

Pompy o ruchu obrotowym organu roboczego — pompy wyporowe obrotowe (rotacyjne)

7

Zasada działania *pomp o ruchu obrotowym organu roboczego*, zwanych *pompami rotacyjnymi*, polega na tym, iż organy robocze tych pomp w czasie jednostajnego obrotu dookoła swych osi powiększają okresowo przestrzeń ssawną, zmniejszając jednocześnie przestrzeń tłoczną, wskutek czego występuje jednocześnie zasysanie cieczy do wnętrza pompy i tłoczenie na zewnątrz.

W przeciwieństwie do pomp wyporowych o postępowo-zwrotnym i obrotowo-zwrotnym ruchu tłoka, w których komora robocza (wnętrze kadłuba lub cylindra) łączy się na przemian z obszarem ssawnym lub tłocznym za pomocą zaworów sterujących, w pompach o obrotowym ruchu organu roboczego (tłoka lub rotora) organ ten oddziela obszar ssawny od obszaru tłocznego, wskutek czego odpada konieczność stosowania zaworów sterujących.

W porównaniu z pompami o postępowo-zwrotnym lub obrotowo-zwrotnym ruchu tłoka, pompy o obrotowym ruchu organu roboczego mają następujące zalety:

- w większości pomp równomierna wydajność, tak iż zbędne są powietrzniki,
- prosta konstrukcja niektórych rodzajów pomp, jak np. pomp zębatych,
- znacznie mniejsze wymiary niż innych pomp przy tej samej wydajności,
- możliwość sprzęgania wielu typów z szybkobieżnymi silnikami bezpośrednio lub za pomocą prostych przekładni o niewielkim przełożeniu.

Oprócz tego pompy te mają zdolność samozasysania, ograniczoną jednak warunkami rozruchu. Charakterystyki pomp rotacyjnych są zbliżone do charakterystyk innych pomp wyporowych, wykazując nieznaczną zależność wydajności rzeczywistej Q_r od wysokości podnoszenia H .

7.1. Pompy łopatkowe

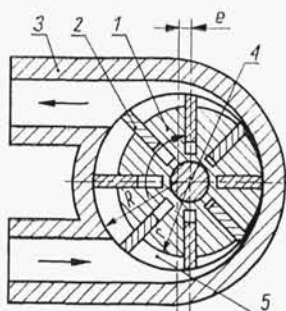
Pompy łopatkowe, których organem roboczym jest wirnik (rotor) zaopatrzony w wysuwne lub przesuwne łopatki, dzieli się na dwie zasadnicze grupy:

— *pompy z rotorami o łopatkach wysuwanych promieniowo lub ukośnie* (pompy tego typu są powszechnie stosowane i znanych jest wiele ich rozwiązań konstrukcyjnych),

— *pompy z rotorami o łopatkach przesuwanych osiowo*, stosunkowo rzadziej występujące (nie omówiono w tekście).

7.1.1. Pompy łopatkowe o łopatkach wysuwanych promieniowo jednostronnego działania

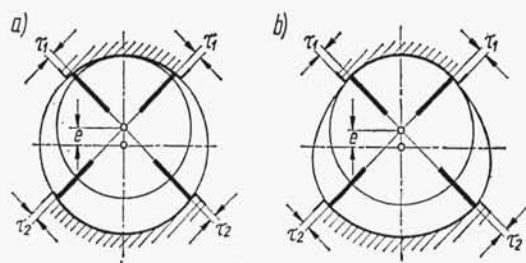
Schemat działania pompy łopatkowej przedstawiono na rys. 7.1. Rotor 1, zaopatrzony w 8 przesuwanych promieniowo łopatek 2, wiruje mimośrodowo w kadłubie 3, zamkniętym dwiema równoległymi pokrywami bocznymi. Łopatki w czasie obrotu wirnika są dociskane do wewnętrznej gładzi kadłuba na skutek działania siły odśrodkowej, niekiedy również za pomocą sprężyn lub wywieranego ciśnienia cieczy, doprowadzanej z obszaru tłocznego do rowków łopatek. Przestrzenie międzyłopatkowe 5 są zamknięte po stronie czołowej pokrywami bocznymi. Przestrzenie te zmieniają okresowo swoją objętość, powodując zasysanie i wytłaczanie cieczy.



Rys. 7.1
Schemat pompy łopatkowej; 1 — rotor (wirnik), 2 — łopatki, 3 — kadłub pompy, 4 — wał, 5 — przestrzenie międzyłopatkowe

Otwór wlotowy i wylotowy cieczy z pompy są umieszczone w ścianie bocznej kadłuba (rys. 7.1) lub w pokrywach czołowych. Objętość przetłaczanej dawki wynosi Ab , gdzie: A oznacza pole przestrzeni roboczej, ograniczonej dwiema sąsiednimi łopatkami, kadłubem i wirnikiem pompy, b — szerokość rotora (odległość między pokrywami bocznymi).

Przestrzeń zasklepiona, tj. w danej chwili odcięta od wlotu i wylotu, a więc i pole A (rys. 7.1), nie powinna w zasadzie zmniejszać się w czasie obrotu wirnika, gdyż zachodzące wówczas wtłaczanie cieczy powodowałoby jej przeciekanie do obszaru ssawnego oraz obciążałoby dodatkowo łożyska, pogarszając sprawność mechaniczną pompy. Nie jest też pożądane powiększanie tej przestrzeni. Wywołuje to kawitację i gwałtowne dopełnianie przez ciecz pustej przestrzeni z chwilą, gdy krawędź łopatki minie gładź kadłuba i zamknięta (zasklepiona) przestrzeń otworzy się; powstają wówczas drgania i hałas. Z tych względów łopatka powinna stykać się z gładzią dopiero wtedy, gdy poprzednia łopatka z gładzi wychodzi. Jednak dla uniknięcia bezpośredniego połączenia obszaru tłocznego ze ssawnym, zwłaszcza przy dużych wysokościach pompowania, stosuje się przykrycia τ_1 i τ_2 widoczne na rys. 7.2.



Rys. 7.2
Schemat działania pompy łopatkowej Samaina

Ukształtowanie gładzi jak na rys. 7.2b nie powoduje niepożądanych zmian objętości przestrzeni zasklepionej oraz przestrzeni roboczej, lecz technologia wykonania takiego kształtu gładzi jest trudna.

Przy jednokierunkowej prędkości obrotowej rotora pompy celowe jest pochylenie łopatek pod pewnym kątem $\alpha = 10 \div 15^\circ$ względem promienia w kierunku zgodnym z kierunkiem wirowania. Dzięki temu zmniejsza się możliwość wystąpienia zjawiska zakleszczania łopatki w żłobku rotora.

Wadą pompy łopatkowej jednostronnie działającej jest siła promieniowa wywierana na rotor, wynikająca z różnicy ciśnień wokół niego.

Wydajność rzeczywistą pompy łopatkowej określa wzór

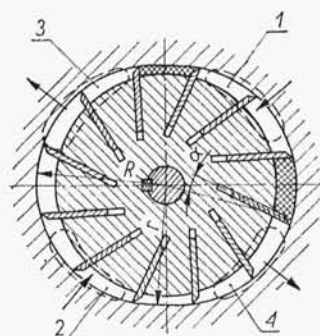
$$Q_r = 60ben\eta_v \left(\pi(r_1 + r_2) - \frac{sz}{\cos \alpha} \right) \text{ m}^3/\text{h} \quad (7.1)$$

gdzie: e — mimośród pompy w m, r_1 — promień rotora w m, r_2 — promień gładzi kadłuba w m, z — liczba łopatek, s — grubość łopatki w m, b — szerokość rotora w m, η_v — sprawność objętościowa $= 0,80 \div 0,90$, n — prędkość obrotowa rotora w obr/min.

7.1.2. Pompy łopatkowe o łopatkach wysuwanych promieniowo dwustronnego działania

W celu wyrównoważenia sił poprzecznych działających na rotor, pompy łopatkowe wysokociśnieniowe ($p > 3 \text{ MPa}$) są budowane w układzie dwustronnym.

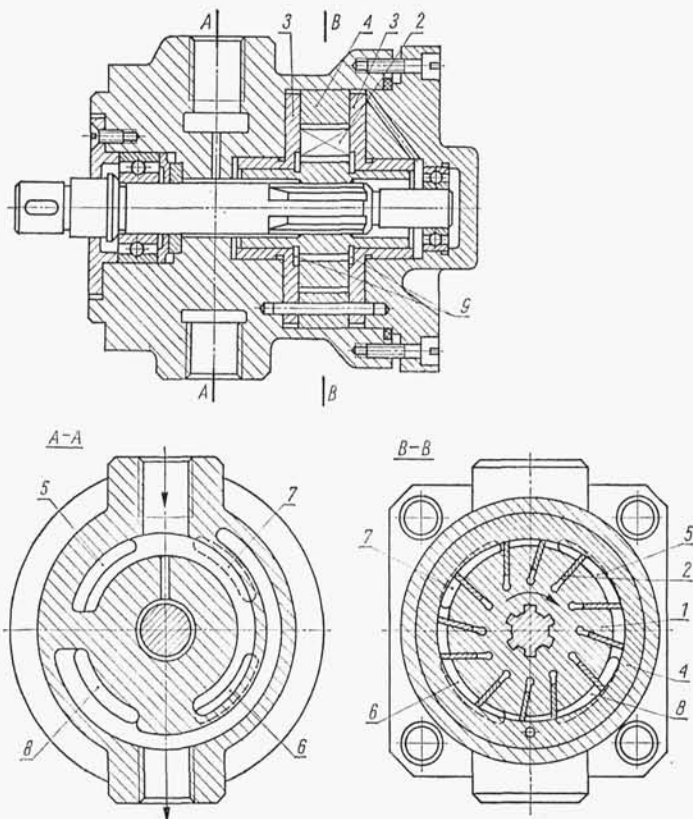
Schemat działania pompy łopatkowej odciążonej przedstawiono na rys. 7.3. Ciecz jest zasysana przez otwory ssawne 1 i 2, połączone z obszarem ssawnym i następnie wytłaczana przez otwory tłoczne 3 i 4, połączone z obszarem tłocznym (króćcem



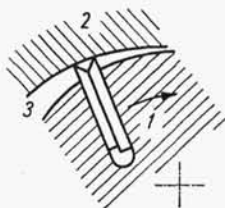
Rys. 7.3
Schemat pompy łopatkowej odciążonej; 1, 2 — otwory ssawne, 3, 4 — otwory tłoczne

tłocznym) pompy. Łopatki wirnika są pochyłone o kilka stopni względem promienia w kierunku obrotu pompy, co zapewnia lepsze ich przyleganie do gładzi cylindrowej i zmniejsza możliwość zakleszczenia w rowkach prowadzących.

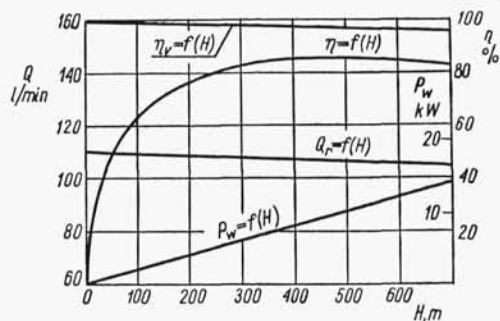
Konstrukcję pompy łopatkowej odciążonej dwustronnego działania typu Vickersa przedstawiono na rys. 7.4. Widoczny na przekroju B—B wirnik 1, zaopatrzony w łopatki 2, obraca się między tarczami bocznymi 3. Łopatki 2 ślizgają się po gładzi cylindrowej pierścienia 4, powodując zasysanie cieczy przez otwory 6 i 5, połączone z obszarem ssawnym pompy. Następnie ciecz zostaje przetłoczona przez otwory 7 i 8 do obszaru (króćca) tłocznego. Łopatki wirnika są dociskane do gładzi na skutek



Rys. 7.4. Pompa łopatkowa dwustronnie działająca typu Vickersa; 1 — rotor (wirnik), 2 — łopatką, 3 — tarcze (ściany) boczne, 4 — pierścień z wewnętrzną gładzią cylindrową, 5, 6 — otwory ssawne, 7, 8 — otwory tłoczne, 9 — kanał doprowadzający ciecz pod łopatki



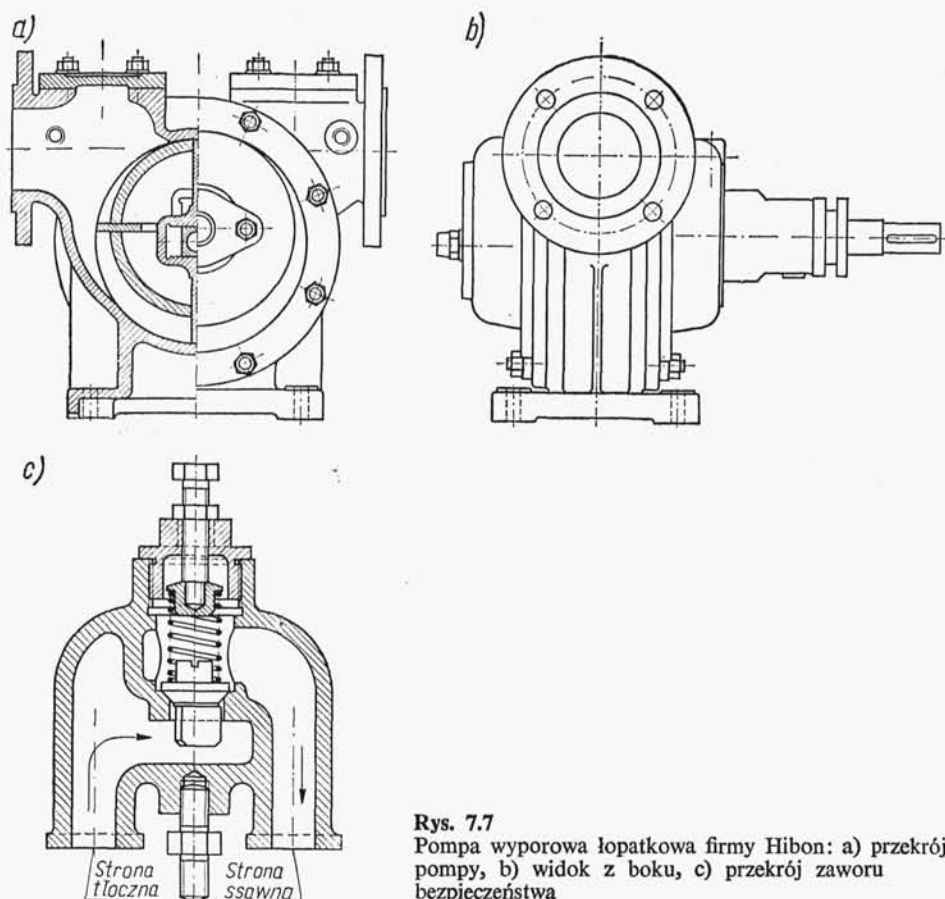
Rys. 7.5. Schemat działania podwójnej łopatki pompy; 1 — rotor, 2 — kadłub pompy, 3 — łopatki



Rys. 7.6. Charakterystyka pompy łopatkowej typu Vickersa

działania siły odśrodkowej oraz dodatkowo ciśnienia cieczy dopływającej pod łopatki kanałem 9.

W niektórych rozwiązaniach konstrukcyjnych są stosowane *podwójne łopatki*, przedstawione schematycznie na rys. 7.5. Takie rozwiązanie zwiększa szczelność między krawędzią łopatki a gładzią, zmniejszając w znacznym stopniu straty na przecieki.



Rys. 7.7

Pompa wyporowa łopatkowa firmy Hibon: a) przekrój pompy, b) widok z boku, c) przekrój zaworu bezpieczeństwa

Rzeczywistą wydajność pompy łopatkowej obustronnego działania (rys. 7.4) o łopatkach wysuwanych promieniowo określa wzór

$$\begin{aligned}
 Q_r &= 120\eta_v nb \left[\pi(r_2^2 - r_1^2) - (r_2 - r_1) \frac{sz}{\cos \alpha} \right] = \\
 &= 120\eta_v enb \left[\pi(r_2 + r_1) - \frac{sz}{\cos \alpha} \right] \quad \text{m}^3/\text{h}
 \end{aligned} \quad (7.2)$$

gdzie: $\eta_v = 0,80 \div 0,90$ sprawność objętościowa, r_2 i r_1 — duża i mała połowa osi owalnego zarysu gładzi w m, pozostałe wielkości jak we wzorze 7.1.

Charakterystykę pompy dwustronnie działającej Vickersa, tłoczącej olej o współczynniku zawiesistości $\nu = 32 \text{ mm}^2/\text{s}$ (cSt) przy $n = 1200 \text{ obr/min}$, przedstawiono na rys. 7.6.

Oryginalną konstrukcję pompy wyporowej 4-łopatkowej przedstawiono na rys. 7.7a, zaś zawór bezpieczeństwa chroniący pompę przed rozerwaniem — w przypadku braku drożności po stronie tłoczenia na rys. 7.7b.

7.1.3. Parametry pracy i zastosowanie pomp łopatkowych

Zapotrzebowanie mocy P_w pomp łopatkowych określa zależność (patrz rozdział 4)

$$P_w = \frac{g \rho Q_r H 10^{-3}}{\eta} = \frac{\gamma Q_r H 10^{-3}}{\eta} \quad \text{kW}$$

gdzie: $\eta = \eta_v \eta_h \eta_m$; η_v — sprawność objętościowa, η_h — sprawność hydrauliczna ($\eta_h = 0,93 \div 0,98$), η_m — sprawność mechaniczna ($\eta_m = 0,94 \div 0,97$).

Pompy łopatkowe są stosowane wyłącznie do przetłaczania cieczy samosmarujących (oleje, smary) o lepkości $\nu = 30 \div 80 \text{ mm}^2/\text{s}$ (cSt) przy temperaturze $t = 90^\circ\text{C}$; wydajność Q do 450 l/min i wysokości podnoszenia $H = 1400 \text{ m}$, prędkość obrotowa $n = 800 \div 4000 \text{ obr/min}$, całkowita sprawność pomp $\eta = 0,7 \div 0,85$.

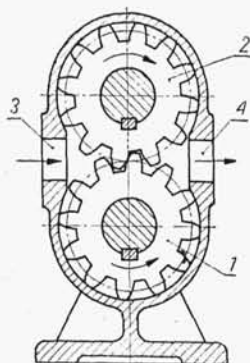
Pompy te znajdują zastosowanie w napędach hydraulicznych obrabiarek, pras, hamulców, podnośników, serwomotorów itp.

7.2. Pompy zębate

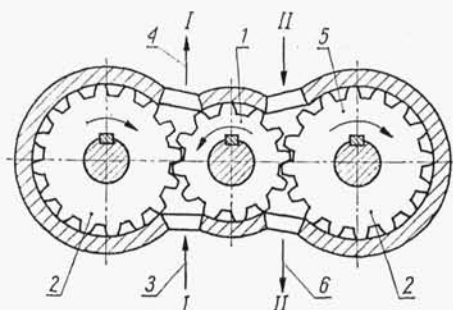
Zestawienie dodatkowych oznaczeń:

- b — szerokość zęba,
- d_p — średnice podziałowe kół zębatych: d_{p1} — napędzającego i d_{p2} — napędzanego,
- e — promień przyporu,
- h — wysokość zęba,
- h_g — wysokość głów zębów,
- m — moduł zęba,
- z — liczba zębów koła,
- A — przekrój przestrzeni międzyzębnej,
- α — kąt przyporu,
- ε — stopień pokrycia (liczba przyporu),
- $\psi = b/m$.

Pompy zębate należą do grupy pomp wyporowych o wirujących tłokach. Koła zębate (w liczbie od dwu do pięciu) obracają się w kadłubie, oddzielając w miejscu zazębienia obszar ssawny pompy od obszaru tłocznego. Zęby kół ślizgają się



Rys. 7.8. Schemat pompy zębatej o zazębieniu zewnętrznym; 1 — koło zębate napędzające, 2 — koło zębate napędzane, 3 — obszar i króciec ssawny, 4 — obszar i króciec tłoczny



Rys. 7.9. Schemat pompy zębatej trójwirtualnej dwustrumieniowej; 1 — koło zębate napędzające, 2 — koło zębate napędzane, 3, 4 — wlot i wylot strumienia I, 5, 6 — wlot i wylot strumienia II