

W ostatnich latach, po II wojnie światowej, nastąpił olbrzymi rozwój pomp stosowanych w energetyce zawodowej, przede wszystkim *pomp zasilających*, następnie w energetyce nuklearnej *pomp obiegowych o specjalnej konstrukcji* oraz rozwój nowych *maszyn hydraulicznych odwracalnych*, łączących w sobie cechy pomp i turbin, tzw. *pompoturbin*.

W Polsce produkcję pomp rozpoczęły w niewielkim zakresie Zakłady Mechaniczne Bormann, Szwede i S-ka w Warszawie w końcu ub. wieku. Były to *pompy odśrodkowe poziome* do zacieru gorzelnianego. Pierwszą wytwórnią pomp była Fabryka Pomp Odśrodkowych Turbinowych Brandel, Witoszyński i S-ka, założona w 1908 r., produkująca własnej konstrukcji *pompy odśrodkowe i tłokowe, poziome i pionowe z napędem parowym i elektrycznym*. Od 1918 r. ta sama firma pod zmienioną nazwą: Pierwsza w Polsce Wytwórnia Pomp Turbinowych i Turbin Parowych inż. Stefana Twardowskiego rozszerzała asortyment produkowanych wyrobów, wytwarzając *pompy odśrodkowe jedno- i wielostopniowe* (do wody czystej zimnej i gorącej, do soków i mieszanin), *pompy helikoidalne i diagonalne* (zwane *pompami turbinowymi*) oraz *pompy śmigłowe*. Osiągane wartości parametrów pracy były następujące: wydajność do 2500 m<sup>3</sup>/h, wysokość podnoszenia do 270 m — przy poborze mocy do 600 kW i sprawności do 85%. Produkcja tych pomp była oparta na opracowaniach wybitnego konstruktora inż. Szczepana Łazarkiewicza, wieloletniego kierownika Biura Konstruktoryjnego Wytwórni.

Po II wojnie światowej w latach sześćdziesiątych zbudowano Warszawską Fabrykę Pomp, w której rozpoczęto produkcję różnych rodzajów pomp o bardzo korzystnych parametrach pracy nie odbiegających od parametrów rozwiązań światowych. Równocześnie rozpoczęło wyłączną lub częściową produkcję tych pomp kilkadziesiąt zakładów.

Osiągane obecnie wartości parametrów pracy krajowych pomp są następujące:

— *pompy odśrodkowe jedno- i wielostopniowe* — wydajność do 4600 m<sup>3</sup>/h, wysokość podnoszenia do 2200 m (wysokoprężne pompy zasilające kotły), przy poborze mocy do 4000 kW i sprawności do 88%;

— *pompy helikoidalne i diagonalne jedno- i wielostopniowe, poziome i pionowe* — wydajność do 17 500 m<sup>3</sup>/h, wysokość podnoszenia do 40 m na stopień, przy poborze mocy do 1600 kW i sprawności do 88%;

— *pompy śmigłowe pionowe i poziome* — wydajność do 32 000 m<sup>3</sup>/h, wysokość podnoszenia do 12 m, przy poborze mocy do 1250 kW i sprawności do 90%.

Z krajowymi zakładami produkcyjnymi współpracuje Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Pomp Przemysłowych w Warszawie, którego zadaniem jest troska o należyty poziom techniczny pomp i rozwój ich budowy. Ośrodek posiada dwie filie: w Kielcach i Wrocławiu.

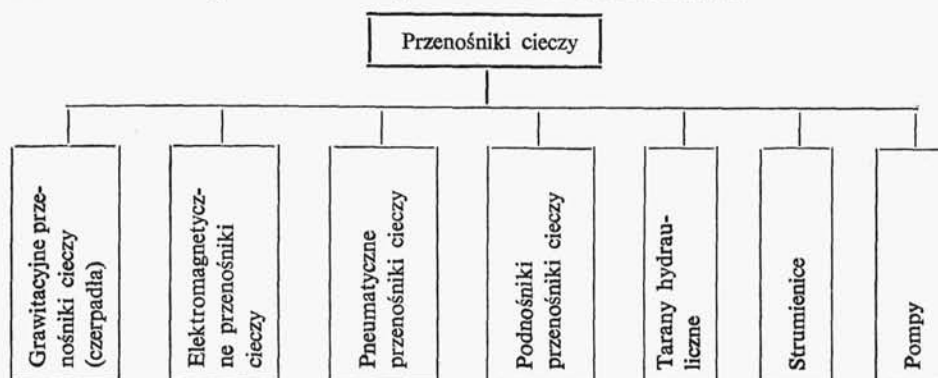
## 1.2. Przenośniki cieczy

---

*Pompy* należą do grupy maszyn zwanych *przenośnikami cieczy*.

*Przenośnikiem cieczy* nazywa się maszynę lub urządzenie robocze służące do przenoszenia cieczy i mieszanin cieczy z zawiesinami z poziomu niższego na wyższy

Tablica 1.1. Podział przenośników cieczy w zależności od sposobu działania



lub do przetłaczania z obszaru o niższym ciśnieniu do obszaru o ciśnieniu wyższym, albo też do pokonania oporów przepływu cieczy przez rurociąg. Najczęściej występują dwa lub trzy przypadki jednocześnie. Praca związana z przenoszeniem cieczy jest wykonywana kosztem energii doprowadzanej z zewnątrz.

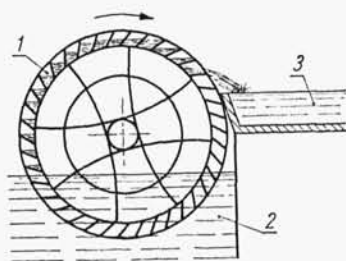
W tabl. 1.1 przedstawiono podział przenośników cieczy w zależności od sposobu działania.

### 1.2.1. Grawitacyjne przenośniki cieczy

Przenośniki te, zwane również *czerpadłami* zwiększają energię położenia cieczy. Do nich należą: *czerpadła pojemnikowe ciągłowe* i *kołowe* oraz *czerpadła śrubowe* i *ślimakowe*.

*Czerpadła pojemnikowe ciągłowe* (rys. 1.1) znajdują obecnie ograniczone zastosowanie m. in. w nowoczesnych rozwiązaniach konstrukcyjnych pogłębiarek rzecznych.

*Czerpadła pojemnikowe kołowe* przedstawione schematycznie na rys. 1.7. Obecnie nie znajdują one dużego zastosowania.



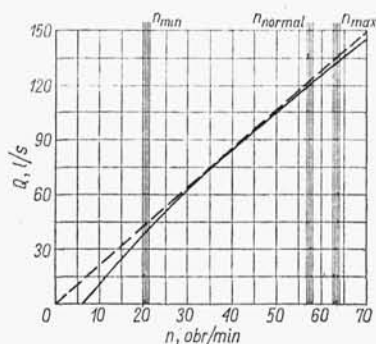
Rys. 1.7.  
Czerpadło pojemnikowe kołowe; 1 — koło z czerpakami międzyłopatkowymi, 2 — zbiornik dolny, 3 — zbiornik górny

*Czerpadła śrubowe* (rys. 1.2a, b) są coraz częściej stosowane w pompowniach melioracyjnych oraz w przepompowniach ścieków, głównie ze względu na takie zalety, jak: zdolność pompowania cieczy o praktycznie dowolnym zanieczyszczeniu, niewielka prędkość obrotowa (do 150 obr/min), prosta i niezawodna konstrukcja, łatwa obsługa oraz mały koszt inwestycyjny. Wirnik jedno- lub wielozwojowy, nachylony pod kątem  $20 \div 35^\circ$ , obraca się w otwartym korycie betonowym lub stalowym. Średnica wirnika dochodzi do 2900 mm, wydajność do  $8000 \text{ m}^3/\text{h}$  więcej, przy wysokości podnoszenia do 6 m.

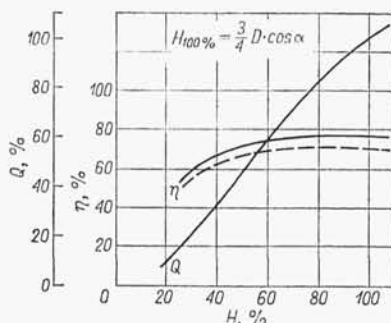
Wydajność czepadła ŝrubowego oblicza ŝe z zależności

$$Q = 60 \varphi s n \frac{(D_z^2 - D_w^2)}{4} \text{ m}^3/\text{h} \quad (1.1)$$

gdzie:  $\varphi$  = objętościowy współczynnik napelnienia przestrzeni między sąsiednimi zwojami ( $\varphi = 0,25 \div 0,40$ , a przy mniejszych kątach nachylenia i większej liczbie zwojów  $\varphi$  przyjmuje większe wartości),  $s$  — skok jednego zwoju (zwykle  $s = 0,8 \div 1,0 D_z$ ) w m,  $n$  — prędkość obrotowa wirnika w obr/min,  $D_z$  — zewnętrzna średnica wirnika w m,  $D_w$  — wewnętrzna średnica (tj. średnica piasty) wirnika w m.



Rys. 1.8. Charakterystyka czepadła ŝrubowego trzyzwojowego  $Q = f(n)$ ; - - - charakterystyka teoretyczna, — charakterystyka rzeczywista,  $\alpha = 35^\circ$ ,  $\varnothing 800 \text{ mm}$

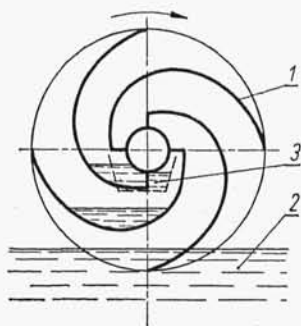


Rys. 1.9. Charakterystyki czepadła ŝrubowego  $Q = f(H)$  i  $\eta = f(H)$ , —  $\eta$  samej pompy, - - -  $\eta$  ŝruby wraz z przekładnią i napędem pasowym

Na rys. 1.8 i 1.9 przedstawiono przykładowo charakterystyki czepadła ŝrubowego.

Do wad czepadeł ŝrubowych naleŝy zaliczyó duŝe wymiary oraz małą ich sprawnoŝ, rzędu  $50 \div 75\%$ .

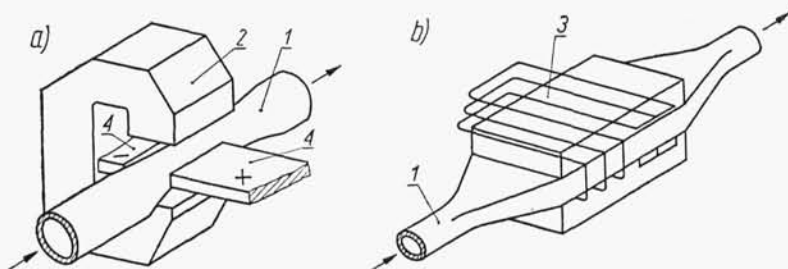
Czepadła ŝlimakowe, przedstawione schematycznie na rys. 1.10, sà obecnie rzadko stosowane.



Rys. 1.10  
Czepadło ŝlimakowe; 1 — koło z łopatkami czerpiącymi, 2 — zbiornik dolny, 3 — zbiornik górný w kształcie koryta odpływowego

## 1.2.2. Elektromagnetyczne przenoŝniki cieczy

Działanie tych przenoŝników polega na wywoływaniu zjawisk elektromagnetycznych w cieczach przewodzących prąd elektryczny (głównie płynne metale). W wyniku tego powstaje w przewodzie przepływ cieczy, jak to schematycznie przedstawiono na rys. 1.11.

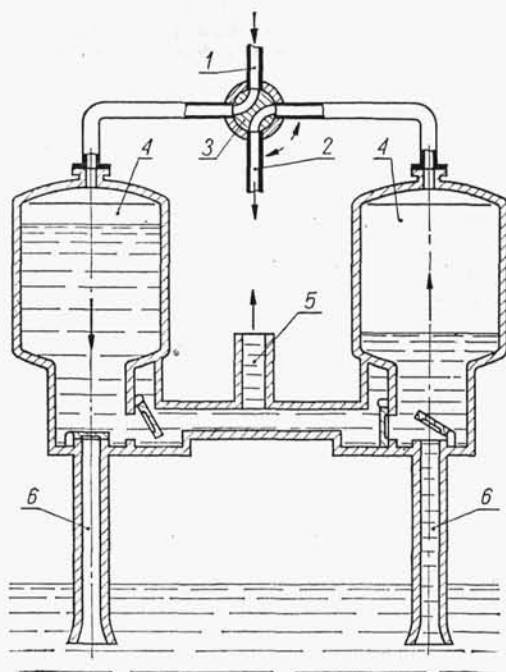


**Rys. 1.11.** Elektromagnetyczny przenośnik cieczy: a) zasilany prądem stałym, b) zasilany prądem przemiennym; 1 — kanał przepływowy, 2 — generator pola magnetycznego stałego, 3 — generator pola magnetycznego przemiennego, 4 — elektrody

### 1.2.3. Pneumatyczne przenośniki cieczy

W przenośnikach tych jest wywierane zmienne ciśnienie gazu na ciecz pompowaną kolejno z każdej komory (rys. 1.12). Kurek sterujący 3, o ruchu obrotowo-zwrotnym, kieruje automatycznie sprzężony gaz do poszczególnych komór.

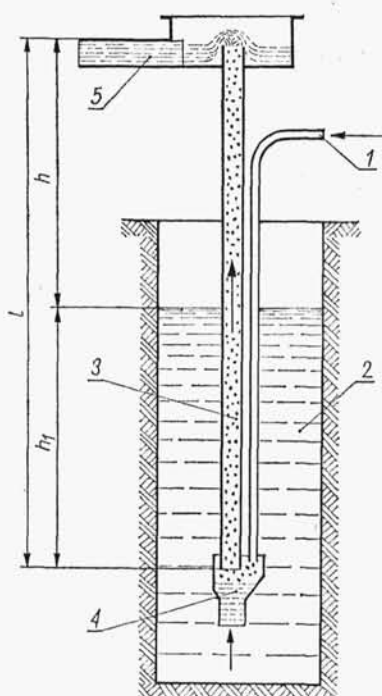
Pneumatyczne przenośniki cieczy są stosowane głównie w laboratoriach do pompowania cieczy agresywnych i silnie korodujących.



**Rys. 1.12**  
Pneumatyczny przenośnik cieczy;  
1 — doprowadzenie sprężonego gazu,  
2 — wysysanie gazu, 3 — kurek sterujący  
o ruchu obrotowo-zwrotnym, 4 — komory  
robocze, 5 — przewód tłoczny cieczy,  
6 — przewody ssawne

### 1.2.4. Powietrzne podnośniki cieczy

Działanie tych podnośników polega na wykorzystaniu różnicy ciężarów właściwych cieczy podnoszonej 2 i mieszaniny cieczy z powietrzem 3. Schemat powietrznego podnośnika cieczy, nazywanego również *pompą mamut*, przedstawiono na rys. 1.13. Zależność ilości pompowanej wody od ilości zużytego w tym czasie powietrza, przy różnych wartościach  $\epsilon$ , podano na rys. 1.14.



**Rys. 1.13**

Powietrzny podnośnik cieczy; 1— dopływ sprężonego powietrza, 2 — zbiornik dolny cieczy podnoszonej, 3 — słup mieszaniny cieczy z powietrzem, 4 — komora zasysania cieczy i powstawania mieszaniny z powietrzem, 5 — odpływ podnoszonej cieczy

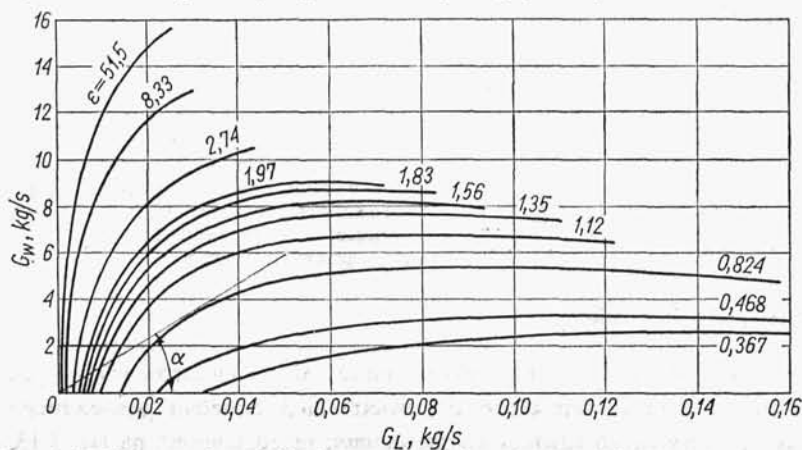
Wartość

$$\varepsilon = \frac{h_1}{h} \quad (1.2)$$

gdzie:  $h_1$  — głębokość zanurzenia,  $h$  — geometryczna wysokość podnoszenia.

Maksymalna wydajność podnośników powietrznych wynosi 7500 m<sup>3</sup>/h, a maksymalna wysokość podnoszenia dochodzi do 600 m. Optymalna sprawność podnośnika wynosi ok. 60%, zalecane wartości są zawarte w granicach  $\varepsilon = 1 \div 3$ .

Powietrzne podnośniki cieczy, niegdyś powszechnie stosowane, zostały obecnie częściowo zastąpione  *pompami wirowymi głębinowymi*. Przenośniki te znajdują



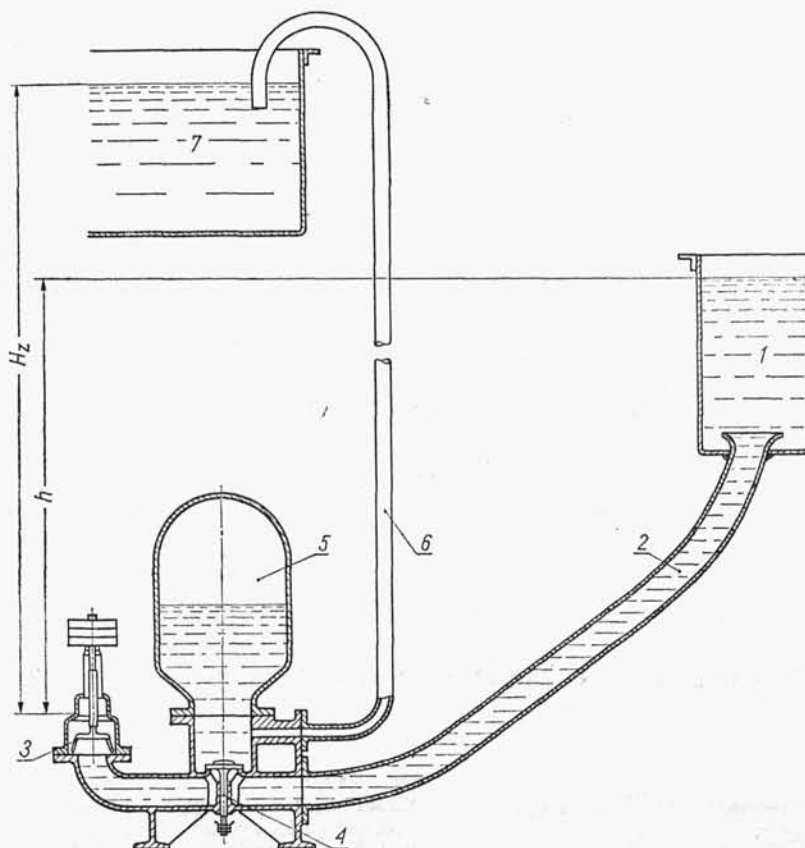
**Rys. 1.14.** Wykres zależności ilości pompowanej wody  $G_w$  od ilości zużytego powietrza  $G_p$ , przy różnych wartościach  $\varepsilon = \frac{h_1}{h}$

jeszcze zastosowanie do podnoszenia cieczy silnie zanieczyszczonych, agresywnych, w studniach zakrzywionych, o małych średnicach, czyli wszędzie tam, gdzie użycie pomp głębinowych jest trudne lub wręcz niemożliwe. Odznaczają się one prostą konstrukcją, brakiem części ruchomych i łatwością obsługi.

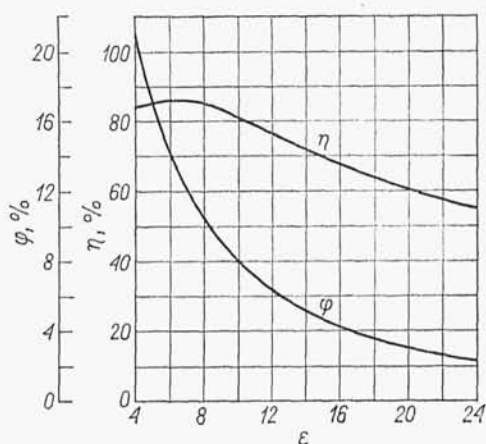
### 1.2.5. Tarany hydrauliczne

*Tarany hydrauliczne* są nazywane również *uderzeniowymi podnośnikami cieczy*. Działanie ich polega na wytwarzaniu zjawiska uderzenia hydraulicznego. Na rys. 1.15 przedstawiono taran hydrauliczny. Woda ze zbiornika 1 dopływa do taranu przewodem 2 i uchodzi na zewnątrz przez otwarty zawór 3, a po jego nagłym zamknięciu następuje gwałtowna zamiana energii kinetycznej wody na ciśnienie otwierające zawór 4 i pewna ilość wody wpływa do powietrznika 5, skąd przewodem 6 jest wytłaczana do zbiornika 7. Po zamknięciu zaworu 4 następuje otwarcie zaworu 3 i rozpoczęcie następnego cyklu.

Taran hydrauliczny został wynaleziony przez braci I. i E. Montgolfier w 1797 r. Znajduje on zastosowanie w miejscach obfitujących w wodę, przy niemożności zainstalowania lub braku pomp. Wydajność  $Q = 40 \text{ m}^3/\text{h}$ , wysokość podnoszenia



Rys. 1.15. Taran hydrauliczny; 1 — zbiornik dolny wody, 2 — przewód doprowadzający wodę do taranu, 3 — zawór rozrządzący, 4 — zawór tłoczny, 5 — powietrznik, 6 — przewód tłoczny, 7 — zbiornik górny



**Rys. 1.16**

Wykres zależności sprawności  $\eta$  i współczynnika  $\varphi$  taranu hydraulicznego od wartości  $\varepsilon$

$H_z$  do 300 m, przy rozporządalnym spadzie wody  $h$  do 30 m. Na rys. 1.16 podano zależność sprawności  $\eta$  od wartości  $\varepsilon$  i  $\varphi$ .

Stosunek całkowitej wysokości podnoszenia, jako sumy geometrycznej wysokości  $H_z$  i oporów przepływu w rurociągu  $\Sigma h_r$ , tłocznym, do rozporządalnego spadku wody  $h$  jest oznaczony symbolem

$$\varepsilon = \frac{H_z + \Sigma h_r}{h} \quad (1.3)$$

Stosunek wydajności rzeczywistej taranu  $Q$  do natężenia przepływu roboczego pomocniczego  $Q_p$  w przewodzie 2 jest oznaczony symbolem

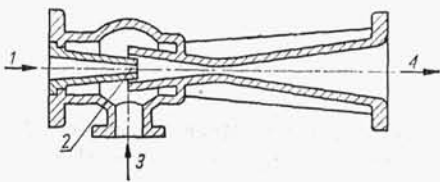
$$\varphi = \frac{Q}{Q_p} \quad (1.4)$$

### 1.2.6. Strumienice

Działanie ich polega na wytwarzaniu różnicy ciśnień przez zasilający strumień cieczy lub gazu. Schemat *strumienicy* przedstawiono na rys. 1.17. Strumienice są powszechnie stosowane do pompowania cieczy lub gazów. W przypadku tłoczenia strumienice są nazywane *injektorami* (inżektorami), a w przypadku ssania (wytwarzania podciśnienia) — *ejektorami* (eżektorami). Strumienice są obszernie omówione w literaturze [18].

### 1.2.7. Pompy

Przenośniki cieczy są ujęte w PN-67/M-44000. Przenośniki cieczy. Nazwy, określenia i podział.



**Rys. 1.17**

Strumienica; 1 — dopływ medium zasilającego (cieczy lub gazu), 2 — dysza, w której następuje przyrost prędkości i spadek ciśnienia, 3 — wlot zasysanej cieczy, 4 — wylot mieszaniny medium zasilającego wraz z zasysaną cieczą