

P O L S K A A K A D E M I A N A U K  
I N S T Y T U T M A S Z Y N P R Z E P Ł Y W O W Y C H

P R A C E  
I N S T Y T U T U M A S Z Y N  
P R Z E P Ł Y W O W Y C H

T R A N S A C T I O N S  
O F T H E I N S T I T U T E O F F L U I D - F L O W M A C H I N E R Y

67-68

W A R S Z A W A - P O Z N A Ń 1975

---

P A Ń S T W O W E W Y D A W N I C T W O N A U K O W E

---

**PRACE INSTYTUTU MASZYN PRZEPLYWOWYCH**

poświęcone są publikacjom naukowym z zakresu teorii i badań doświadczalnych w dziedzinie mechaniki i termodynamiki przepływów, ze szczególnym uwzględnieniem problematyki maszyn przepływowych

\*

**THE TRANSACTIONS OF THE INSTITUTE OF FLUID-FLOW  
MACHINERY**

exist for the publication of theoretical and experimental investigations of all aspects of the mechanics and thermodynamics of fluid-flow with special reference to fluid-flow machinery

---

**KOMITET REDAKCYJNY - EXECUTIVE EDITORS**  
**KAZIMIERZ STELLER - REDAKTOR - EDITOR**  
**JERZY KOŁODKO · JÓZEF ŚMIGIELSKI**  
**ANDRZEJ ŻABICKI**

**REDAKCJA - EDITORIAL OFFICE**  
Instytut Maszyn Przepływowych PAN,  
80-952 Gdańsk, skr. pocztowa 621, ul. Gen. Józefa Fiszerza 14, tel. 41-12-71

Copyright  
by Państwowe Wydawnictwo Naukowe  
Warszawa 1975

Printed in Poland

**PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE - ODDZIAŁ W POZNANIU**

Nakład 380+90 egz.

Ark. wyd. 28,5. Ark. druk. 22

Pap. druk. sat. kl. V, 70 g 70×100 cm

Nr zam. 112/77

Oddano do składania 10 I 1975 r.

Podpisano do druku 20 IX 1975 r.

Druk ukończono we wrześniu 1975 r.

R-17/661 Cena zł 86,-

**DRUKARNIA UNIWERSYTETU im. A. MICKIEWICZA W POZNANIU**

HYDROFORUM

KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA

na temat

WSPÓŁCZESNE PROBLEMY BADAŃ  
I EKSPLOATACJI MASZYN HYDRAULICZNYCH

Gdańsk, 3 - 5 października 1973 r.

\*

HYDROFORUM

SCIENTIFIC-TECHNICAL CONFERENCE

on

MODERN PROBLEMS OF RESEARCH AND  
UTILIZATION OF HYDRAULIC MACHINES

Gdańsk, October 3 - 5, 1973

\*

ГИДРОФОРУМ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

на тему

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЙ  
И ЭКСПЛУАТАЦИИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ МАШИН

г. Гданьск, 3 - 5 октября 1973 г.



EUGENIUSZ BĄK

Katowice\*

## Ekonomiczne przesłanki stosowania pomp o swobodnym przepływie do podnoszenia mieszaniny wody i ciał stałych

Produkcję pomp o swobodnym przepływie rozpoczęła firma Wemco w 1954 r. Mimo że są one produkowane od 19 lat, literatura dotycząca konstrukcji, obliczeń oraz zastosowania tych pomp jest bardzo uboga [1, 2, 3, 4, 5].

Pompy o swobodnym przepływie są budowane w różnych odmianach m. in. w USA, RFN i Szwajcarii. W Polsce pompy te nie znalazły dotychczas szerszego zastosowania. Prace nad zastosowaniem tego typu pomp dla potrzeb hydrotransportu zostały podjęte w Głównym Instytucie Górnictwa w Katowicach.

### 1. Zalety i wady pomp o swobodnym przepływie

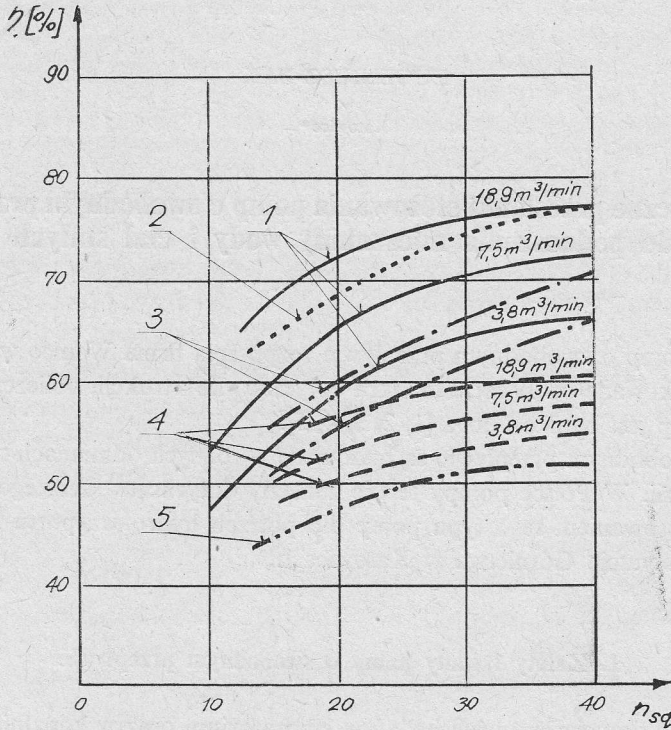
Na podstawie dotychczasowych badań w laboratorium oraz w kopalniach, prowadzonych podczas przetłaczania wody czystej i mieszanin cieczy i ciał stałych, można określić główne zalety wymienionych pomp, a mianowicie:

- duża wysokość ssania dochodząca do 8 m i mała wrażliwość na kawitację,
- spokojna praca przy zasysaniu mieszaniny wodno-powietrznej,
- możliwość pompowania ziarn o wymiarach  $\delta=0,8 d_t$ ,
- nie zatykanie się kanałów przepływowych przy podnoszeniu materiałów włóknistych,
- stosunkowo małe rozdrobnienie ziarn,
- stosunkowo mała zmienność kształtów wirnika pod wpływem ścierania,
- prosta technologia wykonania wirnika.

Główną wadą pomp o swobodnym przepływie jest ich niska sprawność. Przyjmuje się, że wynosi ona  $2/3$  sprawności pompy wodnej z wirnikiem o przepływie wymuszonym, pracującym przy tych samych parametrach ruchu. W zależności od typu oraz wielkości pompy sprawność ta wynosi  $\eta=0,38 - 0,58$ . Porównanie sprawności pomp o swobodnym przepływie z pompami z wirnikami o przepływie wymuszonym w funkcji wyróżnika szybkości  $n_{sq}$  przedstawiono na rys. 1.

\* Główny Instytut Górnictwa.

Z zestawienia wynika, że sprawność pomp do mieszanin z wirnikami dwułopatkowymi (krzywa 3) jest w porównaniu ze sprawnością pomp o swobodnym przepływie (krzywa 5) niższa, jednak spadek sprawności nie jest duży.



Rys. 1. Porównanie sprawności pomp o przepływie swobodnym z pompami o przepływie wymuszonym w funkcji  $n_{sq}$

1 – sprawność pomp do wody czystej wg Stepanowa, 2 – najwyższe sprawności uzyskiwane przez pompy o przepływie wymuszonym dla cieczy zawierającej duże ilości ciał stałych, 3 – przeciętne wartości sprawności uzyskiwane przez pompy z wirnikami dwułopatkowymi do cieczy zamieszczonych – górna krzywa  $Q=8 \text{ m}^3/\text{min}$  – dolna krzywa  $Q=2 \text{ m}^3/\text{min}$ , 4 – sprawność pomp o swobodnym przepływie wg Grabowa [2], 5 – sprawność pomp o swobodnym przepływie typu Turo i THT wg GIG, wydajność  $Q=2 \div 6 \text{ m}^3/\text{min}$

## 2. Wpływ parametrów pompy oraz kształtu części hydraulicznej na sprawność i wyróżnik wysokości podnoszenia

Zakres najlepszej sprawności osiągananej przez pompy o swobodnym przepływie określono doświadczalnie. Najlepszą sprawność uzyskano przy wyróżnikach szybkobieżności  $n_{sq}=22-40$ . Wyniki pomiarów pomp o identycznej budowie zestawiono na rys. 2.

Przy małych wyróżnikach szybkobieżności przestrzeń swobodna zawarta między średnicami  $d_s$  i  $d_2$  jest wydłużona, przy dużych jest krótka i szeroka. W pierwszym przypadku występują większe opory przepływu, które są przyczyną mniejszej sprawności. Wpływ stosunku  $d_2/d_s$  na sprawność przedstawiono na rys. 3.

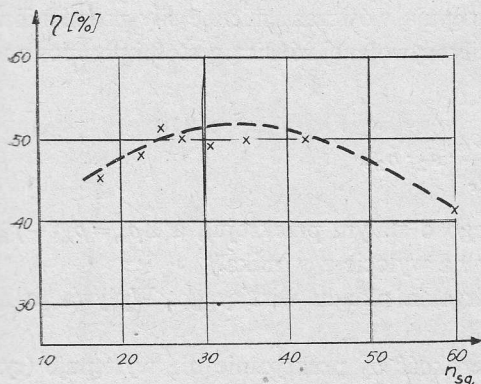
Tabela 1  
Wyróżniki wysokości podnoszenia wirników o swobodnym przepływie

Typ (Firma)	$\psi_{opt}$	Wirnik
THT-GIG	1,13	VI
THT-GIG	0,98	IV
THT-GIG	0,78	V
Turo	0,97	Turo
Wemco	0,62	Wemco
Wirnik 2 łopatkowy	0,98	pompy PC

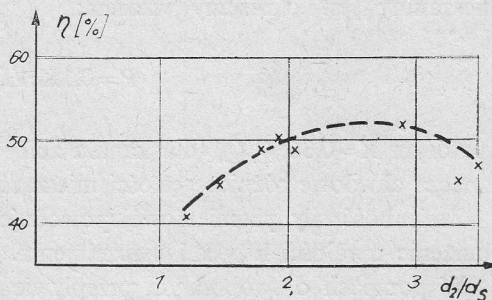
Z przeprowadzonych badań [6] różnych kanałów zbiorczych oraz wirników wynika, że:  
 – skutek zmiany kształtu kanału zbiorczego, zmiany sprawności pompy wynoszą  $\pm 2\%$  (kanał spiralny, kanał o stałym przekroju),  
 – sprawność pompy zależy przede wszystkim od kształtu oraz głębokości wirnika, przy czym kształt wirnika odgrywa rolę decydującą.

Należy nadmienić, że pompy o wysokiej sprawności nie posiadają wszystkich zalet wymienionych na wstępie.

W tabeli 1 zestawiono wyróżniki wysokości podnoszenia  $\psi$  dla kilku pomp opracowanych w Głównym Instytucie Górnictwa oraz w innych firmach.



Rys. 2. Sprawność pomp o swobodnym przepływie w funkcji wyróżnika szybkobieżności  $n_{s\alpha}$



Rys. 3. Sprawność pomp o swobodnym przepływie w funkcji stosunku średnic  $d_2/d_s$

### 3. Przykłady korzystnych zastosowań pomp o swobodnym przepływie

Pompy o swobodnym przepływie przeznaczone są do pracy w warunkach, w których pompy o przepływie wymuszonym nie mogą pracować lub ich praca jest niepewna.

Jednym z przykładów zastosowania jest ich wykorzystanie w podnośnikach hydraulicznych do ciał stałych. W tabeli 2 i na rys. 4 podano dopuszczalne wielkości ziarn dla pomp PŻ, PH, PG i PC w zestawieniu z pompami o swobodnym przepływie.



Tabela 2

Dopuszczalne wymiary ziarn  $\delta$  [mm] dla pomp do mieszania

Typ	Średnica króćca tłoczego $d_t$ [mm]								
	50	65	80	100	125	150	200	250	300
PH	2	3	5	10	20	25	30	40	—
PŻ	—	—	—	—	—	40	50	70	—
PG	—	5	5	8	10	15	20	30	30
Swob.	40	50	60	80	100	120	150	200	240

Korzyści wynikające z zastosowania pompy o swobodnym przepływie przedstawiono na przykładzie. Do podnoszenia mieszanin potrzebna jest pompa o wysokości podnoszenia  $H=35$  m. Podniesienie ziarn o wymiarze do 70 mm wymaga zastosowania pompy PŻ-250 o wydajności  $Q=13$  m<sup>3</sup>/min. W celu realizacji tego samego zadania można użyć pompy o swobodnym przepływie i wydajności  $Q=2,5$  m<sup>3</sup>/min. Potrzebne moce, zużycie energii oraz roczne koszty energii, przy uwzględnieniu różnicy sprawności tych pomp, zestawiono w tabeli 3. Wynika stąd, że zastosowanie pompy o swobodnym przepływie przynosi stosunkowo duże oszczędności. Również koszt instalacji (rurociągów, armatury, silników, pomp oraz fundamentów) jest znacznie mniejszy od kosztów związanych z instalowaniem pompy PŻ-250.

Innym przykładem jest zastosowanie pomp o swobodnym przepływie do pracy w trudnych warunkach eksploatacyjnych, gdy gęstość podnoszonej mieszaniny jest zmienna.

W pompie o przepływie wymuszonym występują wówczas zmienne siły promieniowe działające na wirnik (rys. 5a). Zakres zmiany siły wywołanej różnicą gęstości pompowanej mieszaniny jest określany wzorem:

$$P=0,1K \cdot H \frac{\Delta\rho_m}{\rho_c} \cdot d_2 \cdot b_2,$$

w którym  $K=0,36 Q/Q_n$  (dla kanału zbiorczego o stałym przekroju), a  $\Delta\rho_m=\rho_{m1}-\rho_{m2}$  oznacza chwilowe różnice gęstości mieszaniny na wylocie z wirnika.

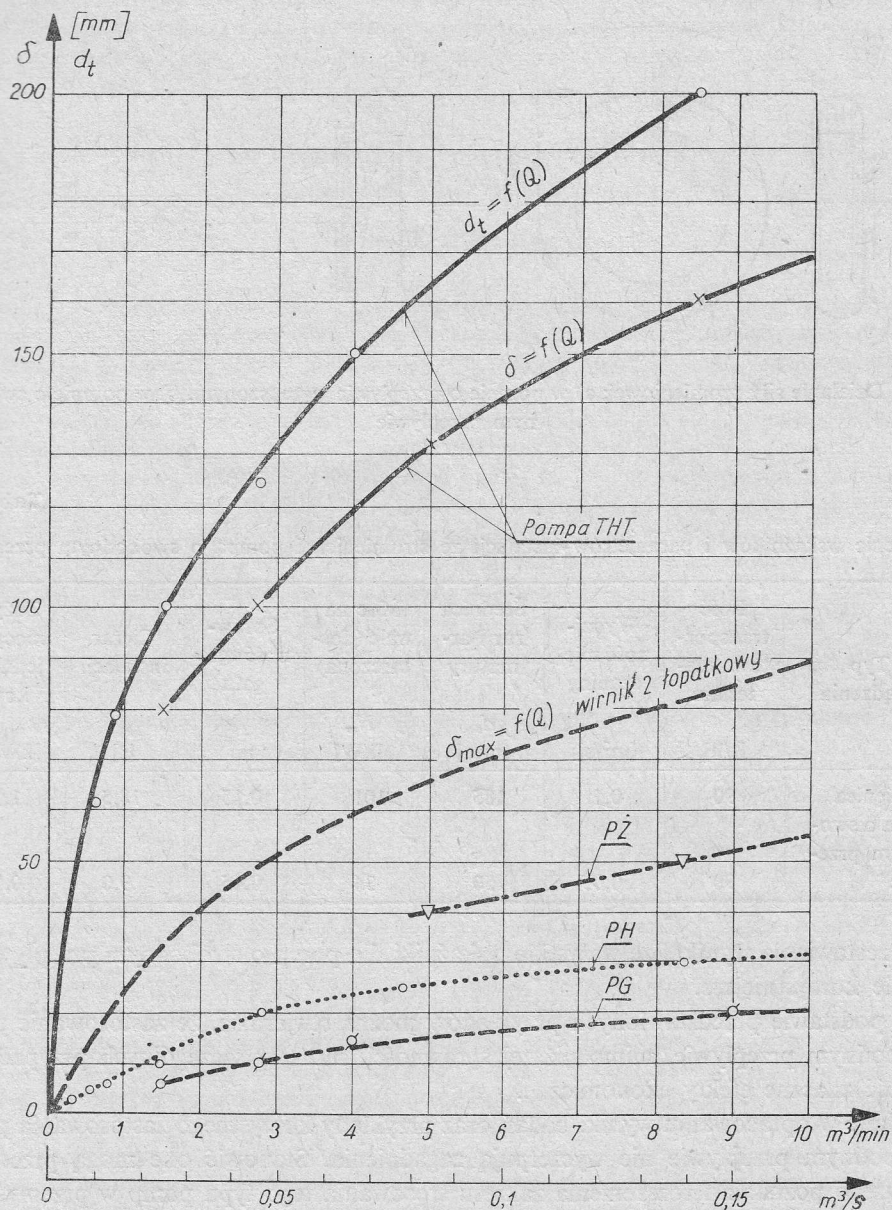
Zmienność siły promieniowej powoduje drgania układu wirującego. Wpływa to na obniżenie trwałości łożysk i uszczelnienia.

W pompach o swobodnym przepływie szerokość  $b_2$  praktycznie nie występuje (rys. 5b). Siła promieniowa występująca w tych pompach skierowana jest w przestrzeń swobodną.

Tabela 3

Zestawienie rocznych kosztów energii dla pomp podnoszących ziarna o wymiarze  $\delta < 70$  mm na wysokość 25 m

Pompa	Moc [kW]	$\eta$	Suma rocznych kosztów energii [zł]
PŻ	106,6	0,70	280 700
THT	30,2	0,47	79 850
Oszczędność			200 850

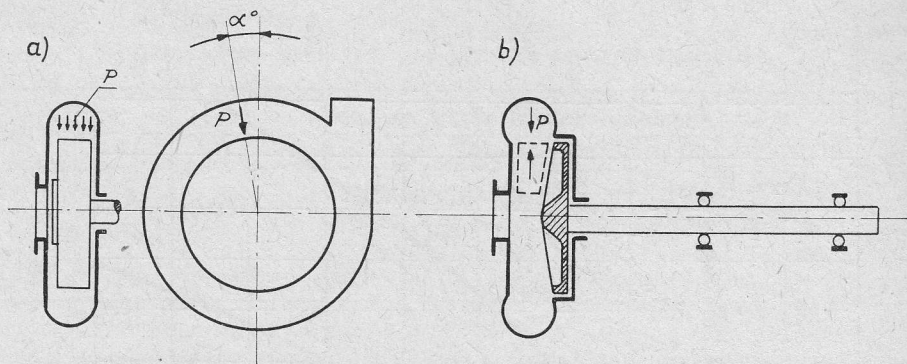


Rys. 4. Średnica króćców  $d_t$  i dopuszczalne wymiary ziarn  $\delta$  w funkcji wydajności różnych typów pomp

W związku z tym pompy o swobodnym przepływie pracują spokojnie i bez drgań, a trwałość ich łożysk i uszczelnień jest większa niż w pompach o przepływie wymuszonym.

W szczególnych przypadkach pompy o swobodnym przepływie mogą zastąpić strumienice. W tabeli 4 zestawiono wskaźniki oraz parametry instalacji do transportu 90 t/godz materiału stałego na odległość około 200 m dla strumienicy i pompy o swobodnym przepły-





Rys. 5. Działanie siły promieniowej; a) w pompie o przepływie wymuszonym, b) w pompie o swobodnym przepływie

Tabela 4

Zestawienie wskaźników i parametrów instalacji ze strumienicą i pompą o swobodnym przepływie

Typ urządzenia	Ilość transportow. materiału [t/h]	Wydajność mieszaniny [m <sup>3</sup> /s]	Średnica rur i armatury	Źródło mocy na wale (dostarczona)	Sprawność agregatu $\eta$	Ciężar instalacji [t]	Zużycie mocy — jednostkowe [kWh/t]
			$d_s$ [mm]	$N_w$ [kW]			
Strumienica Pompa o swobodnym przepływie	90	0,1	185	101	0,15	18,5	1,13
	90	0,05	150	34	0,45	9,0	0,38

wie. Z zestawienia wynika, że wszystkie wskaźniki dla pomp o swobodnym przepływie są znacznie korzystniejsze.

Na podstawie przedstawionych przykładów można stwierdzić, że zastosowanie pomp o swobodnym przepływie, mimo niższej sprawności, może w szczególnych przypadkach przynieść znaczne efekty ekonomiczne.

Podane w opracowaniu wyniki badań oraz przykłady korzystnego zastosowania pomp o swobodnym przepływie nie wyczerpują zagadnienia. Stanowią one przesłanki do dalszego poznania i rozszerzenia zakresu stosowania tego typu pomp w przemyśle.

#### Literatura

- [1] E. Egger, *Einsatz von Turo-Pumpen in der Industrie mit spezieller Berücksichtigung des Einsatzes für stark schleissende Fördergüter*. Pumpen und Verdichter, Symposium, Lipsk 1967.
- [2] G. Grabow, *Symposium Pumpen und Verdichter zur Leipziger Frühjahrsmesse 1970*. Maschinenbau-Technik 7/1970.
- [3] M. Stępniewski, *Pompy odśrodkowe o przepływie swobodnym*. Przegląd Mechaniczny 16/1969.

- [4] A. T. Troskoleński, *Pompy odśrodkowe o przepływie swobodnym*. Przegląd Mechaniczny 24/1968.  
[5] K. Rüttschi, *Die Arbeitsweise von Freistrompumpen*. Schweizerische Bauzeitung 32/1968.  
[6] E. Bąk, J. Remisz, *Badania pompy o swobodnym przepływie*. Przegląd Mechaniczny 16/1973.

## Economic Conditions for Application of Free-Flow Pumps for Delivering Mixtures of Water with Solids

### Summary

Free-flow pumps are accommodated for the delivery of water-solid mixtures. Investigations of these pumps under laboratory conditions as well as under those encountered in the industry were carried out at the Principal Institute of Mining in Katowice. Pure liquid, water-sand and water-coal mixtures with various grain size and number densities were used.

The investigations allowed establishing the main advantages of the pumps under consideration as well as the conditions to be satisfied to ensure their effective use.

Listed were the economic factors of free-flow pumps in comparison with pumps having conventional blade systems, and jet pumps. The efficiency of these pumps (Fig. 1), their delivery heads (Table 2, Fig. 4) and the manner of the radial force action (Fig. 5a and b) were compared. The range of specific speed values  $n_{sq} = 22 - 40$  (Figs 2 and 3) where the free-flow pumps attain the highest efficiency was determined. Examples illustrating the possibility of free-flow pumps to attain better technical and economic factors than is possible for the conventional pumps were presented (Tables 3 and 4).

## Экономические предпосылки применения насосов со свободным течением для качания смесей воды с твердыми телами

### Резюме

Насосы со свободным течением приспособлены для качания смесей воды с твердыми телами. В Главном горном институте в г. Катовице проводились исследования таких насосов в промышленных и лабораторных условиях. Исследования проводились на чистой жидкости [6] и на смесях вода — песок и вода — уголь при различных размерах зерн и различных концентрациях.

На основе этих исследований установлены главные преимущества вышеуказанных насосов, а также определены предпосылки эффективного их применения.

В сообщении приводится сопоставление экономических показателей насосов со свободным течением, насосов с конвенциональной лопаточной системой и струйных аппаратов. Сравниваются к.п.д. насосов (рис. 1), их подъемные способности (таблица 2, рис. 4) и способы действия радиальных сил (рис. 5 а и б). Определяется предел дискриминантов быстроходности  $n_{sq} = 22 \div 40$  (рис. 2 и 3), в котором насосы со свободным течением обладают наивысшими значениями к.п.д. На примерах доказывається, что насосы со свободным течением в отдельных случаях характеризуются лучшими технико-экономическими показателями, чем конвенциональные насосы (табл. 3 и 4.)