

Andrzej KORCZAK, Janusz LAMBOJ  
Instytut Maszyn i Urządzeń Energetycznych

## PROJEKTOWANIE, BADANIA MODELOWE I WDROŻENIOWE POMPY TYPU OWH-250

**Streszczenie.** W artykule omówiono założenia będące podstawą do projektu pompy typu OWH-250 przeznaczonej do głównego odwadniania głębokich kopalni. Opisano elementy układu przepływowego stopnia pompy. Przedstawiono pompę do badań modelowych układu przepływowego stopnia pompy oraz przytoczono przykład wyników badań. Przedstawiono wyniki pomiarów charakterystyki pompy OWH-250 w trakcie eksploatacji.

### 1. ZAŁOŻENIA DO PROJEKTU UKŁADU PRZEPŁYWOWEGO

Układ przepływowy stopnia pompy głównego odwadniania głębokiej kopalni powinien spełniać następujące warunki [1]:

- prędkość obrotowa powinna być taka, aby erozja zanieczyszczeniami mechanicznymi nie skracała istotnie trwałości parametrów pracy pompy,
- wydajność powinna umożliwiać cykl odpompowania wody z chodników wodnych w czasie jednej zmiany, czyli w około 4 do 6 godzin; wynika z tego, że wydajność podstawowego zestawu pomp głównego odwadniania powinna być równa  $1/6$  do  $1/4$  dobowego dopływu wody do chodników wodnych,
- wysokość podnoszenia (jednostkowa praca) stopnia powinna umożliwiać uzyskanie największej wymaganej wysokości podnoszenia pompy przy dopuszczalnej liczbie stopni,
- wyróżnik szybkobieżności powinien mieć takie wartości, aby charakterystyka pompy była w miarę stabilna i sprawność pompy odpowiednio wysoka,
- wielkości i masy maszyn, tzn. pomp i silników, powinny być takie, aby ich transport wewnątrz kopalni był możliwy bez specjalnych utrudnień.

Tak krótko sformułowane warunki zawierają sprzeczności, wymagające optymalizacji rozwiązań. W rezultacie analizy powyższych założeń oraz stanu aktualnej techniki i technologii w dziedzinie pomp głównego odwadniania przyjęto dla projektowania pomp bezpośredniego głównego odwadniania kopalni w głębokościach 900 do 1500 m następujące założenia:

- projektowana pompa jest przewidziana do współpracy szeregowej z produkowaną przez Zabrzeńską Fabrykę Maszyn Górniczych pompą typu OW-25OAM, z czego wynikało, że wydajność pompy będzie wynosić  $Q = 8 \text{ m}^3/\text{min}$ ,

- w podstawowym wykonaniu pompa nie będzie przeznaczona do pracy ze ssa-aniem, czyli nie będzie posiadać 1 stopnia antykawitacyjnego,
- przyjęto jak w pompie typu OW-250AM, prędkość obrotową  $n = 1480 \text{ min}^{-1}$ , daje to w przypadku zbliżonych poborów mocy przez obie pompy możliwość zastosowania jednakowych silników,
- wysokość podnoszenia przyjęto  $\Delta H = 100 \text{ m/1 stopień}$ , co było dopuszczalne ze względu na prędkości obrotowe dla wirników produkowanych według przyjętej technologii,
- wyróżnik szybkobieżności dla przyjętych parametrów stopnia wynosi

$$n_{sf} = \frac{1000}{60} n \frac{Q^{1/2}}{(g\Delta H)^{3/4}} = \frac{1000}{60} 1480 \frac{0.133^{1/2}}{(9,81 \cdot 100)^{3/4}} = 51,3$$

i powinien pozwolić na uzyskanie odpowiednio wysokiej sprawności przez stopień pompy,

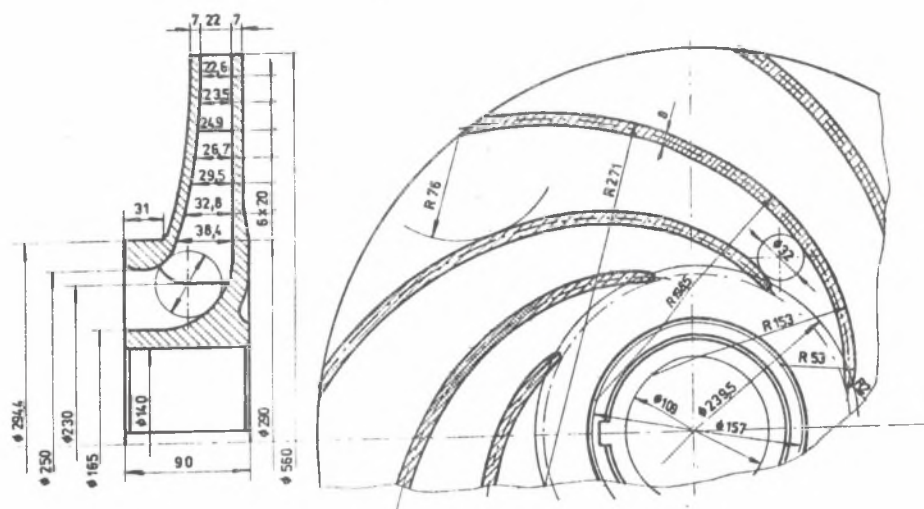
- przewidziano budowę pompy o liczbie stopni do  $i = 10$ , co daje przy współpracy z pompą typu OW-250AM możliwość bezpośredniego odwadniania kopalń o podanych wyżej głębokościach,
- przyjęto konstrukcję pompy z tarczą odciążającą oraz dławnicą z odciążeniem po stronie dopływowej, projekt tych podzespołów uwzględniał pracę pompy z napływem.

## 2. UKŁAD PRZEPŁYWOWY PROJEKTOWANEJ POMPY

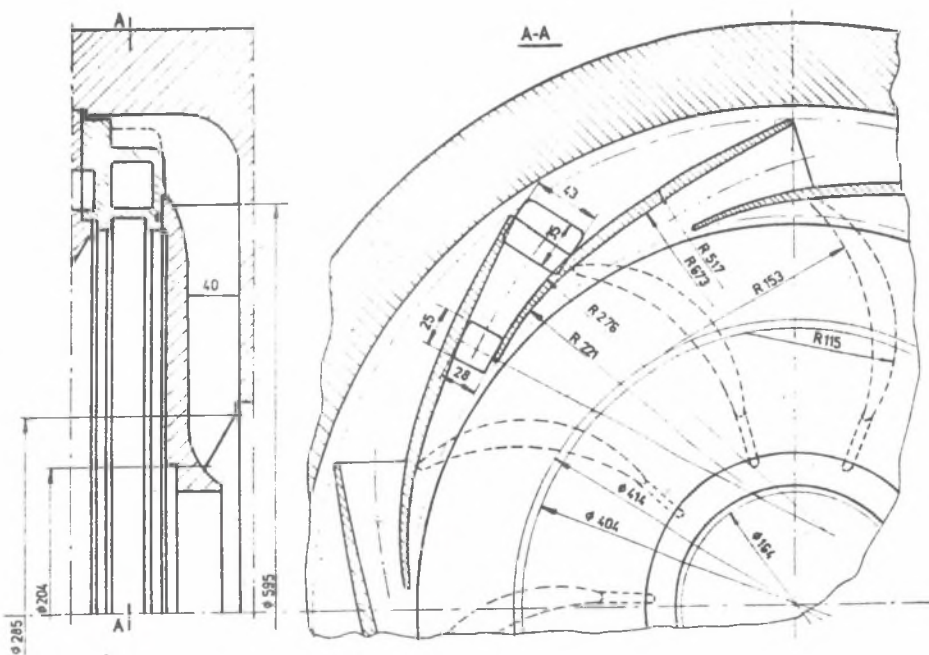
Uwzględniając przytoczone założenia zaprojektowano 5 wirników i 3 kierownice łopatkowe stopnia wielostopniowej pompy wirowej odśrodkowej.

Na rysunku 1 przedstawiono przykład konstrukcji wirnika, a na rysunku 2 przedstawiono przykład konstrukcji kierownicy odśrodkowej i dośrodkowej. Pokazany wirnik posiada 8 łopatek o pojedynczej krzywiznie, natomiast kierownica posiada kanał o bocznym wypływie i wymaga określonego ustawienia względem kierownicy dośrodkowej. Takie rozwiązanie kierownic zmniejsza zewnętrzną średnicę kadłubów pompy, co jest istotne ze względu na znaczną grubość ścianek spowodowaną pracą pompy z napływem. Stosunkowo duża średnica wału ma zapewnić jego sztywność i małą strzałkę ugięcia, co jest istotne dla uszczelnień szczelinowych.

Przewidywano osiągnięcie przez projektowany stopień około 80% sprawności.



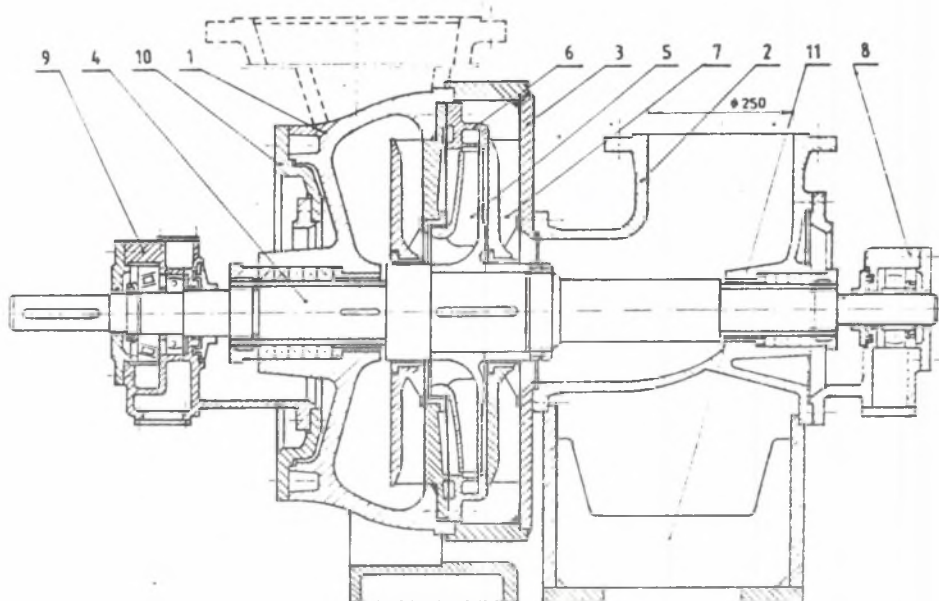
Rys. 1. Wirnik  
Fig. 1. Impeller



Rys. 2. Kierownica odśrodkowa i dośrodkowa  
Fig. 2. Vaned diffuser channel and return channel

## 3. BADANIA MODELOWE

Do przeprowadzenia badań skonstruowano pompę oznaczoną PM1, stanowiącą jeden stopień projektowanej pompy OWH-250 [4]. Pompa PM1 umożliwiała zabudowę wszystkich zestawów zaprojektowanych wirników i kierownic dla zbadania ich wspólnych charakterystyk. Pokazana na rysunku 3 pompa modelowa posiada taki dopływ, jak pompa OW-250AM oraz układ hydrauliczny jednego stopnia pompy OWH-250. Pompa została tak skonstruowana, że może otwierać warunki pracy zarówno pierwszego, jak i kolejnego stopnia pompy OWH-250. W celu odtworzenia warunków pracy kolejnego stopnia przewidziano możliwość zabudowy kierownicy dośrodkowej przed wirnikiem. Woda z pompy modelowej za kierownicą dośrodkową wypływała krzywakiem z żebrami wstrzymującymi zawrowanie cieczy. Przepływ przez krzywak nie wpływał na parametry pracy stopnia.



Rys. 3. Pompa modelowa  
Fig. 3. The model-scale pump

W pompie modelowej wykorzystano typowe elementy produkowanych pomp, tzn. kadłub ssawny pompy OW-250AM, łożyskowanie pompy typu OS-150. Łożysko wzdlużne przenoszące napór osiowy zabudowano po stronie ssawnej w kadłubie łożyskowym z pompy typu OS-150. Napór osiowy stopnia pompy modelowej powinien wynosić [5]:

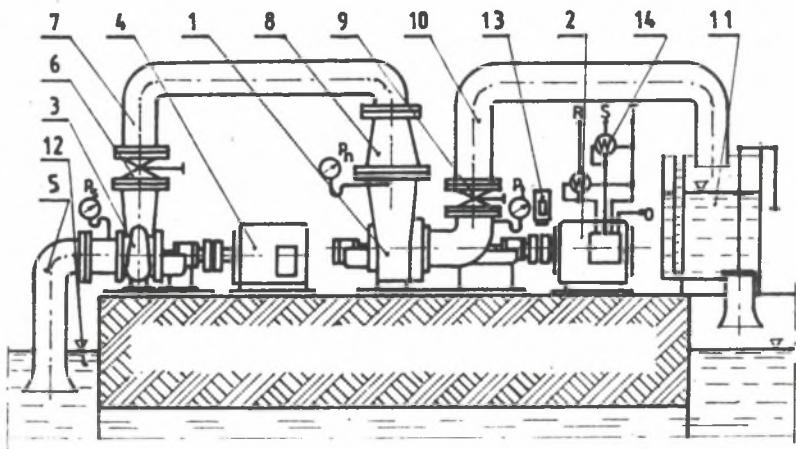
$$F = g H d_2^2 \rho 2 \cdot 10^{-3} (n_{sF} - 25) = 16243 \text{ N}$$

W rzeczywistości na skutek różnych chropowatości ścian kadłuba i tarcz wirnika napór osiowy mógł być o około 50% większy [6]. Napór osiowy mógł być przeniesiony przez łożysko tylko w pompie jednostopniowej. W projektowanej pompie wielostopniowej zastosowano hydrauliczne zrównoważenie naporu osiowego za pomocą tarczy odciążającej.

Porównując sprawność pompy modelowej z prognozowaną sprawnością projektowanej pompy OWH-250 należy pamiętać o jej obniżeniu na skutek przepływu przez tarczę. Ta dodatkowa strata wynosi około 500 l/min, co stanowi 6,3% nominalnej wydajności pompy. Również przy pracy pompy z napływem ta strata będzie miała zbliżoną wartość [7].

#### 4. CHARAKTERYSTYKA STOPNIA MODELOWEGO

Pompa modelowa miała służyć do zbadania różnych wariantów współpracy zestawów wirników i kierownic. Badania modelowe przeprowadzono przy pracy pompy PM1 z napływem wytworzonym przez pompę PH-250 (rys. 4), gdyż pompa OWH-250 w podstawowym wykonaniu była przewidziana do pracy z napływem.



Rys. 4. Schemat układu pomiarowego pompy modelowej  
Fig. 4. Scheme of measure system of a model-scale pump

Na rysunku 7 (krzywa "a") przedstawiono charakterystykę pompy FM1 z zabudowanym układem przepływowym złożonym z wirnika i kierownicy pokazanych na rysunku 1 i 2. Uzyskane parametry pracy przy najwyższej sprawności wyniosły:

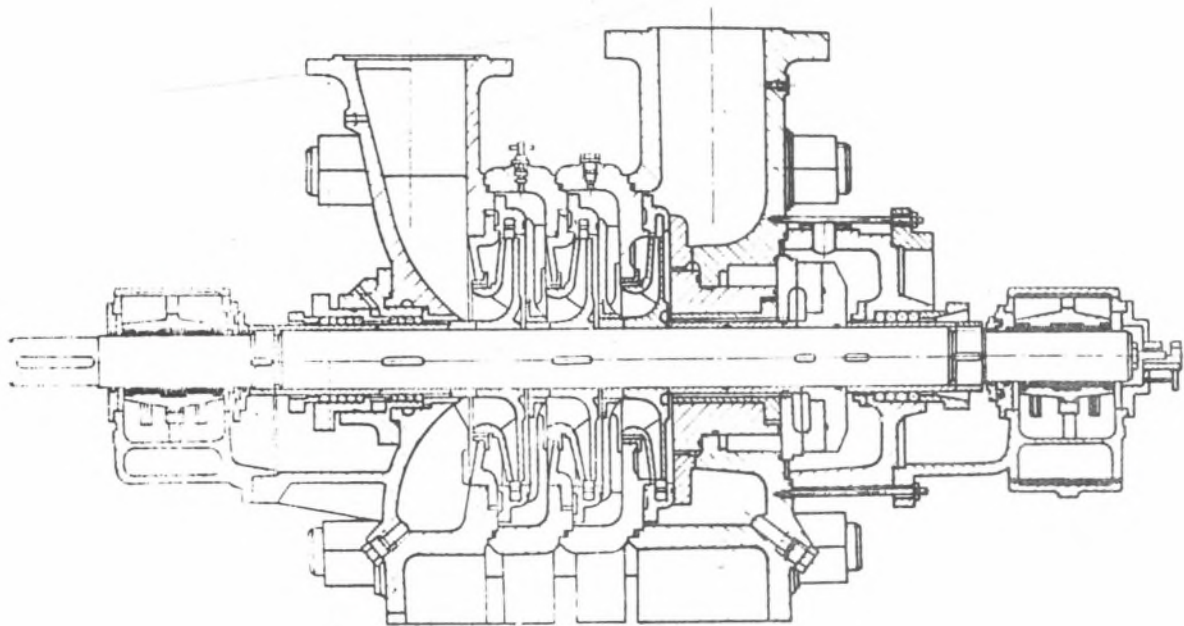
$$\begin{aligned} Q &= 7,8 \text{ m}^3/\text{min} \\ H &= 98 \text{ m} \\ n &= 1460 \text{ min}^{-1} \\ N &= 163,3 \text{ kW} \\ \eta &= 78\% \\ n_{sf} &= 51,3 \end{aligned}$$

Takie wyniki uznano za zadowalające i zbudowano na tej podstawie pompę OWH-250 z układem przepływowym złożonym z wirników i kierownic jak na rysunkach 1 i 2. Na rysunku 5 przedstawiono konstrukcję pompy OWH-250 trójstopniowej, a na rysunku 6 charakterystykę katalogową takiej pompy o liczbie stopni 6-10.

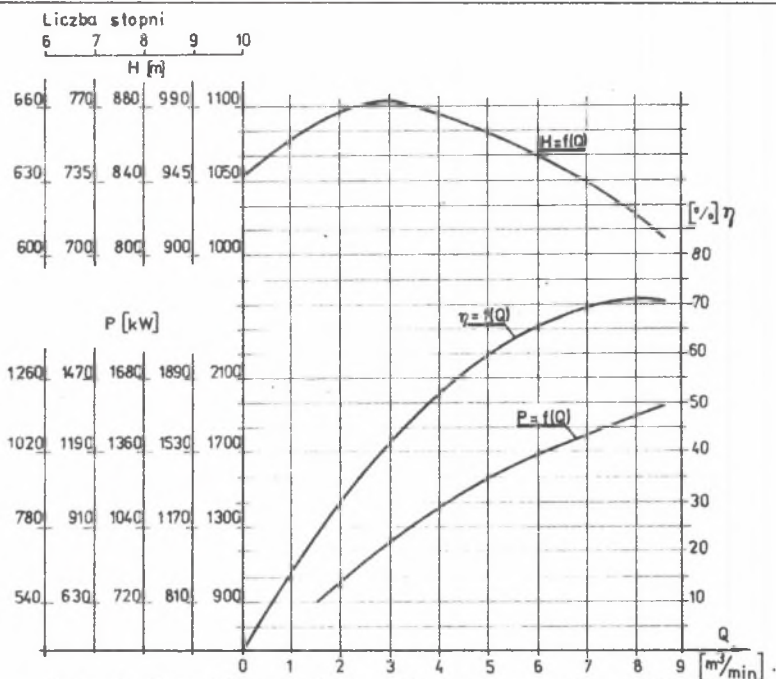
#### 5. POMIARY CHARAKTERYSTYK POMPY OWH-250

Pomiarów dokonano zarówno na stacji prób Zabrzeńskiej Fabryki Maszyn Górniczych, jak i w trakcie eksploatacji w kopalni. Na rysunku 7 przedstawiono charakterystyki wielostopniowej pompy OWH-250 z tarczą odciążającą, zredukowane do jednego stopnia pompy. Krzywe "b" przedstawiają charakterystyki zmierzone na stacji prób. Krzywe "c" przedstawiają charakterystyki zredukowane po 2078 godzinach pracy pompy w kopalni.

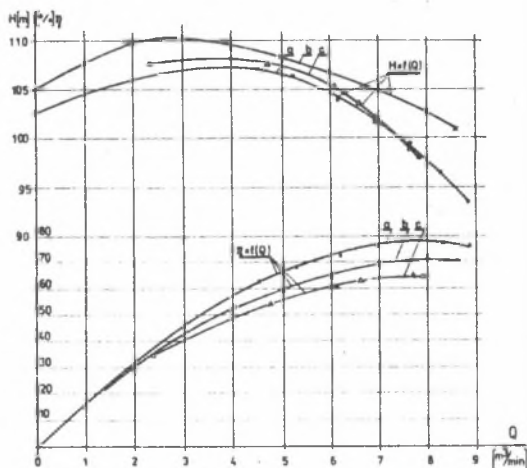
Porównanie charakterystyki stopnia modelowego z charakterystyką stopnia pompy zmierzoną na stacji prób wykazuje zbliżone nominalne parametry pracy przy obniżonej sprawności. Niższa sprawność jest spowodowana stratami wydajności w układzie odciążenia oraz niedokładnościami w wykonaniu układu przepływowego pompy. Przy wartości wyróżnika szybkoobrotowości  $n_{sf} = 51,3$  stosunkowo duże straty są spowodowane chropowatością ścianek. Po kilkuset godzinach pracy sprawność pompy może nieco wzrosnąć. Powodem tego jest wygładzenie kanałów na skutek równoczesnej korozji i erozji nierówności odlewów. Po dłuższej eksploatacji wzrastają straty wolumetryczne na skutek erozji szczelin i sprawność całkowita pompy obniża się. Ilustrują to krzywe "b" i "c" oraz "d" na rysunku 7.



Rys. 5. Konstrukcja pompy typu OWH-250  
Fig. 5. Construction of pump typu OWH-250



Rys. 6. Charakterystyka katalogowa pompy typu OWH-250  
 Fig. 6. Catalogue characteristic of pump type OWH-250



Rys. 7. Charakterystyki stopnia pompy typu OWH-250

o - pompa modelowa FM-1, x - nowa pompa OWH-250/6, Δ - pompa OWH-250/6 po 2078 h pracy

Fig. 7. Characteristics of a stage of pump type OWH-250

o - the model-scale pump type FM1, x - new pump type OWH-250/6, Δ - pump type OWH-250/6 after 2078 hour work



## 6. WNIOSKI

Podstawowym wnioskiem z opisanych w niniejszym tekście prac jest stwierdzenie, że w układzie głównego odwadniania kopalni zdają egzamin pompy z tarczami odciążającymi, pracujące w układzie szeregowym. Czas pracy między wymianami pierścieni tarczy osiągał okres 2 tysięcy godzin, a sprawność pompy w tym okresie obniżała się o 6,6%.

Zasadniczą sprawą pozostają badania modelowe, które powinny zmierzać do osiągnięcia jeszcze wyższej sprawności przez przebadanie większej liczby zestawów układów przepływowych.

Pozostaje podkreślić potrzebę kontroli powtarzalności geometrii układów przepływowych produkowanych stopni pomp i ich zgodności z przyjętymi za wzór kształtami stopnia modelowego.

## LITERATURA

- [1] ZARZYCKI M., GRYCHOWSKI J., KORCZAK A.: Problem pomp głównego odwadniania głębokich wyrobisk w kopalniach, Przegląd Górniczy 1974, nr 11.
- [2] ŻUKOWSKI E.: Wirniki pompy OWH-250, dokumentacja techniczna, Gliwice 1976.
- [3] GRYCHOWSKI J.: Kierownice pompy OWH-250, dokumentacja techniczna, Gliwice 1976.
- [4] KORCZAK A.: Projekt pompy modelowej PM1, dokumentacja techniczna, Gliwice 1977.
- [5] GRYCHOWSKI J., KORCZAK A., KOSEK E.: Wpływ cech konstrukcyjnych i parametrów pracy stopnia pompy wirowej odśrodkowej na wartość naporu osiowego, ZN Pol. Śl. Energetyka 56, Gliwice 1976.
- [6] KORCZAK A., LAMBOJ J.: Uzębrowanie wewnętrznej przedniej ścianki ka-dłuba pompy wirowej odśrodkowej jako sposób odciążenia naporu osiowego, konferencja naukowo-techniczna "Hydroforum", Gdańsk 1985.
- [7] KORCZAK A., LAMBOJ J., WOJCIECHOWSKI H.: Badania i prace konstrukcyjne dotyczące doskonalenia układu przepływowego pompy OWH-250, etap I (nie publikowane sprawozdania z pracy naukowo-badawczej), Politechnika Śląska, Gliwice 1981.
- [8] ZARZYCKI M., KORCZAK A., LAMBOJ J.: Badanie zużycia erozyjnego układu przepływowego serii informacyjnej pomp typu OWH-250 zainstalowanych w kopalni Bogdanka LZW (nie publikowane sprawozdania z pracy naukowo-badawczej), Politechnika Śląska, Gliwice 1984.
- [9] Pompy wielostopniowe odwadniające wysokociśnieniowe typu OWH, DTR nr 59. POWEN, Zabrze 1982.

Recenzent:

doc. dr inż. Kazimierz Jackowski

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, МОДЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ  
И ВНЕДРЕНИЕ НАСОСА ТИПА ОВХ-250

Р е з ю м е

В статье обсуждены предпосылки, являющиеся основой проекта насоса типа ОВХ-250, предназначенного для главного осушения глубоких шахт. Описаны элементы системы проточной ступени насоса. Был представлен насос для модельных исследований системы проточной ступени насоса, а также приведён пример результатов исследований.

Были представлены результаты измерений характеристики насоса ОВХ-250 во время эксплуатации.

THE DESIGN, MODEL AND IMPLEMENTATION STUDIES  
OF THE PUMP TYPE OWH-250

S u m m a r y

The article presents the assumptions which are the basis for the designing of pumps type OWH-250 intended for the main drainage of deep mines. Some element of the flow system of the pump stage are described. A pump for model testing of the flow system is given as well as an example of the teasting results. The paper also gives the results of measurements of the OWH-250 pump characteristic in the course of use.