

21

Pompy wirowe krętne, nazywane krótko *pompami wirowymi*, w przeciwieństwie do większości pomp wyporowych nie mają zdolności samozasysania. Przed uruchomieniem pompy wirowej musi nastąpić napełnienie przewodu ssawnego i kadłuba pompy cieczą pompowaną, gdyż pompa wirowa sama nie jest w stanie zassać cieczy.

W przypadku pracy pomp wirowych krętnych z napływem lub pompowania do układów pod ciśnieniem nie jest konieczne ich napełnienie cieczą, ale w przypadku pomp strażackich i pomp do opróżniania zęz zachodzi konieczność częstego ich uruchamiania przy opróżnionych przewodach ssawnych. Nieodzowne są wtedy pompy wirowe krążeniowe oraz inne posiadające zdolność samozasysania, albo pompy wirowe krętne z dodatkowym urządzeniem do usuwania powietrza z przewodu ssawnego i napełnienie go cieczą.

Do najczęściej stosowanych *pomp samozasysających* należą *pompy krążeniowe* oraz *pompy o wirującym pierścieniu wodnym*.

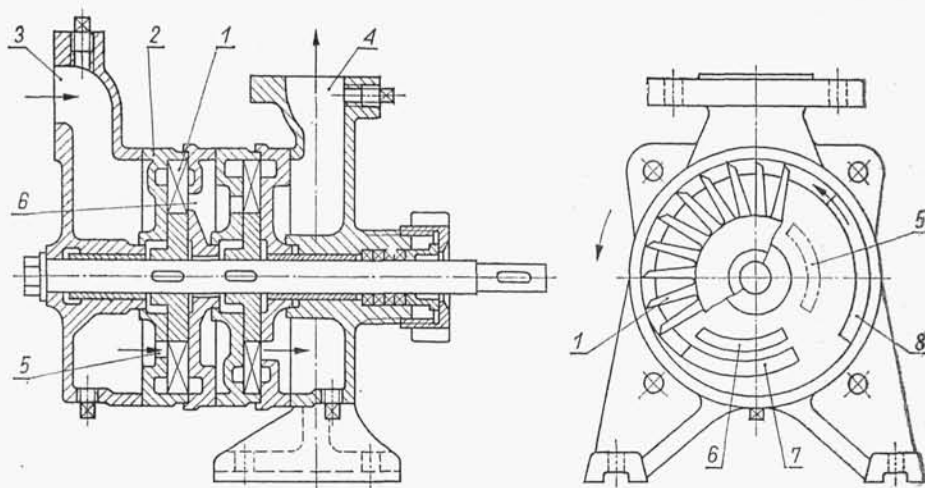
21.1. Pompy krążeniowe

21.1.1. Pompy z bocznymi kanałami pierścieniowymi

Na rys. 21.1 pokazano pompę dwustopniową z kanałami bocznymi pierścieniowymi. Wirnik 1 obraca się w kadłubie 2 między dwiema ścianami bocznymi, w których znajdują się otwory: ssawny 5 i tłoczny 6. Na zewnętrznym obwodzie obu ścian znajdują się ponadto dwa symetryczne (a może również być tylko jeden) kanały pierścieniowe 7 i 8, których profil w rozwinięciu pokazano na rys. 21.2. Króćce ssawny 3 i tłoczny 4 są skierowane ku górze w celu zapewnienia pozostawania cieczy w pompie w przypadku ich zatrzymania. Dzięki temu wystarczy tylko raz przed pierwszym uruchomieniem napełnić pompę cieczą. Przy obrocie wirnika przestrzenie międzyłopatkowe zmniejszają się, gdy kanały boczne zanikają, a następnie zwiększają się przy zwiększaniu przekrojów kanałów bocznych. Okresowe zwiększanie przestrzeni powoduje zasysanie powietrza przez otwór ssawny 5, zaś zmniejszanie tej przestrzeni — wytłaczanie powietrza przez otwór 6. Działanie to jest podobne do działania pompy wyporowej. Po usunięciu powietrza z przewodu ssawnego pompa tłoczy ciecz.

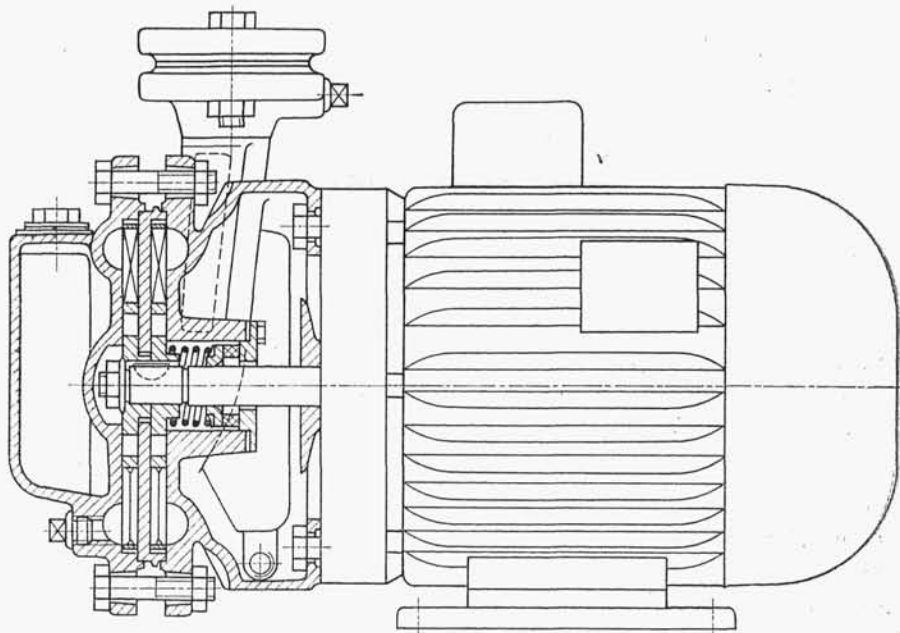
Pompa samozasysająca z jednym bocznym kanałem pierścieniowym jest przedstawiona na rys. 21.3.

W okresie wysysania powietrza z przewodu ssawnego działanie pompy z kanałami bocznymi jest podobne do działania pompy o pierścieniu wodnym opisanej w dalszym punkcie. Z chwilą zapełnienia przewodu ssawnego cieczą występują



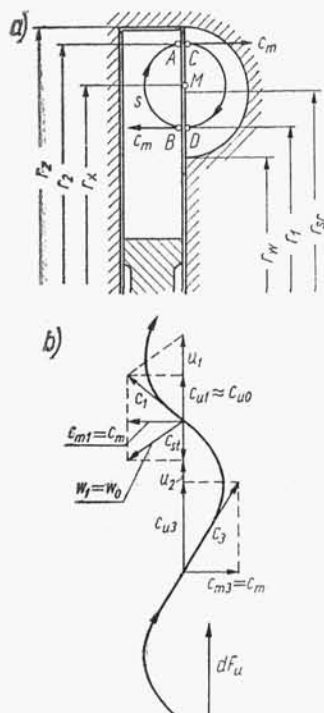
Rys. 21.1. Pompa samozasysająca z bocznymi kanałami pierścieniowymi

Rys. 21.2
Profil bocznych kanałów
pierścieniowych w rozwinięciu



Rys. 21.3. Pompa samozasysająca dwustopniowa z jednym kanałem bocznym pierścieniowym, typu SM-32, produkcji Pomorskiej Odlewni i Emalierni; $Q = 30 \div 70$ l/min, $H = 40 \div 10$ m, $n = 1450$ obr/min

jednakże nieco inne zjawiska hydromechaniczne. Częsteczki cieczy w obrębie wirnika poruszają się ruchem okrężnym wymuszonym z jednakową prędkością kątową. W kanałach bocznych przepływ cząsteczek podlega prawu stałego krętu. Na skutek różnych prędkości w obszarze wirnika i w kanale bocznym powstają tam różne siły odśrodkowe i różne ciśnienia między punktami A i C oraz B i D (rys. 21.4a). W wyniku tego powstaje ruch krążący s cieczy. Na ruch ten nakłada się przepływ cieczy w kierunku obwodowym, uwarunkowany wydajnością pompy. Wypadkowy ruch cząsteczki jest ruchem śrubowym (rys. 21.4a, b).

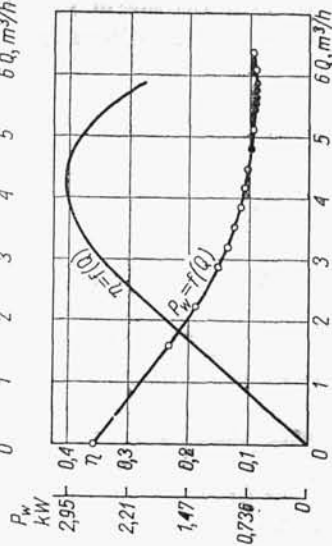
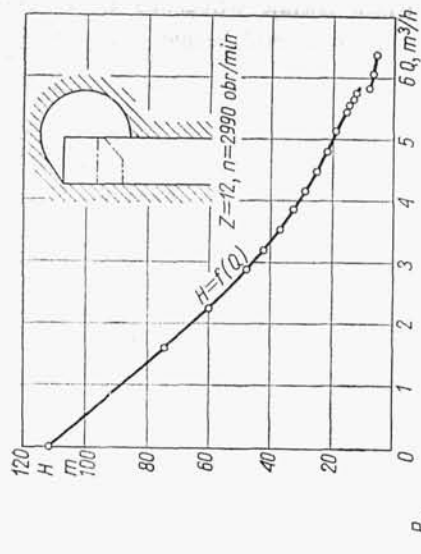


Rys. 21.4
Ruch krążący cieczy w wirniku w kanale bocznym

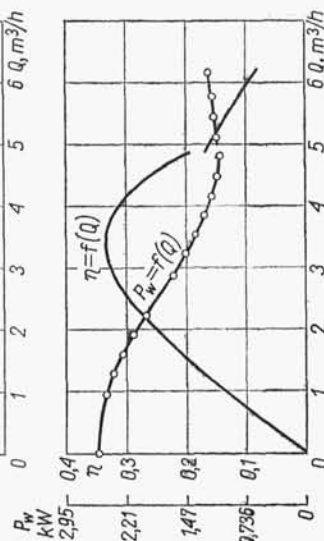
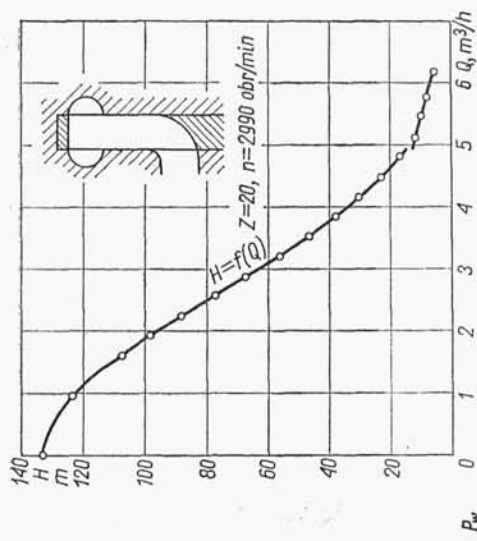
Cząsteczki cieczy przepływają okresowo przez obszar między łopatkami wirnika i przez kanał boczny. Przyrost energii cieczy w pompie następuje w wyniku wymiany impulsów między cieczą w wirniku i w kanale bocznym. Cząsteczka cieczy wpływa do wirnika z prędkością $c_1 = c_0$ (rys. 21.4b) o składowej obwodowej c_{u0} i doznaje przyspieszenia do wartości składowej c_{u3} (nieco mniejszej od u_1). Przyrost energii cieczy jest znaczny. Wysokość podnoszenia H pompy jest ok. 2,5 razy większa od wysokości podnoszenia zwykłej pompy odśrodkowej o tej samej liczbie łopatek oraz tym samym kącie β_2 i prędkości unoszenia u_2 .

Na rys. 21.5 przedstawiono charakterystyki pompy jednostopniowej z jednym kanałem bocznym, zaś na rys. 21.6 — z dwoma kanałami. Krzywe $H = f(Q)$ są stateczne i strome. Zapotrzebowanie mocy P_w na wale jest największe przy $Q = 0$.

Pompy samozasysające z bocznymi kanałami pierścieniowymi są budowane jako jedno- i kilkustopniowe o wydajności Q_{max} do 40 m³/h i osiągają sprawność $\eta = 0,25 \div 0,4$.



Rys. 21.5. Charakterystyki pompy samozasysającej z jednym kanałem bocznym przy $n = 2990$ obr/min



Rys. 21.6. Charakterystyki pompy samozasysającej z dwoma kanałami bocznymi przy $n = 2990$ obr/min

Obliczenie podstawowych wymiarów pompy można w przybliżeniu przeprowadzić na podstawie następujących zależności.

Prędkość obwodowa wirnika

$$u_z = \sqrt{2g \frac{H}{\xi_H}} \quad (21.1)$$

gdzie: H — wysokość podnoszenia pompy w m, $\xi_H = 1,5 \div 2,0$ — wyróżnik wysokości podnoszenia.

Zewnętrzna średnica wirnika

$$d_z = 2r_z = \frac{60u_z}{\pi n} \quad (21.2)$$

Pole przekroju bocznego kanału

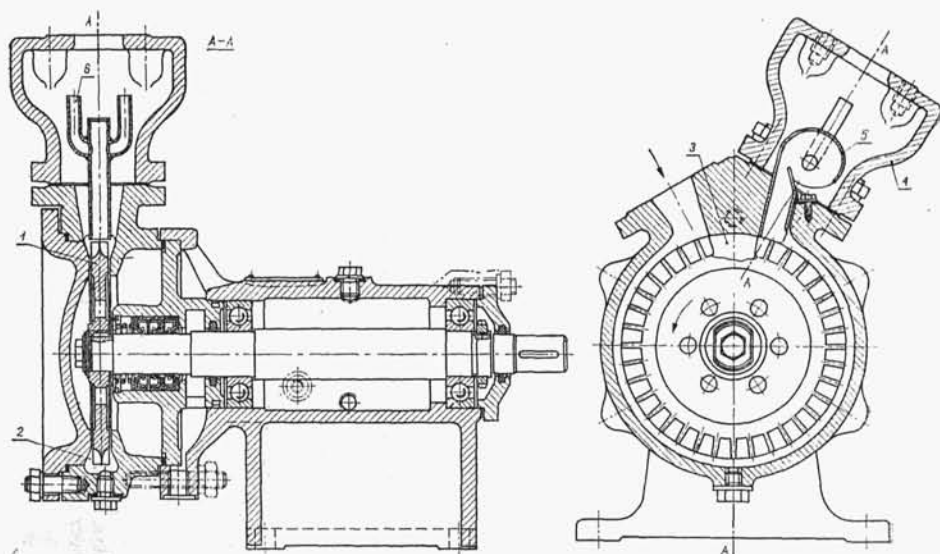
$$A = \frac{Q}{w_{sr}} \quad (21.3)$$

gdzie przy η_{max} można przyjąć $w_{sr} = u_z/2$.

21.1.2. Pompy peryferyjne

Drugim rodzajem pomp krążeniowych są *pompy peryferyjne*, których pracę można podzielić na okresy zasysania i wytłaczania cieczy. Wytłaczanie odbywa się wyłącznie na zewnętrznym obwodzie wirnika, zaś moment obrotowy wirnika wywołuje zmianę krążenia cieczy wokół krótkich łopatek rozmieszczonych na jego obwodzie.

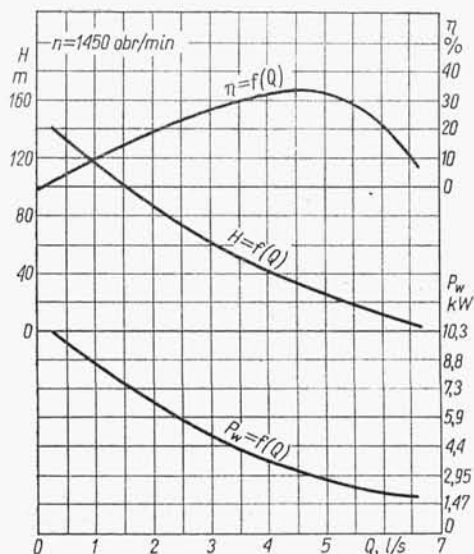
Na rys. 21.7 pokazano przekrój wzdłużny i poprzeczny pompy peryferyjnej. Wokół wirnika 1, mającego krótkie promieniowe łopatki (18 do 48), jest utworzony dwustronny kanał obwodowy 2, w którym krąży ciecz. Obszar ssawny jest oddzielony od obszaru tłocznego progiem 3. Na krótcu tłocznym jest osadzony zbiorniczek 4 z oddzielnikiem powietrza 5. Po pierwszym napełnieniu pompy i jej uruchomieniu mieszanina cieczy z zasysanym powietrzem zostaje wtłoczona do oddzielnika 5, gdzie pod wpływem siły odśrodkowej następuje oddzielenie cieczy od powietrza.



Rys. 21.7. Pompa peryferyjna

Uchodzi ono przez rurki 6 do wylotu pompy, zaś ciecz sływa po zewnętrznym obwodzie oddzielacza do zbiornika 4 i następnie do kanału między łopatkami wirnika. Zjawisko powtarza się do chwili całkowitego usunięcia powietrza z przewodu ssawnego, następnie pompa pracuje normalnie tłocząc ciecz.

Na rys. 21.8 przedstawiono charakterystyki pompy peryferyalnej jednostopniowej. Również i w tych pompach charakterystyka $H=f(Q)$ jest stateczna i ma stromy przebieg, a maksymalne zapotrzebowanie mocy występuje przy $Q=0$. Maksymalna wysokość ssania przy rozruchu pompy wynosi 4 m, a przy pracy ciągłej dochodzi do 7 m.



Rys. 21.8
Charakterystyki pompy peryferyalnej jednostopniowej

Pompy peryferyalne znajdują zastosowanie do cieczy czystych bez zanieczyszczeń stałych, o lepkości $37 \text{ mm}^2/\text{s}$ (cSt). Wydajności pomp wynoszą $Q = 4 \div 60 \text{ m}^3/\text{h}$, wysokości podnoszenia H do 200 m, przy prędkości obrotowej n do 6000 obr/min. Sprawność pomp η nie przekracza 50%.

Na rys. 21.9 przedstawiono dwustopniową pompę peryferyalną typu S/12R produkcji Zabrzeńskiej Fabryki Maszyn Górniczych, zaś na rys. 21.10 jej charakterystyki.

Dotychczas nie są znane metody jednoznaczego obliczania pomp peryferyalnych.

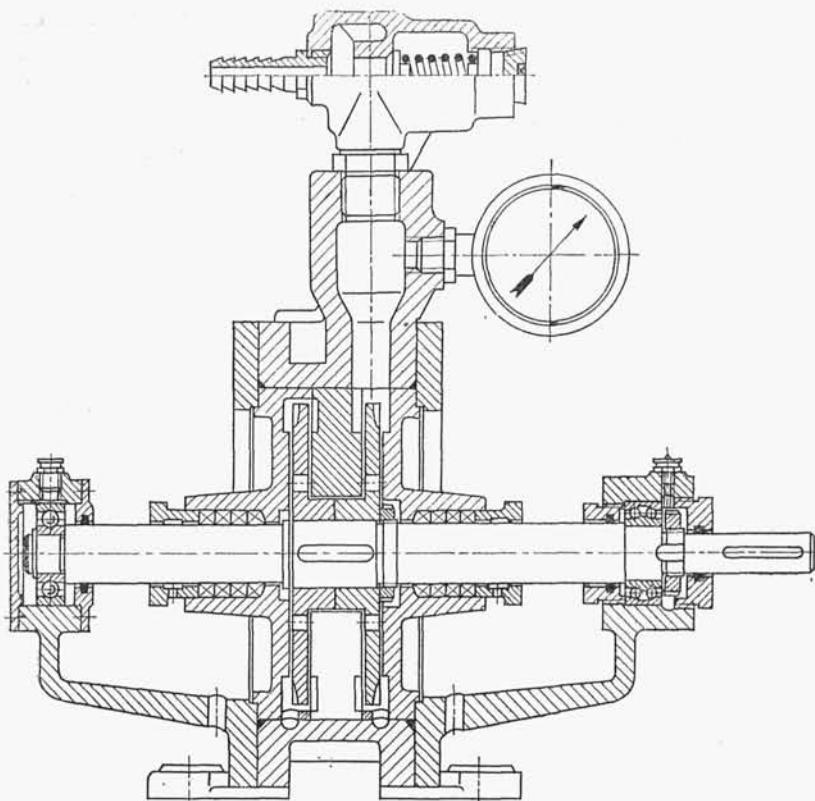
W celu określenia przyrostu ciśnienia w kanale (jako wyniku nadmiaru energii cieczy Q_c krążącej między wirnikiem a kanałem bocznym) możemy ułożyć następującą zależność

$$H = \frac{Q_c}{gA} (c_t - c_u) \quad (21.4)$$

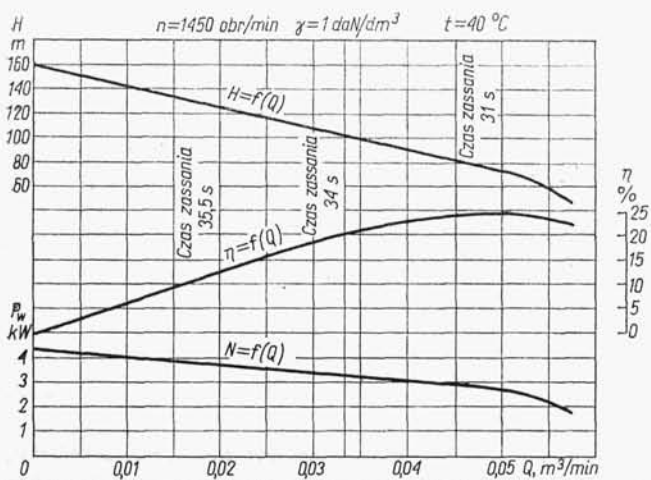
lub

$$H = \frac{Q_c}{gA} \left(c_t - \frac{Q}{A} \right) \quad (21.5)$$

gdzie: Q_c — natężenie przepływu krążącego, A — pole swobodnego przekroju kanału w kadłubie, c_t — średnia prędkość na wylocie, c_u — prędkość przepływu w kanale obwodowym kadłuba pompy ($c_u = Q/A$), Q — natężenie przepływu w kanale bocznym (wydajność pompy).



Rys. 21.9. Pompa peryferalna dwustopniowa typu S/12R produkcji Zabrzeńskiej Fabryki Maszyn Górniczych



Rys. 21.10. Charakterystyki pompy typu S/12R produkcji Zabrzeńskiej Fabryki Maszyn Górniczych

Przy $H = 0$ wydajność pompy przyjmie wartość maksymalną $Q = Q_{\max}$, zatem z równania (21.5) otrzymamy

$$c_t - Q_{\max}/A = 0 \quad (21.6)$$

stąd

$$c_t = Q_{\max}/A \quad (21.7)$$

Zaś przy $Q = 0$ wysokość podnoszenia H_0 wyniesie

$$H_0 = \frac{Q_c c_t}{gA} \quad (21.8)$$

stąd przepływ krążący

$$Q_c = \frac{gH_0 A}{c_t} = \frac{gA^2 H_0}{Q_{\max}} \quad (21.9)$$

Na podstawie badań stwierdzono, że wydajność, przy której sprawność pompy jest maksymalna, wynosi

$$Q_{\eta \max} = \frac{2}{3} Q_{\max} \quad (21.10)$$

Ponieważ wtedy $c_u = Q_{\eta \max}/A$ oraz $c_t = Q_{\max}/A$ (z równania 21.7)) więc

$$c_u/c_t = 2/3 \quad (21.11)$$

W wyniku badań stwierdzono, że natężenie przepływu krążenia Q_c jest funkcją stosunku c_t/u_2 . Przyjmując średnią wartość tego stosunku

$$c_t/u_2 = 0,92 \quad (21.12)$$

ze wzorów (21.11) i (21.12) wynika zatem, że

$$c_u = \frac{2}{3} c_t = \frac{2}{3} 0,92 u_2 = 0,615 u_2 \quad (21.13)$$

Podstawiając wzory (21.12) i (21.13) do wzoru (21.4), otrzymamy przy optymalnych warunkach pracy pompy

$$H_{\eta \max} = \frac{Q_c}{gA} (0,92 u_2 - 0,615 u_2) = 0,305 \frac{Q_c u_2}{gA} \quad (21.14)$$

Wprowadzamy ponadto do obliczeń wyróżnik ciśnienia pompy w optymalnym punkcie pracy

$$\xi_H = \frac{2gH_{\eta \max}}{u_2^2} \quad (21.15)$$

Wartość wyróżnika przyjmuje się na podstawie literatury.

Wtedy u_2 na wylocie wirnika

$$u_2 = \sqrt{2g \frac{H_{\eta \max}}{\xi_H}} \quad (21.16)$$

a następnie

$$d_2 = \frac{60u_2}{\pi n} \quad (21.17)$$

Pole swobodnego przekroju kanału można określić z zależności (21.6) i (21.13)

$$A = \frac{Q_{\max}}{0,61u_2} \quad (21.18)$$

Szerokość wirnika b_2 przyjmuje się równą wysokości łopatki. Znając parametry pracy Q i H pompy i zakładając n , można za pomocą podanych zależności obliczyć główne wymiary pompy.

21.2. Pompy o wirującym pierścieniu wodnym

Pompy o pierścieniu wodnym mogą być wykonywane jako jedno- lub dwukomorowe.

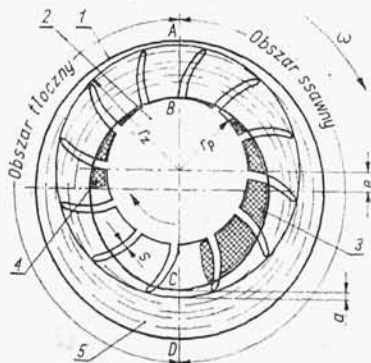
21.2.1. Jednokomorowe pompy z pierścieniem wodnym

Zasadę działania pompy pokazano na rys. 21.11. W cylindrycznym kadłubie pompy 1 obraca się wirnik 2 o stałej szerokości b (prostopadle do rysunku) i o stosunkowo dużej średnicy piasty $d_p = 2r_p$. Po częściowym napełnieniu kadłuba cieczą i uruchomieniu pompy ciecz zostanie odrzucona na ścianę obwodową kadłuba, tworząc wirujący pierścień. Między łopatkami wirnika a pierścieniem powstają oddzielne komory o zmieniającej się okresowo objętości. W bocznych ścianach kadłuba na początku i na końcu sierpowej komory są wycięte otwory. Przez jeden z nich powietrze jest zasysane do komór, a następnie wskutek zmniejszania się objętości sprężane i wytłaczane na zewnątrz przez drugi otwór. Powierzchnia zetknięcia się pierścienia wodnego z piastą wirnika oraz czołowych powierzchni wirnika ze ścianami zamykającymi kadłub stanowi odciecie przestrzeni ssawnej od tłocznej.

Teoretyczną wydajność pompy jednokomorowej (objętość zassanego powietrza) możemy obliczyć ze wzoru

$$Q_{th} = \pi \varphi n b [(r_z - a)^2 - r_p^2] \quad (21.19)$$

gdzie: b — szerokość wirnika, n — prędkość obrotowa, r_z — zewnętrzny promień wirnika, φ — współczynnik przesłonięcia.



Rys. 21.11
Schemat działania jednokomorowej pompy samozasysającej z pierścieniem wodnym