ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1974

Seria: Energetyka z. 52 Nr kol. 419

Jerzy Grychowski, Jerzy Rokita
Instytut Maszyn i Urządzeń
Energetycznych

ANALIZA MOŻLIWOŚCI POWIĘKSZENIA WYSOKOŚCI PODNOSZENIA W UKŁADACH GŁÓWNEGO ODWADNIANIA KOPALŃ

Streszczenie. W pracy przedstawiono analizę możliwości bezpośredniego podawania wody dołowej z głębokich pokładów. Omówiono wstępne wyniki badań zespołu eksperymentalnego pompy typu OWB-250M/10 przeznaczonego do pracy w układach głównego odwadniania kopalń,o dużych wysokościach podnoszenia. Podano wytyczne dalszych badań nad konstrukcją pomp tego typu.

1. Wstęp

Proces technologiczny związany z wydobyciem kopalin wymaga stosowania szeregu pomp, głównie wirowych. Do zadań tych pomp należy: odwadnianie dołu kopalni, praca w urządzeniach wzbogacania i przeróbki kopalin oraz zasilanie urządzeń pomocniczych. Wśród stosowanych pomp zasadnicze znaczenie mają pompy głównego odwadniania kopalni.

Pompy głównego odwadniania pracują w bardzo trudnych warunkach eksploatacyjnych. Wody dołowe odprowadzane na powierzchnię kopalni są zanieczyszczone mechanicznie oraz zawierają związki chemiczne, jak np. chlorki i siarczany. Związki te oddziaływują korodująco na elementy przepływowe pompy. Stopień zanieczyszczenia chemicznego i mechanicznego może się zmieniać w szerokich granicach, zależnych od lokalnych warunków złoża oraz stosowanej technologii wydobycia. W przypadku stosowania podsadzki płynnej, stopień zanieczyszczenia mechanicznego wody dołowej wzrasta. Można przyjąć, że ciężar właściwy wody dołowej zmienia się w granicach γ = 10100 N/m^3 (1030 kG/m^3) do γ = 11800 N/m^3 (1200 kG/m^3). Zanieczyszczenia zawarte w wodzie dołowej powodują intensywne zużycie elementów pompy. Ponadto ze względu na usytuowanie chodników wodnych w stosunku do poziomu pompowni, w pompach głównego odwadniania mogą istnieć warunki sprzyjające powstaniu kawitacji [1]. Pomimo trudnych warunków eksploatacji wymaga się,aby pompy wykazywały: niezawodność działania, dużą trwałość, duże wysokości ssania oraz wysokie sprawności. Ponadto, ze względu na eksploatację głębiej położonych pokładów, należy podawać wodę dołową z coraz większych głębokości. W przedstawionym opracowaniu omówiono możliwości podwyższenia wysokości podnoszenia w układach głównego odwadniania kopalni, ze szczególnym uwzględnieniem pomp typu OWB o zwiększonej średnicy wirników.

2. Parametry pracy pomp głównego odwadniania

W założeniach projektowych przyjmuje się, że kopalnia o wydobyciu około 7000 T/dobę, posiada naturalny maksymalny dopływ wód dołowych około 5 do 6 m^3/min. Należy zaznaczyć, że projektowana moc wydobycia kopalń będzie osiągała w przyszłości ponad 25000 T/dobę. W związku z tym również naturalny dopływ wody będzie większy. Dobowy dopływ wody powinien zostać dostarczony na powierzchnię kopalni w ciągu 20 godzin, ze względu jednak na ekonomiczne dysponowanie energią elektryczną, czas ten zaleca się skrócić do 10-12 godzin. Dlatego maksymalna wydajność pomp głównego odwadniania powinna wynosić:

$$Q = \frac{24}{\tau} Q_o = (1{,}2 \div 2{,}4)\, Q_o \qquad (1)$$

gdzie:

Q m^3/min - maksymalna wydajność pomp,

Q_o m^3/min - naturalny dopływ wody,

τ s - wymagany czas pompowania (τ = 10÷20 h).

Przyjmując Q_o = 6 m^3/min z wzoru (1) wynika, że szereg wydajności pomp powinien osiągać wartości:

$$Q = 7{,}5 \div 14 \ m^3/min$$

Obecnie w zależności od geologicznego usytuowania złoża oraz usprawnienia techniki wydobycia kopalin, eksploatuje się coraz głębsze pokłady. Kopalnictwo węgla kamiennego, rud miedzi oraz rud żelaza zaczyna eksploatować pokłady na głębokościach 1000 do 1300 m. Należy się spodziewać, że w miarę dalszego udoskonalania techniki wydobycia, głębokości te mogą wzrosnąć. W związku z powyższym aktualny staje się problem podawania wody dołowej z dużych głębokości. W przypadku stosowania pompy lub zespołu pomp połączonych szeregowo, które podają bezpośrednio wodę na powierzchnię, użyteczna wysokość podnoszenia powinna wynosić około 1500 m.

Producentem pomp głównego odwadniania w Polsce jest Zabrzańska Fabryka Maszyn Górniczych w Zabrzu. Zakład produkuje pompy typu OW-A oraz pompy OWB-B. Pompy te posiadają następujące zakresy parametrów:

$$Q = 0{,}5\text{-}12 \ m^3/min$$

$$H = 15\text{-}800 \ m$$

Podobne zakresy wysokości podnoszenia posiadają pompy produkcji firm zagranicznych [2],[3].

Podany zakres parametrów zaspokaja w zasadzie potrzeby użytkowników w zakresie wydajności, natomiast nie wystarczające są użyteczne wysokości podnoszenia.

3. Charakterystyka sposobów podwyższenia wysokości podnoszenia

W celu podwyższenia wysokości podnoszenia wody dołowej można stosować szereg rozwiązań: zespoły pompowe łączone szeregowo, pompy z większą niż dotychczas liczbą stopni, większe prędkości obrotowe pomp, pompy z wirnikami o większej średnicy zewnętrznej.

3.1. Zespoły pompowe łączone szeregowo

Układ szeregowy dwu zespołów pompowych jest obecnie układem najczęściej stosowanym w głównym odwadnianiu kopalń. Ze względu na parametry pracy produkowanych w kraju pomp, zespoły pompowe umieszczone są na różnych poziomach. W tym przypadku odwadnianie kopalni odbywa się w układzie dwupoziomowym lub wielopoziomowym. Rozwiązanie tego typu wymaga zbudowania co najmniej dwu pompowni łącznie z chodnikami wodnymi oraz dodatkowym osprzętem. W zależności od liczby czynnych pomp należy zainstalować dodatkowo jednostki rezerwowe (tablica 1).

Tablica 1

Liczba planowanych pomp w pompowni głównego odwadniania kopalni

	Pompy czynne	Pompy rezerwowe	pompy przeznaczone do remontu	Liczba pomp
Dopływ bez podsadzki	1	1	1	3
	2	2	1	5
	3	3	1	7
Dopływ z podsadzką	1	2	1	4
	2	2	2	6
	3	3	2	8

Koszt wielobranżowy typowej pompowni można przyjąć w granicach od 12-14 mln złotych. Do kosztów tych należy dodać jeszcze koszty wynikające z eksploatacji zespołów pompowych. Dlatego w przypadku projektowania nowej kopalni może okazać się, że bardziej ekonomicznym rozwiązaniem jest połączenie szeregowe pomp na tym samym poziomie w kopalni. Drugi zespół pompowy pracuje wówczas w zakresie wyższych ciśnień. Dla mniejszych mocy możliwy jest napęd obu pomp jednym silnikiem np. pompa typu BV [2]. Przy większych gabarytach silnika elektrycznego mogą wystąpić trudności w opuszczeniu silnika w szybie kopalni.

3.2. Powiększenie liczby stopni

Wzrost wysokości podnoszenia pompy można uzyskać przez powiększanie liczby stopni. Pompa o dużej liczbie stopni posiada jednak znaczne wymiary gabarytowe. Długość wału pomiędzy łożyskami ulega wydłużeniu i pogarszają się warunki pracy uszczelnień międzystopniowych. Również ułożyskowanie wału wymaga wówczas szczególnie starannego projektowania. Pompy o dużej liczbie stopni wymagają bardzo precyzyjnego wykonania oraz montażu. Są więc z reguły drogie w wykonaniu. Jednak w stosunku do poprzedniego rozwiązania pompy te są zwartej budowy. Pompy tego typu buduje się o maksymalnej liczbie stopni od 12 do 14.

3.3. Powiększenie prędkości obrotowej

Obecnie pompy głównego odwadniania pracują przy prędkości obrotowej n = 1450 min^{-1}. Zwiększenie prędkości obrotowej w tych pompach może spowodować szereg niekorzystnych objawów. Dla większych prędkości obrotowych wymagane są bardziej zaostrzone warunki wyważenia zespołu wirującego. W przypadku transportu cieczy mechanicznie zanieczyszczonych po pewnym czasie występuje zużycie elementów wirujących pompy i brak wyważenia zespołu wirującego. Niewyważenie zespołu wirującego powoduje przyspieszone niszczenie łożysk oraz uszczelnień pompy i znaczne obniżenie trwałości pompy. Wzrost prędkości obrotowej powoduje ponadto bardziej intensywne wydzielanie ciepła w łożyskach i dławnicach. Wymagania odnośnie chłodzenia tych elementów są bardziej zaostrzone. Ponadto pogarszają się warunki po stronie ssawnej pompy i należy się liczyć z koniecznością stosowania pompy wstępnej. Stąd w spotykanych konstrukcjach pomp głównego odwadniania prędkości obrotowe z reguły nie przekraczają wartości n = 1500 min^{-1}.

3.4. Powiększenie średnicy zewnętrznej wirników

Powiększając średnicę zewnętrzną wirnika uzyskuje się między innymi wzrost wysokości podnoszenia według wzoru:

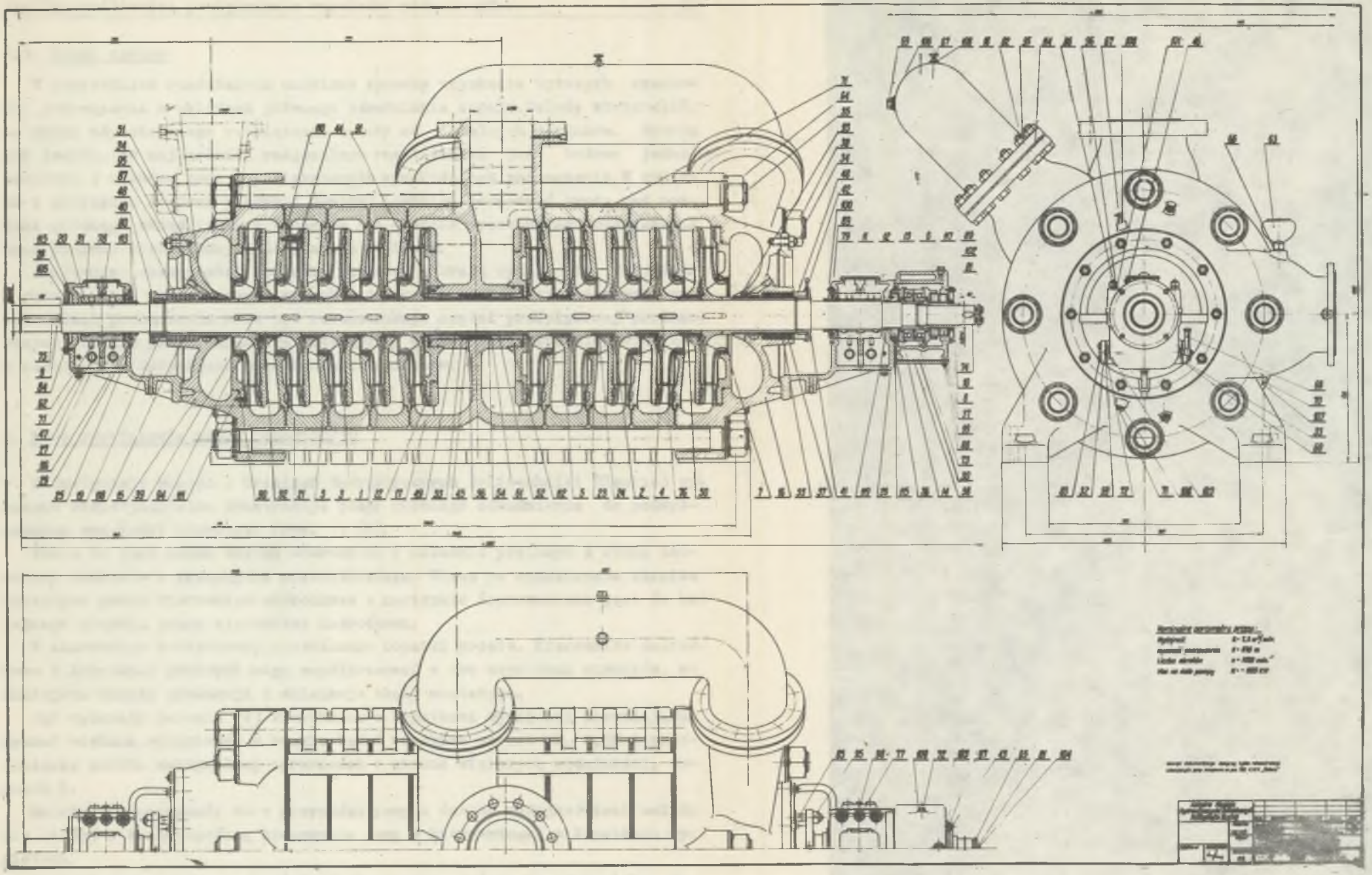
$$H_2 = H_1 \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^2 \qquad (2)$$

gdzie:

H m - wysokość podnoszenia,

D m - średnica zewnętrzna wirnika.

Dla pomp wirowych odśrodkowych zakres stosowania wzoru (2) jest ograniczony do wartości dynamicznego wyróżnika szybkobieżności w granicach od 50 do 60 (6). Przy dalszym powiększeniu średnicy wirnika należy się liczyć z dużym spadkiem sprawności.



Rys. 1. Konstrukcja pompy głównego odwadniania typu OWB-250M/10

3.5. Uwagi ogólne

W poprzednich rozdziałach omówiono sposoby uzyskania wyższych wysokości podnoszenia w układach głównego odwadniania kopalń. Należy stwierdzić, że wybór odpowiedniego rozwiązania zależy od lokalnych warunków. Wydaje się jednak, że najbardziej racjonalnym rozwiązaniem jest budowa jednej pompowni z układem pomp o powiększonych wysokościach podnoszenia. W związku z powyższym krajowy przemysł pompowy powinien rozpocząć prace nad pompami głównego odwadniania o wyższych niż obecnie wysokościach podnoszenia oraz pompami dostosowanymi do pracy z napływem.

Analizując obecny stan techniki pompowej w kraju wydaje się, że jednym z ekonomicznie uzasadnionych sposobów uzyskania pomp o zwiększonych wysokościach podnoszenia może być rekonstrukcja części przepływowej produkowanych obecnie pomp. Zmiana ta dotyczyłaby powiększenia średnicy wirników z zachowaniem dotychczas produkowanych kadłubów.

4. Nowe rozwiązanie pompy OWB-250M/10

W Instytucie Maszyn i Urządzeń Energetycznych Politechniki Śląskiej wykonano eksperymentalną konstrukcję pompy głównego odwadniania do podwyższonych wysokości tłoczenia (rys. 1) [8].

Pompa ta jest pompą wirową odśrodkową w układzie poziomym z dwoma zespołami wirników o przepływie przeciwbieżnym. Ciecz po opuszczeniu wirnika przepływa przez kierownice odśrodkowe a następnie doprowadzana jest do kolejnego stopnia przez kierownicę dośrodkową.

W kierownicy dośrodkowej zastosowano łopatki proste. Kierownice dośrodkowe z łopatkami prostymi mogą współpracować z obu zespołami wirników, co zmniejsza koszty produkcji i eliminuje błędy montażowe.

Jak wykazały badania [4] kierownice z łopatkami wygiętymi pozwalają uzyskać większą sprawność, w czasie badań uzyskano wzrost ok. 1,5% i przesunięcie punktu maksymalnej sprawności w stronę większych wydajności, rysunek 2.

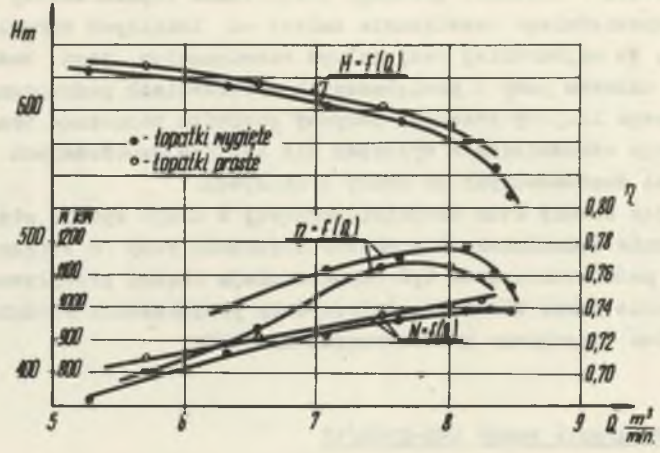
Należy przypuszczać, że w przypadku pomp o dużych wydajnościach należy się liczyć z koniecznością stosowania pomp z kierownicami o łopatkach wygiętych.

Skonstruowana pompa w układzie 6-stopniowym, badana na stanowisku doświadczalnym, posiada charakterystyki przedstawione na rys. 2. W układzie 10-stopniowym nominalne parametry pracy tej pompy są następujące:

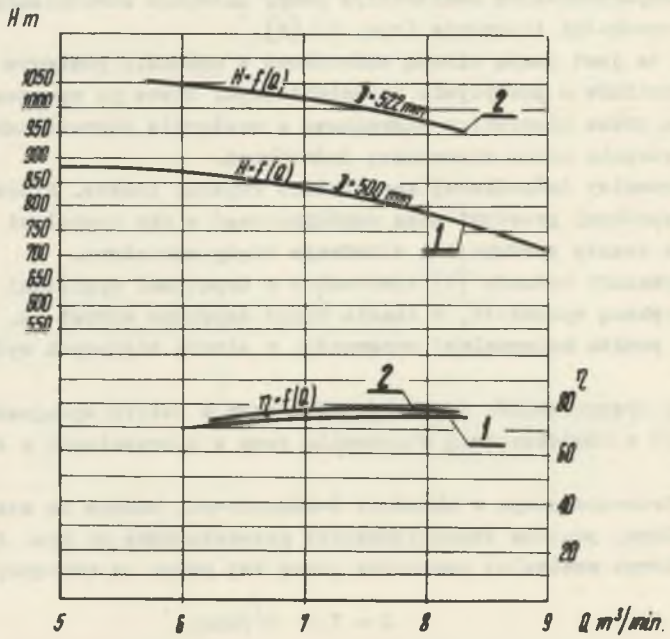
$$Q = 7{,}5 \ m^3/min,$$

$$H = 1000 \ m,$$

$$n = 1450 \ min^{-1}.$$

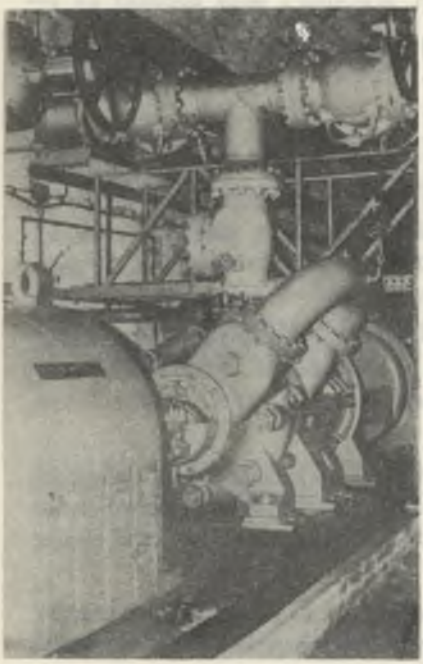


Rys. 2. Charakterystyki doświadczalne pompy typu OWB-250M/6 z badanymi kierownicami



Rys. 3. Charakterystyki przepływu i sprawności pompy typu OWB-250M/10 krzywe 2 opracowanej w Instytucie Maszyn i Urządzeń Energetycznych Politechniki Śląskiej w stosunku do charakterystyk pompy typu OWB-250B krzywa 1

Średnica zewnętrzna wirnika D_{zew} = 522 mm. Dopasowanie pompy do pracy w układzie głównego odwadniania KWK "Zabrze" wymagało stoczenia średnicy wirnika do D_{zew} = 512 mm. Moc silnika napędzającego wynosi N_s = 1600 kW. Zwiększenie średnicy wirników pozwoliło na znaczne powiększenie zakresu stosowania tych pomp, rys. 3.



Rys. 4. Eksperymentalny zespół pompowy typu OWB-250M/10 pracujący w KWK "Zabrze"

Przy podwyższeniu parametrów pracy, wzrastają również moce silników potrzebnych do napędu. Dla dużych mocy silników wyłania się problem możliwości ich opuszczenia do kopalni. Istniejące rozmiary szybów i klatek ograniczają bowiem gabaryty silników. Przy opuszczaniu silników w klatce maksymalna moc silnika wynosi około 1000 kW. Bardziej trudny sposób polega na podwieszaniu silnika pod klatką. Dlatego w przedstawionym rozwiązaniu zaproponowano unikalne rozwiązanie napędu pompy przy pomocy dwóch silników o mniejszej mocy (rys. 2,4). Rozwiązanie tego typu niespotykane dotąd w pompach pozwala na większą koncentrację mocy w jednostce, wymaga jednak odpowiednich zabezpieczeń po stronie elektrycznej. Według prowadzonych obserwacji rozwiązanie tego typu zachowuje się poprawnie. Badania wykazały, że w tego typu pompach w bardzo trudnych warunkach pracuje dławnica międzystopniowa oraz łożysko osiowe. Dalsze prace prowadzone w Instytucie zmierzają do usprawnienia tych elementów.

Biorąc pod uwagę parametry pracy pomp głównego odwadniania, na które zgłasza zapotrzebowanie krajowy przemysł wydobywczy oraz dane przedstawione w artykule można stwierdzić, że istnieje możliwość opracowania pomp głównego odwadniania o użytecznej wysokości podnoszenia H = 1400 do 1500 m. Zakładając bowiem, że prędkość obrotowa nie przekroczy wartości n = 1500 min^{-1} oraz przyjmując podany zakres wydajności i wartości wyróżnika szybkobieżności można opracować stopień pompy o użytecznej wysokości podnoszenia do 150 m [7]. Przyjmując celowo mniejsze obciążenie jednego stopnia pompy, ze względów wytrzymałościowych oraz dla uzyskania wyższych sprawności, podany zakres użytecznej wysokości podnoszenia można osiągnąć w pompie o liczbie stopni od 10 do 12.

Wraz z podniesieniem parametrów pracy pomp należy zaostrzyć warunki eksploatacji. Przede wszystkim pompa powinna pracować bez zerwania słupa cieczy w przewodzie ssawnym. W tym celu w Instytucie prowadzone są równoległe prace nad wstępnym podawaniem cieczy [5].

Jednocześnie wydaje się, że należy podjąć prace nad konstrukcją zespołu pompowego dostosowanego do pracy z napływem. Stosowanie tych pomp jako drugiego stopnia w układzie szeregowym, pozwoli na stosowanie układów szeregowych na jednym poziomie i bezpośredni transport wody dołowej na powierzchnię kopalni.

5. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonej analizy można podać następujące wnioski:

5.1. Jednym z ekonomicznych rozwiązań może być budowanie pompowni na poziomie głębokich pokładów i bezpośrednie podawanie cieczy na powierzchnię kopalni.

5.2. Obecnie produkowane pompy typu OWB i OW nie są w stanie zabezpieczyć warunków bezpośredniego podawania wody z głębokości planowanych do eksploatacji pokładów i istnieje potrzeba rozpoczęcia prac nad tym zagadnieniem.

5.3. Wymagane parametry pracy można osiągnąć na bazie konstrukcji pomp typu OWB lub OW stosując wirniki o większych średnicach zewnętrznych oraz gdy zajdzie potrzeba przez łączenie ich szeregowe na tym samym poziomie.

5.4. Badania i prowadzone obserwacje pracy eksperymentalnego zespołu pompy typu OWB-250M/10 wykazały, że przyjęte rozwiązanie może stanowić podstawę do dalszych prac nad tego typu zespołem pompowym.

LITERATURA

[1] Grychowski J.: Kawitacyjna odporność wybranych tworzyw konstrukcyjnych stosowanych w budowie pomp górniczych, Zeszyty Naukowe "Ochrona przed korozją", nr 9, 1972.

[2] Sigma, Olomouc: Čerpadla, 1966, ČSSR.

[3] Hohłowkin D.M., Gurewicz Ł.C., Umanskij E.: Nasosy uczastkowogo u zabojnowo wodootliwa, Izdatielstwo "Nedra" Moskwa 1970.

[4] Grychowski J., Rokita J.: Wyniki badań wpływu kształtu łopatek kierownicy dośrodkowej na parametry pracy pompy wirowej odśrodkowej, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej "Energetyka", zeszyt 36, Gliwice 1970.

[5] Grychowski K., Rokita J.: Zwiększanie wysokości ssania pomp głównego odwadniania przez zastosowanie pomp wstępnych, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej "Energetyka", zeszyt 52, Gliwice 1973.

[6] Kriwczenko G.J.: Nasosy i gidroturbiny, "Energija", Moskwa 1970.

[7] Pumping Manual, Third Edition, Trade and Technical Press Ltd., 1968.
[8] Zarzycki M., Dębiec J., Grychowski J., Korczak A., Rokita J.: Dokumentacja techniczna pomp głównego odwadniania typu OWB, Gliwice 1965.

Praca wpłynęła do Redakcji 11 lutego 1974 roku.

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ УВЕЛИЧЕНИЯ ВЫСОТЫ ПОДЪЁМА В СИСТЕМАХ ГЛАВНОГО ШАХТНОГО ВОДООТЛИВА

Р е з ю м е

В работе представлен анализ возможности непосредственной подачи шахтной воды из глубоких пластов. Обсуждены предварительные результаты исследований состава экспериментального насосного агрегата типа OWB-250 M/10, предназначенного для работы в системах шахтного водоотлива на шахтах с большими высотами подъёма. Представлены указания для дальнейших исследований конструкции насосов этого типа.

ANALYSIS OF THE POSSIBILITY TO INCREASE THE HEIGHT OF RAISING WATER IN MAIN DRAINAGE SYSTEMS OF MINES

S u m m a r y

This paper contains a discussion of the possibility to raise water directly from the deep mine. The paper contains also the experimental data of exploring the pump type OWB-250M/10, which works in main drainage system of deep mines. Moreover the lines for further research of construction of that type of pumps have been given.