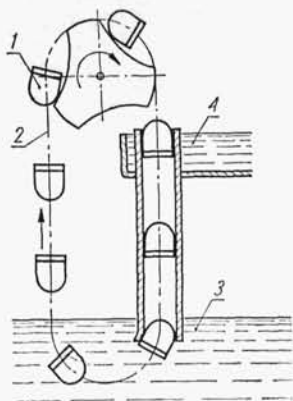


Przenośniki cieczy i określenia podstawowe

1

1.1. Rys historyczny

Już w zamierzchłych czasach z egzystencją ludzkich osiedli związany był problem przesyłania bądź podnoszenia wody, zarówno pitnej, jak i do nawadniania lub osuszania pól uprawnych. Przykładem tego mogą być rzymskie akwedukty pochodzące z V wieku p.n.e., z których niektóre są czynne do chwili obecnej. Długość akweduktów wynosiła niekiedy ponad 90 km. Wykorzystano w nich naturalny spad wody, kierując wodę z gór do osiedli.

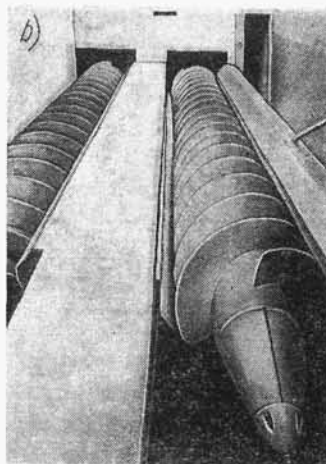
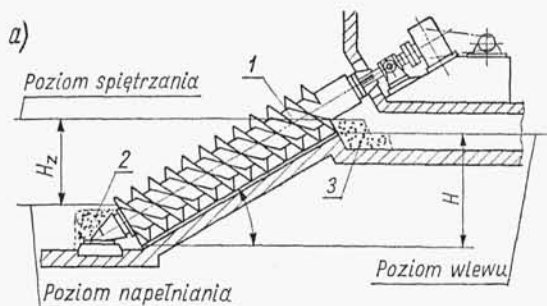


Rys. 1.1

Czerpadło pojemnikowe ciągłowe; 1 — czerpak, 2 — cięgło przegubowe, 3 — zbiornik dolny, 4 — zbiornik górny

Podnoszenie wody z poziomu niższego na wyższy, nie zawsze możliwe do uzyskania przez wykorzystanie naturalnego spadku, stało się bodźcem do zastosowania specjalnych urządzeń, które dziś są nazywane *przenośnikami cieczy*. Do najstarszych urządzeń pochodzących z 1700 r. p.n.e. należą *czerpadła pojemnikowe ciągłowe* (rys. 1.1), wydobywające wodę z dość głębokich studzien, np. w Kairze ze studni o głębokości 91,5 m. Innym urządzeniem było *koło z czerpakami na obwodzie*, podnoszące wodę na wysokość 3÷4 m w ilości do 10 m³/h.

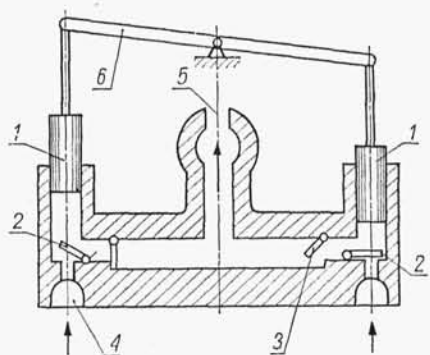
Około 1000 lat p.n.e. zbudowano *czerpadło śrubowe*, zwane także *śrubą Archimedesa* (rys. 1.2), do przepływu ciągłego. Urządzenie podnosiło wodę do wysokości 5÷6 m i było stosowane do nawadniania bądź odwadniania. W chwili obecnej



Rys. 1.2. Czerpadło śrubowe: a) schemat, b) widok; 1 — śruba podnosząca ciecz, 2 — zbiornik dolny, 3 — zbiornik górny

czepadło śrubowe przeżywa swój renesans, znajduje bowiem coraz częstsze zastosowanie, zwłaszcza w przepompowniach ścieków.

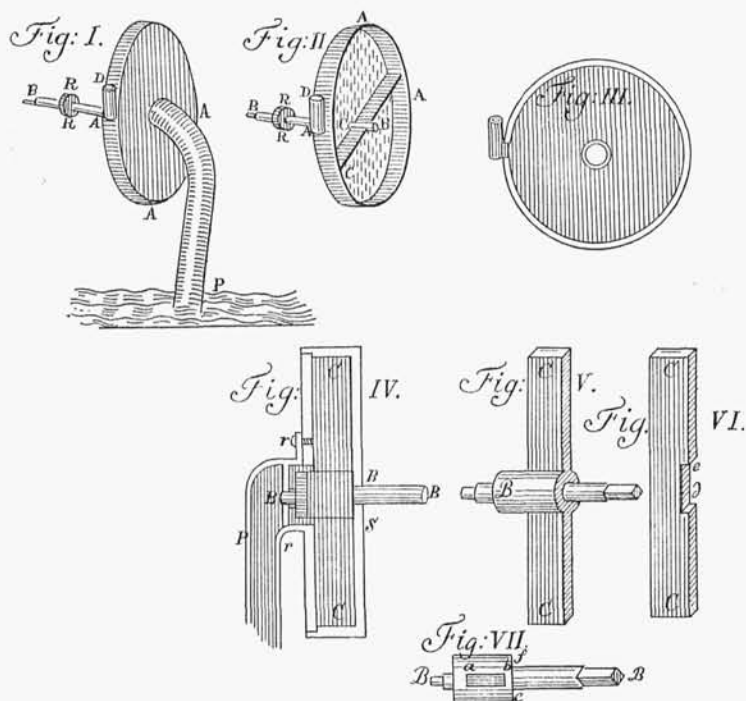
Około 200 r. p.n.e. została zbudowana w Aleksandrii *pompa pożarnicza* (rys. 1.3). Była to pierwsza na świecie *pompa wyporowa tłokowa*. Na uwagę zasługuje zastosowanie w niej na przemian działających dwu cylindrów, które miały na celu zmniejszenie nierównomierności wydajności, oraz innych podstawowych elementów stosowanych w postaci prawie nie zmienionej w obecnie budowanych pompach tłokowych.



Rys. 1.3
Pompa pożarnicza z Aleksandrii z 200 r. p.n.e.;
1 — tłoki nurnikowe, 2 — zawory ssawne klapowe,
3 — zawory tłoczne klapowe, 4 — otwory ssawne,
5 — króciec tłoczny, 6 — dźwignia napędowa

Pierwsza *pompa wirowa* została zastosowana w kopalni w Portugalii w V w. n.e. Wirnik tej pompy, wykonany z drewna, znajduje się w muzeum w Paryżu. Ma on łopatki o przestrzennej krzywiznie, co jest cechą charakterystyczną nowoczesnych pomp obecnie produkowanych.

Dalszych wiadomości o rozwoju pomp — aż do XV w. — brak. Dopiero przy końcu XV w. Leonardo da Vinci wykonał szkice *pompy wirowej z wykorzystaniem siły odśrodkowej w wirującym kanale*. Nie wiadomo jednak czy pomysł został zrealizowany. Ale już w 1588 r. Ramelli zbudował *pompę łopatkową* stanowiącą *pierwotny wzór pomp rotacyjnych*.

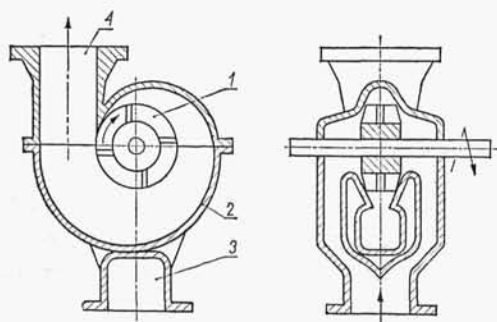


Rys. 1.4. Pompa odśrodkowa Denis Papina (Acta Eruditorum, 1689)

Z rozwojem przemysłu następował równoczesny rozwój górnictwa i konieczność intensywnego odwadniania kopalni, co stało się bodźcem do rozwoju konstrukcji pomp.

W 1687 r. Denis Papin zbudował model *pompy wirowej odśrodkowej* wykorzystującej siłę odśrodkową wody wirującej w zamkniętej obudowie (rys. 1.4). W roku 1705 Papin ulepszył pompę przez zastosowanie wirnika wielopatkowego o łopatkach promieniowych, wirującego w osłonie spiralnej. Z kolei następują dalsze ulepszenia pompy odśrodkowej, a w 1785 r. J. Skeys zgłasza patent na pierwszą *pompę śmigłową*.

W 1818 r. rozpoczyna seryjną produkcję *pomp odśrodkowych* (rys. 1.5) firma Massachusetts Pump. Pompy są wyposażone w wirnik dwustrumieniowy o łopatkach promieniowych. W 1846 W. D. Andrews zastosował łopatki zakrzywione, a w 1851 została zbudowana pierwsza *pompa odśrodkowa wielostopniowa*, jednak bez łopatek kierowniczych. Dopiero w 1875 r. Osborne Reynolds zastosował kierownice od-



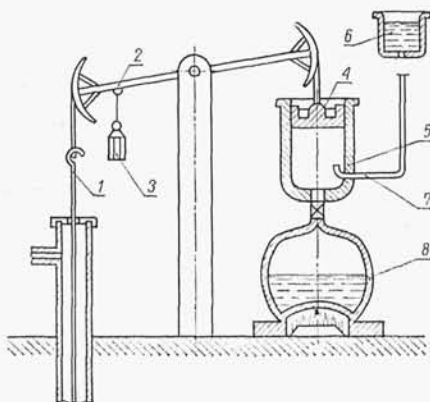
Rys. 1.5
Pompa odśrodkowa Massachusetts;
1 — wirnik otwarty z łopatkami prostymi, 2 — kadłub spiralny, 3 — króciec wlotowy, 4 — króciec wylotowy

i dośrodkowe w wielostopniowej pompie odśrodkowej i od tego czasu w pompach tego rodzaju następowały tylko ulepszenia mechaniczne.

Chociaż już w XVIII w. nastąpił żywiołowy rozwój maszyn hydraulicznych pokrewnych pompom wirowym, to jednak na przeszkodzie w rozwoju tych ostatnich stanął brak silników wysokoobrotowych.

Jednocześnie następował żywiołowy rozwój w budowie pomp wyporowych.

W 1805 r. Anglik Thomas Newcomen wynalazł *pompę tłokową napędzaną za pomocą pary wodnej* (rys. 1.6). Działanie napędu polegało na okresowym napełnianiu cylindra parą, następnie na wtryskiwaniu zimnej wody powodującej kondensację pary, spadek ciśnienia w cylindrze i nacisk ciśnienia atmosferycznego na tłok. Oczywiście przy tak ograniczonej różnicy ciśnień średnica tłoka musiała być dość duża, aby zapewniona była duża siła na tłoczysku. W innych konstrukcjach wykorzystywano nadciśnienie pary w cylindrze. W 1860 r. zastosowano największą pompę tego typu [13] w wodociągach londyńskich. Jej parametry pracy wynosiły $Q = 1365 \text{ m}^3/\text{h}$ i $H = 52 \text{ m}$.



Rys. 1.6

Pompa tłokowa Newcomen z napędem parowym; 1 — tłoczysko pompy, 2 — dźwignia napędowa, 3 — przeciwwaga, 4 — tłok, 5 — cylinder parowy, 6 — zbiornik wody zimnej, 7 — dysza wtryskowa wody zimnej, 8 — wytwornica pary

W 1840 i 1850 r. Amerykanin Whortington wynalazł *pompy tłokowe bezkorbowe* napędzane maszyną parową tłokową, zwane *Simplex* i *Duplex*. Dalszy rozwój pomp tłokowych doprowadził do budowy różnych ich typów — w układzie pionowym i poziomym jedno- i wielocylindrowych.

Wynalezienie przy końcu XIX w. silników elektrycznych spowodowało żywiołowy rozwój konstrukcji pomp wirowych.

W roku 1870 powstała firma Klein, Schanzlin und Becker produkująca wyłącznie pompy, zaś firma szwajcarska Gebrüder Sulzer rozpoczęła wraz z produkcją pomp — systematyczne prace badawcze, prowadzące do ich rozwoju. Inna firma niemiecka Weise & Monski rozpoczęła w latach 1910÷1915 produkcję pomp śmigłowych i diagonalnych. Na podkreślenie zasługuje pompa wirowa zbudowana w roku 1910 przez niemiecką firmę Schwade, której sprawność wynosiła 82÷84%.

Wraz z rozwojem różnych gałęzi przemysłu następował rozwój różnych rodzajów i typów pomp, ze wzrastającymi wciąż parametrami pracy. W obecnej chwili moc do napędu pomp osiągnęła wartość 237 MW, przy wydajnościach do 80 000 m³/h, ciśnieniach do 500 MPa (5000 at) i wyżej, przy czym zakres dużych wydajności charakteryzuje pompy wirowe, zaś dużych ciśnień, a małych wydajności — pompy wyporowe, tak więc oba rodzaje pomp uzupełniają się wzajemnie.

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 m³/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 Konstrukcyjnego 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 m³/h, wysokość podnoszenia do 2200 m (wysokoprzężne 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 m³/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 m³/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