

MACIEJ ZARZYCKI, JERZY GRYCHOWSKI, JERZY ROKITA
Katedra Maszyn Hydraulicznych i Powietrznych

NOWE ROZWIĄZANIE, KONSTRUKCYJNE
ORAZ WYNIKI BADAŃ POMPY WIROWEJ TYPU TK-300
DO TRANSPORTU HYDRAULICZNEGO KRUSZYWA

Streszczenie. W pracy przedstawiono konstrukcję prototypu pompy wirowej typu TK-300 do hydraulicznego transportu kruszywa. Zwrócono uwagę na nowe rozwiązania konstrukcyjne poszczególnych elementów pompy, zagadnienia technologiczne oraz wyniki badań i pomiarów. W końcowej części pracy podano wnioski i uwagi dotyczące pompy typu TK-300 oraz wskazano kierunki dalszych prac nad doskonaleniem pomp tego typu.

1. Wstęp

Rozwój przemysłu materiałów budowlanych powoduje konieczność uzyskania jako surowca, dużej ilości kruszyw mineralnych. W związku z tym, w trakcie wydobywania kruszyw, znaleźć musiały zastosowanie nowe metody urabiania i transportu. W szczególności zastosowanie znalazła hydromechanizacja urabiania złóż, a celowe stało się wprowadzenie transportu hydraulicznego kruszywa na szeroką skalę.

Prace badawcze i konstrukcyjne nad pompami wirowymi do transportu hydraulicznego ciał stałych w cieczach, prowadzone od szeregu lat w Katedrze Maszyn Hydraulicznych i Powietrznych Politechniki Śląskiej (dawniej Pomp i Silników Wodnych) [1, 2, 3, 4] doprowadziły do powstania prototypu nowej pompy wirowej typu TK-300. Pompa ta jest przeznaczona do transportu hydraulicznego kruszywa, w przemyśle kruszyw i surowców mineralnych, a oprócz tego może znaleźć zastosowanie przy transporcie hydraulicznym ciał stałych o dużej średnicy ziarn i własnościach

erozyjnych. Ponadto pompa typu TK-300 może znaleźć zastosowanie na pogłębiarkach rzecznych.

Przeznaczenie pompy oraz przesłanki techniczno-ekonomiczne (obniżenie kosztu wykonania prototypu) uzasadniają celowość przyjętego rozwiązania konstrukcyjnego [5].

Pompa typu TK-300 zostanie wykorzystana w celu przeprowadzenia w szerokim zakresie, badań nad zastosowaniem transportu hydraulicznego przy eksploatacji złóż kruszyw mineralnych.

2. Konstrukcja pompy

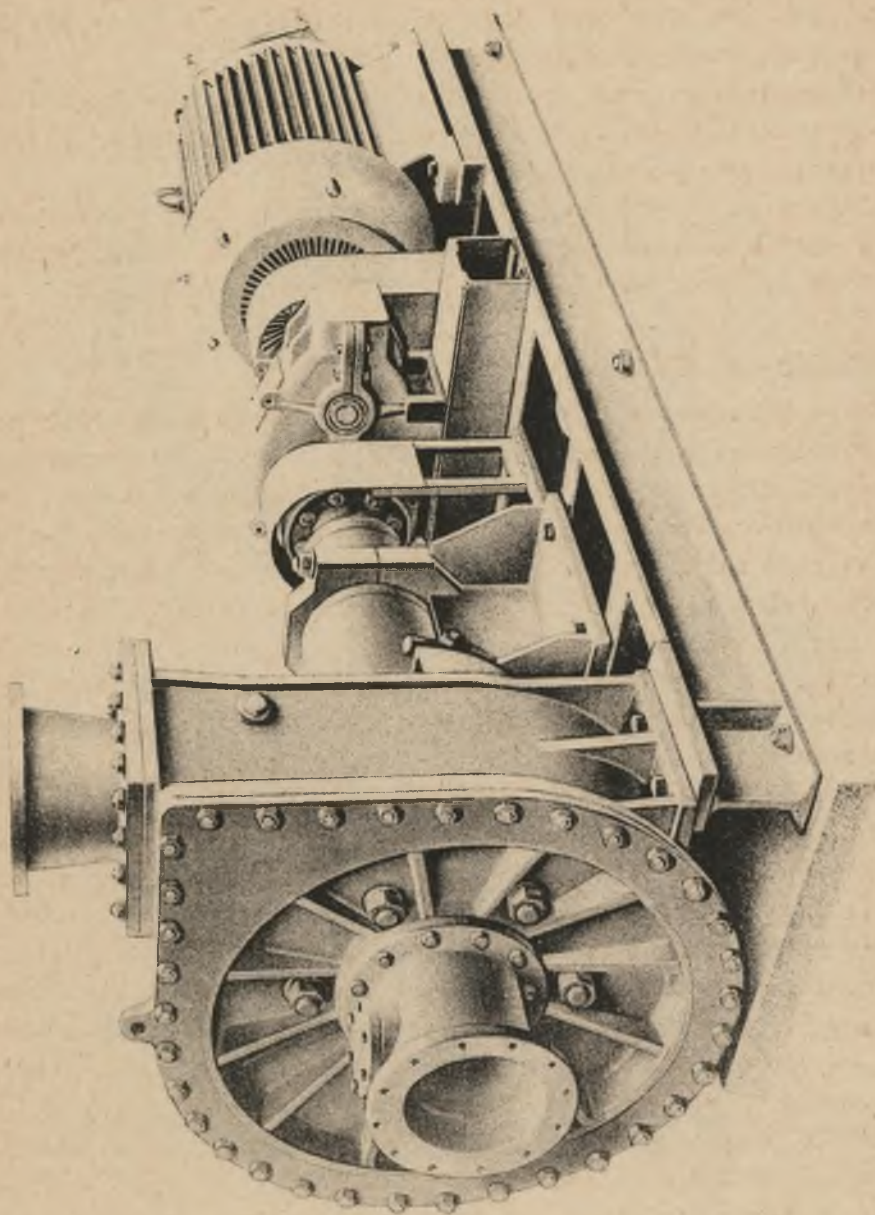
Pompa typu TK-300 jest jednostopniową pompą wirową odśrodkową, w układzie poziomym, rys. 1 i 2. Ze względu na eksperymentalny charakter pompy i jednostkowe wykonanie, pompa jest prawie w całości konstrukcją spawaną, przez co uzyskano obniżenie kosztów wykonania. Elementami odlewanymi są w pompie typu TK-300 tylko: wirnik, króciec tłoczny i pierścień uszczelniający szyję wirnika.

Wirnik pompy został obliczony i skonstruowany w dwóch wykonaniach (wirnik dwułopatkowy i trójłopatkowy) rys. 3 i 4, w celu zróżnicowania osiąganych parametrów pracy.

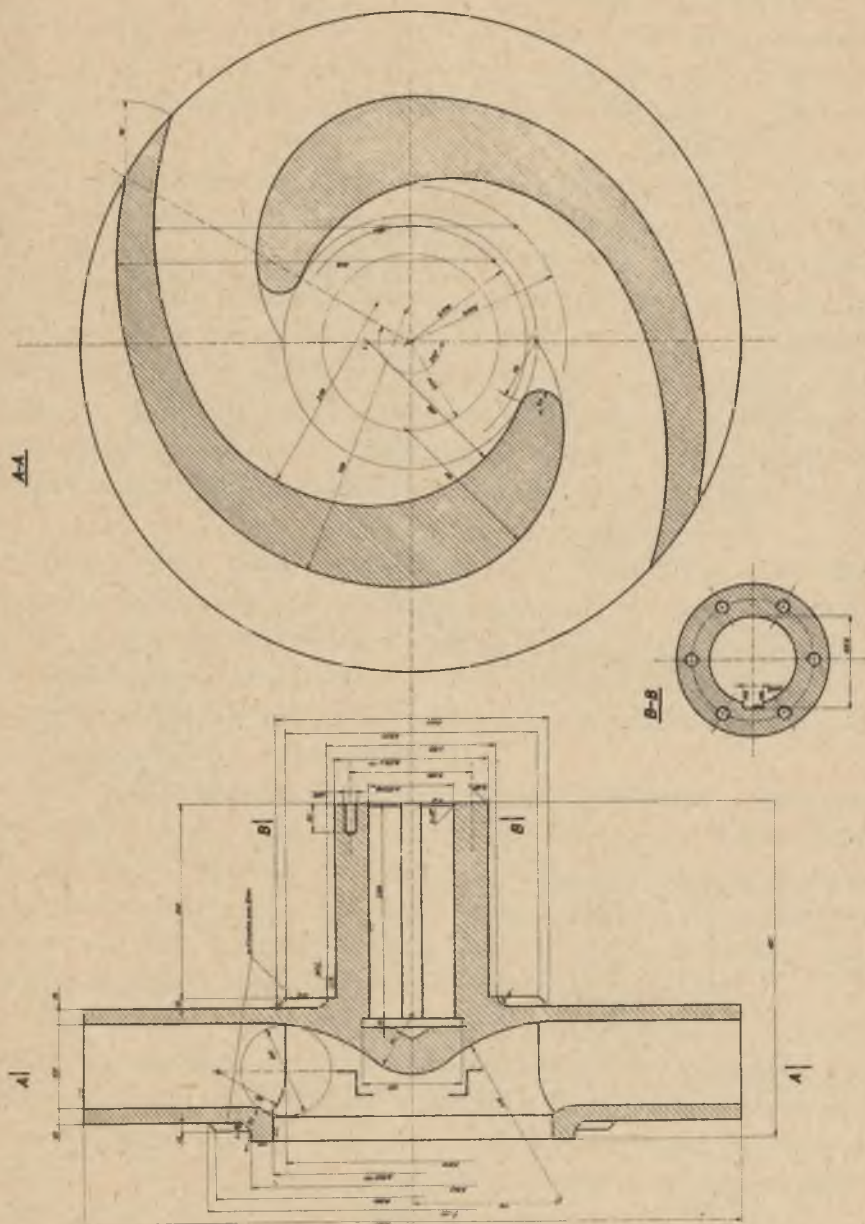
Elementy odlewane zostały wykonane z trudnościeralnego staliwa OP-10, dla podniesienia ich żywotności [6]. Natomiast elementy spawane, ze względu na uproszczenie technologii wykonania (i ewentualnego remontu), zostały przewidziane z blach i rur ze stali konstrukcyjnych, spawalnych.

Króciec dopływowy (ssawny) pompy, (o średnicy $d_s = 350$ mm) usytuowany jest osiowo, natomiast króciec tłoczny (o średnicy $d_t = 300$ mm) pionowo, styknie do kadłuba pompy. Na króćcu dopływowym przewidziano otwór inspekcyjny zamknięty pokrywą.

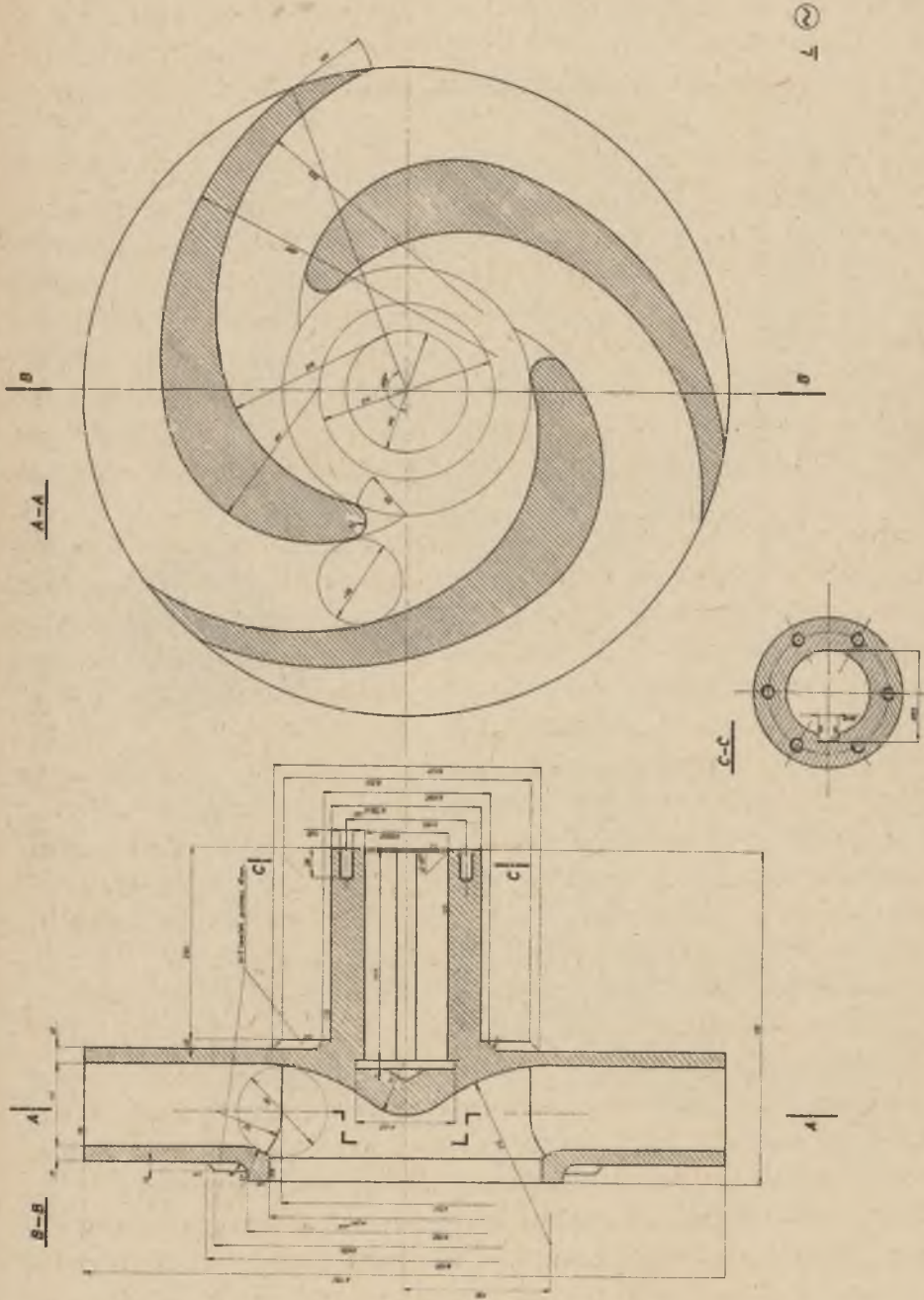
Kadłub pompy wyposażony jest w wykładziny ochronne zabezpieczające go przed nadmiernym zużyciem. W dolnej części kadłuba pompy znajduje się otwór spustowy do odwadniania pompy. W miejscu przejścia wału przez ściankę kadłuba, pompa posiada dławnicę z uszczelnieniem plastycznym (sznurowym). Uszczelnienie występuje nie bezpośrednio na powierzchni wału, ale na przedłużonej płaszczyźnie wirnika, co eliminuje zużywanie się wału. Ze wzglę-



Rys. 1. Pompa wirowa typu TK-300



Rys. 3. Wirnik w wykonaniu B (dwułopatkowy)



RYS. 4. Wirnik w wykonaniu A (trójłopatkowy)

du na możliwość wycierania się, przewidziano wymienną tuleję uszczelniającą dławnicy. Dławnica wyposażona jest ponadto w zamek hydrauliczny, w celu jej doszczelnienia, smarowania i chłodzenia, a także dla utrudnienia zanieczyszczania jej ciałami stałymi.

Dla ułożyskowania wału w kierunku poprzecznym (promieniomym) zastosowano łożyska baryłkowe, natomiast w celu uchwylenia powstałego w czasie pracy pompy nacisku osiowego zastosowano dwa łożyska stożkowe, przeciwstawnie w stosunku do siebie zabudowane. Łożyska pompy umieszczone są w tuleji łożyskowej, która może być w całości przesuwana względem wspornika łożyskowego, co umożliwi regulację luzu czołowego między szyją wirnika a pierścieniem uszczelniającym. Łożyska pompy smarowane są olejem maszynowym, którego poziom kontrolowany jest olejowskazem.

Wyjęcie wału pompy wraz z zespołem łożyskowym jest możliwe do przeprowadzenia bez większego demontażu pompy. W tym celu należy zdjąć pokrywę kadłuba pompy, zdjąć z wału wirnik, odkręcić śruby ustalające tuleję łożyskową względem wspornika oraz rozsprzęglić sprzęgło. Nie występuje natomiast potrzeba demontażu pompy z ramy fundamentowej.

Pompa przystosowana jest do napędu silnikiem elektrycznym bądź spalinowym, poprzez przekładnię zębatą (w celu zredukowania prędkości obrotowej silnika). Napęd na pompę przenoszony jest przez elastyczne sprzęgło przeciążeniowe. W przypadku skokowego wzrostu przenoszonego momentu, zostanie ścięty kołek zabezpieczający i nastąpi swobodny poślizg sprzęgła.

Pompa wraz z zespołem napędowym jest montowana na wspólnej ramie fundamentowej. Pompa jest wyposażona w ejektor wodny, który służy do wytworzenia podciśnienia w wnętrzu pompy, a przez to umożliwia zassanie cieczy i wypełnienie wnętrza pompy wodą. Ponadto w celu ułatwienia pomiaru ciśnienia na króćcu tłocznym, przewidziano zbiorniczek pomiarowy będący odstojnikiem.

Pompa typu TK-300 przeznaczona jest do pompowania kruszywa mineralnego, o koncentracji ciał stałych nie przekraczającej stosunku 1 : 5. Maksymalna średnica ziarn ciała stałego nie może przekraczać $d_s = 80$ mm.

3. Wyniki badań

Ze względu na dużą wydajność i moc pompy, badania prototypu pompy typu TK-300 zostały przeprowadzone na stacji prób Zabrzeńskiej Fabryki Maszyn Górniczych w Zabrzu.

Optymalne parametry pracy pompy (przy niestoczonych łopatkach) dla wody czystej o gęstości $\rho = 1,0 \text{ kg/dm}^3$ i temperaturze $t = 15^\circ\text{C}$, podano w tablicy 1 i na wykresie (rys. 5).

Tablica 1

Optymalne parametry pracy prototypu pompy TK-300
z wirnikami w wykonaniach A i B

Wielkość	Oznaczenie	Jednostka	Wirnik wyk. B (dwułopat.)	Wirnik wyk. A (trójłop.)
Wydajność	Q	m^3/min	11	13
Wysokość podnoszenia	H	m	26,1	28
Moc	N	kW	69	81
Sprawność	η		0,71	0,73
Prędkość obrotowa	n	min^{-1}	570	570

Dla obu wirników osiągnięto stateczne charakterystyki przepływu. Z porównania charakterystyk wynika, że wirnik trójłopatkowy rozwija w całym zakresie wydajności większą wysokość podnoszenia. Ponadto jego optymalny punkt pracy występuje przy większej wydajności. Osiąga również nieco wyższą sprawność.

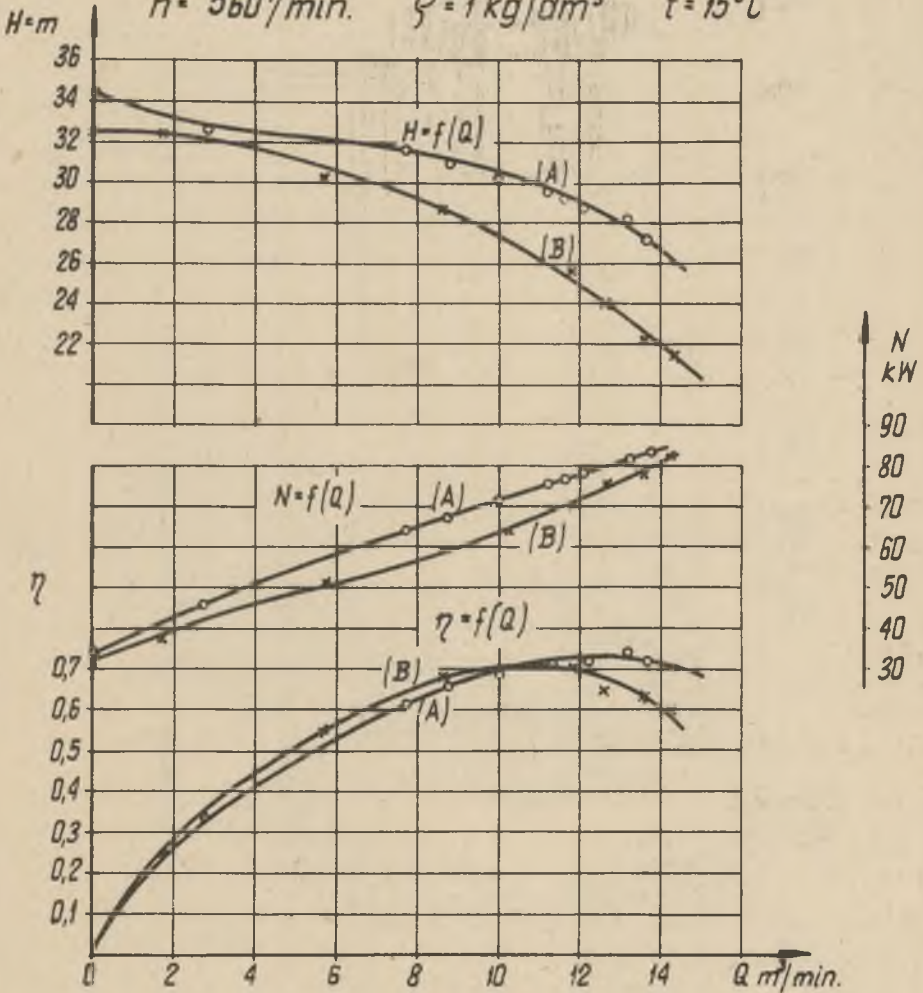
Badanie charakterystyk ssania wykazało, że w optymalnych punktach pracy pompa osiąga manometryczną wysokość ssania $H_{ms} = 5 \text{ m}$ przy wirniku dwułopatkowym i $H_{ms} = 6,5 \text{ m}$ przy wirniku trójłopatkowym.

Obserwacje poczynione w trakcie działania pompy wykazały, że wszystkie elementy pompy zachowywały się poprawnie.

Uzyskane w wyniku badań parametry pracy potwierdziły założenia przyjęte w trakcie obliczeń.

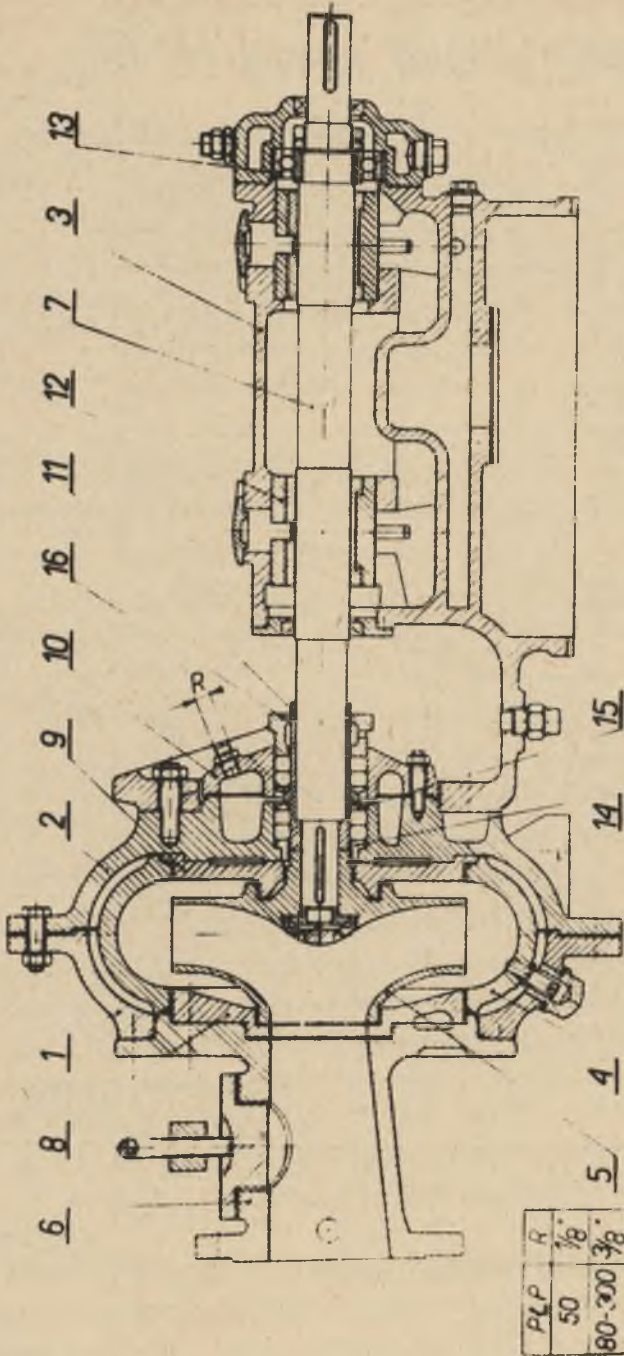
Charakterystyka pompy TK-300

$n = 560 \text{ 1/min.}$ $\rho = 1 \text{ kg/dm}^3$ $t = 15^\circ\text{C}$



(A) wirnik trójtłopatkowy
 (B) wirnik dwutłopatkowy

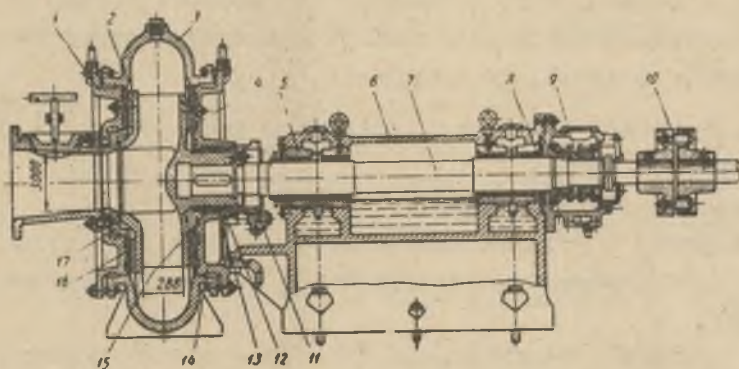
Rys. 5. Charakterystyki pompy wirowej typu TK-300



Rys. 6. Pompa wirowa typu PLP-300

4. Porównanie pompy typu TK-300 z krajowymi i zagranicznymi konstrukcjami podobnego przeznaczenia

Z analizy posiadanych materiałów [3, 4, 7] wynika, że w kraju pompy podobnego przeznaczenia i o zbliżonych parametrach pracy nie są produkowane. Jedynie pompa typu PLP-300 [4] posiada zbliżone parametry pracy, jednak pracuje ona przy znacznie wyższej prędkości obrotowej, rys. 6. Parametry pracy pompy typu PLP-300 w punkcie optymalnym, w odniesieniu do wody czystej o gęstości $\rho = 1 \text{ kg/dm}^3$ i temperaturze $t = 15^\circ\text{C}$ podano w tabelicy 2.



Rys. 7. Pompa wirowa typu 8 NZ

Tablica 2

Parametry pracy pomp typu PLP-300 i 8 NZ

Wielkość	Oznaczenie	Jednostka	Pompa typu PLP-300	Pompa typu 8 NZ
Wydajność	Q	m^3/min	11	13
Wysokość podnoszenia	H	m	24	26
Moc	N	kW	60	91
Sprawność	η		0,72	0,60
Prędkość obrotowa	n	min^{-1}	960	730
Wysokość ssania	H_{ms}	m	5,0	4,5

Natomiast pompy podobnego przeznaczenia i o zbliżonych parametrach, budowane są w innych krajach, np. ZSRR, Holandia, NRF [8, 9, 10, 11]. Dla przykładu przedstawiono pompę typu 8 NZ (rys. 7) produkcji radzieckiej, budowaną seryjnie. Optymalne parametry pracy pompy typu 8 NZ podano również w tabelicy 2.

W porównaniu z pompami podobnego przeznaczenia i o zbliżonych parametrach pracy, pompa typu TK-300 odznacza się korzystnymi parametrami pracy i wysoką sprawnością oraz bardzo dobrą zdolnością ssania. Ponadto pompa typu TK-300 pracuje przy niskiej prędkości obrotowej ($n \approx 560 \text{ min}^{-1}$), co korzystnie wpływa na jej trwałość.

Na podkreślenie zasługuje pojawiająca się w niektórych krajach (np. Holandia, NRF) tendencja [9] produkcji pomp podobnego typu i przeznaczenia konstrukcji spawanej. Konstrukcja spawana zapewnia następujące korzyści:

- obniżenie kosztu wykonania, zwłaszcza przy produkcji jednostkowej (brak modeli),
- zmniejszenie ciężaru pompy,
- łatwa naprawa i wymiana elementów połączona z uproszczoną technologią (spawanie, zmniejszenie liczby powierzchni obrabianych),
- wysoka trwałość, uwarunkowana doбором właściwych tworzyw konstrukcyjnych (stale stopowe spawalne).

W świetle powyższych uwag spawana konstrukcja pompy TK-300, może być uznana za technicznie i ekonomicznie uzasadnioną.

5. Wnioski i uwagi

W oparciu o przeprowadzone rozważania, badania i próby, można stwierdzić co następuje:

- rozwiązanie konstrukcyjne i technologiczne prototypu pompy TK-300 do prowadzenia badań nad hydrotransportem kruszywa mineralnego uznac należy za właściwe,
- pompa posiada właściwe parametry pracy, a w szczególności dobrą sprawność,

- wyniki badań i prób potwierdziły założenia przyjęte w trakcie obliczeń i konstruowania,
- pompa typu TK-300 powinna zostać poddana próbom w warunkach eksploatacyjnych, które powinny obejmować: określenie wpływu koncentracji pompowanej mieszaniny na parametry pracy pompy, określenie trwałości elementów pompy podlegających zużyciu oraz wpływ ich zużycia na parametry pracy, określenie okresu niezawodnej pracy pompy w trudnych warunkach ruchowych.

W ramach dalszych prac nad konstrukcją pomp podobnego typu i przeznaczenia, należy:

- zwiększać trwałość pomp przez zastosowanie tworzyw konstrukcyjnych o wysokiej odporności na ścieranie,
- w przypadku jednostkowej produkcji pomp stosować elementy spawane,
- dążyć do dalszego podniesienia sprawności pomp,
- dążyć do dalszego zmniejszenia ciężaru pompy,
- dążyć do zróżnicowania parametrów pracy poprzez zróżnicowanie rozwiązań konstrukcyjnych wirników (przy utrzymaniu wysokiej sprawności pompy),
- w przypadku potrzeby opracować dalsze wielkości pomp typu TK, opierając się na dotychczasowych wynikach prac badawczo-konstrukcyjnych.

LITERATURA

- [1] ZARZYCKI M. - Nowe kierunki w konstrukcji i budowie pomp dla hydraulicznego transportu węgla, Gliwice 1960, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Energetyka Nr 4.
- [2] ZARZYCKI M. - Neue Konstruktion im Pumpenbau für hydraulischen Kohlentransport, Budapest 1966, II Konferenz für Strömungsmaschinen.
- [3] ZARZYCKI M. - Wyniki prac naukowo-badawczych i konstrukcyjnych oraz tendencje rozwojowe pompowego hydraulicznego transportu węgla, Gliwice 1967, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Energetyka Nr 25.
- [4] ZARZYCKI M. - Pompy dla płuczek węgla, Gliwice 1967, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Górnictwo Nr 21.

- [5] ZARZYCKI M., DĘBIEC J., GRYCHOWSKI J., KORCZAK A., ROKITA J., ŻUKOWSKI B. - Dokumentacja techniczna pompy typu TK-300 do hydraulicznego transportu kruszywa mineralnego, wykonana w Katedrze Pomp i Silników Wodnych Politechniki Śląskiej w Gliwicach, październik 1966.
- [6] ZARZYCKI M. - Ścieralność erozyjna wirników pomp wirowych w zależności od stosowanego materiału, Gliwice 1961, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Energetyka Nr 7.
- [7] Pompy przemysłowe - Infomator 1968, Warszawa 1968, Wydawnictwo BOITE przy Zjednoczeniu Przemysłu Budowy Urządzeń Chemicznych CHEMAK w Warszawie.
- [8] Nasosy - Katalog. Izdatjelstwo Maszynostrojitelnoj Litjeratury, Moskwa 1959.
- [9] WELTE A. - Verschleisserscheinungen an Baggerkreiselpumpen, Düsseldorf 1964, VDI - Berichte, Nr 75.
- [10] SZKUNDIN B.M. - Zemljesosnyje snarjady, Izdatjelstwo Ener-gja, Moskwa 1968.
- [11] Katalogi i prospekty czołowych fabryk i wytwórni pomp z: ZSRR, CSRS, NRF, Holandii, Francji, Wielkiej Brytanii, USA.

НОВОЕ КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ, А ТАКЖЕ РЕЗУЛЬТАТЫ
ИССЛЕДОВАНИЙ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА ТИПА ТК-300
ДЛЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА ЗАПОЛНИТЕЛЯ

Р е з ю м е

В работе представлено конструкцию прототипа центробежного насоса типа ТК-300 для гидравлического транспорта заполнителя. Обращено внимание на новое конструктивное решение отдельных элементов насоса, на технологические вопросы, а также на результаты исследований и измерений. В заключительной части работы даны предложения и замечания, касающиеся насоса типа ТК-300, а также изложены направления дальнейших работ по усовершенствованию насосов этого типа.

A NEW CONSTRUCTIONAL SOLUTION AND THE INVESTIGATION
RESULTS CONCERNING THE ROTODYNAMIC PUMP OF THE
TYPE TK-300 FOR THE HYDRAULIC TRANSPORT OF AGGREGATE

S u m m a r y

The paper discusses the construction of the prototype of the rotodynamic pump TK-300 for the hydraulic transport of aggregate. Special attention was paid to new constructional solutions of the individual elements of the pump, as well as to technological problems and to the results of investigations and measurements. The latter part of the paper contains conclusions and remarks concerning the pump TK-300; it also marks out the trend of further activities aiming at the improvement of pumps of this type.