

JERZY GRYCHOWSKI, JERZY ROKITA

Katedra Maszyn Hydraulicznych i Powietrznych

WYNIKI BADAŃ WPŁYWU KSZTAŁTU ŁOPATEK KIEROWNICY
DOŚRODKOWEJ NA PARAMETRY PRACY POMPY WIROWEJ ODSRODKOWEJ

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań kierownic dośrodkowych z łopatkami wygiętymi oraz prostymi. Wyniki badań pozwalają na porównanie hydraulicznych cech obu typów kierownic oraz na pewne uogólnienie wniosków w ramach przeprowadzonych badań.

1. Wstęp

W Katedrze Maszyn Hydraulicznych i Powietrznych Politechniki Śląskiej przeprowadzono prace konstrukcyjne nad przekonstruowaniem części hydraulicznej pompy typu OWB-250, w celu uzyskania zwiększonej wysokości podnoszenia. Dotychczasowa wysokość podnoszenia uzyskiwana z jednego stopnia $\Delta H = 80$ m została podwyższona do około $\Delta H = 90$ m. Pompy typu OWB-250 [1] są pompami wirowymi odśrodkowymi, wielostopniowymi, w układzie poziomym, o członowej budowie kadłuba. Parzysta liczba wirników, ułożonych w dwa zespoły tworzące układ odwrócony, powoduje zrównoważenie naporów osiowych. Elementami odprowadzającymi ciecz z wirników są kierownicy łopatkowe o wypływie stycznym. Wypływająca z kierownicy odśrodkowej ciecz, przepływa do drugiego stopnia przewalem bezłopatkowym, a następnie doprowadzona zostaje do następnego wirnika, za pomocą kierownicy dośrodkowej łopatkowej.

Wymagany wzrost wysokości podnoszenia uzyskano zwiększając średnicę zewnętrzną wirnika. Jednocześnie dla zachowania kadłubów członowych pompy bez zmian, zmniejszono wysokość kierownicy odśrodkowej i dokonano niewielkiej korekty kształtu jej łopatek. W ten sposób uzyskano zmianę parametrów pompy typu OWB-

250 przy stosunkowo małych nakładach kosztów. Równolegle z dokonanymi zmianami, przeprowadzono doświadczenia nad wpływem kształtu łopatek kierownicy dośrodkowej na kształt charakterystyk pompy.

2. Konstrukcja kierownicy dośrodkowej

W celu określenia wpływu kształtu łopatek kierownicy dośrodkowej na kształt charakterystyk pompy, skonstruowano kierownicę dośrodkową z łopatkami prostymi (promieniowymi).

Łopatki kierownicy dośrodkowej wykonuje się zazwyczaj wygięte. Kształt tych łopatek sugeruje bowiem, że ciecz będzie doprowadzona do wlotu następnego wirnika z minimalnymi stratami. Ponadto wykonywane często lekkie przegięcie łopatek na wypływie ($\angle \varepsilon \approx 5^\circ$), zapobiega powstawaniu wstępnego krętu na dopływie wirnika.

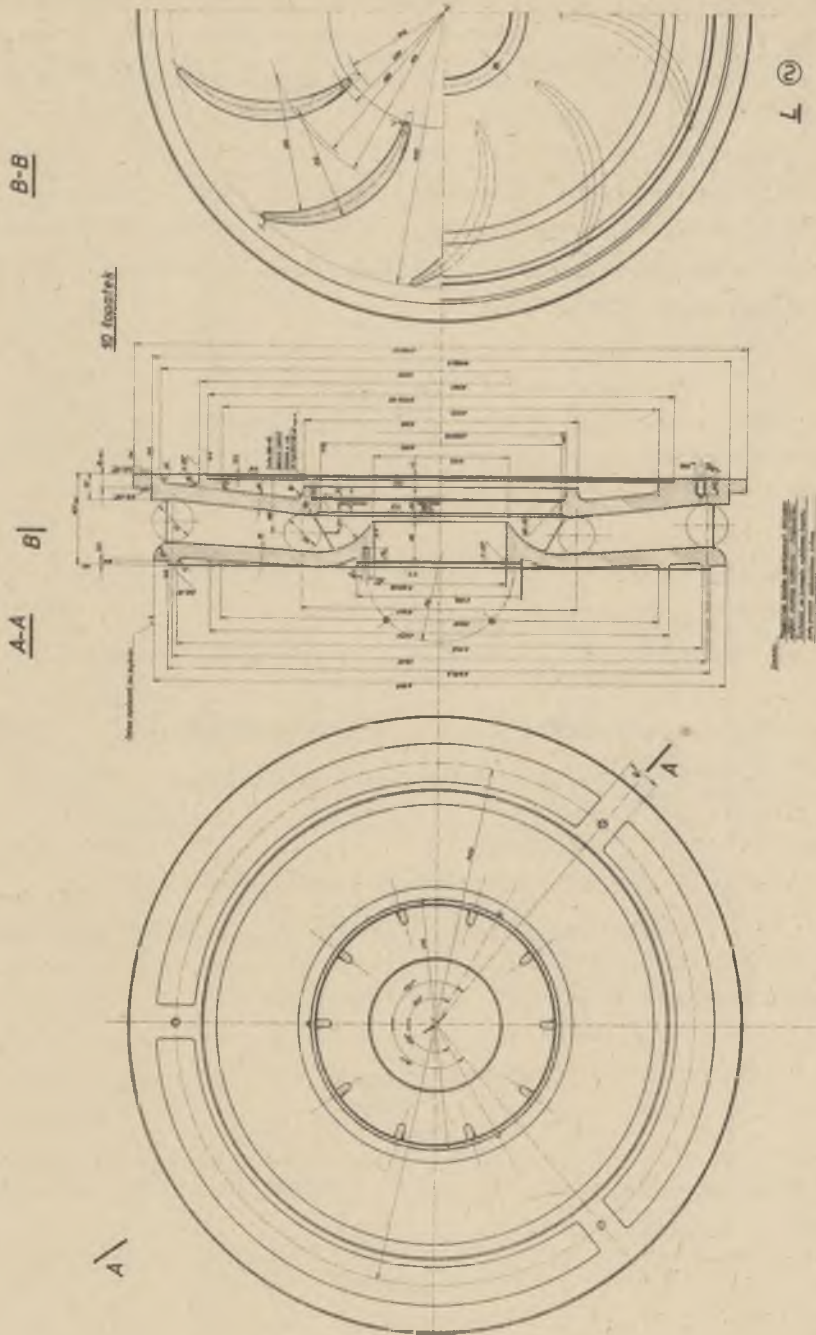
Kierownica dośrodkowa posiadająca łopatki promieniowe jest łatwiejsza w projektowaniu oraz wykonaniu.

Nieskomplikowany kształt kanałów międzyłopatkowych oraz stosunkowo duże ich przekroje ułatwiają dokładne oczyszczenie kanałów przepływowych, a tym samym zmniejszenie strat przepływu. Ponadto w przypadku pomp, w których odciążenie naporów osiowych uzyskuje się stosując symetryczne układy "odwrócone", konstrukcja kierownicy dośrodkowej z łopatkami promieniowymi pozwala na pełną jej zamienność. Możliwość stosowania tej samej kierownicy dośrodkowej w całej pompie znacznie obniża koszt produkcji pompy oraz zapobiega pomyłkom w trakcie montażu i napraw bieżących pompy.

Jak wynika z powyższego, krótkiego zestawienia wad i zalet obu spotykanych rozwiązań konstrukcyjnych kierownic dośrodkowych, sprawa wyboru odpowiedniego rozwiązania jest trudna. Brak odpowiednich danych doświadczalnych w literaturze nie ułatwia tego zadania.

2.1. Kierownica dośrodkowa z łopatkami wygiętymi

Konstrukcję badanej kierownicy przedstawiono na rys. 1. Kierownica posiada z = 10 łopatek. Dla wymaganych parametrów pra-



Rys. 1. Konstrukcja kierownicy dośrodkowej z łopatkami wygiętymi

cy, kąt nachylenia łopatki na dopływie do kierownicy dośrodkowej $\alpha_7 = 28^\circ$. Wartość kąta α_7 wyznaczona została z uwzględnieniem strat tarcia w przewale oraz nierównomiernego rozkładu prędkości [2]. Na wypływie łopatka została przegięta o kąt $\delta = 2^\circ$. Założono liniową zmianę wartości kąta α_1 (rys. 2). Zaprojektowano łopatki kierownicy o zmiennej grubości dla zachowania łagodnej zmiany przekrojów kanału międzyłopatkowego. Odpowiednią wartość składowej promieniowej prędkości przepływu cieczy wyznaczono z wzoru:

$$c_{r1} = \frac{Q}{\varrho_v \cdot B_1 \left(\frac{\pi D_1}{z} - \frac{s_1}{\sin \alpha_1} \right)} \quad (1)$$

gdzie:

- c_{r1} m/s - składowa promieniowa prędkości,
- Q m³/s - wydajność pompy,
- ϱ_v - sprawność objętościowa,
- B_1 m - szerokość kanału międzyłopatkowego,
- D_1 m - średnica rozpatrywanego punktu,
- z - liczba łopatek,
- s_1 m - grubość łopatki na danej średnicy,
- α_1 - kąt nachylenia łopatki do kierunku obwodowego.

Całkowita wartość prędkości przepływu wynosi:

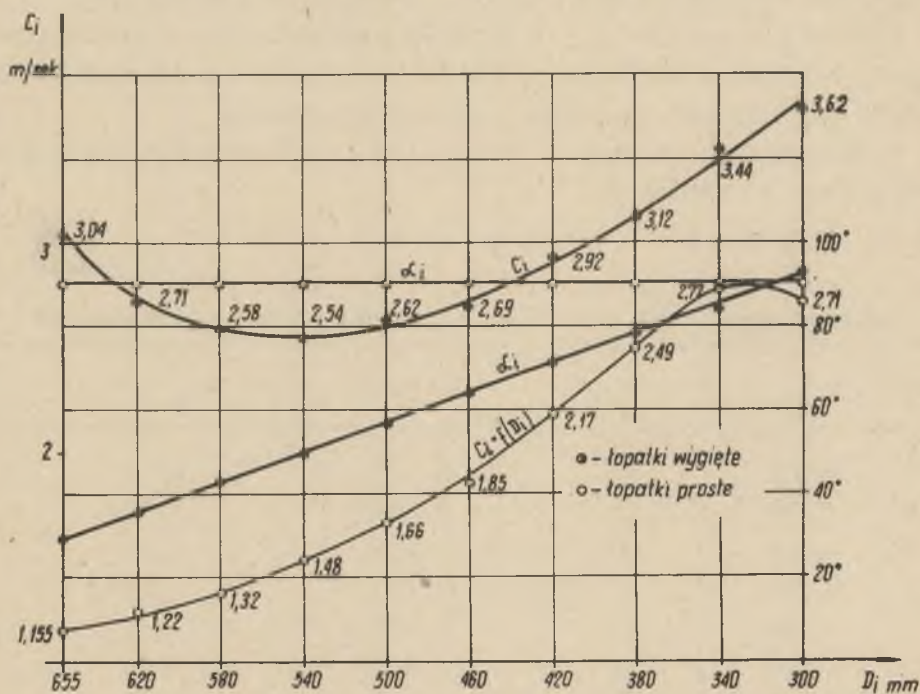
$$c_1 = \frac{c_{r1}}{\sin \alpha_1} \quad (2)$$

Wyznaczone na podstawie powyższych wzorów wartości prędkości zestawiono w tabelicy 2.

Tablica 2

Rozkład prędkości w kierownicy z łopatkami wygiętymi

Lp.	D_i	α_i	s_i	c_{r_i}	c_i
1	0,655	28	0,008	1,42	3,04
2	0,620	35	0,013	1,55	2,71
3	0,580	43	0,019	1,76	2,58
4	0,540	50	0,021	1,945	2,54
5	0,500	57	0,023	2,19	2,62
6	0,460	64	0,022	2,405	2,69
7	0,420	71	0,021	2,76	2,92
8	0,380	78	0,018	3,05	3,12
9	0,340	84	0,015	3,42	3,44
10	0,300	92	0,009	3,62	3,62

Rys. 2. Wykres zmian prędkości oraz kąta α w kierownicach dośrodkowych

Zależności zmiany wartości kąta α_1 oraz wartości prędkości przedstawiono na rys. 2.

Z rysunku 2 wynika, że prędkość strugi początkowo maleje a następnie zostaje przyspieszana do prędkości bliskiej prędkości dopływu cieczy do wirnika. Spadek prędkości jest częściowo eliminowany zmianą grubości łopatki, która w obszarze minimalnych prędkości posiada maksymalną grubość.

2.2. Kierownica dośrodkowa z łopatkami promieniowymi

W celu zbadania wpływu kształtu łopatek, skonstruowano kierownicę dośrodkową, która różniła się jedynie rodzajem stosowanych łopatek od kierownicy omawianej poprzednio. Na rysunku 3 przedstawiono konstrukcję badanej kierownicy dośrodkowej.

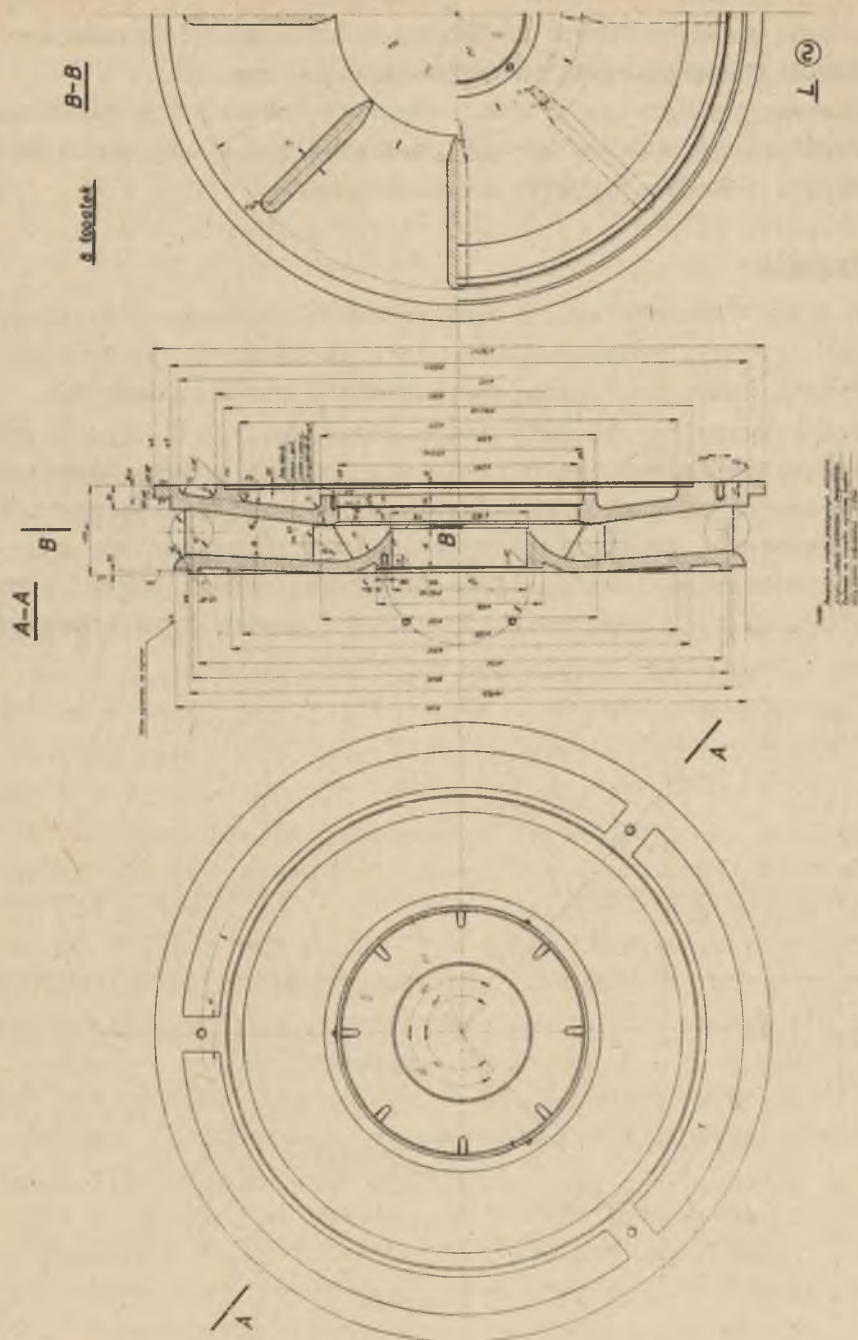
Kierownica posiada $z = 8$ łopatek promieniowych o stałej grubości. Łopatki w obrębie wypływu z kierownicy są łagodnie ścięzione, aby uniknąć gwałtownej zmiany przekroju.

Wyznaczone na podstawie wzorów (1) i (2) wartości prędkości zestawiono w tabelicy 3.

Tablica 3

Rozkład prędkości w kierownicy z łopatkami promieniowymi

Lp.	D_1	α_1	s_1	$c_{r_1} = c_1$
1	0,655	90	0,025	1,155
2	0,620	90	0,025	1,22
3	0,580	90	0,025	1,32
4	0,540	90	0,025	1,485
5	0,500	90	0,025	1,66
6	0,460	90	0,025	1,85
7	0,420	90	0,025	2,17
8	0,380	90	0,025	2,49
9	0,340	90	0,024	2,77
10	0,300	90	0,004	2,71



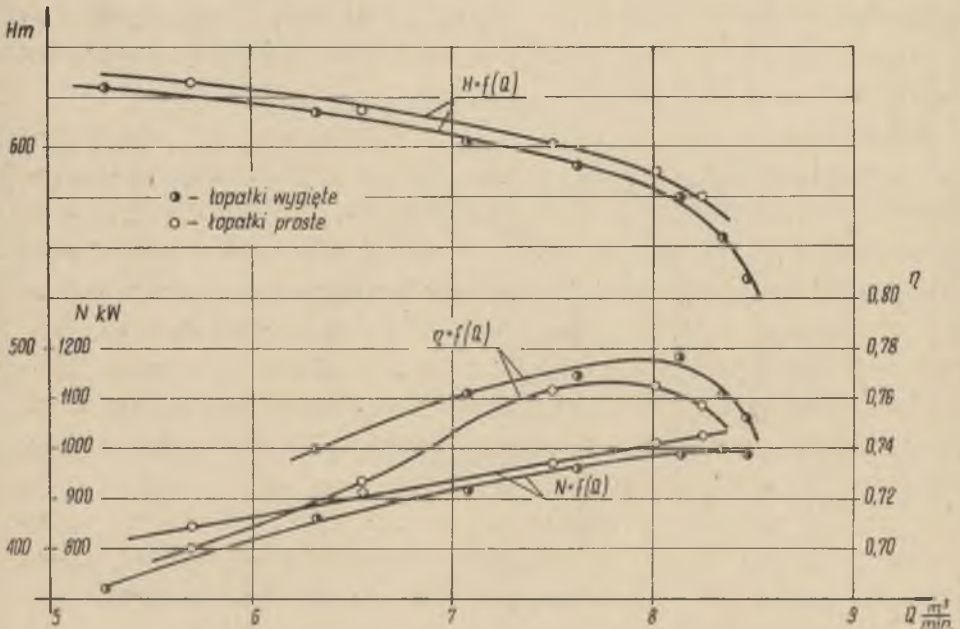
Rys. 3. Konstrukcja kierownicy dośrodkowej z łopatkami prostymi promieniowymi

Wykres zmian wartości prędkości w kierownicy dośrodkowej z łopatkami promieniowymi przedstawiono na rys. 2.

Kształt funkcji $c_1 = f(D_1)$ obrazuje przebieg prędkości, która łagodnie wzrasta do wartości maksymalnej, a następnie zmniejsza się w obszarze wypływu z kierownicy.

4. Wnioski

Na rys. 4 przedstawiono wyniki badań kierownic dośrodkowych. Badania zostały przeprowadzone przy zachowanych pozostałych elementach pompy bez zmian, przy liczbie stopni pompy $i=6$. Jak wynika z kształtu charakterystyk przepływu $H = f(Q)$, dla pompy z kierownicą dośrodkową posiadającą łopatki proste, odpowiednie wysokości podnoszenia są wyższe przy tej samej wydajności. Różnica wysokości podnoszenia wynosi około 1%, wzrost ten może być więc spowodowany również przez niewielką zmianę liczby obrotów silnika napędzającego pompę. W związku z powyższym obserwowano



Rys. 4. Charakterystyki doświadczalne pompy z badanymi kierownicami dośrodkowymi

ny wzrost wysokości podnoszenia nie może być podstawą do oceny działania kierownic dośrodkowych.

Oceny działania kierownic dośrodkowych można dokonać na podstawie kształtu charakterystyk pompy. Jak wynika z kształtu funkcji $\eta = f(Q)$, kierownica dośrodkowa z łopatkami wygiętymi pozwoliła uzyskać większą sprawność (o około 1,5%). Ponadto można zauważyć przesunięcie punktu maksymalnej sprawności w stronę większych wydajności. Zjawisko to można wytłumaczyć tym, że wpływająca do kierownicy dośrodkowej ciecz posiada pewną składową prędkość w kierunku obwodowym, a odpowiednie wygięcie łopatek kierownicy dośrodkowej ułatwia łagodną zmianę kierunku przepływającej cieczy.

W przypadku łopatek promieniowych, następuje bardziej gwałtowna zmiana kierunku przepływającej cieczy. Wynikające stąd straty przepływu wzrastają w miarę wzrostu wydajności. Takie tłumaczenie potwierdza również fakt, że krzywa sprawności pompy z kierownicą odśrodkową z łopatkami wygiętymi jest bardziej płaska. Można więc stwierdzić, że pod względem hydraulicznym bardziej korzystne jest stosowanie kierownic dośrodkowych z łopatkami wygiętymi.

Jednak stosunkowo nieduży wzrost sprawności w przypadku kierownicy z łopatkami wygiętymi, może spowodować, że w niektórych przypadkach może stać się nieopłacalne stosowanie tych kierownic. Jak już wspomniano poprzednio kierownica dośrodkowa z łopatkami prostymi jest łatwiejsza do wykonania oraz umożliwia dokładniejsze oczyszczenie kanałów przepływowych, a tym samym uzyskanie wzrostu sprawności. Ponadto jedna i ta sama kierownica z łopatkami prostymi, może być zastosowana w układach "odwróconych" równoważących napory osiowe, co zmniejsza koszty produkcji i eliminuje błędy montażowe.

Należy zaznaczyć, że powyższe wnioski wyprowadzono na podstawie badań kierownic dośrodkowych skonstruowanych dla konkretnych parametrów pracy pompy. Uogólnienie tych wniosków wymagałoby rozszerzenie zakresu przeprowadzonych badań.

LITERATURA

- [1] ZARZYCKI M. - Osiągnięcia krajowe w konstrukcji i budowie pomp odwadniających kopalnie węgla, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej "Energetyka", Zeszyt 27, Gliwice 1967/68.
- [2] TROSKOLAŃSKI A.T. - Pompy wirowe, Wyd. 2, WNT Warszawa, 1969.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЛИЯНИЯ ФОРМЫ ЛОПАСТЕЙ
ЦЕНТРОСТРЕМИТЕЛЬНОЙ НАПРАВЛЯЮЩЕЙ НА ПАРАМЕТРЫ
ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА

Р е з ю м е

В работе представлено результаты исследований центростремительных направляющих с выгнутыми, а также с прямыми лопастями. Результаты исследований позволяют провести сравнение гидравлических черт обоих типов направляющих, а также обобщить выводы в рамках проводимых исследований.

RESULTS OF INVESTIGATIONS CONCERNING THE
INFLUENCE OF THE SHAPE OF THE GUIDE RING
VANES ON THE PARAMETERS OF A CENTRIFUGAL
ROTODYNAMIC PUMP

S u m m a r y

In this paper there are represented the results of investigations concerning centripetal guide rings with both curved and straight vanes. The results of these investigations make it possible to compare the hydraulic characteristics of both types of guide rings and to generalize the conclusions within the performed investigations.