

Rys. 20.36. Diagonalna pompoturbina Deriaza firmy The English Electric Co (Wielka Brytania): a) przekrój wzdłużny, b) wirnik z łopatkami zamkniętymi i otwartymi: 1 — łopátka wirnika, 2 — siłownik obrotowy, 3 — wał, 4 — łopatki kierownicze regulowane, 5 — siłownik łopatek kierowniczych

20.5. Pompy do cieczy z zawiesiną ciał stałych

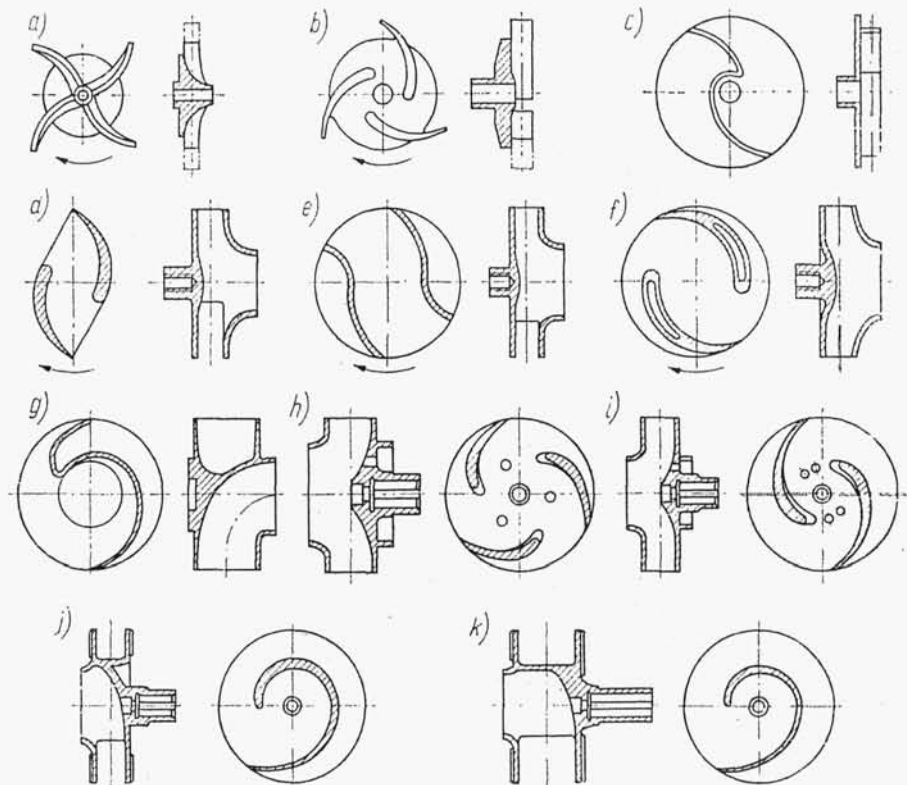
Występowanie w pompowanej cieczy zawiesiny ciał stałych o różnej granulacji wpływa, zwłaszcza przy większych wymiarach zanieczyszczeń, decydująco na kształt kanałów przepływowych pomp, przede wszystkim na kształt wirników i kanałów zbiorczych.

W pompach stosowanych do cieczy z zawiesiną ciał stałych należy na pierwszym miejscu postawić niezawodność ich działania (drożność kanałów, łatwa eksploatacja, łatwe czyszczenie kanałów itp.), a dopiero na drugim miejscu sprawność pompy. Istnieje kilka podstawowych rozwiązań konstrukcyjnych tych pomp.

20.5.1. Pompy do ścieków miejskich sanitarnych i przemysłowych

Do ścieków zawierających grube części stałe, w celu zapewnienia maksymalnej przelotowości pompy, są stosowane wirniki o liczbie łopatek 1 do 3. Profile i kształty łopatek wirników pokazano na rys. 20.37.

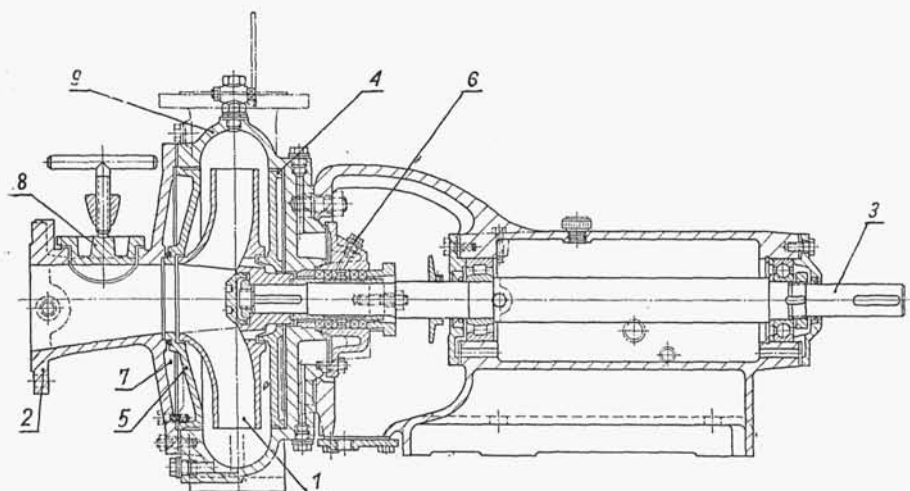
Prześwity wirników powinny być co najmniej o 15% większe od największych wymiarów zanieczyszczeń ze względu na możliwość ich zatkania się (zakleszczania się dużych zanieczyszczeń). Szerokość wirnika w przekroju południkowym jest w zasadzie stała ($b_1 = b_2$). Z tego samego powodu nie są stosowane w pompach



Rys. 20.37. Profile łopatek i kształty wirników pomp do cieczy zanieczyszczonych ciałami stałymi: a), b), c) wirniki otwarte, d—k) — wirniki zamknięte

do ścieków kierownice łopatkowe, lecz kanały zbiorcze o niezmiennym przekroju przy mniejszych wydajnościach i spiralne przy większych. Język na początku kanału zbiorczego, w celu uniknięcia zakleszczenia części stałych, powinien być również odsunięty od wirnika. Na króćcu wylotowym i w kadłubie są umieszczone otwory rewizyjne do usuwania nagromadzonych zanieczyszczeń.

Na rys. 20.38 przedstawiono pompę odśrodkową poziomą do ścieków. Wirnik *I* o niezmiennej szerokości od wlotu do wylotu ($b_1 = b_2$) obraca się w kadłubie pompy *9* w kształcie obszernej komory. Ściany przednia i tylna kadłuba mają wymienne okładziny 4 i 5, gdyż ulegają one szybkiemu wycieraniu przy pompowaniu cieczy z piaskiem lub z innymi zanieczyszczeniami ścierającymi. Kanał zbiorczy *9* o stałym przekroju, jak również króciec wlotowy *2* mają otwory rewizyjne *8*, umożliwiające oczyszczenie pompy bez konieczności jej rozbierania.



Rys. 20.38. Pompa odśrodkowa pozioma do ścieków firmy KSB (RFN): 1 — wirnik, 2 — króciec ssawny, 3 — wał, 4 i 5 — wykładziny boczne wymienne, 6 — zamknięcie wodne (zamek hydrauliczny), 7 — dopływ wody płuczącej, 8 — otwór rewizyjny, 9 — kadłub pompy (kanał zbiorczy o stałym przekroju)

Ze względu na zanieczyszczenia w ściekach (piasek itp.) zastosowano w dławnicy zamknięcie wodne 6, zabezpieczające przed przedostaniem się zanieczyszczeń do dławnicy. W niektórych rozwiązaniach konstrukcyjnych również szczeliny pierścieni uszczelniających wirnik są przemywane czystą wodą, doprowadzoną z zewnątrz.

Pompę odśrodkową do ścieków na znaczne wartości parametrów pracy przedstawiono na rys. 20.39.

Coraz bardziej rozpowszechnione są pompy do ścieków o układzie pionowym, co wydatnie zmniejsza koszt wykonania budynku oraz umożliwia pracę pompy z napływem, a więc ułatwia automatyzację pracy pompy.

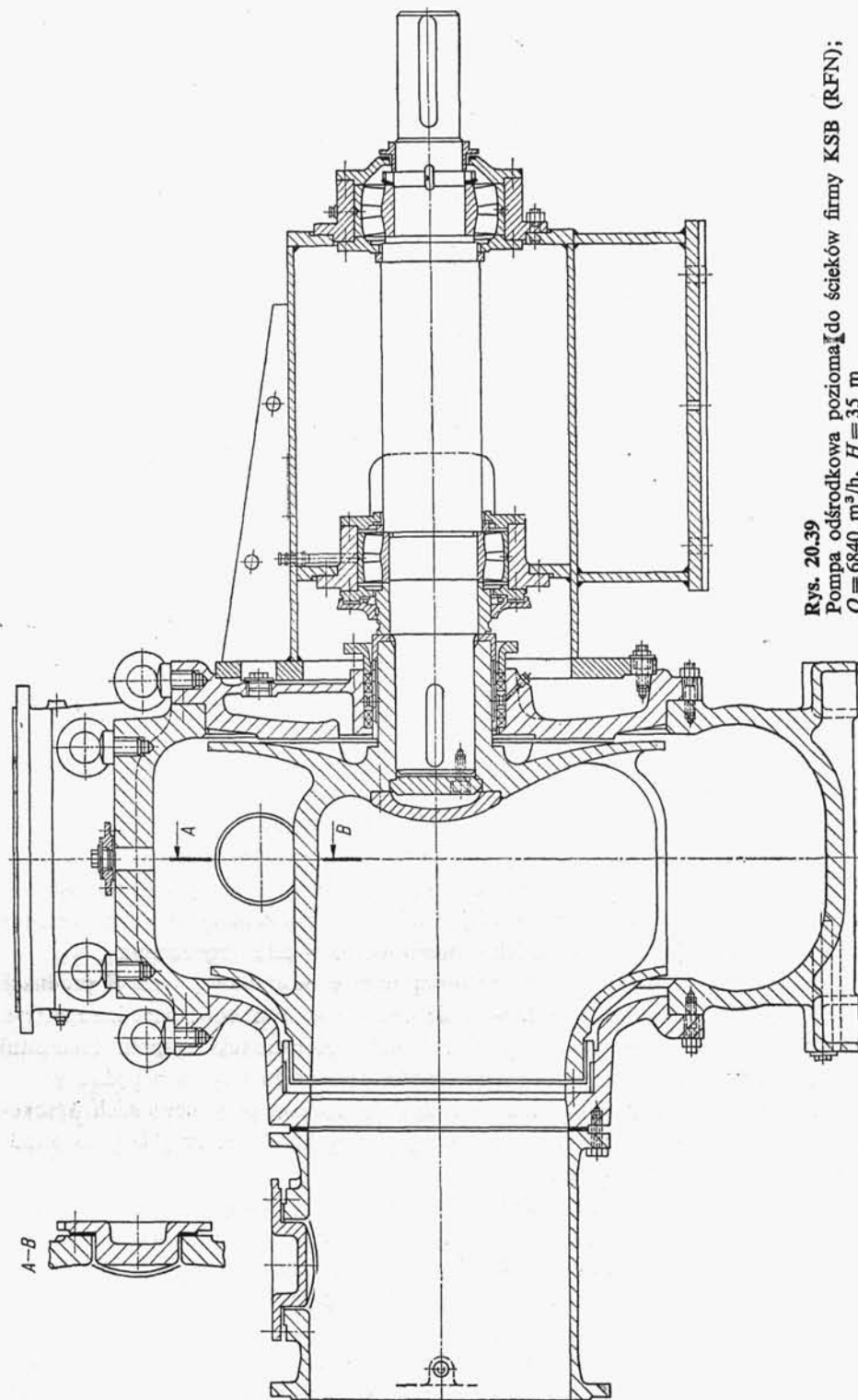
Produkowane są dwa rodzaje pomp o układzie pionowym: zanurzone w ściekach i ustawiane w suchym miejscu. Obecnie są stosowane prawie wyłącznie te ostatnie. Pompy zanurzone w ściekach sprawiają trudności w eksploatacji, gdyż każdorazowe zatkanie powoduje konieczność ich wymontowania w celu oczyszczenia.

Na rys. 20.40 przedstawiono pionową pompę odśrodkową typu F produkcji Warszawskiej Fabryki Pomp. Składa się ona z dwu zespołów: napędowego (rys. 20.40a) oraz z pompy właściwej (rys. 20.40b). Konstrukcja zespołu (agregatu) umożliwia demontaż pompy bez konieczności demontażu zespołu napędowego.

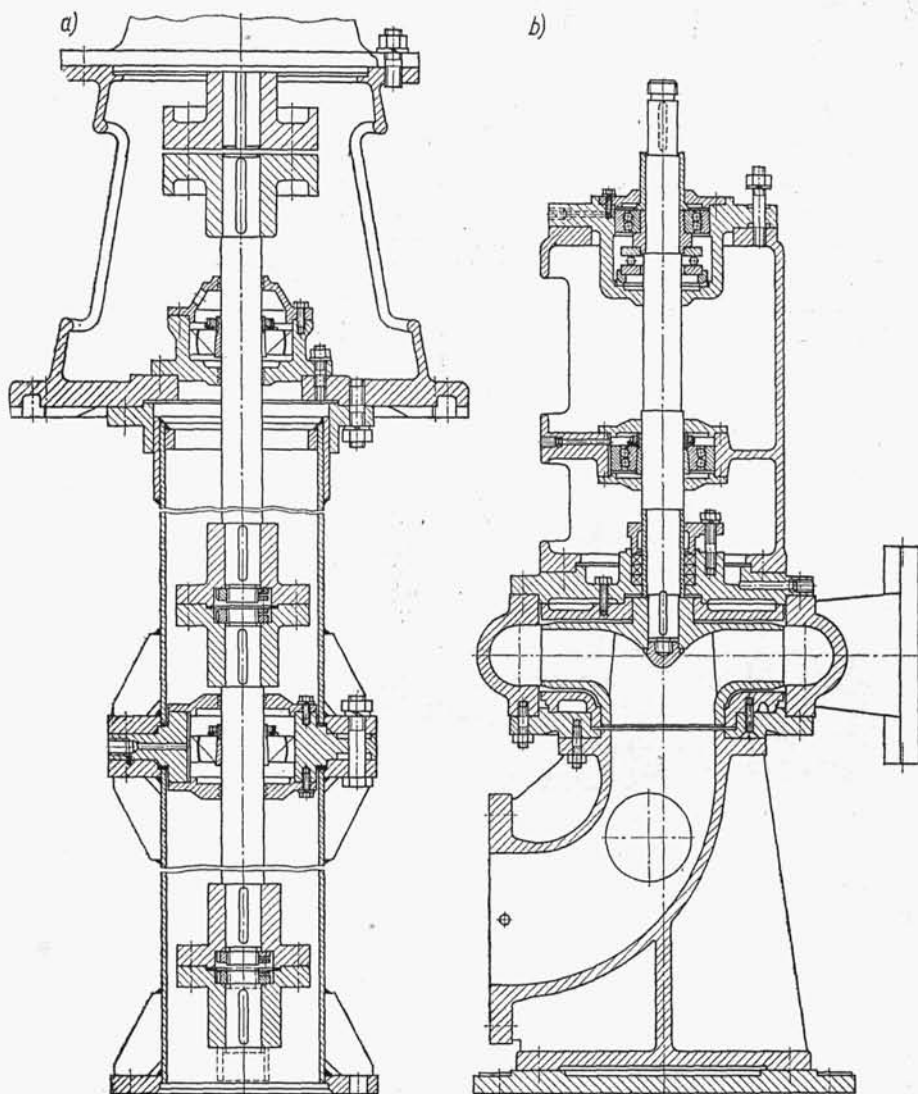
Do podnoszenia (pompowania) dużych ilości ścieków przy niewielkich wysokościach podnoszenia stosuje się coraz częściej pompy śmigłowe. Przykłady są przedstawione na rys. 20.41 i 20.42.

W ostatnim czasie w przepompowniach ścieków sanitarnych są stosowane rozdrabniarki do rozdrabniania tzw. *skratek* (większe zanieczyszczenia są zatrzymywane przez kraty chroniące pompy). Nie rozwiązało to jednak całkowicie uciążliwego problemu ich usuwania, zwiększyła się natomiast liczba maszyn wymagających obsługi i konserwacji.

Dążąc do połączenia procesów rozdrabniania skratek i pompowania ścieków (z rozdrobnionymi zanieczyszczeniami) firma Mengin (Francja) zbudowała pompę



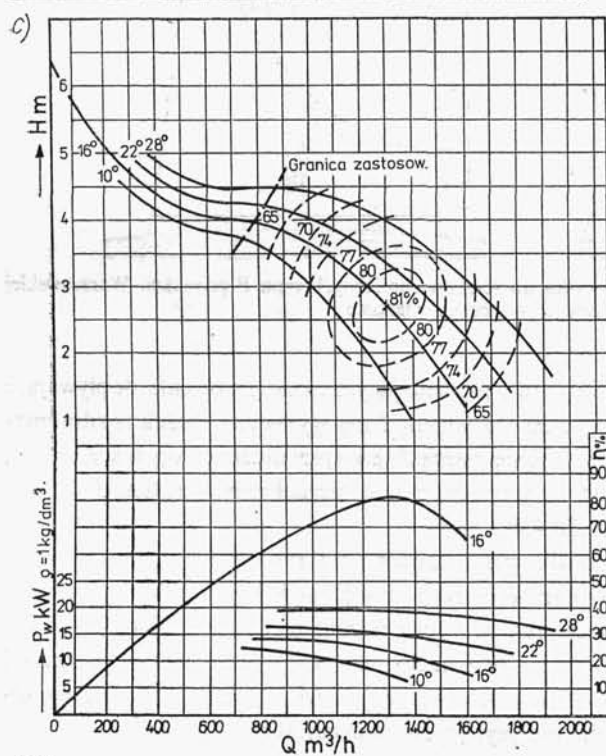
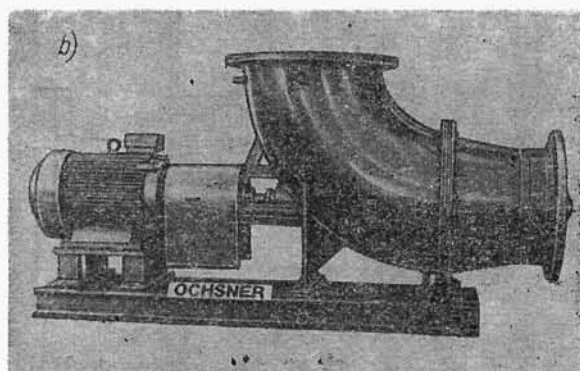
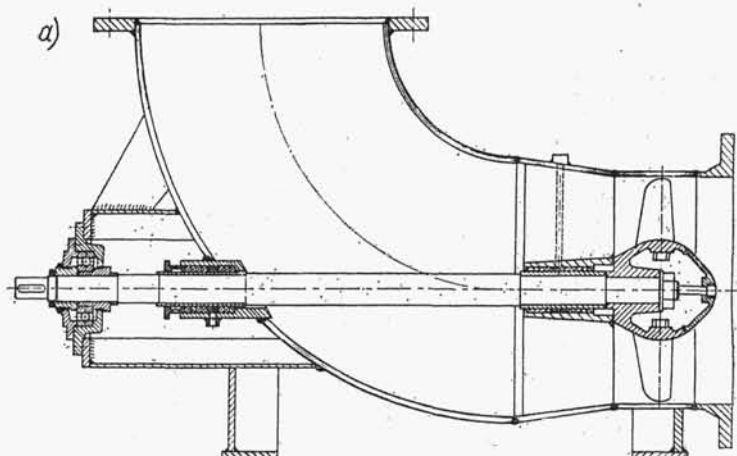
Rys. 20.39
 Pompa odśrodkowa pozioma do ścieków firmy KSB (RFN);
 $Q = 6840 \text{ m}^3/\text{h}$, $H = 35 \text{ m}$



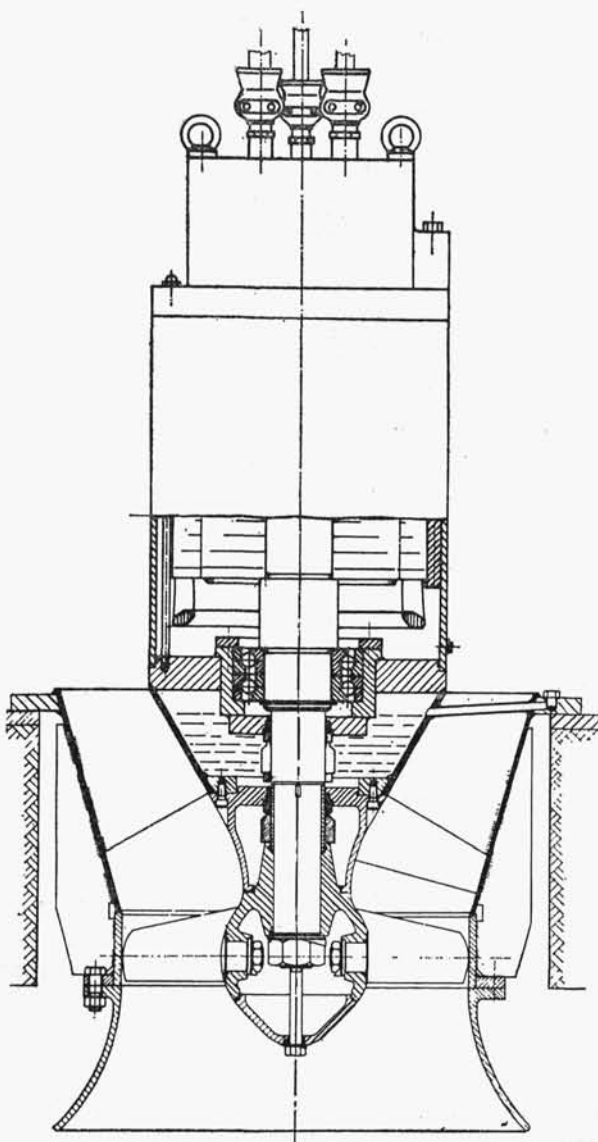
Rys. 20.40. Pompa odśrodkowa pionowa do ścieków sanitarnych typu F produkcji Warszawskiej Fabryki Pomp; 1 — zespół napędowy, 2 — pompa właściwa

wirową z wirnikiem rozdrabniającym i przecinającym zanieczyszczenia dopływające do pompy [30]. Widoczny na rys. 20.43a wirnik 1 ma wymienny stożek rozdrabniający, na którego poboczniczy znajdują się ostrza 2 (jako przedłużenia łopatek wirnika), rozdrabniające zanieczyszczenia przy współpracy z nieruchomym nożem 3. Widok wirnika jest pokazany na rys. 20.43b.

Nieco inną konstrukcję wirnika przedstawiono na rys. 20.44. Otwarty wirnik helikoidalny (rys. 20.44a) z łopatkami o ostrych krawędziach 1 obraca się w obudowie pompy (rys. 20.44b), z umieszczonym u wlotu nożem rozdrabniającym 2 (proces rozdrabniania opisany powyżej) oraz nożem 3, umieszczonym w ścianie stożkowej kadłuba. Ostre krawędzie łopatek w czasie wirowania wirnika powodują we współpracy z nożem 3 dalsze przecinanie płynących zanieczyszczeń.



Rys. 20.41. Pozioma pompa śmigłowa do cieczy zanieczyszczonych, do ścieków itp. typu CUC 400/500 firmy Ochsner-Linz (Austria): a) przekrój, b) widok pompy, c) pagórek sprawności pompy

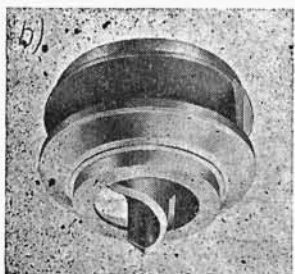
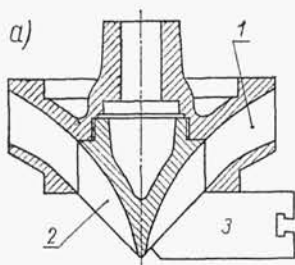


Rys. 20.42
Pompa śmigłowa pionowa firmy
Ochsner-Linz (Austria) do
cieczy zanieczyszczonych

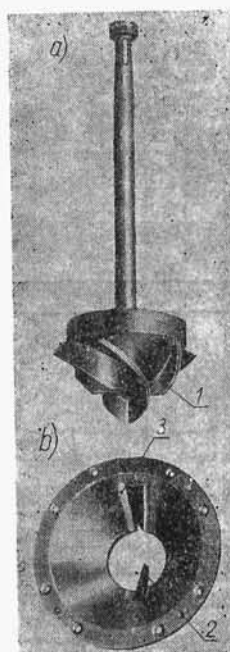
Przedstawiona na rys. 20.45 charakterystyka pompy z wirnikiem przecinającym wykazuje stosunkowo wysoką, jeśli chodzi o pompy do cieczy zanieczyszczonych, sprawność.

20.5.2. Pompy zanurzalne

Odminną konstrukcję pompy do cieczy zanieczyszczonych ciałami stałymi, przedstawiono na rys. 20.46. Jest to pompa zanurzalna typu Sternberg-Flygt produkcji szwedzkiej firmy o tej samej nazwie. Pompy te znalazły powszechne zastosowanie w odwadnianiu wykopów, piwnic, w przepompowniach ścieków i spowodowały przewrót w projektowaniu pompowni wodno-ściekowych przez obniżenie kosztów



Rys. 20.43. Wirnik rozdrabniający pompy odśrodkowej do ścieków sanitarnych firmy P. Mengin (Francja): a) przekrój, b) widok; 1 — wirnik odśrodkkowy, 2 — ostrza rozdrabniające, 3 — nóż

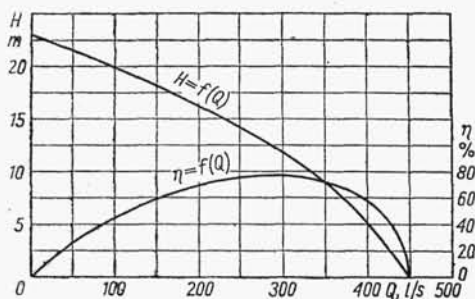


Rys. 20.44. Pompa helikoidalna z otwartym wirnikiem rozdrabniająco-przecinającym firmy P. Mengin (Francja): a) widok wirnika, b) widok kadłuba; 1 — ostre krawędzie łopatek, 2 — nóż rozdrabniający, 3 — nóż przecinający

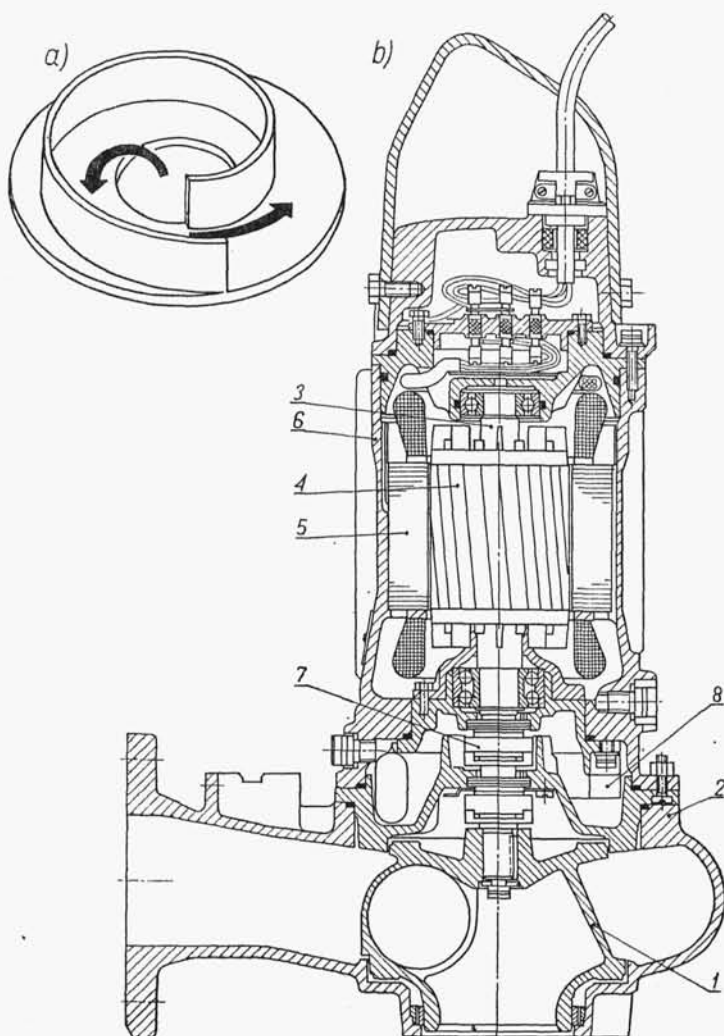
inwestycyjnych i eksploatacyjnych. Pompy te cechuje niezawodność działania przy pełnej automatyzacji.

Zespół pompowy o układzie pionowym składa się z jednokanałowego (jednołopatkowego) wirnika 1, obracającego się w kadłubie 2, osadzonego na wspólnym wale 3 silnika elektrycznego. Części elektryczne 4 i 5 znajdują się we wspólnej obudowie i są oddzielone od części hydraulicznej uszczelnieniem ślizgowym 7. Pierścienie uszczelniające poruszają się w kąpiel olejowej 8. Pompa charakteryzuje się zwartą budową, szybkim demontażem i montażem, łatwością kontroli i naprawy.

Charakterystyki pompy zanurzalnej do ścieków dla różnych średnic wirnika przedstawia rys. 20.47.



Rys. 20.45
Krzywe charakterystyczne pompy z wirnikiem przecinającym



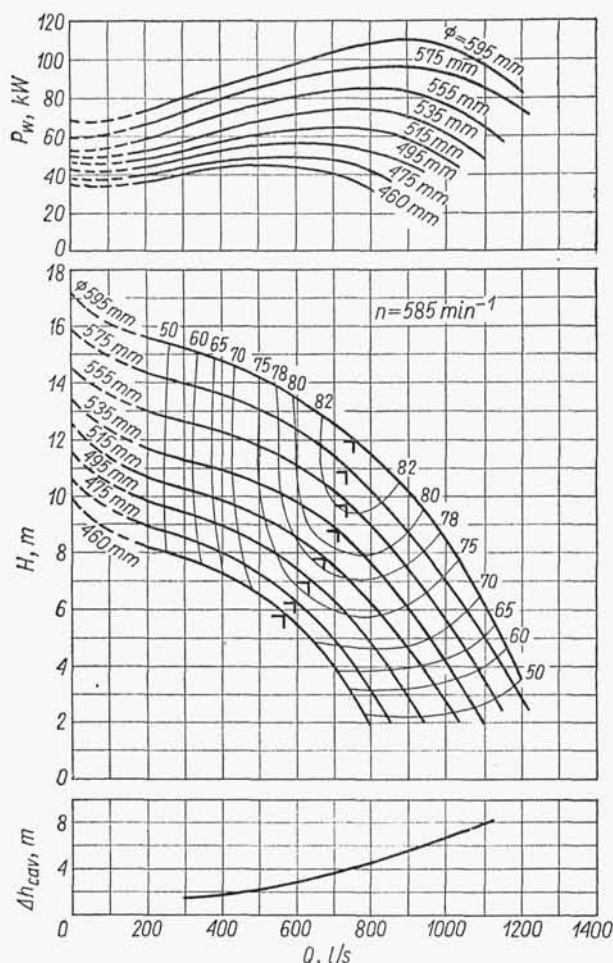
Rys. 20.46. Pompa zanurzalna do ścieków i cieczy gęstych firmy Sternberg-Flygt (Szwecja):
a) widok wirnika, b) przekroje pompy

20.5.3. Pompy do transportu hydraulicznego ciał stałych

Pompy odśrodkowe znalazły zastosowanie w transporcie hydraulicznym ciał stałych w postaci ich mieszaniny z wodą, np. węgiel, buraki cukrowe, ziemniaki, owoce, ryby itp. W zależności od wielkości ciał stałych przekroje przepływowe w pompie muszą być dostatecznie duże, aby transportowane ciała nie uległy uszkodzeniu. Z tego względu wirniki pomp są przeważnie jednołopatkowe, zaś pompy, z wyjątkiem pomp do transportu hydraulicznego węgla, z reguły jednostopniowe o wysokości podnoszenia do $H = 30$ m.

Na rys. 20.48 przedstawiono pompę do transportu buraków cukrowych z wirnikiem otwartym dwułopatkowym.

Wraz z rozwojem przemysłu węglowego nastąpił poważny wzrost zastosowania pomp w górnictwie. Zaznaczył się też duży postęp w konstrukcji i badaniach

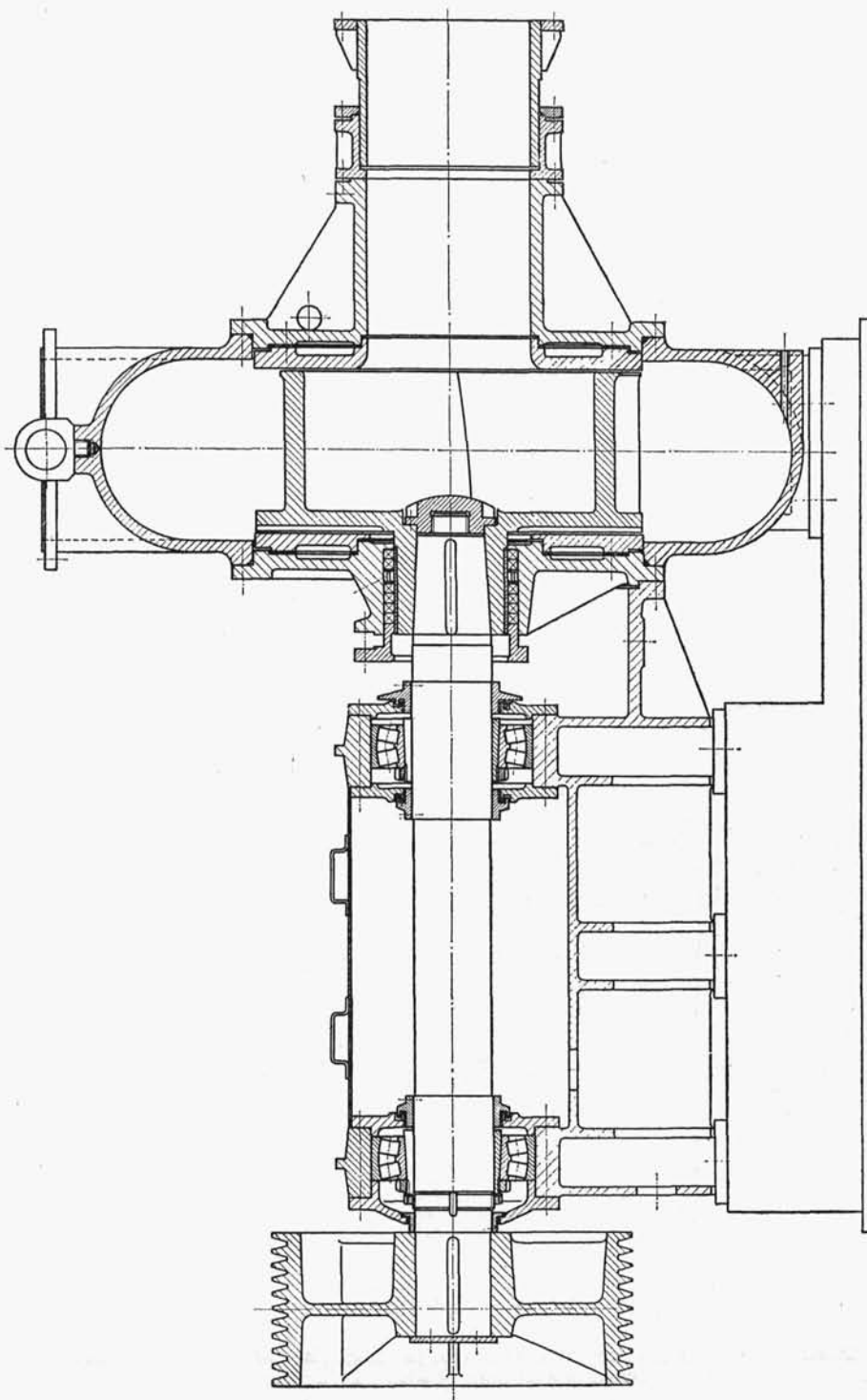


Rys. 20.47. Charakterystyki pompy do ścieków typu 3600, firmy Sternberg-Flygt, o różnych średnicach wirników

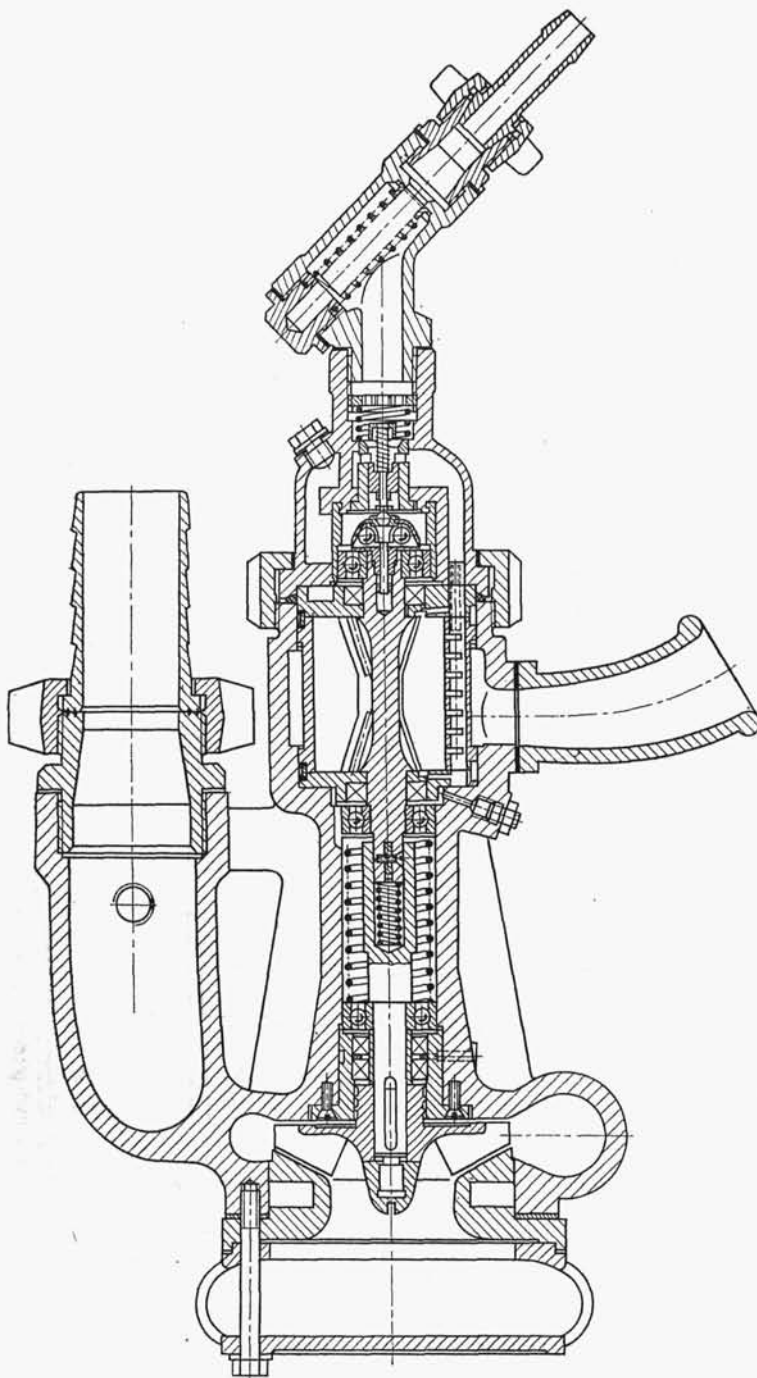
pomp, mający na celu dostosowanie konstrukcji do przeznaczenia [31], [32], [33], [34], [35]. Obecnie są budowane pompy do głównego odwadniania kopalń, szybów, oddziałów i przodków. Odminną grupę stanowią pompy do transportu hydraulicznego węgla, rudy itp.

Rodzaj zawieszin w pompowanej wodzie oraz warunki pracy (miejsce zainstalowania) pompy wpływają w zasadniczym stopniu na jej konstrukcję, jak również na dobór materiałów. Wielkość zanieczyszczeń warunkuje wymiary kanałów międzyłopatkowych wirnika i wielkość przekrojów przepływowych kanału zbiorczego. Dla ochrony przed nadmiernym wycieraniem (erozją) powierzchni kanałów przepływowych są stosowane żeliwa oraz staliwa stopowe, np. chromowe lub powierzchnie te są powlekane warstwą z innego materiału o dużej odporności na ścieranie, np. z gumy, porcelany, tworzyw sztucznych itp.

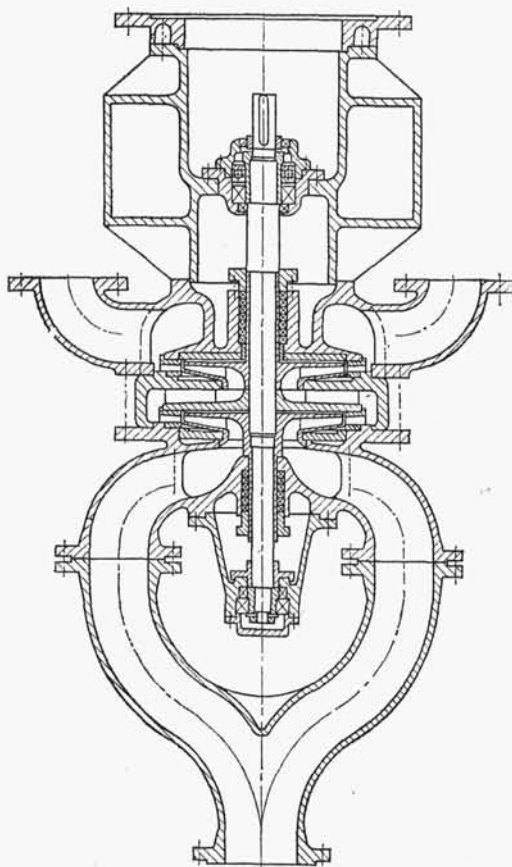
W kopalniach gazowych, ze względu na niebezpieczeństwo eksplozji, do napędu pomp zamiast napędu elektrycznego jest stosowany napęd sprężonym powietrzem. Budowane są także pompy przenośne, łatwe w eksploatacji.



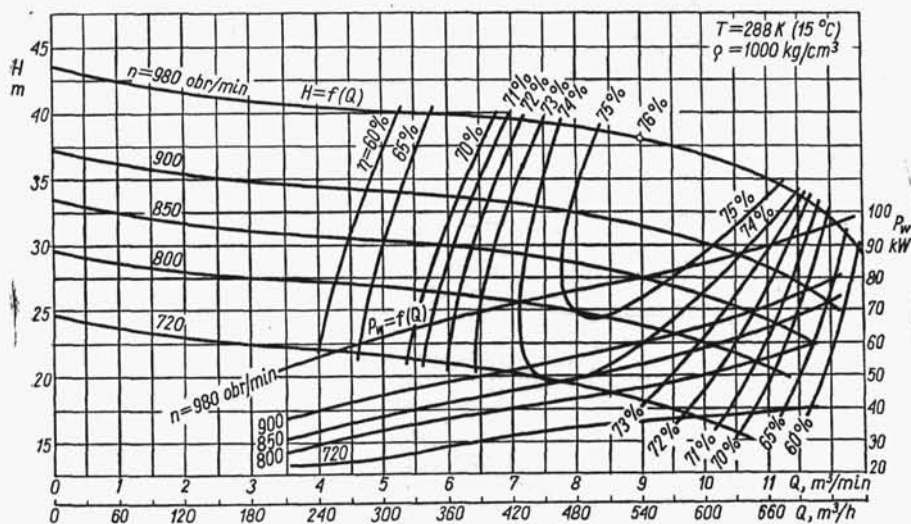
Rys. 20.48. Pompa do hydrotransportu buraków cukrowych, produkcji Warszawskiej Fabryki Pomp, z otwartym wirnikiem



Rys. 20.49. Pompa wirowa przenośna typu PW50, produkcji Zabrzeńskiej Fabryki Maszyn Górniczych, napędzana sprężonym powietrzem; $Q = 0,3 \div 0,4 \text{ m}^3/\text{min}$, $H = 11 \div 13 \text{ m}$



Rys. 20.50
Pompa odśrodkowa dwustopniowa
pionowa typu OSS-R, produkcji
Zabrzeńskiej Fabryki Maszyn
Górnich, od odwadniania szybów
głębiniowych; $Q = 27 \div 102 \text{ m}^3/\text{h}$,
 $H = 20 \div 175 \text{ m}$, $n = 1500 \text{ obr/min}$

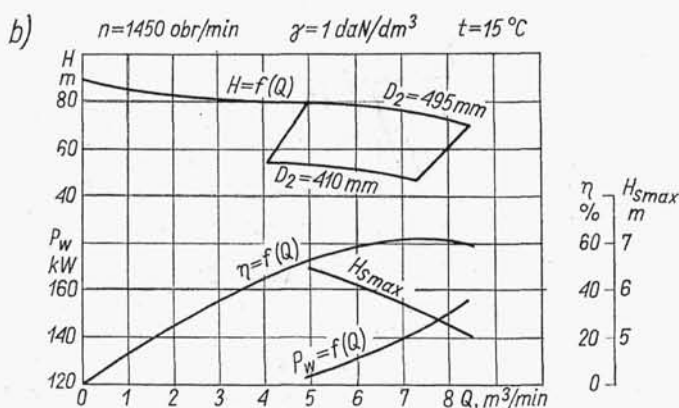
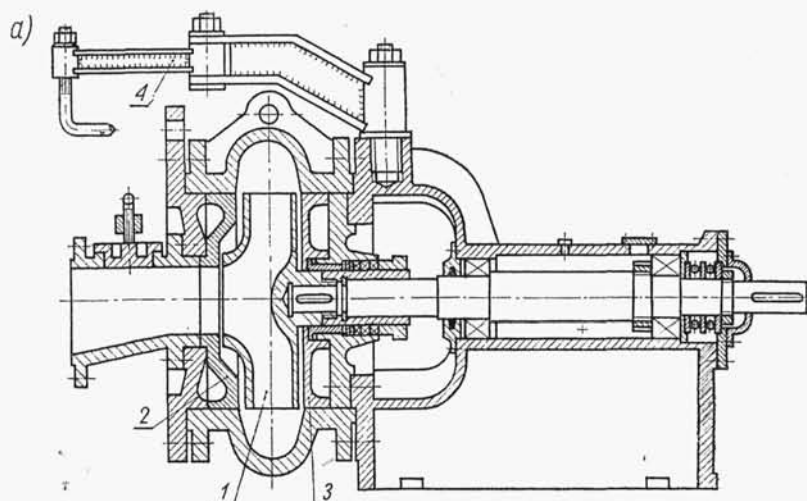


Rys. 20.51. Pagórek sprawności pompy odśrodkowej typu PG, produkcji Zabrzeńskiej Fabryki Maszyn Górnich do transportu mieszaniny wody z zawiesiną piasku kwarcowego, rudy, mułu, węgla itp.; $Q = 29 \div 1080 \text{ m}^3/\text{h}$, $H = 25 \div 40 \text{ m}$, $n = 960 \div 1300 \text{ obr/min}$, maksymalna granulacja 30 mm

Pompa przenośna typu PW50, o napędzie za pomocą sprężonego powietrza (rys. 20.49), jest przeznaczona do odwadniania przodków i szybów kopalni. Może ona pompować wodę z drobną zawiesiną węgla, mułu, piasku itp. Do odwadniania głębionych szybów służy pionowa wielostopniowa pompa typu OSS-R, której przekrój wzdłużny przedstawiono na rys. 20.50.

Specjalną budową odznaczają się pompy do transportu hydraulicznego. Na rys. 20.51 przedstawiono uniwersalną charakterystykę (pagórek sprawności) pompy typu PG-200 przeznaczonej do transportu węgla, piasku kwarcowego, rudy lub mułu, której wirnik i kanał zbiorczy wykonane są ze specjalnej gumy odpornej na ścieranie.

Do transportu hydraulicznego węgla jest przeznaczona również pompa wirowa pancerna typu PC (rys. 20.52a), w której — oprócz wirnika i kadłuba wykonanego ze staliwa chromowego odpornego na ścieranie, zastosowano dodatkowo wymienne wykładziny chroniące ściany kadłuba. Charakterystykę pompy typu PC-200 przedstawiono na rys. 20.52b.

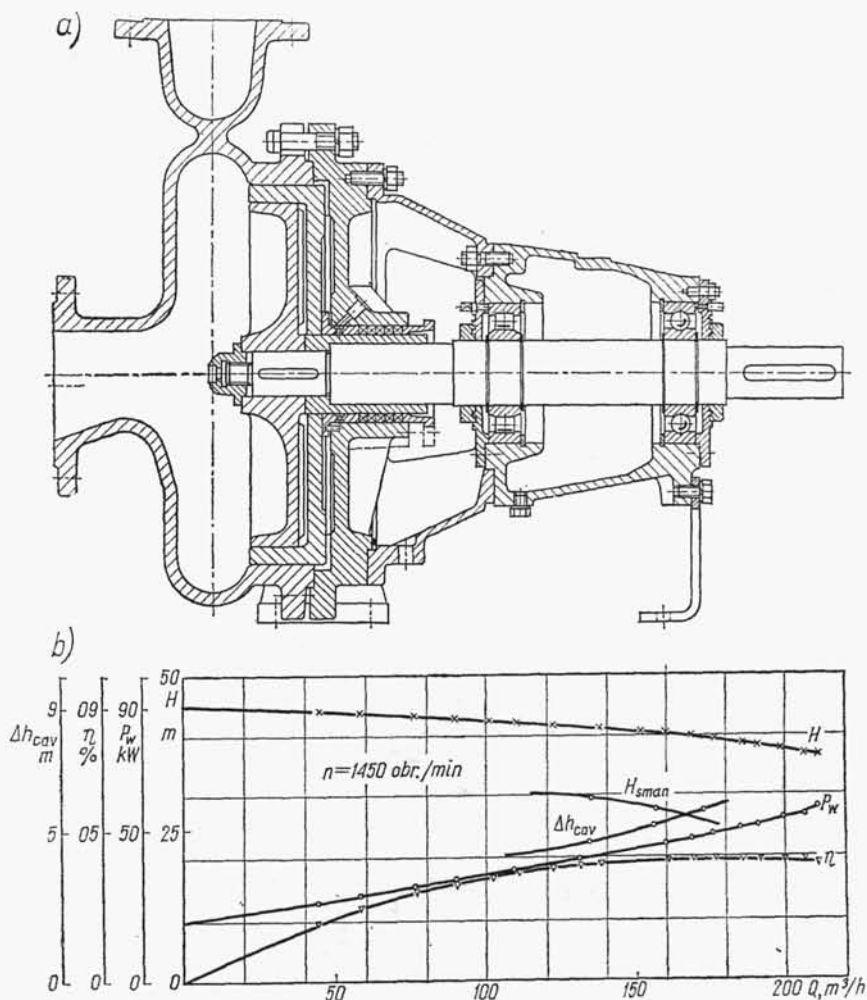


Rys. 20.52. Pompa odśrodkowa typu PC, produkcji Zabrzeńskiej Fabryki Maszyn Górniczych, do transportu hydraulicznego węgla, piasku itp.: a) przekrój wzdłużny, b) charakterystyka i pole stosowalności pompy typu PC-200; $Q=150 \div 450 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=43 \div 75 \text{ m}$, $n=1450 \text{ obr/min}$, maksymalna granulacja 70 mm; 1 — wirnik, 2, 3 — wykładziny kadłuba, 4 — wysięgnik montażowy

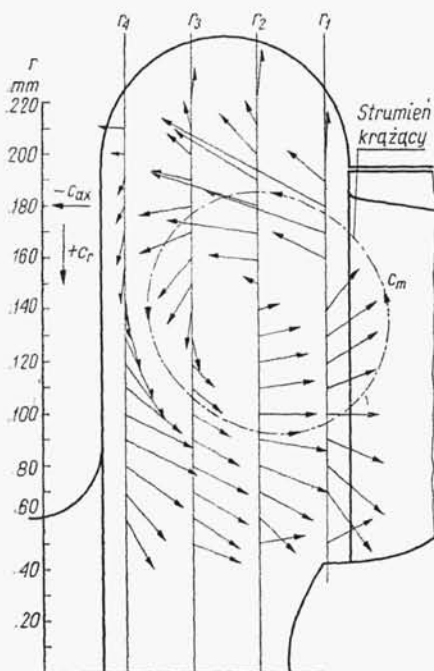
20.5.4. Pompy o swobodnym przepływie

Do transportu ciał stałych gęstych oraz włóknistych są stosowane pompy odśrodkowe o swobodnym przepływie. Podstawową cechą konstrukcyjną tych pomp jest zastosowanie otwartego wirnika, najczęściej o promieniowych łopatkach, osadzonego na wale i umieszczonego w kadłubie w ten sposób, iż między wirnikiem a pokrywą kadłuba zostaje utworzona swobodna przestrzeń przepływowa o znacznej szerokości. Dzięki takiej konstrukcji pompy odśrodkowe o swobodnym przepływie są niewrażliwe na zatykanie i nadają się szczególnie do transportu hydraulicznego oraz podnoszenia cieczy lepkich i silnie zanieczyszczonych.

Na rys. 20.53a przedstawiono pompę o swobodnym przepływie typu KSDH. Wirnik pompy jest umieszczony we wgłębieniu kadłuba, umożliwiając cieczy swobodny przepływ przez komorę do króćca tłoczego.



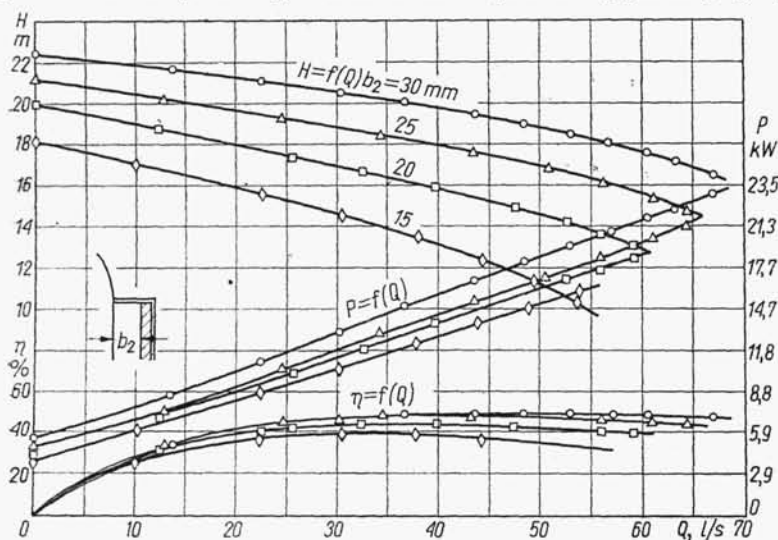
Rys. 20.53. Pompa odśrodkowa o swobodnym przepływie typu KSDH (wg VEB Entaschungsanlagenbau, Leipzig): a) przekrój wzdłużny, b) charakterystyki pompy typu KSDH-100/370; $Q = 25 \div 800 \text{ m}^3/\text{h}$, $H = 12,5 \div 65 \text{ m}$, $n = 1450 \text{ obr./min}$



Rys. 20.54
Rozkład prędkości południkowej w pompie o swobodnym przepływie wg G. Grabowa; widoczny strumień krążący (wir) cieczy

Badania nad rozkładem prędkości i ciśnień w przestrzeni bezłopatkowej pompy o swobodnym przepływie, przeprowadzone przez G. Grabowa, doprowadziły do stwierdzenia, iż we wnętrzu pompy powstaje strumień krążący cieczy.

Na rys. 20.54 przedstawiono charakter rozkładu składowej południkowej prędkości bezwzględnej cieczy w pompie wg G. Grabowa. Stwierdzono ponadto, że ciecz zawarta w tej przestrzeni wiruje z prędkością kątową bliską prędkości kątowej wirnika, zaś natężenie przepływu cieczy przez płaszczyznę przekroju południkowego przestrzeni bezłopatkowej jest kilkakrotnie większe od optymalnej wydajności pompy.



Rys. 20.55. Charakterystyki pomp o swobodnym przepływie o różnych głębokościach wirnika b_2 wg K. Rüttschi

Jak wynika z opisu i rys. 20.54, działanie pompy o swobodnym przepływie można porównać z działaniem sprzęgła hydrokinetycznego.

Pompy o swobodnym przepływie odznaczają się prostą budową i dużą trwałością, natomiast wadami ich są ograniczone wysokości podnoszenia ($H \leq 100$ m) oraz mała wartość współczynnika sprawności ($\eta \leq 0,5$).

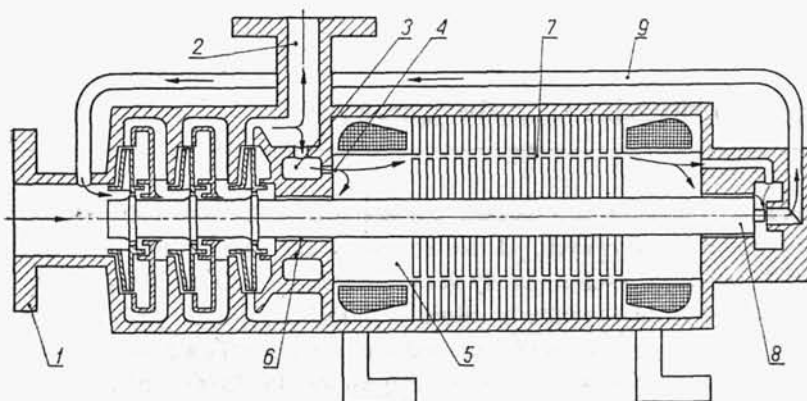
Charakterystyki pompy o swobodnym przepływie, opracowane przez K. Rütschi na podstawie badań, przedstawiono na rys. 20.55.

20.6. Pompy bezdławnicowe hermetyczne

W obiegach cieczy chemicznie agresywnych oraz cieczy radioaktywnych są stosowane coraz częściej hermetyczne pompy bezdławnicowe. Charakteryzują się one doskonałą szczelnością, która została uzyskana w wyniku zupełnego odcięcia wnętrza pompy i podnoszonej cieczy od otoczenia przez usunięcie dławic, umieszczenie łożysk wewnątrz zespołu (agregatu) oraz połączenie kadłuba pompy szczelnie z kadłubem silnika. Część pompowanej cieczy przepływa przez silnik, chłodząc go, oraz przez łożyska, powodując ich smarowanie. Uzwojenie stojana silnika elektrycznego jest zamknięte cienkościnną tuleją z niemagnetycznej blachy lub zalane masą izolacyjną z tworzywa sztucznego.

Na rys. 20.56 pokazano schemat działania oraz obieg wewnętrzny cieczy w pompie trzystopniowej hermetycznej do cieczy o niskiej temperaturze. Ciecz dopływa przez króciec ssawny 1 do pompy i jest wytłaczana przez króciec tłoczny 2. Część cieczy odgałęziona z króćca tłoczego przepływa przez kanały 3 i 4 do przestrzeni 5. Z przestrzeni tej część cieczy przepływa przez łożysko promieniowe 6 z powrotem do wirnika ostatniego stopnia (przez otwory odciążające), a pozostała część cieczy przepływa przez szczelinę 7 między stojanem a rotorem silnika elektrycznego chłodząc go, następnie przez łożysko promieniowo-osiowe 8 i przewód obiegowy 9 króćca ssawnego pompy. Jeżeli ciecz jest zanieczyszczona, to przepływa ona przez filtr umieszczony przed kanałami 3 i 4.

Na rys. 20.57 jest pokazana konstrukcja pompy bezdławnicowej hermetycznej przeznaczonej do cieczy gorących (o temperaturze 100°C). Do chłodzenia silnika



Rys. 20.56. Schemat przepływu cieczy w bezdławnicowej pompie hermetycznej typu Novametic (RFN) do cieczy chemicznie agresywnych zimnych