

4.3. Moc

Mocą na wale (sprzęgle) pompy P_w nazywamy moc pobieraną przez pompę, równą mocy dostarczonej przez silnik napędowy, lub przez przekładnię pośredniczącą między silnikiem a pompą. Moc na wale pompy P_w otrzymujemy przez bezpośredni pomiar momentu napędzającego pompę, pośrednio przez pomiar lub obliczenie poboru mocy P_s przez silnik elektryczny, wtedy

$$P_w = P_s \eta_s \quad (4.18)$$

albo przez obliczenie

$$P_w = \frac{g \varrho Q_r H_e}{\eta} \cdot 10^{-3} \text{ kW} = \frac{\gamma Q_r H_e}{\eta} \cdot 10^{-3} \text{ kW} \quad (4.19)$$

$$P_w = \frac{Q_r \Delta p}{\eta} \cdot 10^{-3} \text{ kW} \quad (4.20)$$

gdzie: η_s — sprawność silnika elektrycznego, η — całkowita sprawność pompy, γ — ciężar właściwy w N/m^3 , Δp — przyrost ciśnienia w Pa, Q_r — wydajność pompy w m^3/s , ϱ — masa właściwa (gęstość) w kg/m^3 .

Mocą użyteczną (efektywną) P_e nazywamy moc netto zużytą na zwiększenie energii pompowanej cieczy. Moc P_e określa się ze wzoru

$$P_e = g \varrho Q_r H_e \cdot 10^{-3} \text{ kW} = \gamma Q_r H_e \cdot 10^{-3} \text{ kW} \quad (4.21)$$

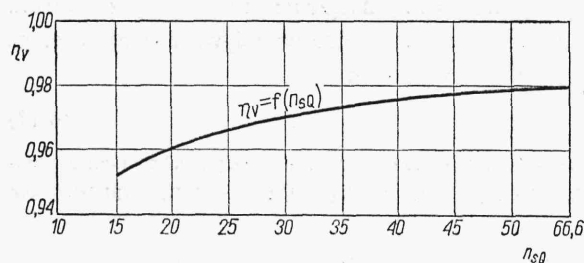
4.4. Sprawność

Sprawnością objętościową pompy η_v nazywamy stosunek wydajności rzeczywistej Q_r do wydajności teoretycznej Q_{th}

$$\eta_v = \frac{Q_r}{Q_{th}} \quad (4.22)$$

Sprawność objętościowa zawiera się w granicach $\eta_v = 0,85 \div 0,99$, przy czym większe wartości odnoszą się do pomp wyporowych oraz większych wirowych.

W pompach wirowych sprawność objętościowa zależy również od wyróżnika szybkobieżności, jak to pokazano na rys. 4.1.



Rys. 4.1. Zależność sprawności objętościowej η_v pompy wirowej od wyróżnika szybkobieżności n_{sq}

Sprawnością hydrauliczną pompy η_h nazywamy stosunek użytecznej wysokości podnoszenia H_e do wysokości teoretycznej H_{th} .

$$\eta_h = \frac{H_e}{H_{th}} = \frac{H_e}{H_e + \Delta h_p} \quad (4.23)$$

gdzie Δh_p — straty przepływu wewnątrz pompy na drodze od króćca ssawnego do tłocznego.

Sprawność hydrauliczna η_h zależy od rodzaju pompy: dla pomp wyporowych przybiera większe wartości $\eta_h = 0,90 \div 0,98$, dla pomp wirowych jest zawarta w granicach $\eta_h = 0,8 \div 0,96$. Zależy ona również od wielkości pomp — dla większych ma większą wartość.

Duży wpływ na sprawność hydrauliczną ma niewątpliwie sposób ukształtowania kanałów przepływowych pompy, zwłaszcza wirnika, jak również poprawność ich wykonania.

Sprawność hydrauliczna η_h może być wyznaczona doświadczalnie. Dla pomp odśrodkowych $n_{sQ} = 15 \div 50$. A. A. Łomakin zaleca doświadczalny wzór

$$\eta_h = 1 - \frac{0,42}{(\lg d_{1red} - 0,172)^2} \quad (4.24)$$

przy czym średnicę zredukowaną d_{1red} (podstawione w mm) określa formuła D. J. Suchanowa

$$d_{1red} = (4,0 \div 4,5) \cdot 10^3 \sqrt[3]{Q/n} \quad (4.25)$$

gdzie: Q — wydajność pompy w m^3/s , n — prędkość obrotowa w obr/min.

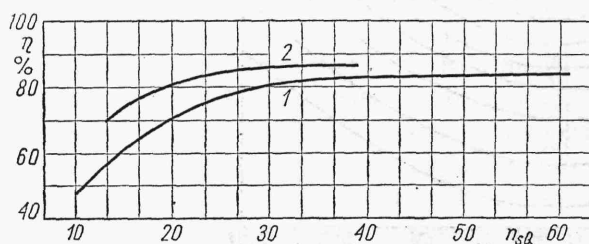
Według formuły G. F. Wislicemusa dla pomp śmigłowych

$$\eta_h = \sqrt{\eta} - (0,01 \div 0,02) \quad (4.26)$$

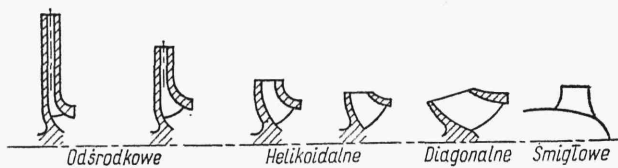
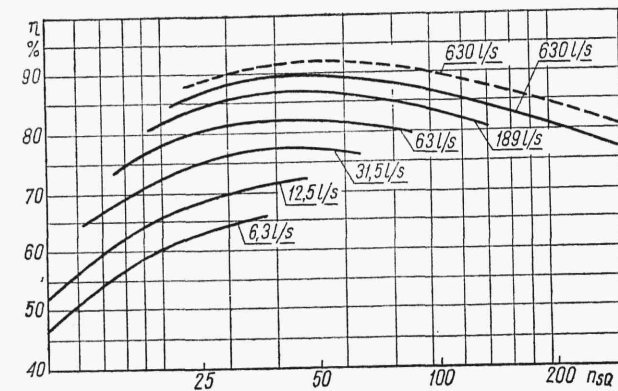
Sprawność mechaniczna pompy η_m jest to stosunek różnicy mocy na wale P_w i mocy zużywanej na pokonanie oporów mechanicznych P_m (występujących w pompie w łożyskach i w dławnicach) do mocy na wale

$$\eta_m = \frac{P_w - P_m}{P_w} \quad (4.27)$$

Sprawność mechaniczna zawiera się w granicach $\eta_m = 0,90 \div 0,98$ — zależnie od rodzaju wielkości i jakości wykonania pompy. Dla pomp wyporowych przyjmuje się mniejsze wartości. W pompach bezdławnicowych wirowych sprawność $\eta_m = 1,00$.



Rys. 4.2. Zależność sprawności całkowitej η od wyróżnika szybkobieżności n_{sQ} dla pomp odśrodkowych; 1 — ze spiralnym kanałem zbiorczym, 2 — z kierownicą odśrodkową i spiralnym kanałem zbiorczym (F. Krisam)

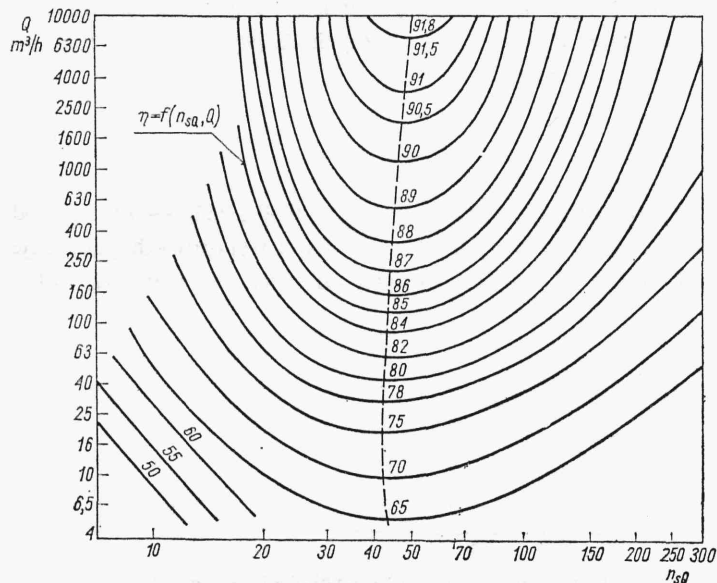


Rys. 4.3. Całkowite sprawności η pomp o różnych wydajnościach Q w zależności od wyróżnika szybkoobrotowości n_{sQ} wg firmy Worthington

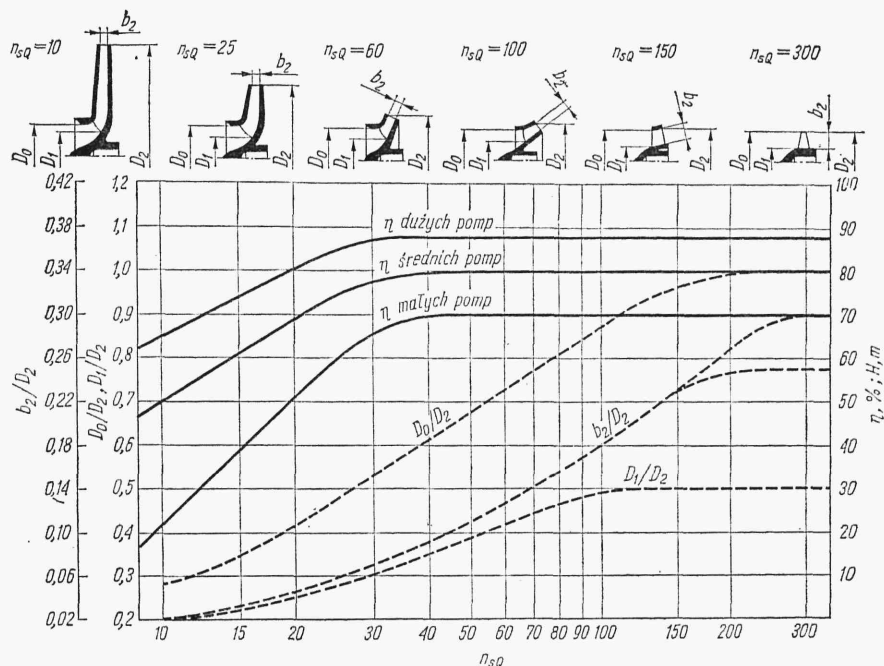
Sprawność całkowitą pompy η określamy stosunkiem mocy użytecznej P_e do mocy pobieranej przez pompę na wale P_w

$$\eta = \frac{P_e}{P_w} = \eta_v \eta_h \eta_m \quad (4.28)$$

Całkowita sprawność pomp nie powinna być mniejsza od $\eta = 0,6$. Pompy nowoczesnej konstrukcji osiągają obecnie wartości $\eta = 0,9$. Przeciętne sprawności wynoszą $\eta = 0,7 \div 0,8$.



Rys. 4.4. Całkowite sprawności η pomp wirowych w zależności od wydajności Q i wyróżnika szybkoobrotowości n_{sQ} wg Gradewalda



Rys. 4.5. Kształty wirników oraz sprawności η 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.