

Rys. 4.5. Kształty wirników oraz sprawności  $\eta$  pomp wirowych w zależności od wyróżnika szybkobieżności  $n_{sQ}$  wg R. Neumaiera

Pompy wyporowe odznaczające się dużą różnorodnością rodzajów i typów cechuje również znaczne zróżnicowanie sprawności, od najmniejszych wartości dla małych do największych dla pomp dużych i starannie wykonanych. W dalszych rozdziałach omawiających pompy wyporowe jest podawana każdorazowo ich sprawność.

Całkowita sprawność pompy wirowej zależy od wartości parametrów pracy pompy, głównie od  $Q$  oraz od wyróżnika szybkobieżności  $n_{sQ}$ , jak to pokazano na rys. 4.2 do 4.5 dla pomp wirowych. Wykresy na rys. 4.5 zawierają ponadto wskazówki dotyczące wyboru głównych wymiarów wirników, co stanowi dużą pomoc dla konstruktorów pomp wirowych

## 4.5. Charakterystyki pomp

Przy eksploatacji pompy znajomość jej nominalnych parametrów pracy jest niewystarczająca, ponieważ pompa bardzo rzadko pracuje przy nominalnych parametrach, podlegając regulacji narzucanej przez układ (w pompach wirowych dostosowanie się pompy do warunków układu następuje samoczynnie). Z tych względów konieczna jest znajomość zmian wartości parametrów pompy w warunkach pracy odbiegających od nominalnych. Stosuje się więc tzw. *charakterystyki pomp*, które określają współzależności między wartościami parametrów pompy w warunkach jej pracy. Jest to konieczne zwłaszcza przy współpracy kilku pomp w układzie.

Charakterystyki powinny zatem stanowić nieodłączną część dokumentacji techniczno-ruchowej każdej pompy.

W dalszej części rozdziału podano podstawowe informacje o charakterystykach pomp. Obszerniejsze informacje zostały podane przy omawianiu poszczególnych rodzajów pomp (dotyczy to przede wszystkim pomp wyporowych) oraz w rozdz. 16 przy rozpatrywaniu wszystkich pomp wirowych.

#### 4.5.1. Rodzaje charakterystyk

Rozróżniamy trzy podstawowe charakterystyki pomp: *charakterystykę przepływu*, *charakterystykę poboru mocy* oraz *charakterystykę sprawności*.

*Charakterystyka przepływu*  $H = f(Q)$  przedstawia zależność wysokości podnoszenia  $H$  od wydajności  $Q$ . Jest to główna charakterystyka pracy pompy. Niekiedy jest nazywana *krzywą dławienia*, gdyż otrzymuje się ją przy badaniach pompy i zmianie jej parametrów przez dławienie przepływu na przewodzie tłocznym. W pompach wyporowych są często stosowane charakterystyki  $Q = f(H)$  lub  $Q = f(\Delta p)$ .

*Charakterystyka poboru mocy pompy*  $P_w = f(Q)$  odniesiona do wału, za pomocą którego moc silnika napędowego jest przejmowana przez pompę (w literaturze obcej często nazywana *mocą na sprzęgle pompy*). W pompach wyporowych są często stosowane charakterystyki  $P_w = f(H)$  lub  $P_w = f(\Delta p)$ .

*Charakterystyka sprawności pompy*  $\eta = f(Q)$ , albo dla pomp wyporowych  $\eta = f(H)$  lub  $\eta = f(\Delta p)$ , określa zmianę stosunku efektywnej mocy, zużytej na zmianę wartości parametrów pracy, do mocy pobieranej przez pompę o zmiennej wydajności. Krzywe charakterystyczne otrzymujemy w wyniku przeprowadzonych badań (prób) pompy. Zmieniając opory przepływu tłoczenia, najczęściej przez dławienie zasuwa, zmieniamy przez to wysokość podnoszenia  $H$ , w wyniku czego ulega zmianie wydajność pompy  $Q$ . Otrzymujemy w ten sposób zależność  $H = f(Q)$ , albo dla pomp wyporowych  $Q = f(H)$  lub  $Q = f(\Delta p)$ .

Mierząc jednocześnie obciążenie silnika napędowego  $P_s$  i uwzględniając jego sprawność  $\eta_s$ , obliczamy pobór mocy na wale pompy  $P_w = f(Q)$ , albo  $P_w = f(H)$  lub  $P_w = f(\Delta p)$ . Obliczając stosunek mocy netto  $P_e$  do mocy  $P_w$ , otrzymujemy zależność  $\eta = f(Q)$ , albo  $\eta = f(H)$  lub  $\eta = f(\Delta p)$ .

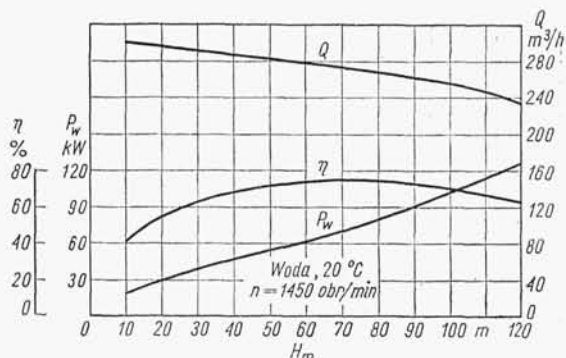
Podstawowe charakterystyki odnoszą się do niezmienniej wartości prędkości obrotowej  $n = \text{const}$ . Są one przedstawione wykreślnie w postaci krzywych. Istnieją również charakterystyki uwzględniające zmienność prędkości obrotowej  $n$ .

Oprócz trzech wymienionych podstawowych charakterystyk istnieją charakterystyki specjalne (np. kawitacyjne), objaśnione szczegółowo w rozdz. 16.

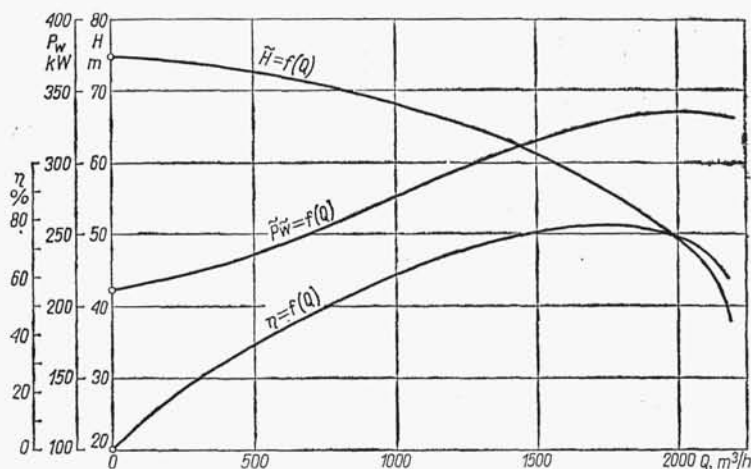
W zależności od wykreślonego sposobu rozróżniamy *charakterystyki indywidualne wymiarowe* i *bezwymiarowe* oraz *uniwersalne bezwymiarowe* i *uniwersalne w postaci pagórków sprawności*.

#### 4.5.2. Indywidualne charakterystyki wymiarowe

Poszczególne parametry są wyrażone w określonych jednostkach, a więc  $Q$  w  $\text{m}^3/\text{s}$  lub w  $\text{m}^3/\text{h}$ ,  $H$  w m,  $P_w$  w kW i  $\eta$  w liczbach bezwzględnych mniejszych od jedności lub w procentach. Przebieg krzywych charakterystycznych jest różny dla różnych rodzajów pomp.



Rys. 4.6  
Charakterystyka pompy śrubowej dwuwirnikowej firmy Bornemann



Rys. 4.7. Charakterystyki rzeczywiste  $H=f(Q)$ ,  $P_w=f(Q)$  i  $\eta=f(Q)$  pompy wirowej odśrodkowej typu N23BD/40 produkcji Warszawskiej Fabryki Pomp;  $Q = 1700$  m³/h,  $H = 60$  m,  $n = 1450$  obr/min

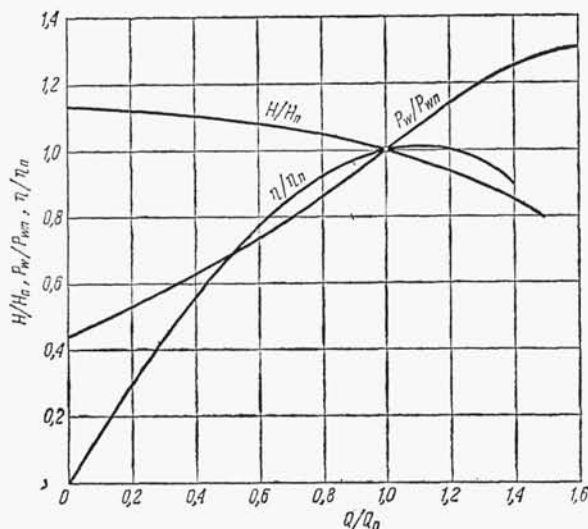
Na rys. 4.6 przedstawiono indywidualną charakterystykę wymiarową pompy wyporowej z krzywymi  $Q=f(H)$ ,  $P_w=f(H)$  i  $\eta=f(H)$ , zaś na rys. 4.7 indywidualną charakterystykę wymiarową pompy wirowej z krzywymi  $H=f(Q)$ ,  $P_w=f(Q)$  oraz  $\eta=f(Q)$ .

#### 4.5.3. Indywidualne charakterystyki bezwymiarowe

Każdą indywidualną charakterystykę wymiarową można przekształcić w charakterystykę bezwymiarową przez przeliczenie szeregu punktów krzywej, przyjmując nominalne wartości parametrów pracy za 1 lub 100. Otrzymamy wtedy krzywe  $H/H_n = f(Q/Q_n)$ ,  $P_w/P_{wn} = f(Q/Q_n)$  i  $\eta/\eta_n = f(Q/Q_n)$  lub odpowiednio w %.

Na rys. 4.8. przedstawiono indywidualną charakterystykę bezwymiarową pompy wirowej odśrodkowej.

Charakterystyki bezwymiarowe służą do porównania pomp, przy czym w przypadku pomp wirowych o tym samym wyróżniku szybkoobrotowości ich charakterystyki bezwymiarowe powinny się pokrywać lub przynajmniej wykazywać małe rozbieżności. Odchylenia większe będą wskazywały na niejednakową jakość wykonania lub różnice w konstrukcji części przepływowych obu pomp.



Rys. 4.8  
Charakterystyki indywidualne  
bezwymiarowe pompy wirowej  
odśrodkowej

#### 4.5.4. Uniwersalne charakterystyki bezwymiarowe

Odkładając na osi rzędnych bezwymiarowy wyróżnik wysokości podnoszenia

$$\xi_H = \frac{H}{u_2^2/2g} \quad (4.29)$$

oraz na osi odciętych bezwymiarowy wyróżnik wydajności

$$\xi_Q = \frac{Q}{u_2 A} \quad (4.30)$$

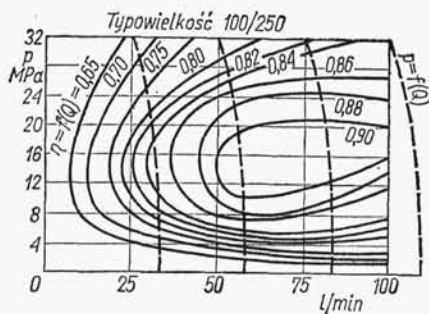
gdzie  $A = \pi d_2^2/4$  lub  $A = \pi d_2 b_2$ ,

otrzymamy *uniwersalną charakterystykę bezwymiarową* niezależną od gęstości podnoszenia czynnika oraz prędkości obrotowej. W tym układzie, jeżeli przy przepływach przez dwie geometrycznie podobne pompy zachodzi podobieństwo dynamiczne przepływu, to niezależnie od gęstości czynnika wyróżniki wysokości  $\xi_H$  będą sobie równe przy tym samym wyróżniku wydajności.

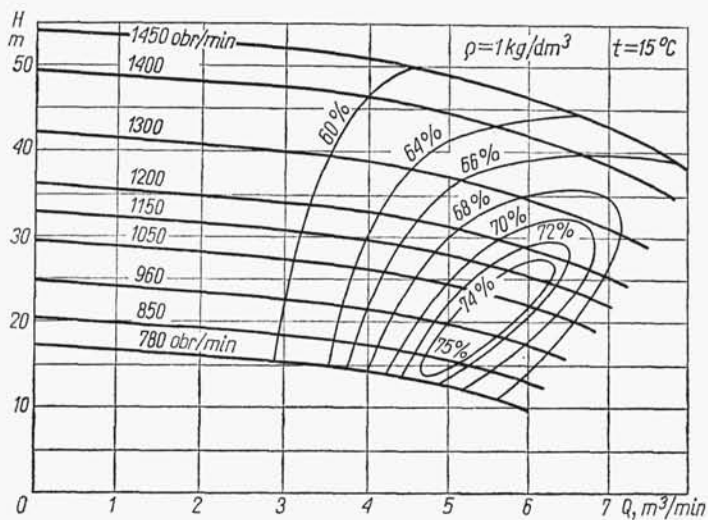
Zastosowanie uniwersalnych charakterystyk bezwymiarowych umożliwia sprawdzenie przepływu przez pompy za pomocą innego czynnika niż woda. Stosowane jest badanie pomp za pomocą powietrza, co w znacznym stopniu upraszcza układ badawczy i zmniejsza zapotrzebowanie mocy. Charakterystyki te są stosowane prawie wyłącznie dla pomp wirowych.

#### 4.5.5. Uniwersalne charakterystyki w postaci pagórków sprawności

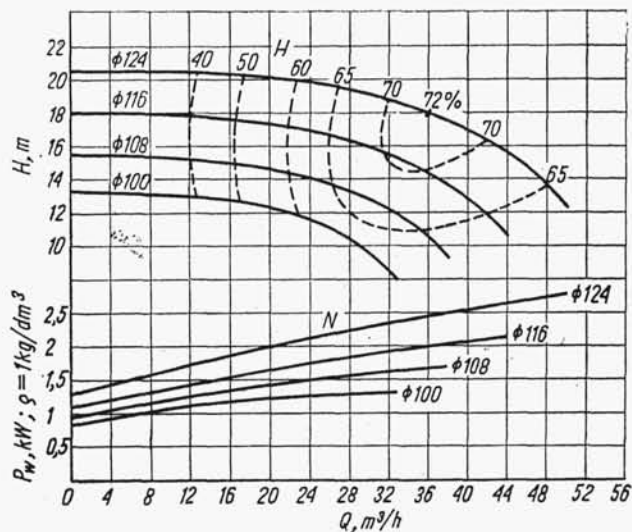
W przypadku pomp z regulacją wartości parametrów pracy (przez zmianę skoku w pompach o ruchu postępowo-zwrotnym, zmianę prędkości obrotowej w pompach o ruchu obrotowym, zmianę średnicy wirników w pompach wirowych oraz zmianę kąta nachylenia łopatek wirnika lub kierownicy w pompach wirowych diagonalnych i śmigłowych) otrzymuje się dla każdego stanu ruchu inne krzywe charakterystyczne



**Rys. 4.9**  
Pagórek sprawności pompy wielotłoczkowej promieniowej typu 100/250 (Pohlenz); regulacja wydajności: 0,75, 0,50 i 0,25  $Q_n$



**Rys. 4.10.** Pagórek sprawności pompy wirowej odśrodkowej typu OŁ-200, do cieczy zanieczyszczonych produkcji Zabrzeńskiej Fabryki Maszyn Górniczych



**Rys. 4.11.** Pagórek sprawności pompy odśrodkowej typu CK204 65—125 firmy Fabryka Maszyn Ochsner (Austria) dla różnych średnic wirnika

(rodziny krzywych). Po naniesieniu ich na wspólny wykres i oznaczeniu na każdej krzywej  $H = f(Q)$  lub  $Q = f(H)$  punktów o określonej sprawności łączymy liniami punkty o jednakowej sprawności, otrzymując krzywe stałej sprawności, tworzące *pagórek sprawności*. Przykłady *uniwersalnych charakterystyk w postaci pagórków sprawności* ilustrują rys. 4.9, 4.10 i 4.11.

Pagórek sprawności umożliwia określenie sprawności pompy dla dowolnie przyjętego punktu pracy ( $H$  i  $Q$ ) oraz pozwala na określenie wartości parametrów pompy w punkcie maksymalnej sprawności (wierzchołek pagórka).

Dokładne objaśnienie metody sporządzania pagórka sprawności oraz obszerniejsze jego omówienie zawiera rozdz. 16. Tam są przedstawione również inne charakterystyki specjalne pomp wirowych.