

20.2. Pompy zasilające kotły parowe

Do zasilania kotłów parowych stosuje się pompy wysokoprężne o ciśnieniach tłoczenia p do 40 MPa (400 at), przy wydajnościach $Q = 100 \div 2000 \text{ m}^3/\text{h}$, temperaturze pompowanej wody t do 250°C i zapotrzebowaniu mocy P do 23 000 kW. Tak duże wartości parametrów pracy pomp wynikają z wartości parametrów zasilanych kotłów parowych.

Istnieją trzy zasadnicze rozwiązania konstrukcyjne pomp zasilających kotły parowe: *pompy o budowie członowej*, *pompy z jednolitym kadłubem*, tzn. *garnkowe* oraz *pompy z kadłubem dzielonym w płaszczyźnie poziomej wału*.

20.2.1. Pompy o budowie członowej

Pompa o budowie członowej (rys. 20.5) składa się z kadłubów: dopływowego (ssawnego) i tłocznego oraz z oddzielnych członów pierścieniowych, ściśniętych przez śruby ściągowe (*kotwy*). Uszczelnienie styków poszczególnych członów osiąga się przez szlifowanie i docieranie stykających się powierzchni. Docisk powierzchni, konieczny do uzyskania bezwzględnej szczelności, jest osiągany przez wstępne naprężenie śrub ściągowych. Przy nagrzaniu się pompy w czasie rozruchu prędkiej nagrzewają się elementy kadłuba niż śruby ściągowe znajdujące się na zewnątrz pompy, wskutek czego następuje wydłużenie kadłuba, wywołujące wystąpienie dodatkowych naprężeń w śrubach i niebezpieczeństwo odkształceń plastycznych gwintów śrub i powierzchni uszczelniających. W celu uniknięcia tych zjawisk pompa powinna być przy rozruchu powoli nagrzewana lub w czasie postoju, np. pompa rezerwowa, utrzymywana w stanie podgrzanym.

Przy szybkim rozruchu pompy niedostatecznie podgrzanej powstają różnice temperatur górnej i dolnej części kadłuba, na skutek czego pompa wygina się, a łożyska przymocowane do obu komór obniżają się, jak to pokazano na rys. 20.6. W celu uniknięcia tego zjawiska stosuje się w pompach czasowo wyłączonych, ale wypełnionych gorącą wodą, np. pompy rezerwowe, urządzenia obracające wał ze zmniejszoną prędkością. Powoduje to ciągłe mieszanie wody we wnętrzu pompy, a przez to wyrównanie temperatury kadłuba.

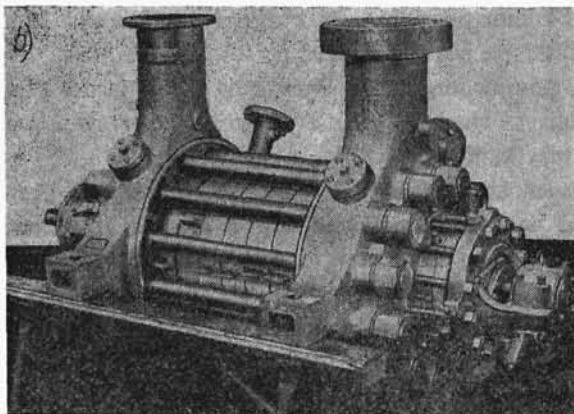
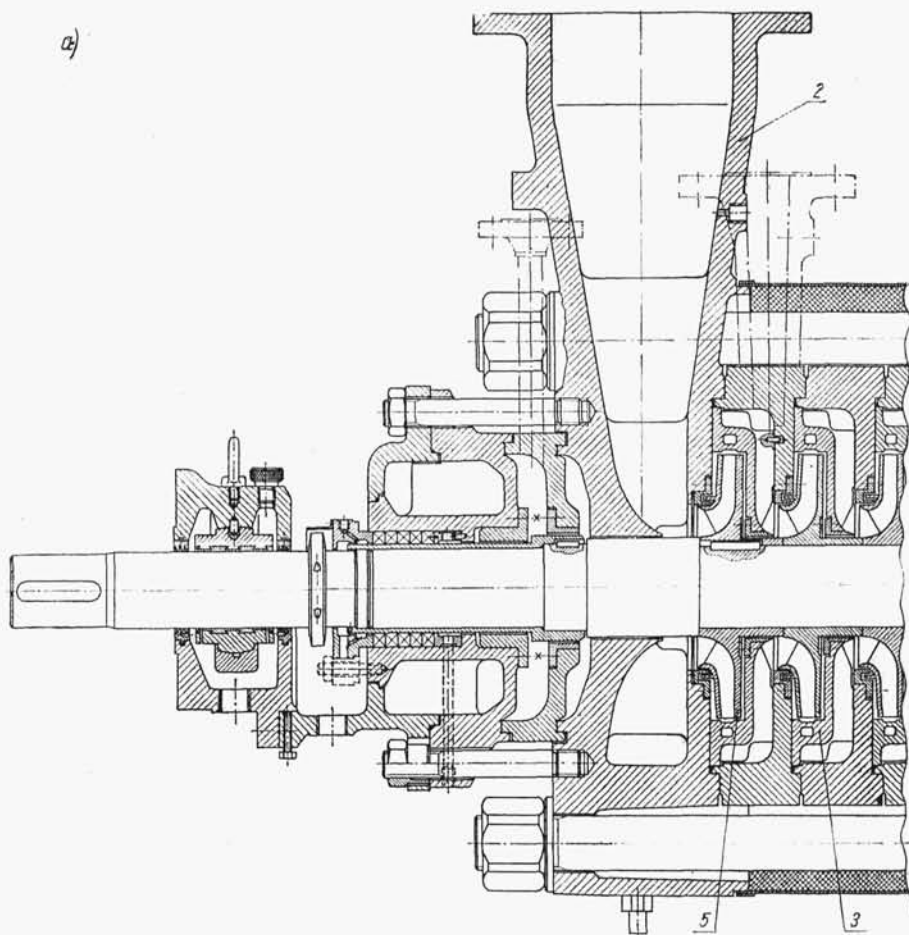
W pompach do wysokich ciśnień firma KSB (RFN) zastosowała sztywną przegrodę, dzielącą pompę na część wysoko- i niskociśnieniową (rys. 20.7). Dzięki temu podziałowi pompy nie ma potrzeby stosowania dużych naprężeń wstępnych w śrubach ściągowych w części niskociśnieniowej.

Ciekawą konstrukcję wielostopniowej pompy odśrodkowej wysokoprężnej z zastosowaniem łożyska pośredniego przedstawiono na rys. 20.8.

Pompy członowe są produkowane i bardzo rozpowszechnione w Europie.

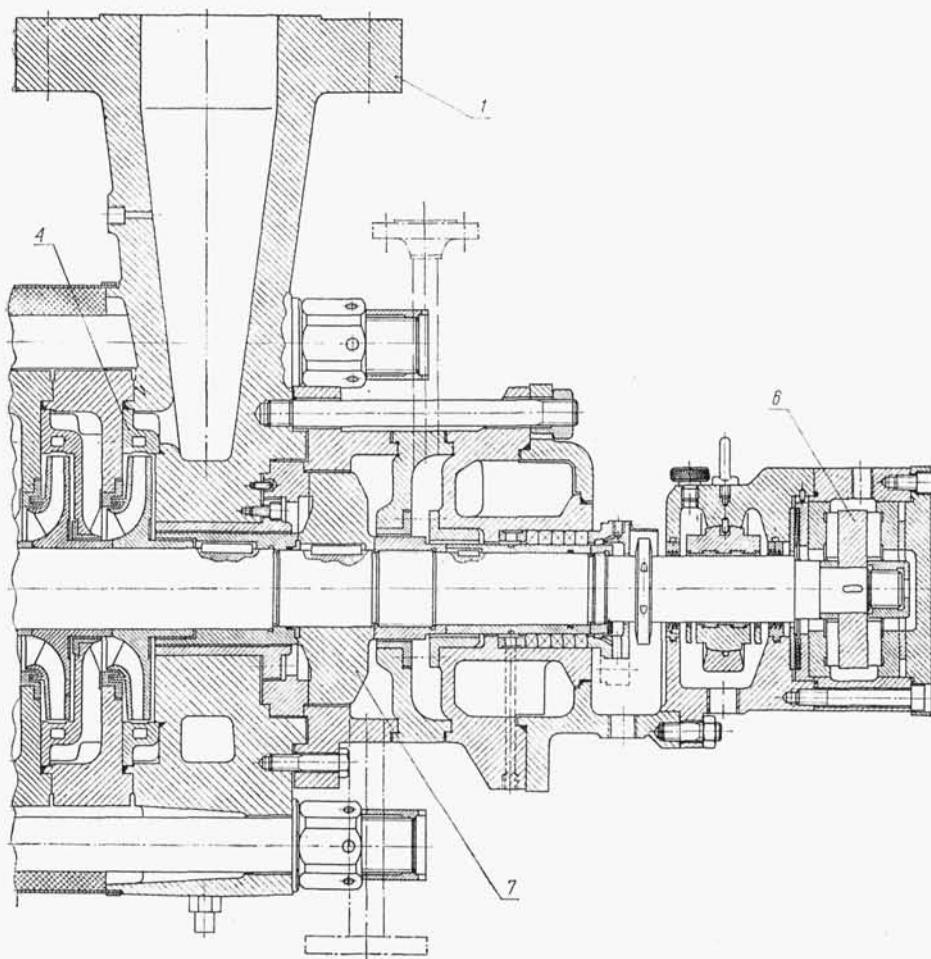
20.2.2. Pompy z jednolitym kadłubem

Pompy tej konstrukcji, przeznaczone do średnich i najwyższych ciśnień i temperatur, były stosowane pierwotnie w USA oraz w Szwajcarii (firma Sulzer). Na rys. 20.9 przedstawiono pompę zasilającą sześciostopniową wysokoprężną, typu HPT, o wy-

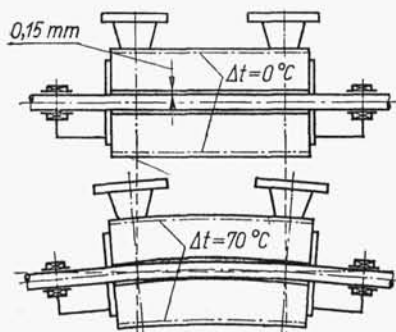


dajności $Q = 1370$ t/h, wysokości podnoszenia $H = 4015$ m, przy prędkości obrotowej $n = 5770$ obr/min i zapotrzebowaniu mocy $P_w = 18\,450$ kW.

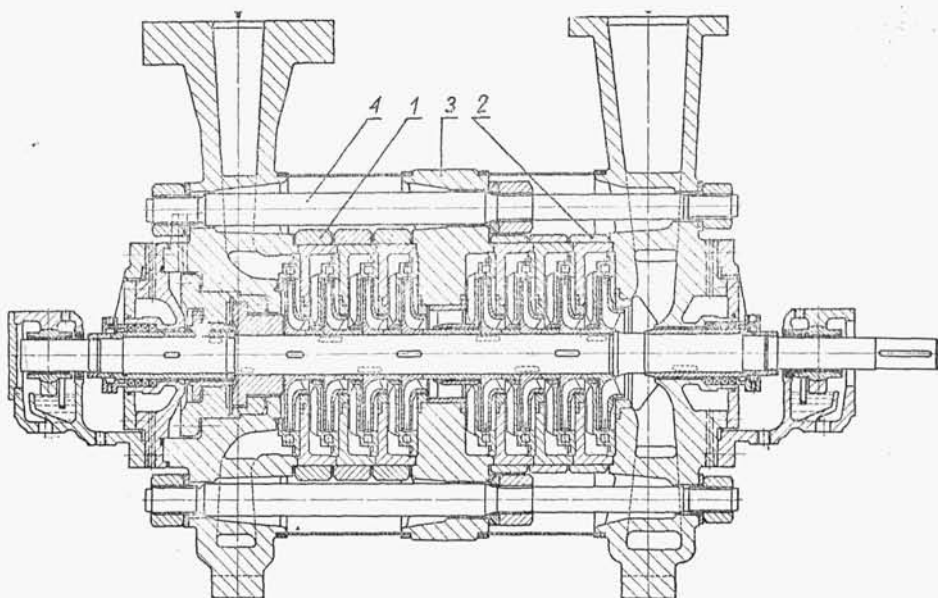
Zespół elementów pompy, tworzących kolejne stopnie, jest umieszczony w jednolitym kadłubie. Szczelność poszczególnych członów (stopni) zapewnia odpowiednie ciśnienie wody znajdującej się między kadłubem a osłonami poszczególnych stopni.



Rys. 20.5. Wysokoprężna pompa odśrodkowa wielostopniowa członowa typu HD, produkcji Warszawskiej Fabryki Pomp, do zasilania kotłów parowych: a) przekrój pompy, b) widok bez otuliny izolacyjnej; 1 — komora tłoczna, 2 — komora ssawna, 3 — człon kierowniczy, 4 — człon kierowniczy ostatniego stopnia, 5 — wirnik, 6 — łożysko wzdlużne dwustronne Michella, 7 — tarcza odciążająca



Rys. 20.6
Obniżenie się łożysk pompy wskutek wygięcia kadłuba (wg Schwenglera)



Rys. 20.7. Wysokoprężna pompa zasilająca członowa firmy KSB (RFN) ze sztywną przegrodą; 1 — część wysokociśnieniowa, 2 — część niskociśnieniowa, 3 — przegroda, 4 — profilowane śruby ściągowe

Dostatecznie duże naprężenie wstępne w śrubach dociskających pokrywę zamykającą kadłub uzyskuje się przez kurczenie się śrub uprzednio podgrzanych.

Nowoczesną konstrukcję pompy wstępnej do pompy zasilającej (rys. 20.9) przedstawiono na rys. 20.10. Na uwagę zasługuje specjalna budowa kadłuba umożliwiająca łatwy montaż. Zastosowano tu dwustronny wirnik w celu maksymalnego zmniejszenia prędkości na wlocie do wirnika dla zabezpieczenia się przed kawitacją.

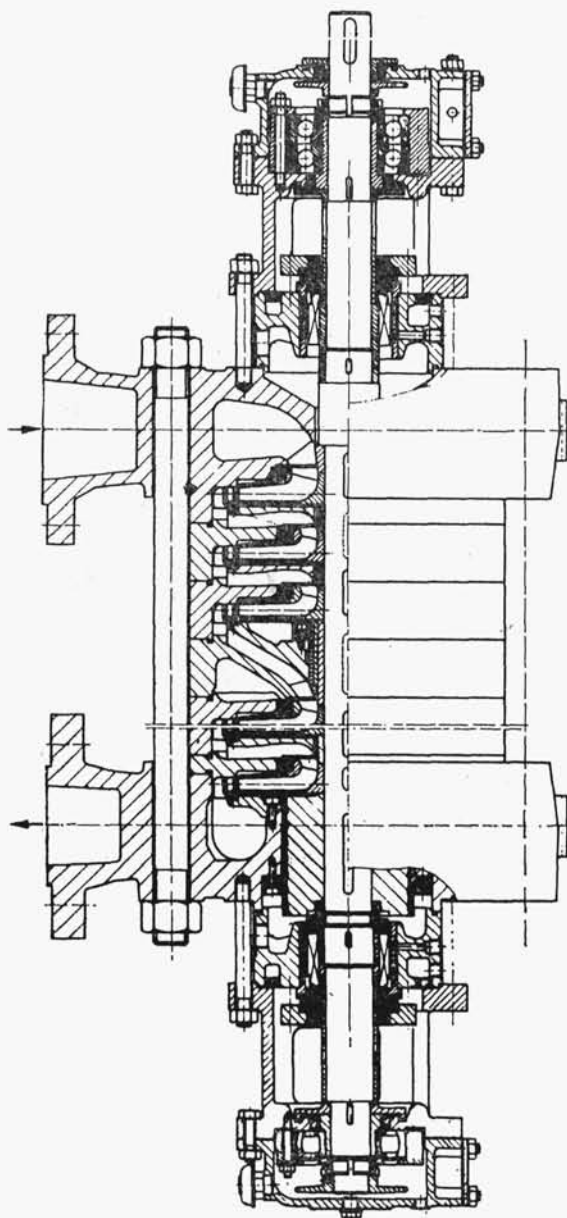
Najważniejszymi zaletami pomp o jednolitym kadłubie są: mała liczba połączeń, stąd mała możliwość przecieków na zewnątrz, mniejsze odkształcenia cieplne kadłuba oraz prostszy demontaż, nie wymagający odłączania pompy od rurociągów. W porównaniu z pompami członowymi są one cięższe, a koszt ich wykonania jest wyższy.

20.2.3. Pompy z kadłubami dzielonymi w płaszczyźnie poziomej

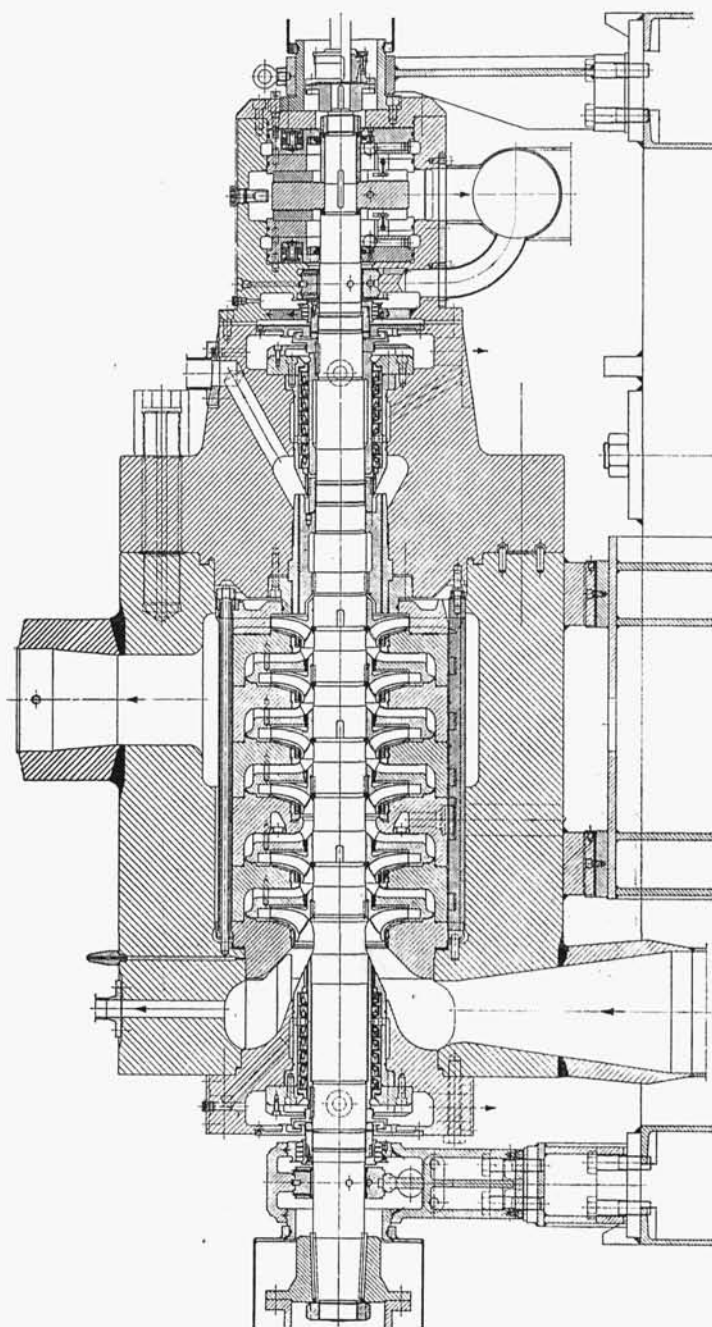
Pompy tej konstrukcji (rys. 20.11) są stosowane do ciśnień nie przewyższających w zasadzie $p = 10 \text{ MPa}$ (100 at) ze względu na trudności w uszczelnieniu powierzchni podziału kadłuba. Cechuje je łatwość demontażu i wymiany części wirujących, natomiast wykonanie ich jest znacznie trudniejsze i bardziej kosztowne niż pozostałych rodzajów pomp. W celu całkowitego zrównoważenia sił osiowych (wzdłużnych) stosuje się niekiedy układ z przeciwstawną połową (liczbą) wirników, co jednak wymaga bardziej skomplikowanej formy kadłuba, trudnej do odlania.

20.2.4. Prędkość obrotowa i napęd pomp zasilających

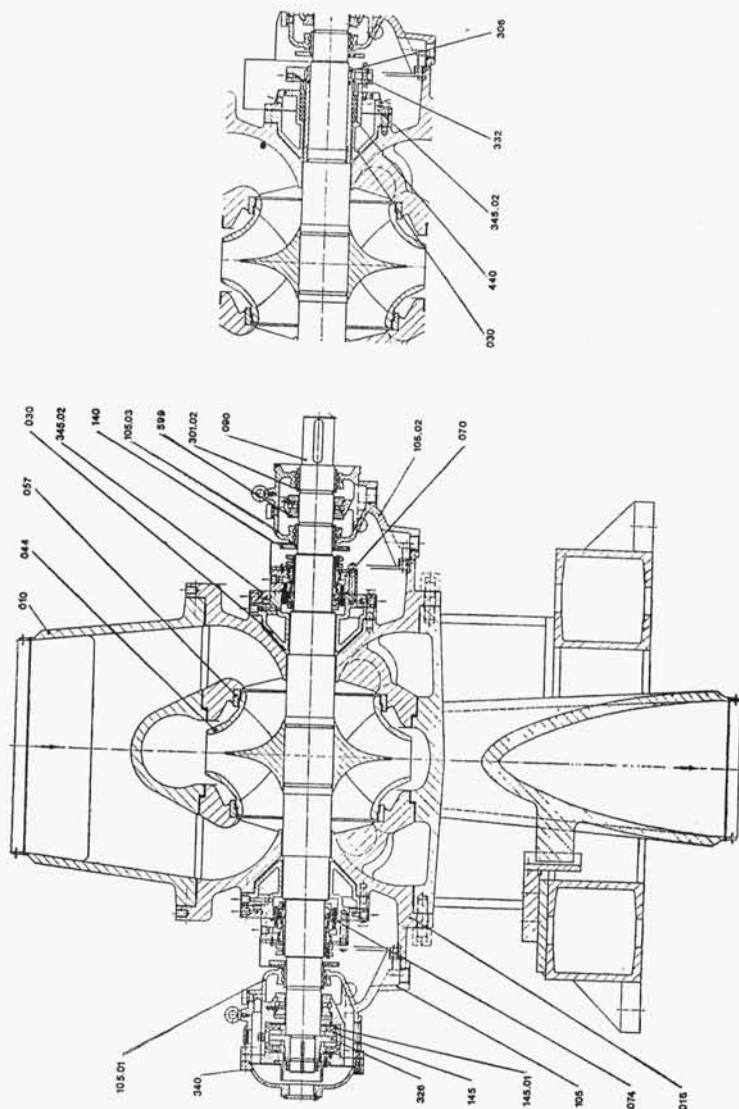
Ze względu na dużą wysokość podnoszenia oraz ograniczoną liczbę stopni (w zasadzie maks. do 10) maksymalna prędkość obrotowa $n = 3000 \text{ obr/min}$, przy bezpośrednim połączeniu z silnikiem elektrycznym, jest niewystarczająca. W celu jej



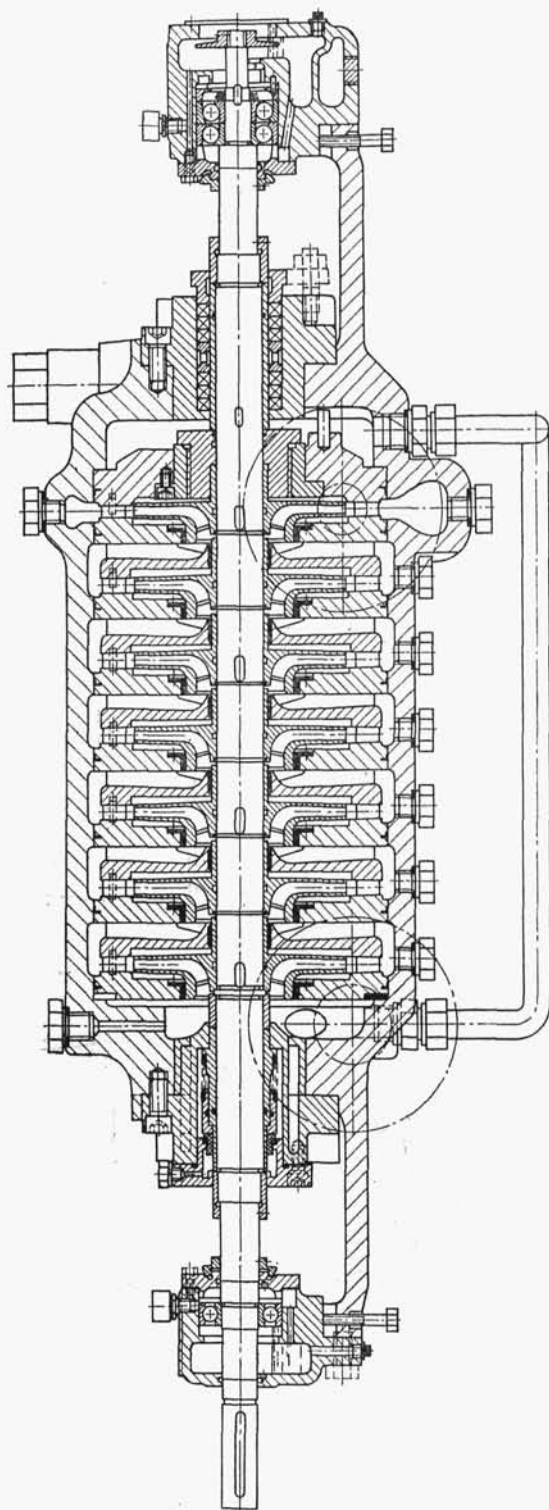
Rys. 20.8. Wielostopniowa pompa odśrodkowa wysokoprężna firmy Ochsner-Linz (Austria) z łożyskiem pośrednim, do wody i cieczy ropopochodnych



Rys. 20.9. Wysokoprężna pompa zasilająca z jednolitym kadłubem, typu HPT, firmy Sulzer (Szwajcaria): $q = 1370 \text{ t/h}$, $H = 4015 \text{ m}$, $t = 216^\circ\text{C}$, $n = 5770 \text{ obr/min}$, $P_w = 18\,450 \text{ kW}$



Rys. 20.10. Pompa wstępna do pompy zasilającej wysokopiętnej firmy Sulzer: a) konstrukcja z uszczelnieniem czołowym mechanicznym, b) dławnica z uszczelnieniem sznurowym; zachowano oryginalny opis rysunku: 010 — króciec wlotowy, 016 — korpus pompy, 030 — korpus dławnicy, 044 — wirnik z obustronnym wlotem, 057 — pierścień uszczelniający, 070 — pokrywa dławnicy, 074 — uszczelnienie czołowe korpusu dławnicy, 090 — wał pompy, 105 — część dolna korpusu łożyska, 140 — pierścień łożyska wzdłużnego Michella, 306 — tuleja dławnicowa, 326 — tarcza oporowa łożyska Michella, 332 — dławik, 340 — pokrywa łożyska promieniowego, 440 — sznur uszczelniający dławnicowy, 599 — panewka łożyska promieniowego, 105.01 — część górna korpusu łożyska wzdłużnego, 105.02 — część dolna łożyska promieniowego, 105.03 — część górna łożyska promieniowego, 345.02 — pokrywa komory chłodzącej dławnice



Rys. 20.11. Wielostopniowa pompa zasilaćca wysokoprężna z kadłubem dzielonym w płaszczyźnie wału, typu WT, firmy Worthington (USA); $p_{\max} = 13$ MPa, $t_{\max} = 260^{\circ}\text{C}$, $n_{\max} = 5000$ obr/min

zwiększenia między pompą a silnikiem elektrycznym jest włączana przyspieszająca przekładnia zębata, np. przekładnia obiegowa (planetarna) systemu Stoekichta lub przekładnia firmy Voith, złożona z właściwej przekładni zębatej przyspieszającej oraz sprzęgła hydrokinetycznego umożliwiającego automatyczną regulację prędkości obrotowej pompy w sposób ciągły.

Przy większych mocach stosuje się zwykle do napędu turbinę parową umożliwiającą łatwą regulację prędkości obrotowej pompy. Prędkość ta wynosi od $n = 6000$ do $10\,000$ obr/min, a nawet do $12\,000$ obr/min.

20.2.5. Siły osiowe i ich zrównoważenie

W pompach średnioprężnych są stosowane z reguły *tarcze odciążające* równoważące całkowicie siłę osiową. Układ wirujący (np. na rys. 20.7) nie ma łożyska wzdłużnego, może więc swobodnie przesuwac się w kierunku osiowym. Jest to niekiedy przyczyną zacierania się tarczy odciążającej. W celu uniknięcia tego w pompach wysoko-
prężnych stosuje się obecnie układ tarczy i tłoka lub tylko tłoka odciążającego, a ponadto dwustronne łożysko wzdłużne Michella ustalające wał i przejmujące różnice sił wzdłużnych, występujących przy wydajności różnej od nominalnej (rys. 20.9).

20.2.6. Minimalna wydajność pompy

W nominalnych warunkach pracy pompy przyrost temperatury wewnątrz kadłuba jest niewielki i nie powoduje przegrzania wody. Zjawisko to może wystąpić przy zmniejszaniu wydajności pompy, czemu towarzyszy wzrost strat hydraulicznych, powodujących przyrost energii cieplnej, oraz wzrost temperatury przy jednoczesnym zmniejszeniu intensywności odprowadzania ciepła na skutek zmniejszonego przepływu. Do powstania pary wodnej w pompie przyczynia się również odprowadzanie wody spod tarczy odciążającej bezpośrednio do kadłuba dopływowego.

W celu zabezpieczenia pompy zasilającej przed przegrzaniem należy zapewnić pewien minimalny przepływ. Wydajność pompy nie może spaść poniżej pewnej granicy. Minimalną wydajność zapewnia pomocniczy zawór upustowy (*zawór minimalnego przepływu*), umieszczony na króćcu tłocznym pompy (przed zaworem zwrotnym), odprowadzający określoną minimalną ilość wody do zbiornika kondensatu. Sterowanie zaworem upustowym jest automatyczne, hydrauliczne lub elektryczne, w wyniku impulsu spowodowanego wzrostem temperatury w pompie lub spadkiem natężenia przepływu w rurociągu tłocznym.

20.2.7. Wysokość napływu

Pompy zasilające tłoczą wodę o wysokiej temperaturze (ponad 100°C), toteż w celu uniknięcia kawitacji pracują one z napływem, którego wysokość zależy głównie od temperatury wody, wydajności, prędkości obrotowej pompy oraz częściowo od jej konstrukcji.

W celu zmniejszenia koniecznej wysokości napływu są stosowane następujące środki:

— łopatki wszystkich wirników mają z reguły krzywiznę przestrzenną oraz krawędzie wlotowe znacznie przesunięte ku wlotowi do wirnika,

— pierwszy wirnik (od strony dopływu) ma niekiedy specjalną konstrukcję o zwiększonych przekrojach przepływowych, warunkujących mniejsze prędkości cieczy,

— pierwszy wirnik jest niekiedy wykonywany jako dwustrumieniowy w celu zmniejszenia wyróżnika szybkobieżności,

— stosowane są pompy wspomagające (pompy wstępne) o specjalnie ukształtowanych wirnikach lub wirnikach z dwustronnym wlotem i o mniejszych prędkościach obrotowych, wymagające wyjątkowo małej wysokości napływu,

— dopuszcza się pracę pierwszego wirnika w obszarze początkowej kawitacji wykonując go ze staliw stopowych odpornych na kawitację.

20.3. Pompy do skroplin

Pompy te służą głównie do usuwania skroplin ze skraplacza turbin parowych, nazywanych również *kondensatorami*, stąd też nazwa *pompy do kondensatu*. W skraplaczach panuje niskie ciśnienie bezwzględne wynoszące $(4\div 6)$ kPa ($0,04\div 0,06$ at), a temperatura skroplin jest bliska temperaturze pary nasyconej przy danym ciśnieniu. Pompa musi zatem pracować z napływem, w celu zabezpieczenia jej przed kawitacją. Wysokość napływu mierzona od osi pompy (w przypadku pompy w układzie pionowym od przekroju wlotowego pierwszego wirnika) do najniższego poziomu wody w skraplaczu nie powinna być mniejsza niż $0,5\div 0,8$ m.

Pompy o małej wydajności i niewielkiej wysokości podnoszenia są najczęściej wykonywane jako poziome jednostopniowe z wlotem osiowym. Przy większych wartościach parametrów Q i H mają kilka stopni oraz wlot boczny, przy czym wirnik pierwszego stopnia, w celu zmniejszenia wyróżnika szybkobieżności, jest wykonywany z dwustronnym wlotem.

W ostatnich latach rozpowszechniono budowę pomp w układzie pionowym. Pionowy układ pompy zwiększa rozporządzalną wysokość napływu, przez to zmniejsza niebezpieczeństwo powstania kawitacji, a ponadto umożliwia zaoszczędzenie zajmowanego przez pompę miejsca. Są to pompy odśrodkowe jedno- lub wielostopniowe zanurzone w zbiorniku, do którego dopływają skropliny. Króciec dopływowy w mniejszych pompach jest umieszczony w podstawie pod silnik; w większych pompach króciec ten znajduje się w zbiorniku, co ułatwia ułożenie rurociągu dopływowego w kanale zagłębionym w podłodze.

Na rys. 20.12 przedstawiono pięciostopniową pompę w układzie pionowym do skroplin. Wirnik pierwszego stopnia jest obliczony (dla wszystkich wielkości pomp) na wydajność większą o $50\div 100\%$ od nominalnej, kosztem sprawności, w celu polepszenia jego właściwości antykawitacyjnych (podobnie, jak w pompach zasilających). Niekiedy wirnik ten jest, z tych samych względów, wykonywany jako dwustrumieniowy, jak to przedstawiono na rys. 20.13, co jednak komplikuje budowę pompy.