłowy</p>  |  | <p>pompy śmigłowe jednostopniowe (wyjątkowo dwu- lub trzystopniowe) przeważnie pionowe na bardzo duże wydajności i małe wysokości podnoszenia, (maszyny odwracalne śmigłowe (Kapłana))</p> |
| n_{sP} | 400—1800 | | | |
| d_2/d_0 | 1 | | | |

Wartość wyróżnika szybkobieżności n_{sQ} , najczęściej stosowanego w projektowaniu pomp, zawiera się w granicach $n_{sQ} = 10 \div 320$. Wartości wyróżników szybkobieżności oraz związane z nimi kształty przedstawia tabl. 10.1. Jak wynika z tej tablicy wzrostowi szybkobieżności towarzyszy zmniejszanie wartości stosunku d_2/d_0 . Wskaźnik ten jest pomocny przy projektowaniu pomp.



Rys. 10.2. Nomogram do określenia wyróżnika szybkobieżności n_{sQ} i rodzaju pompy

Wyznaczenie wartości wyróżnika szybkobieżności n_{sQ} na podstawie określonych parametrów pracy pompy Q , H i n stanowi punkt wyjścia do określenia rodzaju pompy i obliczenia wirnika. Do określenia wyróżnika może posłużyć nomogram przedstawiony na rys. 10.2.

Przykład I. $Q = 200 \text{ m}^3/\text{h}$ i $H = 50 \text{ m}$. Zakładamy $n = 1450 \text{ obr/min}$. Wartości Q i H łączymy prostą I i przez otrzymany punkt A na biegunowej I oraz przez punkt określający prędkość obrotową n kreślimy prostą 2 do przecięcia ze skalą wyróżnika szybkobieżności n_{sQ} . Odczytujemy otrzymaną wartość $n_{sQ} = 18$. Jest to wirnik odśrodkowy o pojedynczej krzywiźnie łopatek pompy odśrodkowej jednostopniowej.

Przykład II. $Q = 10\,800 \text{ m}^3/\text{h} = 3 \text{ m}^3/\text{s}$ oraz $H = 8 \text{ m}$. Zakładamy $n = 580 \text{ obr/min}$. Kreśląc proste I i 2 otrzymamy $n_{sQ} = 215$. Jest to wirnik pompy śmigłowej.