

Bronisław Sypień

POMPY TYPU OW Z EMULSYJNYM ODCIĄŻENIEM NACISKU OSIOWEGO

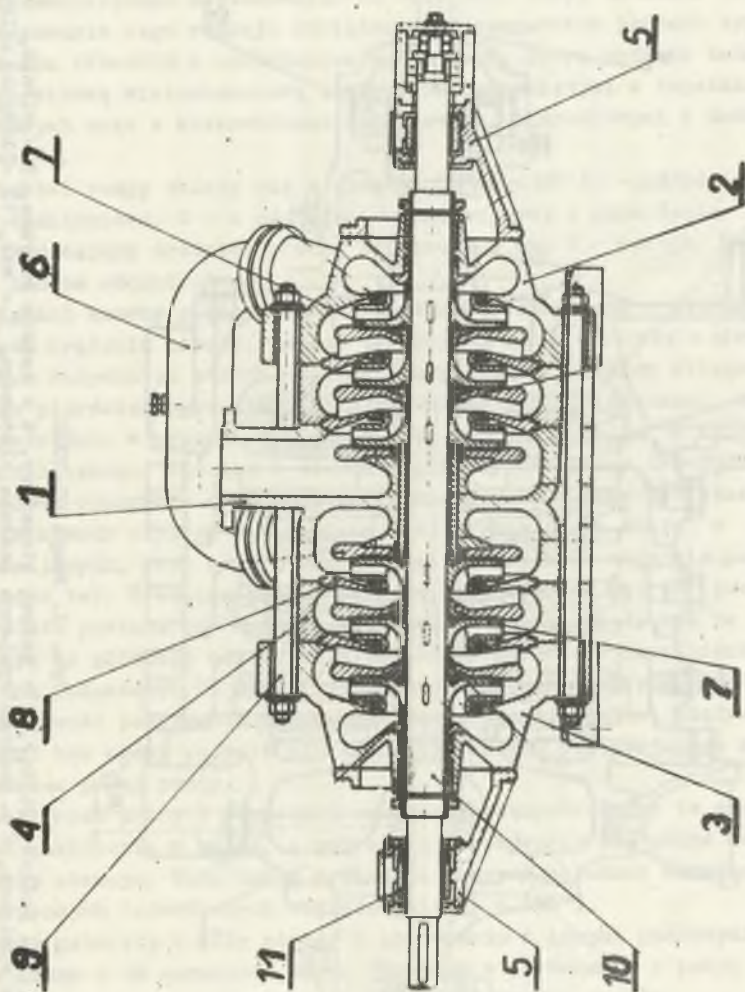
Streszczenie. Omówiono dotychczas stosowane sposoby odciążenia osiowego pomp wirowych wysokociśnieniowych oraz opisano nowe ich rozwiązanie konstrukcji Zabrzeńskiej Fabryki Maszyn Górniczych.

1. Wstęp

W pompach wirowych wielostopniowych z wirnikami pracującymi w układzie szeregowym na zespół wirujący działa nacisk osiowy, który należy zrównoważyć. Dla zrównoważenia tego nacisku w pompach wielostopniowych wysokociśnieniowych stosowane są tzw. tarcze odciążające. Tarcze te są sztywno związane z zespołem wirującym. Odciążenie następuje wskutek działania na zespół wirujący poprzez tarczę odciążającą siły osiowej, która jest przeciwnie skierowana do naporu hydraulicznego.

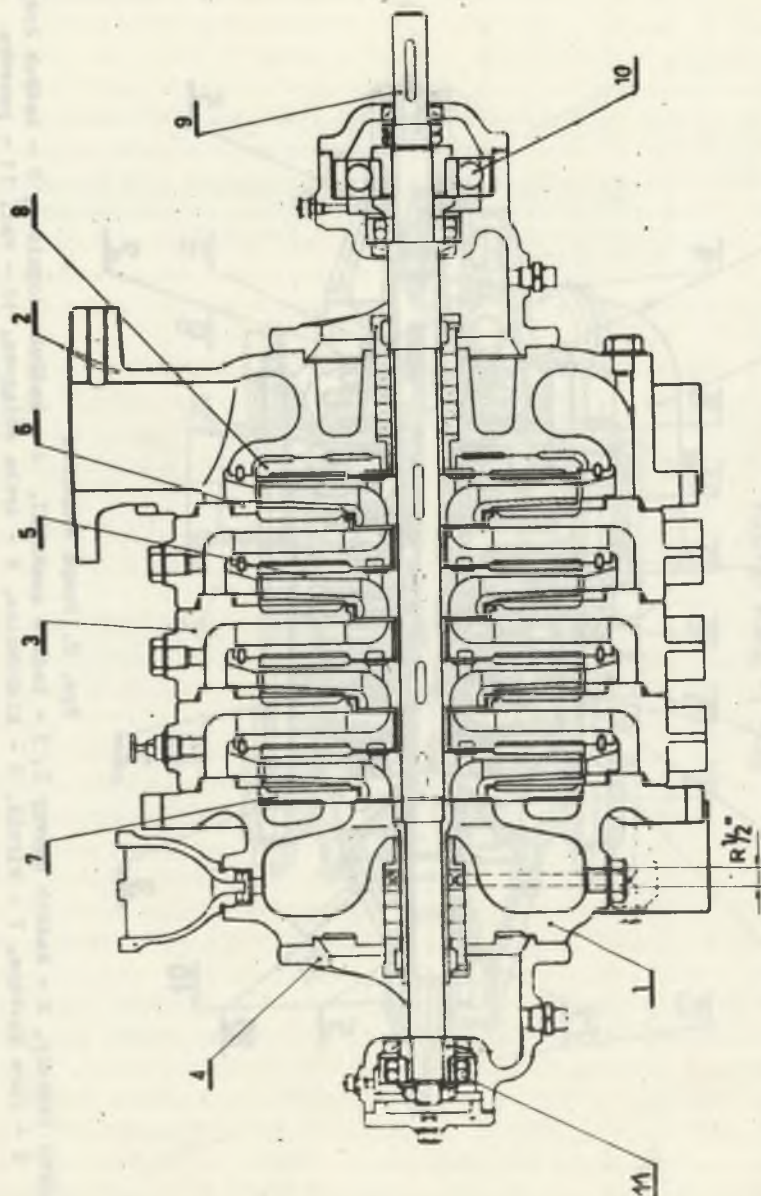
W tradycyjnych rozwiązaniach siła równoważąca wywoływana jest poprzez bezpośrednie działanie na tarcze cieczy pompowanej przez pompę i dostarczonej między te tarcze pod odpowiednim ciśnieniem. Zasadę działania tego odciążenia pokazano na rysunku 1.

Stosowanie takiego rozwiązania jest niemożliwe w przypadku, gdy pompowana ciecz jest zanieczyszczona ciałami stałymi ścierającymi, ponieważ powodują one szybkie zużycie tarcz. Z tego powodu do pompowania cieczy zanieczyszczonych drobnymi ciałami stałymi o własnościach ścierających konstruowane są pompy o symetrycznych, hydraulicznie zrównoważonych układach przepływowych (rys. 2) lub też pompy posiadające łożyska osiowe stanowiące oddzielne elementy konstrukcyjne (rys. 3). Pompy o takiej konstrukcji mają duży ciężar i gabaryty oraz szereg niedogodności eksploatacyjnych. Dążąc do wyeliminowania tych wad skonstruowano układ równoważący nacisk osiowy. W układzie tym, zrównoważenie sił osiowych następuje wskutek włożenia między powierzchnie robocze tarcz odciążających emulsji, której ciśnienie jest wyższe od ciśnienia pompowanej cieczy. Ciecz ta jest oddzielona od przestrzeni emulsyjnej za pomocą dławnicy mechanicznej. Emulsja wodna bez zanieczyszczeń wtłaczana między tarcze odciążające nie powoduje ich zużycia. Rozwiązanie takie zapewnia dobre warunki pracy układu odciążenia, niezależnie od rodzaju i stopnia zanieczyszczenia pompowanej cieczy.



Rys. 2. Pompa WWB-200A

1 - kadłub tłoczny, 2 - kadłub ssawny I, 3 - kadłub ssawny II, 4 - kadłub stopniowy, 5 - kadłub łożyska,
 6 - rura łącząca, 7 - wirnik, 8 - kierownica, 9 - śruba ściągowa, 10 - wał, 11 - panewka



Rys. 3. Pompa OS-200R

1 - kadłub ssawny, 2 - kadłub tłoczny, 3 - kadłub tłoczny, 4 - kadłub łożyska, 5 - wirnik, 6 - kierownik, 7 - ścianka wymienna, 8 - ścianka wymienna kadłuba tłoczego, 9 - wał, 10 - łożysko kulkowe wzdłużne, 11 - łożysko kulkowe wahliwe

2. Opis zasady działania układu obciążenia pompy OWO-200M/9

W Zakładzie Doświadczalnym Maszyn Przepływowych przy Zabrzańskej Fabryce Maszyn Górniczych skonstruowano i przeprowadzono udane próby obciążenia emulsyjnego dostosowując do tego celu pompę OW-200M. Przewiduje się zastosowanie tego rodzaju obciążenia we wszystkich pompach typoszeregu OW

Pompa OWO-200M z obciążeniem emulsyjnym, którą poddano badaniom jest pompą wirową wielostopniową z wirnikami zamkniętymi o łopatkach jednokrzywiznowych oraz z kierownicami łopatkowymi, odśrodkowymi i dośrodkowymi (rysunek 4).

Symbol pompy składa się z oznaczenia typu OWO (O - odwadniająca, W - wysokociśnieniowa, O - z obciążeniem emulsyjnym) z oznaczenia wielkości - 200 wyrażającą średnicę króćca tłoczno-ssawnego w mm, M - wersja konstrukcyjna, 9 - liczba stopni.

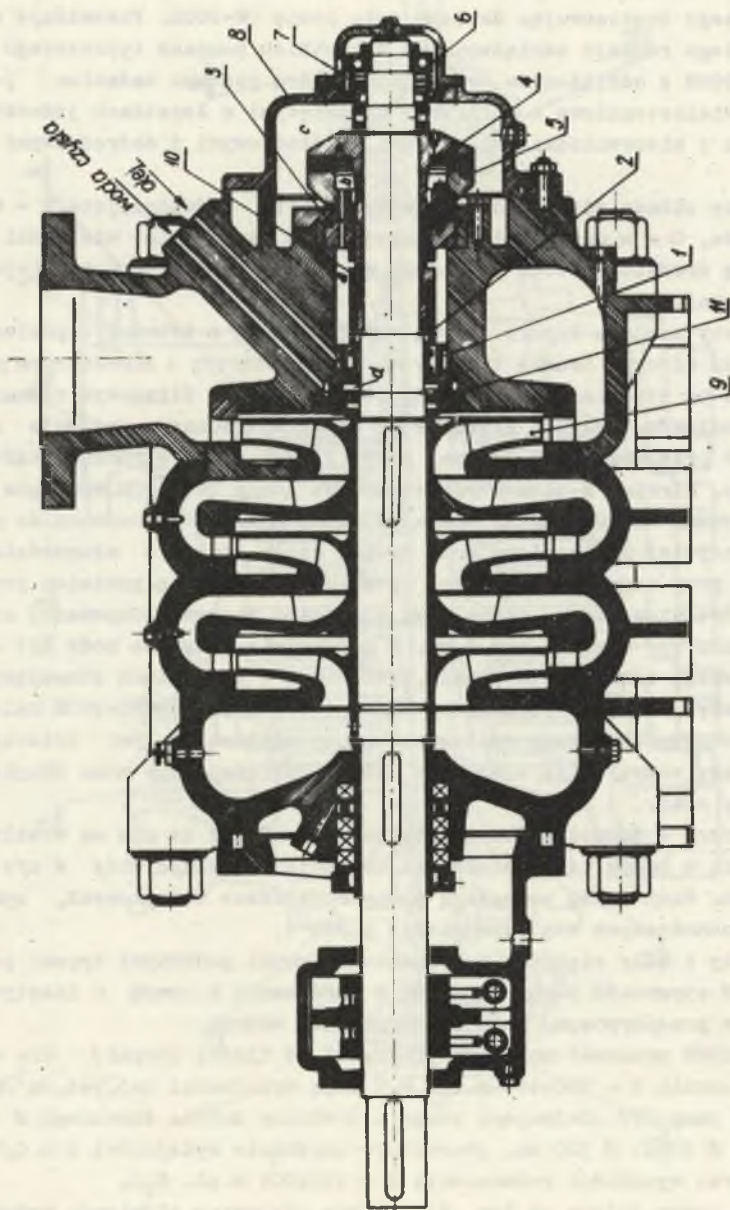
Kadłub ssawny posiada komorę ssawną współśrodkową z żebrami zapobiegającymi krążeniu cieczy. Kadłub tłoczny ma kanał zbiorczy o niezmiennym przekroju. Łożysko po stronie ssawnej pompy jest łożyskiem ślizgowym o smarowaniu pierścieniowym. Łożysko ślizgowe po stronie tłocznej znajduje się bezpośrednio w przestrzeni emulsyjnej pompy i pracuje w warunkach tarcia hydraulicznego. Wirniki i elementy przepływowe pompy OWO-200M wykonane są z żeliwa odporne na ścieranie. Pompa OWO-200M może być stosowana do pompowania wody czystej lub zawierającej drobne ciała stałe o własnościach ścierających, przy czym stosunek ciał stałych do wody nie powinien przekraczać 1÷7. Średnica ziarn, jakie mogą znajdować się w pompowanej cieczy, nie powinna być większa niż 4 mm. W górnictwie pompa ta może być stosowana do głównego odwadniania kopalń, zwłaszcza w kopalniach stosujących płynną podsadzkę. Do zalet techniczno-ekonomicznych pompy OWO-200M należą

- możliwość pompowania cieczy zanieczyszczonej ciałami stałymi ścierającymi bez obawy zużycia się elementów układu obciążającego mimo długiego okresu pracy pompy,
- możliwość pracy w zespołach zautomatyzowanych. Pompy te nie są wrażliwe na zakłócenia w pracy, a zwłaszcza na urywanie się słupa wody w przewodzie ssawnym. Wady takie posiadają pompy o układach wirnikowych, symetrycznych (odwróconych względem siebie o 180°),
- małe gabaryty i mały ciężar w porównaniu z innymi podobnymi typami pomp
- większa o 3% sprawność pompy OWO-200M w porównaniu z pompą o identycznym układzie przepływowym, lecz z obciążeniem wodnym.

Pompa OWO-200M pracować może (w zależności od ilości stopni) dla wysokości podnoszenia $H = 180 \div 610$ m.sł. H_2O oraz wydajności $Q = 3,5 \div 4,5$ m³/min.

Typoszereg pomp OWO obejmujący pompy o średnicy króćca tłoczno-ssawnego $\varnothing 100$, $\varnothing 150$, $\varnothing 200$, $\varnothing 250$ i $\varnothing 300$ mm, gwarantuje uzyskanie wydajności $Q = 0,93 \div 12,5$ m³/min oraz wysokości podnoszenia $H = 195 \div 804$ m.sł. H_2O .

Obciążenie pompy polega na tym, że emulsja olejowa o ciśnieniu wyższym od ciśnienia pompowanej cieczy doprowadzona jest przez otwór w kadłubie



Rys. 4. Pompa OWO-200M

1 - kolektor, 2 - dławnica, 3 - łożysko promienne, 4 - tarcza odciągająca, 5 - pierścień ślizgowy, 6 - łożysko pomocnicze, 7 - sprężyna, 8 - pokrywa, 9 - wirnik, 10 - tuleja, 11 - odrzutnik gwintowany

tłocznym pompy do kolektora 1 stąd przez otwory umieszczone stycznie do jego powierzchni wewnętrznej przedostaje się na powierzchnie ślizgowe dławnicy 2, a następnie do przestrzeni (a). Wykonanie otworu w kolektorze, stycznie do jego powierzchni wewnętrznej, zapewnia zawirowanie emulsji, a tym samym prawidłową pracę dławnicy. Ciśnienie emulsji w przestrzeni (a) jest wyższe od ciśnienia pompowanej cieczy, co zapobiega przedostawianiu się tej cieczy oraz zawartych w niej zanieczyszczeniach do układu odciążającego. Dławnica 2 pracuje pod niewielkim ciśnieniem będącym różnicą ciśnień emulsji i pompowanej cieczy. Przez otwory w panwi łożyska promieniowego 3 emulsja przepływa do przestrzeni (b). Spadek ciśnienia przy przepływie emulsji przez otwory w panwi 3 powoduje powstanie różnicy ciśnień w przestrzeniach a i b koniecznej do samoregulacji układu odciążenia. Nadwyżka ciśnienia w przestrzeni (a) w stosunku do (b) zabezpiecza domknięcie dławnicy, a tym samym szczelność przestrzeni emulsyjnej. Przez szczelinę pomiędzy tarczą odciążającą 4 a pierścieniem ślizgowym 5 emulsja wypływa do komory (c), skąd odprowadzona jest do zbiornika emulsji. Ponieważ wielkość siły osiowej nie jest wartością stałą i w czasie pracy pompy powstają znaczne jej wahania, natomiast ustalenie ciśnienia w przestrzeni (b) odbywa się z pewnym opóźnieniem, dlatego dla częściowego zredukowania uderzeń tarczy odciążającej 4 o pierścień ślizgowy 5 zastosowano pomocnicze łożysko 6. Łożysko to współpracuje ze sprężyną 7 podpartą w pokrywie 8 i zapobiega gwałtownym przesunięciom wału pompy w kierunku ssania.

W celu zabezpieczenia powierzchni ślizgowej dławnicy 2 przed ewentualnym szkodliwym działaniem zanieczyszczeń zawartych w pompowanej cieczy pomiędzy przestrzenią, w której znajdują się wirniki pompy 9 a dławnicą wykonana jest komora (d), przez którą przepływa ciecz oczyszczona z zanieczyszczeń mechanicznych. Ciecz ta dopływa do komory (d) przez otwór w kadłubie tłocznym pompy równoległy do otworu doprowadzającego emulsję do układu odciążenia. Ciśnienie w komorze (b) jest dodatkowo obniżone w stosunku do ciśnienia na wysokości płasty wirnika dzięki zastosowaniu odrzutnika gwintowanego 11. Wał pompy ułożyskowany promieniowo w wahliwej panwi 3. Rolę czopa spełnia tuleja 10, na której zamocowana jest dławica 2. Różnica ciśnień w przestrzeniach (a) i (b) zapewnia bardzo dobre smarowanie łożyska. Oprócz opisanej wyżej konstrukcji przewiduje się odmianę konstrukcyjną polegającą na połączeniu w jedną całość łożyska oraz pierścienia oporowego tarczy odciążającej, które mocowane będą bezpośrednio w kadłubie tłocznym. Uprości to znacznie układ i jednocześnie zapewni prostopadłość powierzchni ślizgowej pierścienia oporowego i ślizgowej tarczy odciążającej względem wału pompy.

3. Opis stanowiska badawczego

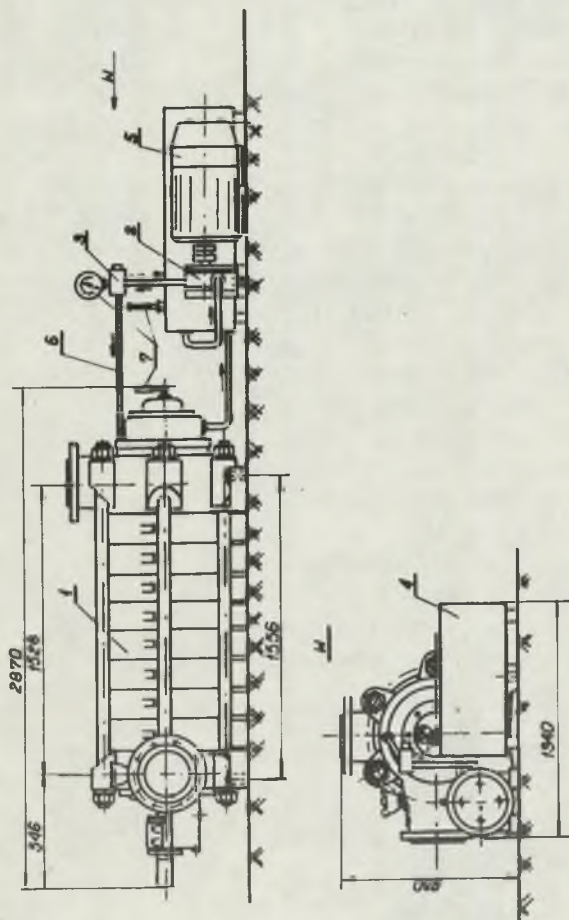
W celu otrzymania charakterystyki pracy pompy oraz sprawdzenia skuteczności działania odciążenia wybudowano w Zakładzie Doświadczalnym Maszyn Przepływowych przy Zabrzańskiej Fabryce Maszyn Górniczych stanowisko badawcze. Schemat stanowiska badawczego przedstawiono na rysunku 5. Widok ogólny stanowiska obrazuje rysunek 6, a rysunek 7 widok układu zasilającego odciążenie emulsyjne pompy. Układ zasilający (rys. 5, 7) składa się z pompy olejowej zębatej 2, silnika napędzającego pompę zębatą 5, chłodnicy emulsji wraz z zbiornikiem 4, zaworu przelewowego 3, przewodów odprowadzających i doprowadzających emulsję w układzie odciążenia 6 oraz przyrządów pomiarowych 7. W przypadku zastosowania (jako medium) do układu odciążenia pompy oleju zastosowano jedną pompę zębatą i jeden silnik napędowy pompy PZ-100. Ze względu jednak na tendencje wyeliminowania w górnictwie podziemnym olejów przez emulsję (poprawienie warunków p.poż.) zastosowano emulsję wodno-olejową. W związku ze zmniejszeniem lepkości emulsji w stosunku do oleju, wydajność jednej zasilającej pompy zębatej była niewystarczająca, dlatego zastosowano dwie pompy w układzie równoległym.

Zastosowane pompy do emulsji są pompami zębatymi o wydajności nominalnej $Q_p = 100$ l/min przy ciśnieniu nominalnym $p_n = 100$ kg/cm². Prędkość obrotowa $n_p = 1450$ 1/min, sprawność $\eta_p = 0,80$.

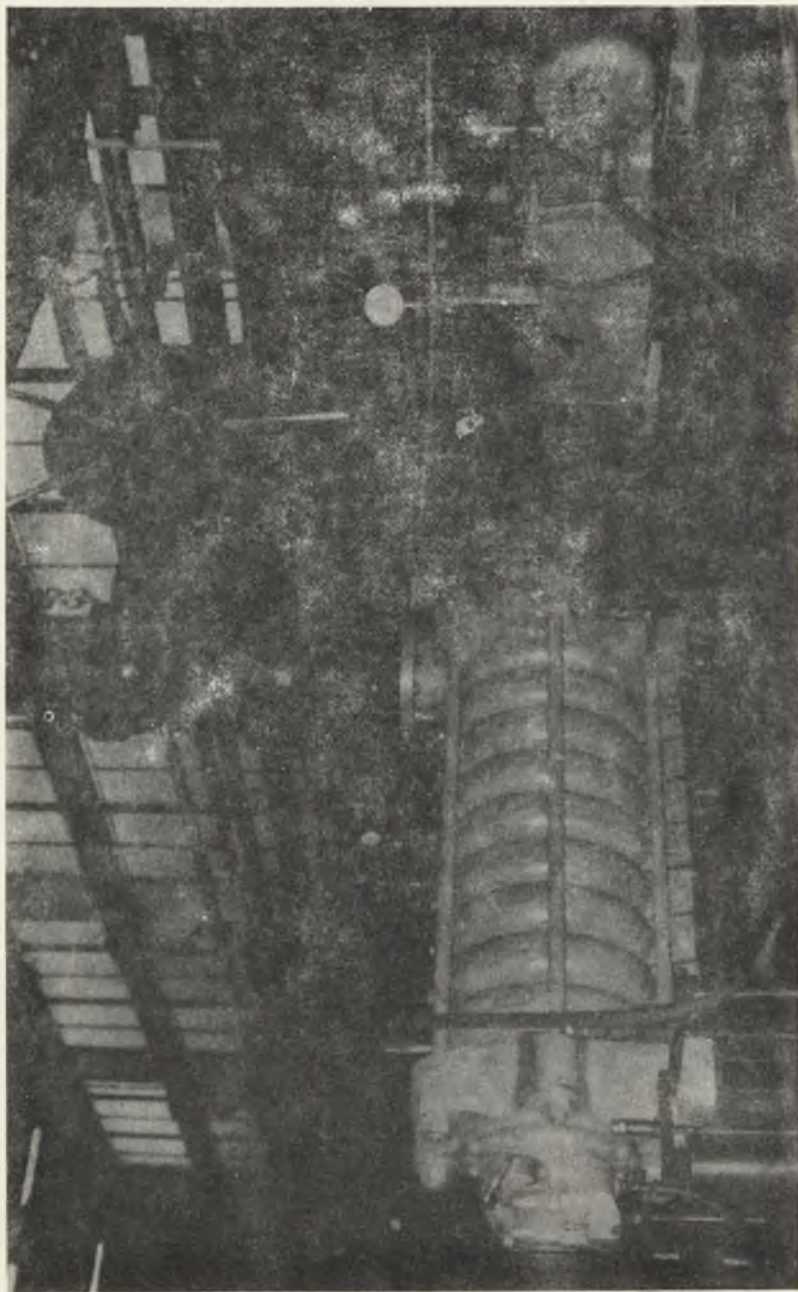
Ze względu na bardzo stromą charakterystykę pracy pompy zębatej, jej wydajność jest niemal stała dla różnego zakresu ciśnień. Tak więc dla zakresu ciśnień potrzebnego do odciążenia naporu osiowego powstającego w pompie OWO-200M/9 zarówno wydajność $Q_p = 100$ l/min, jak i sprawność uważa się za stałą.

Wielkość ciśnienia emulsji na wylocie z pompy zębatej ustala się w zależności od wielkości naporu osiowego. Przy mniejszym naporze ciśnienie będzie mniejsze i na odwrót. Pompy do emulsji są napędzane silnikami elektrycznymi prądu zmiennego o mocy 28 kW i prędkości obrotowej 1450 obr/min. Ponieważ praca emulsji powodująca odciążenie jest w całości zamieniana na ciepło, zastosowano chłodnicę emulsji, która jednocześnie pełni funkcję zbiornika emulsji. Czynnikiem chłodzącym jest tu woda pobierana z pierwszego stopnia pompy OWO-200M/9. Natężenie przepływu wody przez chłodnicę wynosi 150 l/min. Chłodnica pozwala na schłodzenie emulsji o 22° w odniesieniu do temperatury wody pompowanej przez pompę OWO-200M. Tak więc przy temperaturze wody 20°C temperatura emulsji wynosić będzie ok. 42°. Dopuszczalna temperatura emulsji wynosi 60°C. Zawór przelewowy ZP-42 umieszczony na przewodzie tłocznym emulsji prowadzącym do kadłuba pompy OWO-200M/9 pozwala na ustalenie maksymalnych ciśnień w tymże przewodzie w granicach od 40 do 160 kg/cm².

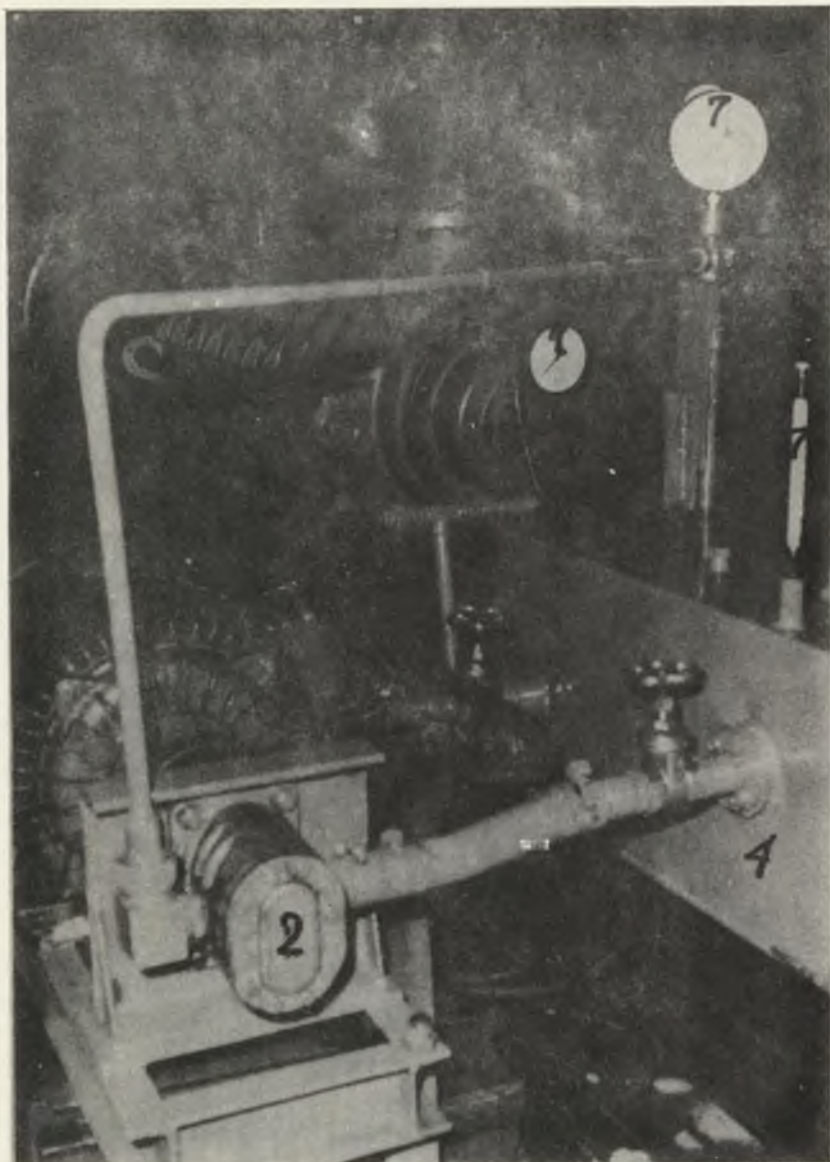
W agregacie emulsyjnym zawór przelewowy spełnia rolę zaworu bezpieczeństwa. Zabezpiecza on pompy zębate przed wzrostem ciśnienia powyżej nominalnego. Ciśnienie emulsji wyższe od nominalnego jest niebezpieczne ze



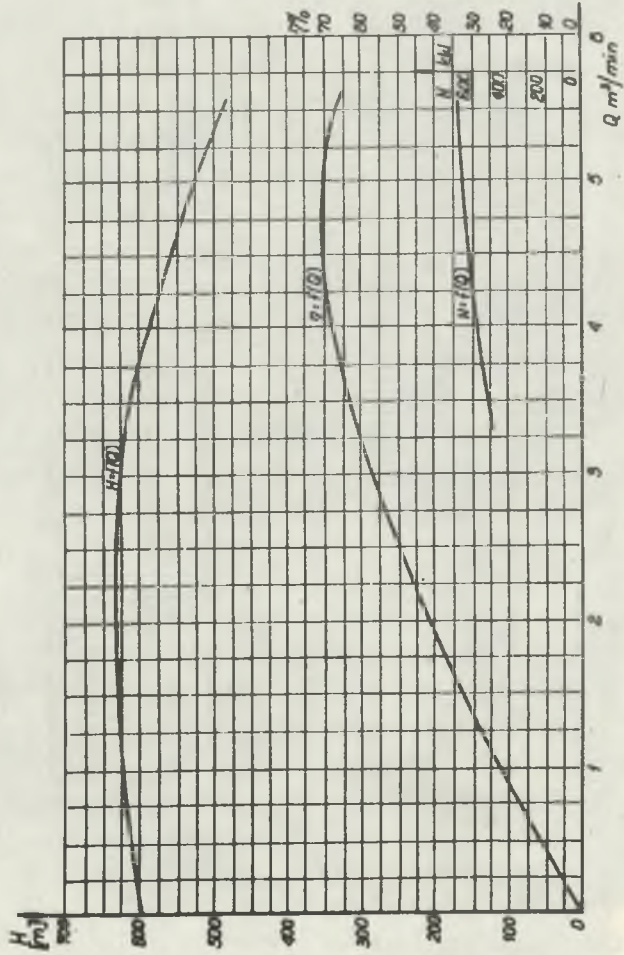
Rys. 2. Pompa OWO-200M/9 z odciążeniem emulsyjnym w stanowisku doświadczalnym
 1 - pompa OWO-200M/9, 2 - zawór przelewowy, 3 - zbiornik z chłodnicą emulsji,
 4 - silnik pompy do emulsji, 5 - przewód tłoczny, 6 - przewód tłoczny



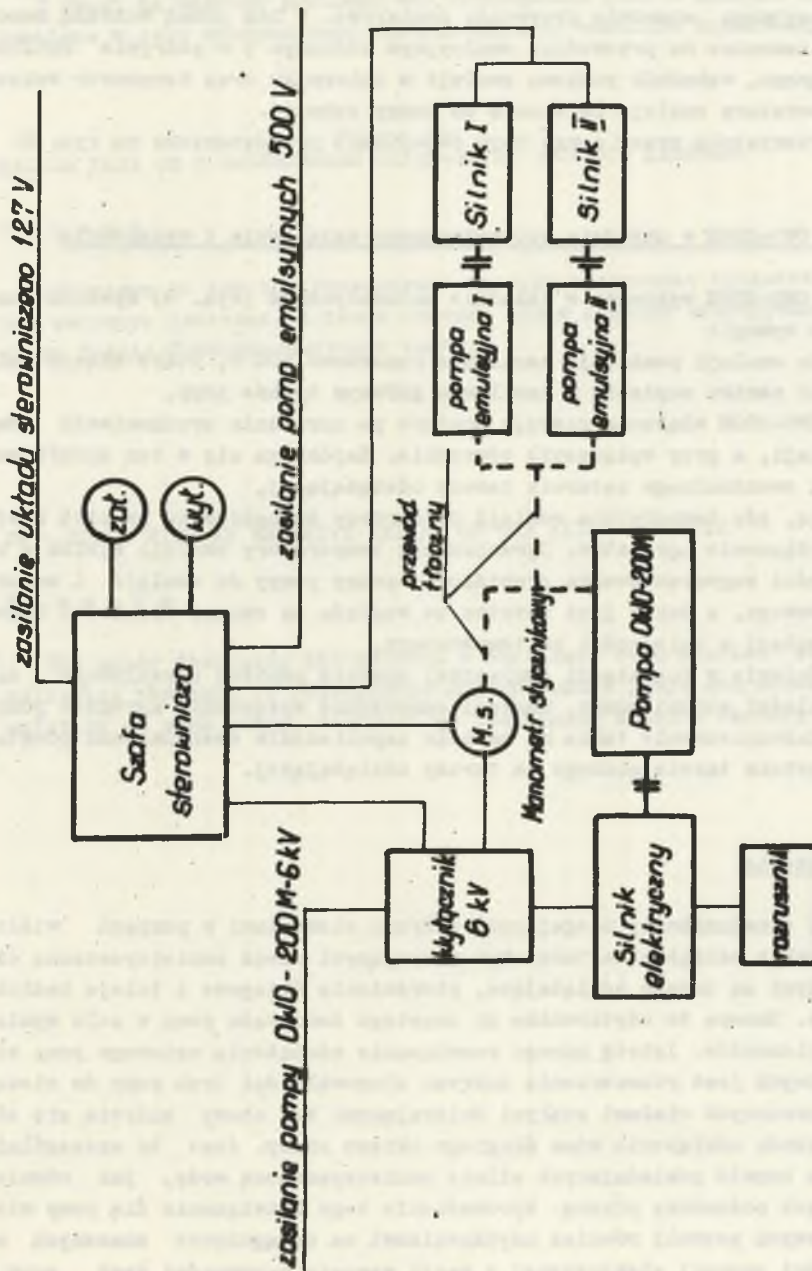
Rys. 6. Stnowisko badawcze pompy OWO-200M oznaczenia jak na rys. 5



Rys. 7. Widok układu zasilającego odciążenie emulsyjne pompy. Oznaczenia jak na rys. 5



Rys. 8. Charakterystyka pracy pompy OWO-200M



rys. 9. Schemat blokowy połączeń pompy OW-200M w układzie automatycznym

względu na możliwość awarii pompy do emulsji. Dodatkowe wyposażenia agregatu emulsyjnego stanowią przyrządy pomiarowe. W ich skład wchodzi manometry umieszczone na przewodzie emulsyjnym tłocznym i w pokrywie kadłuba odciążającego, wskaźnik poziomu emulsji w zbiorniku oraz termometr wskazujący temperaturę emulsji na wlocie do pompy zębatej.

Charakterystykę pracy pompy typu OWO-200M/9 przedstawiono na rys. 8.

4. Pompa OWO-200M w układzie automatycznego załączenia i wyłączenia

Pompa OWO-200M wykonana w układzie automatycznym (rys. 9) spełnia następujące wymogi:

- pompy do emulsji posiadają zasilanie rezerwowe 500 V, które włącza się w chwili zaniku napięcia w zasilaniu głównym tychże pomp,
- pompa OWO-200M włączona zostaje dopiero po uprzednim uruchomieniu pomp do emulsji, a przy wyłączeniu odwrotnie. Zapobiega się w ten sposób możliwości ewentualnego zatarcia tarczy odciążającej,
- z chwilą, gdy temperatura emulsji przekroczy dopuszczalną granicę następuje wyłączenie agregatów. Ograniczenie temperatury emulsji wynika z konieczności zagwarantowania prawidłowej pracy pompy do emulsji i zaworu przelewowego, a także jest istotne ze względu na zmianę własności fizycznych emulsji w zależności od temperatury,
- gdy ciśnienie w instalacji emulsyjnej spadnie poniżej określonego dla danej ilości stopni pompy, nastąpi samoczynne wyłączenie agregatu pompowego. Zabezpieczenie takie ma na celu zapobieżenie ewentualnemu powstaniu zjawiska tarcia suchego na tarczy odciążającej.

5. Zakończenie

Jednym z najszybciej ulegającymi zużyciu elementami w pompach wielostopniowych z odciążeniem tarczowym pompującymi ciecz zanieczyszczoną ciałami stałymi są tarcze odciążające, pierścienie ślizgowe i tuleje kadłuba tłocznego. Zmusza to użytkownika do częstego demontażu pomp w celu wymiany tych elementów. Istotą nowego rozwiązanie odciążenia osiowego pomp wielostopniowych jest rozszerzenie zakresu stosowalności tych pomp do cieczy zanieczyszczonych ciałami stałymi ścierającymi bez obawy zużycia się elementów układu odciążenia mimo długiego okresu pracy. Jest to szczególnie ważne dla kopalń posiadających silnie zanieczyszczoną wodę, jak również stosujących podsadzkę płynną. Wprowadzenie tego rozwiązania dla pomp wielostopniowych pozwoli również użytkownikowi na osiągnięcie znacznych oszczędności energii elektrycznej z racji wzrostu sprawności tych pomp w stosunku do pomp z odciążeniem wodnym.

Z uwagi na ważność problemu ww. rozwiązanie jest w dalszym ciągu udoskonalane w celu maksymalnego dostosowania do warunków kopalnianych.

НАСОСЫ ТИПА ОВ С ЭМУЛЬСИЙНЫМ ОБЛЕГЧЕНИЕМ ОСЕВОГО ДАВЛЕНИЯ

Резюме

Обсуждено до тех пор применимые способы облегчения вращательных насосов высокого давления. А также описано новое решение конструкции Забжанского Завода Горнопромышленных машин.

OW - PUMPS WITH AN EMULSIVE RELIEF OF THE AXIAL PRESSURE

Summary

The paper discusses the methods - that have been applied so far - of relieving the axle of rotodynamic high-pressure pumps and describes a new solution of such pumps, designet at the Mining Machine Factory in Zabrze.