

Maciej ZARZYCKI

## KIERUNKI BADAŃ W ZAKRESIE MASZYN I URZĄDZEŃ HYDRAULICZNYCH

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono główne kierunki badań (teoretycznych i doświadczalnych) oraz ważniejsze prace projektowo-konstrukcyjne z maszyn i urządzeń hydraulicznych. W publikacji podano wyniki prac wykonanych w latach 1990 – 1994 oraz wskazano na możliwości realizacji prac naukowo-badawczych i konstrukcyjnych Zakładu Maszyn i Urządzeń Hydraulicznych.

## DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN THE FIELD OF HYDRAULIC MACHINES AND EQUIPMENT

**Summary.** In paper the main directions of theoretical and experimental investigations nad some design works of hydraulic machines has been presented. Published paper gives results of works carried out in 1990 – 1994 years. A special attention was paid to realization possibility of a experimental and design works in Department of Hydraulic Machines and Equipment.

## HAUPTRICHTUNGEN DER FORSCHUNG AUF DEM GEBIET HYDRAULISCHER MASCHINEN UND EINRICHTUNGEN

**Zusammenfassung.** Im Aufsatz prinzipielle Richtungen der theoretischen und experimentellen Untersuchungen und die wichtigste Konstruktions- und Planungsarbeiten aus Bereich hydraulischer Maschinen und Einrichtungen wurden dargestellt. In der Veröffentlichung wurden Ergebnisse einiger Forschungsarbeiten gegeben, die in Jahren 1990 – 1994 gemacht worden sind, und auch hat eine Aufmerksamkeit gewidmet auf die Möglichkeit einer Durchführung verschiedener Wissenschaftlichen- und Konstruktionsarbeiten im Labor des Anstalles für Hydraulische Maschinen und Einrichtungen.

## 1. WPROWADZENIE

Problematyka Zakładu Maszyn i Urządzeń Hydraulicznych obejmuje teorię i badania teoretyczne oraz doświadczalne (podstawowe i stosowane), a także projektowanie, konstruowanie, technologię i eksploatację:

- pomp (wirowych, wyporowych i specjalnych),
- turbin wodnych,
- elementów maszyn i urządzeń do napędów i sterowań hydraulicznych.

Ponadto w Zakładzie prowadzone są prace z zakresu systemów maszyn i urządzeń do transportu hydraulicznego rozdrobnionych ciał stałych oraz automatyzacji pracy pomp i pompowni.

Zakład zajmuje się głównie:

- analizą teoretyczną układów przepływowych pomp w celu zwiększenia sprawności,
- badaniami doświadczalnymi dotyczącymi doskonalenia pod względem przepływowym elementów konstrukcyjnych pomp wirowych w ruchu pompowym oraz w ruchu turbinowym,
- projektowaniem i konstruowaniem wysoko sprawnych układów przepływowych pomp,
- badaniami podstawowymi oraz pracami konstrukcyjnymi dotyczącymi pomp wirowych o swobodnym przepływie oraz pomp wirowych z wirnikami tarczowymi [11, 15],
- badaniami i konstrukcją pomp wyporowych z napędami hydraulicznymi przeznaczonych do transportu gęstych mieszanin [14],
- opracowaniem metod obliczeń elementów konstrukcyjnych oraz zdejmowaniem charakterystyk pomp z zastosowaniem wspomaganie komputerowego [10, 12],
- badaniami podstawowymi i pracami konstrukcyjnymi z dziedziny transportu hydraulicznego odpadów paleniskowych z elektrowni,
- opracowaniem i projektowaniem systemów i układów transportu hydraulicznego rozdrobnionych ciał stałych o dużej koncentracji,
- badaniami odporności erozyjnej materiałów konstrukcyjnych stosowanych w budowie maszyn i urządzeń hydraulicznych,
- pracami dotyczącymi ukierunkowania rozwoju maszyn i urządzeń hydraulicznych ze szczególnym uwzględnieniem pomp [38],
- modernizacją i rekonstrukcją maszyn i urządzeń hydraulicznych [26],
- diagnostyką oraz pracami z zakresu metrologii maszyn i urządzeń hydraulicznych.

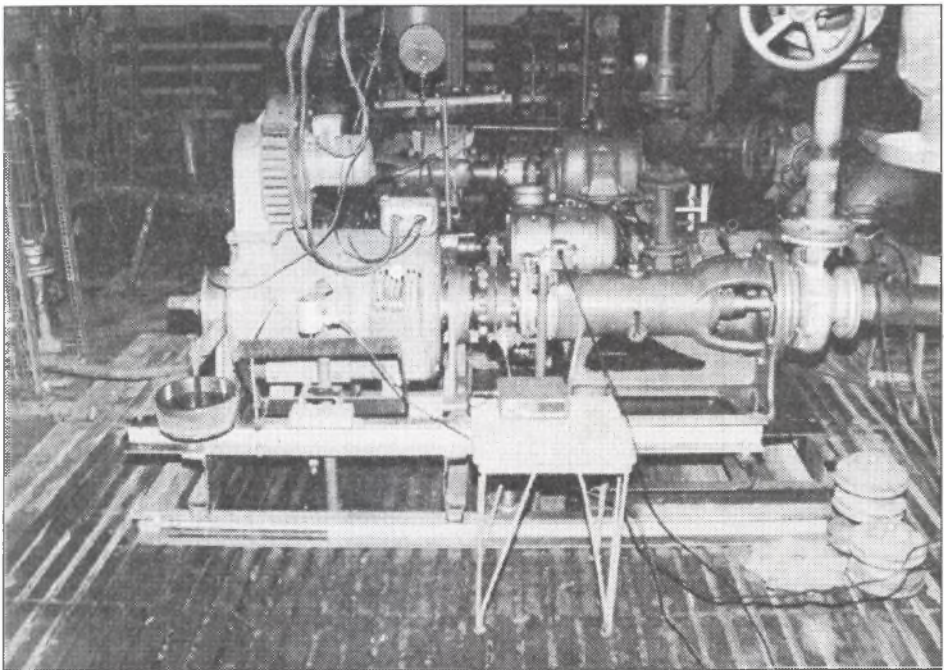
## 2. ZAGADNIENIA NAUKOWO-BADAWCZE I KONSTRUKCYJNE Z ZAKRESU MASZYN I URZĄDZEŃ HYDRAULICZNYCH

W latach 1991 – 1994 przede wszystkim kontynuowano prace naukowo-badawcze nad opracowaniem konstrukcji pomp nad dalszym doskonaleniem już istniejących typów maszyn pod względem wskaźników techniczno-ekonomicznych oraz pewności ruchu.

### 2.1. Prace naukowo-badawcze nad optymalnymi rozwiązaniami części przepływowych pomp oraz doskonaleniem konstrukcji

W latach ubiegłych prowadzono badania nad układami przepływowymi pomp odśrodkowych o optymalnych ze względu na sprawność wyróżnikach szybkobieżności. Jedno ze stanowisk badawczych przedstawiono na rysunku 1.

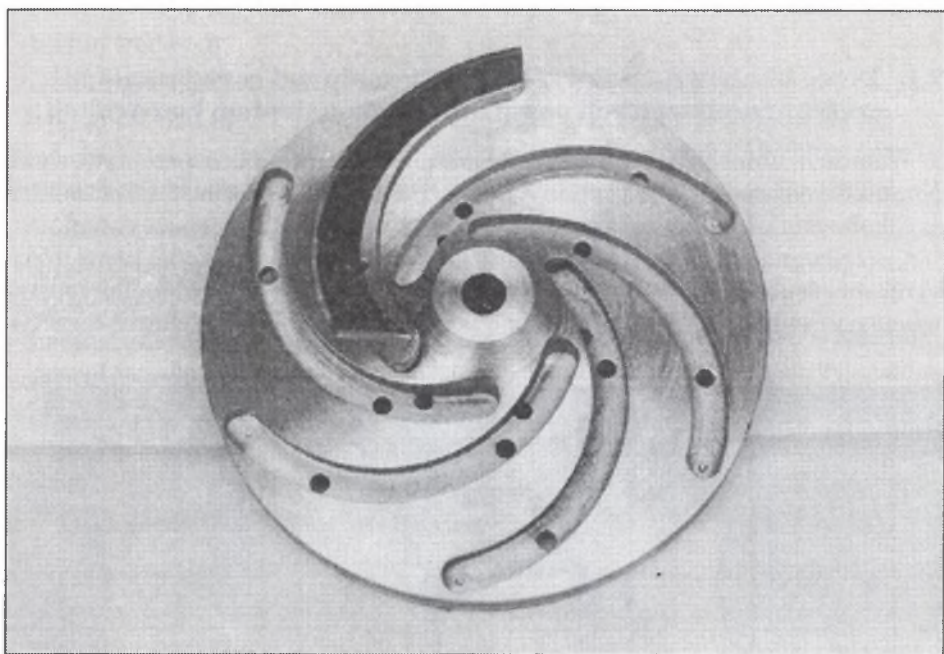
Opracowano projekt wirnika pompy oraz wykonano jego model konstrukcji skręcanej śrubami, a następnie spawanej. Wirnik skręcany śrubami przedstawiono na rysunku 2. Przeprowadzono pomiary następujących charakterystyk



Rys. 1. Stanowisko do badań pomp wirowych

Fig. 1. Centrifugal pump test facility

pomp z nowym wirnikiem: charakterystyki  $H = f(Q)$ ,  $P = f(Q)$ ,  $h = f(Q)$  NPSH =  $f(Q)$  oraz naporu osiowego  $\sum F = f(Q)$ . Badana pompa wirowa posiadała parametry: wydajność  $Q = 90 \text{ m}^3/\text{h}$ , wysokość podnoszenia  $H = 32 \text{ m}$  przy prędkości obrotowej  $n = 2940 \text{ min}^{-1}$ .



Rys. 2. Model wirnika pompy wirowej

Fig. 2. Model of centrifugal pump rotor

Dla porównania przebadano również pompę z układem przepływowym, wyposażonym w wirnik z uźebrowanym wewnętrznym wieńcem w celu odciążenia naporu osiowego. Zbadano wpływ chłodzenia uszczelnienia ślizgowego strumieniem wody z obcego źródła. Wyniki tych prac zostały przedstawione w publikacjach [1 – 8].

## 2.2. Prace nad pompami do cieczy zawierających ciała stałe oraz do mieszanin ciał stałych w cieczach

W zakresie pomp dla cieczy silnie mechanicznie zanieczyszczonych działających erozyjnie kontynuowano prace nad doskonaleniem specjalnego rozwią-

zania konstrukcyjnego wielostopniowej pompy wirowej odśrodkowej do transportu hydraulicznego mieszanin TM-125 i zawiesin ciał stałych w cieczach. Przez 1000 godzin eskploatowano prototyp pompy w warunkach przemysłowych (pompowanie gęstej zawiesiny popiołowo-wodnej). Pompa wykazała zadowalającą trwałość i niezawodność działania [17, 31] i osiągnęła następujące parametry pracy:

- wydajność  $Q = 200 \text{ m}^3/\text{h}$ ,
- wysokość podnoszenia  $H = 270 \text{ m}$ ,
- sprawność  $\eta = 0,57$  (podczas pompowania wody),  
przy prędkości obrotowej  $n = 1450 \text{ min}^{-1}$  oraz przy liczbie stopni  $i = 10$ .

Po zakończeniu badań pompę przekazano do produkcji w Zabrzańskiej Fabryce Maszyn Górniczych POWEN.

Wykorzystując rezultaty badań pompy TM-125 opracowano metodykę projektowania nowych konstrukcji układów odciążających napór osiowy w pompach odśrodkowych. Układ odciążający jest zasilany olejem (z odrębnego obiegu) bądź wodą czystą podawaną przez odrębną pompę.

Kontynuowano również prace nad jednostopniowymi pompami wirowymi odśrodkowymi do transportu hydraulicznego ciał stałych. Zaprojektowano, wykonano i przebadano (w warunkach laboratoryjnych i przemysłowych) prototyp pompy PK-100 do hydraulicznego transportu kruszywa, z elementami części przepływowej wykonanymi z gumy (rys. 3). Dokumentację pompy przekazano do produkcji w Zakładach Mechanicznych BUDKRUSZ w Aleksandrowie Kujawskim.

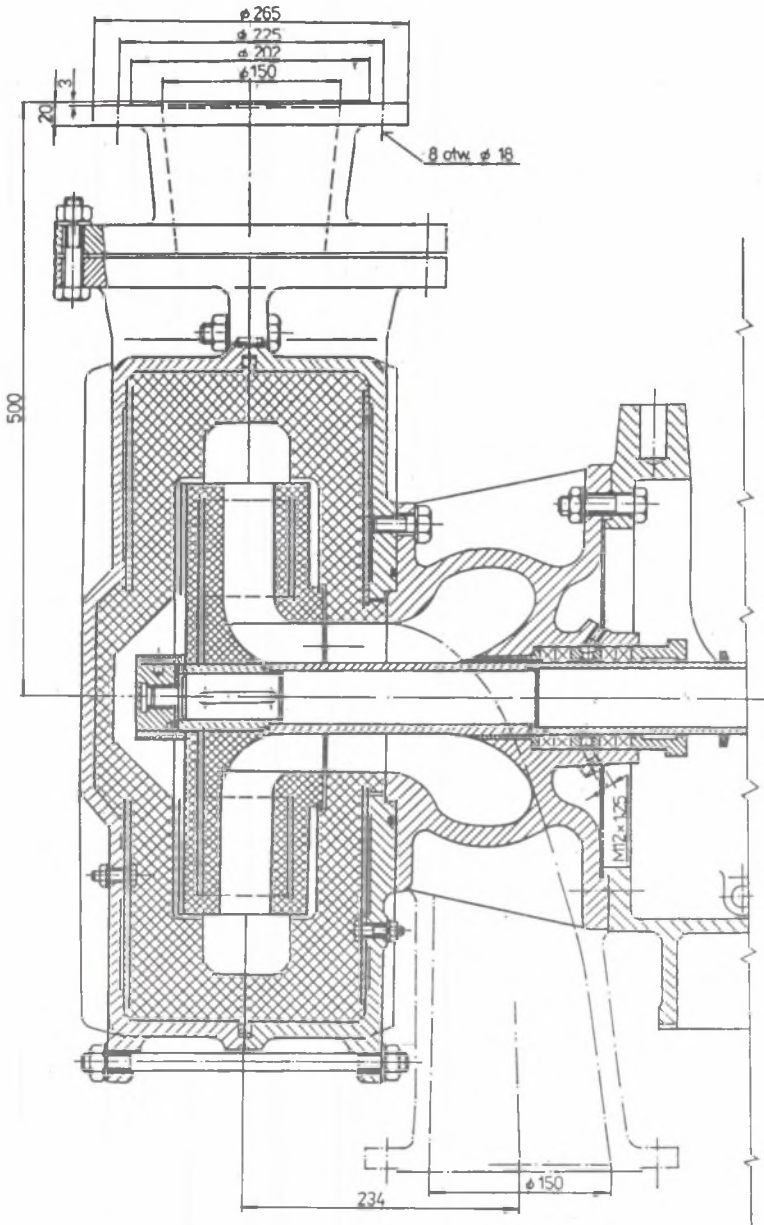
W ramach prac związanych z modernizacją i zwiększeniem sprawności prowadzono także badania pompy do transportu hydraulicznego ciał stałych PH-B [46].

Prowadzono również badania nad pompami o swobodnym przepływie i opracowano metodykę doboru cech konstrukcyjnych takich pomp, wyróżniających się bardzo dużą wysokością podnoszenia [18, 21]. Zwiększenie wysokości podnoszenia (i sprawności) uzyskano wskutek zwiększenia szerokości łopatek wirnika średnicy zewnętrznej.

### **2.3. Badania pompy wirowej krążeńiowej peryferalnej oraz pompy z wirującym pierścieniem cieczowym**

Pompy wirowe krążeńiowe peryferalne są alternatywnym rozwiązaniem konstrukcyjnym dla pomp wporowych w zakresie średnich ciśnień. Charakteryzują się one zwartą budową, małym ciężarem, prostym układem napędowym, ciągłą (bezpulsacyjną) pracą i możliwością samozasysania. Jednym z zastosowań tych pomp jest przetłaczanie mieszanin cieczowo-gazowych.

Badania pompy doświadczalnej przeprowadzono z zastosowaniem czystej wody i mieszaniny wodno-powietrznej. Celem wykonanych badań było okre-



Rys. 3. Pompa wirowa odśrodkowa PK-100 z przepływowymi elementami konstrukcyjnymi wykonanymi z gumy

Fig. 3. Centrifugal pump type PK-100 with flow elements made from rubber

ślenie wpływu wybranych cech konstrukcyjnych pompy na parametry pracy zwłaszcza w zakresie małych wydajności i prędkości obrotowych.

Przeprowadzono badania pompy z wirującym pierścieniem cieczowym o różnych reżimach pracy (pompowym i sprężarkowym).

#### **2.4. Prace nad nowymi sposobami odciążenia naporu osiowego w pompach wirowych odśrodkowych**

Pracowano nad nowymi sposobami odciążania naporu osiowego działającego na wirnik zamknięty pompy wirowej odśrodkowej.

Jedno z rozwiązań konstrukcyjnych polega na zmniejszeniu średnicy wewnętrznej wieńca wirnika, przy równoczesnym ograniczeniu szczeliny nadłopatkowej, odsłoniętej części łopatek. Umożliwia to całkowite odciążenie wirnika, przy małym (około 2%) spadku sprawności pompy.

#### **2.5. Badania łożyska hydrostatyczno–hydrodynamicznego**

W latach 1991 – 1994 w nawiązaniu do badań teoretycznych i doświadczalnych zrealizowanych w latach ubiegłych prowadzono badania nad konstrukcją łożyska hydrostatyczno–hydrodynamicznego [6]. Przygotowaną do publikacji końcowe wyniki badań nad konstrukcją tego łożyska.

#### **2.6. Komputerowe wspomaganie konstruowania pomp wirowych**

Celem prac prowadzonych w ramach tej problematyki było opracowanie zintegrowanego systemu wspomaganie komputerowego projektowania pomp. Prace wykonane w ostatnich latach dotyczyły integrowania programów obliczeniowych w jeden zwarty pakiet z możliwością bezpośredniego przenoszenia wyników obliczeń do baz danych i edytora graficznego (np. AutoCad) uruchamianego z poziomu tego systemu. Rozwiązywanie tak postawionego zadania oparte jest na szczegółowej analizie procesu projektowania pomp wirowych. Podstawę systemu stanowi schemat procesu projektowania. System zawiera oprogramowanie umożliwiające między innymi:

- wybór konstrukcji pompy wirowej,
- obliczenie głównych wymiarów wirnika,
- projektowanie łopatki (kształtu i długości),
- projektowanie uszczelnienia szyi wirnika, obliczanie strat wolumetrycznych,
- obliczanie charakterystyk wirnika,
- uruchomienie programu AutoCad z bezpośrednim przeniesieniem na ekran graficzny wyników obliczeń.

Wszystkie wykonywane zadania projektowe są odpowiednio indeksowane i przechowywane we właściwym zbiorze. System zapewnia wygodną pracę konstruktora z komputerem w trybie konwersacyjnym.

Integralną częścią systemu wspomagania komputerowego projektowania pomp jest komputerowo wspomagany pomiar laboratoryjny pomp modelowych i prototypów. W tej dziedzinie wdrożono dwa sposoby pomiarowe z zastosowaniem:

- przenośnego rejestratora cyfrowego,
- interfejsu pomiarowego sterowanego przez łącze szeregowo komputera.

Opracowane w tej dziedzinie oprogramowanie oprócz wykorzystania bezpośrednich pomiarów umożliwiła wzorcowanie torów pomiarowych i przechowywanie danych o przetworniku. Dane te są wykorzystywane przy konfiguracji konkretnego zadania pomiarowego.

## **2.7. Komputerowe wspomaganie pomiaru charakterystyk pomp wirowych**

W latach 1991 – 1994 zrealizowano układ wspomagania komputerowego pomiaru energetycznych charakterystyk pomp wirowych. W pierwszej kolejności opracowano koncepcję uniwersalnego układu do pomiaru różnych wielkości fizycznych, takich jak: ciśnienie, prędkość obrotowa, moment obrotowy, siła, temperatura, natężenie przepływu cieczy oraz natężenie i napięcie prądu elektrycznego.

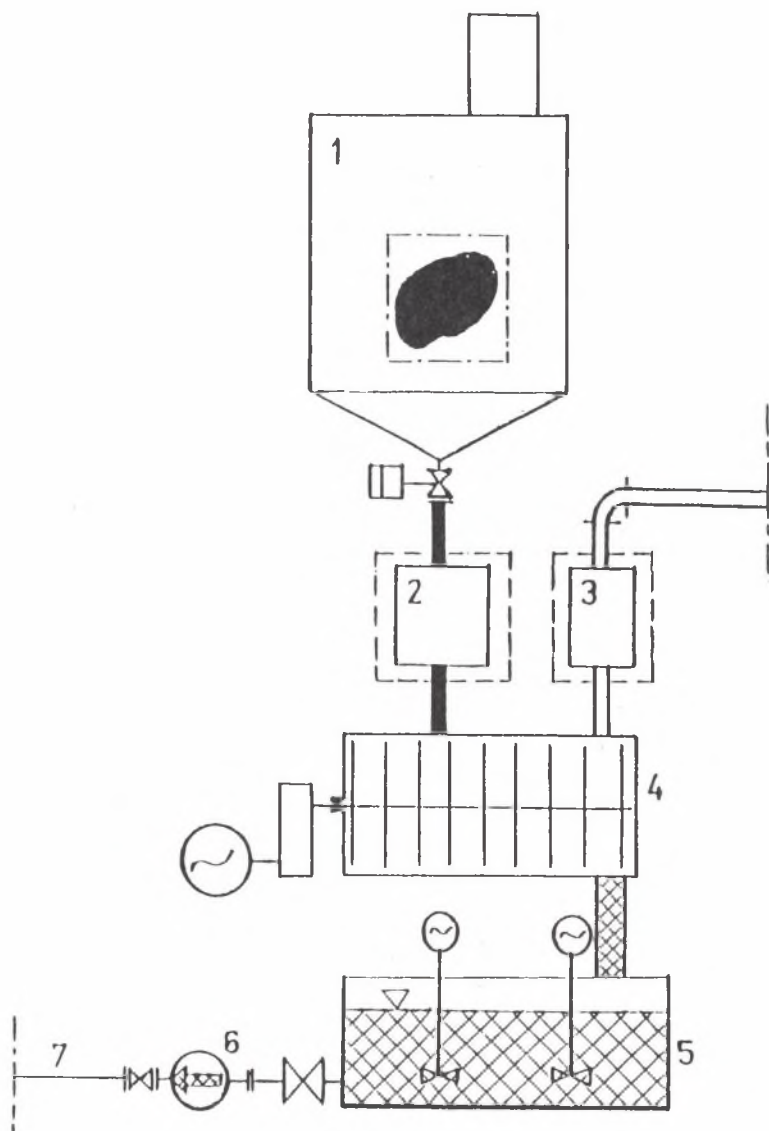
Następnie napisano szereg programów komputerowych umożliwiających przyłączenie specjalistycznej karty pomiarowej, opracowanie wyników pomiarów oraz graficzną prezentację wyników przy pomiarach charakterystyk pomp wirowych. Układ został wykonany w Zakładzie Maszyn i Urządzeń Hydraulicznych i przebadany w warunkach laboratoryjnych.

Od kilku lat w laboratorium Maszyn i Urządzeń Hydraulicznych zmodyfikowany układ służy do pomiaru charakterystyk: energetycznych, muszlowych i ssania pomp wirowych. Na podstawie tego układu opracowano koncepcję pomiarów dynamicznych, jak np. pomiaru sił osiowych w pompach wirowych odśrodkowych oraz sposób sterowania komputerowego pomiarami pomp. Ponadto opracowano programy komputerowe do obliczeń kryz pomiarowych, obliczeń wirników pomp wirowych odśrodkowych oraz programy opracowujące wyniki pomiarów pomp.

## **3. WYTWARZANIE I TRANSPORT HYDRAULICZNY RUROCIĄGOWY GĘSTYCH ZAWIESIN POPIOŁÓW LOTNYCH W WODZIE**

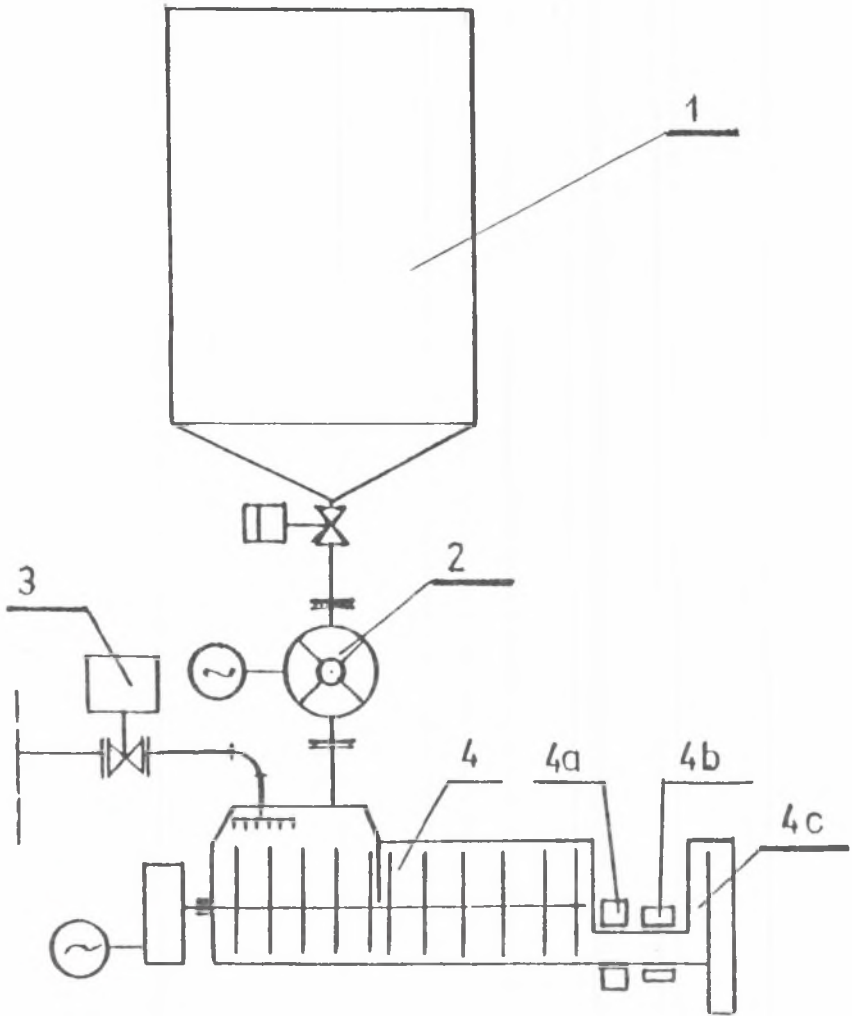
Badania prowadzone od kilku lat doprowadziły do opracowania oryginalnych rozwiązań układów technologicznych do wytwarzania, transportu ruro-





Rys. 4. Schemat instalacji wytwarzania gęstej zawiesiny popielowo-wodnej. Oznaczenia: 1 – zbiornik retencyjny popiołów, 2 – zespół dozujący popioły, 3 – układ dozowania wody, 4 – mieszarka, 5 – zbiornik homogenizacyjny gęstej zawiesiny, 6 – pompa, 7 – rurociągi emulgatu

Fig. 4. Scheme of test installation for making of density ash-water emulsion: 1 – Ash retention tank, 2 – Ash batcher assembly, 3 – System of water batching, 4 – Mixer, 5 – Dense suspension homogenization tank, 6 – Pump, 7 – Emulsion piping



Rys. 5. Schemat układu dozowania popiołów lotnych i wody do mieszarki. Oznaczenia: 1 – zbiornik retencyjny popiołów suchych, 2 – dozownik celkowy (z napędem), 3 – regulator natężenia dopływu wody, 4 – mieszarka, 4a – przelew, 4b – przepływomierz gęstej zawiesiny, 4c – miernik gęstości emulgatu

Fig. 5. Scheme of ash and water feeding system to mixer: 1 – Dry ash retention tank, 2 – Feeder with drive, 3 – water flow controller, 4 – Mixer, 4a – overflow, 4b – density suspension flow meter, 4c – density measuring gauge

ciągowego i składowania gęstych zawiesin popiołów lotnych w wodzie [16, 19, 23], charakteryzujących się bardzo dużym udziałem objętościowym fazy stałej w zawiesinie (w granicach  $c_v = 0,40 \div 0,50$ ). Rozwiązania te zostały wdrożone i z powodzeniem są stosowane w Elektrowni ŁAGISZA, Ciepłowni OPOLE, Elektrociepłowni PECS (Węgry) i w Elektrowni OPOLE S.A. [21]. W ramach kontynuacji prac nad tą problematyką opracowano oryginalny układ sterowania pracą instalacji wytwarzania zawiesiny przy zachowaniu warunku stałości parametrów reologicznych zawiesiny (rys. 4 i 5). Zwiększa to pewność funkcjonowania układu transportu hydraulicznego. Prowadzono również prace nad wykorzystaniem gęstych zawiesin popiołowo-wodnych do rekultywacji odkrywek górniczych [20] i wspólnego składowania odpadów energetycznych z procesów chemicznych [24].

#### 4. ZAGADNIENIE NAPONOWIETRZANIA ŚCIEKÓW ZA POMOCĄ ZATAPIALNYCH AERATORÓW POMPOWYCH

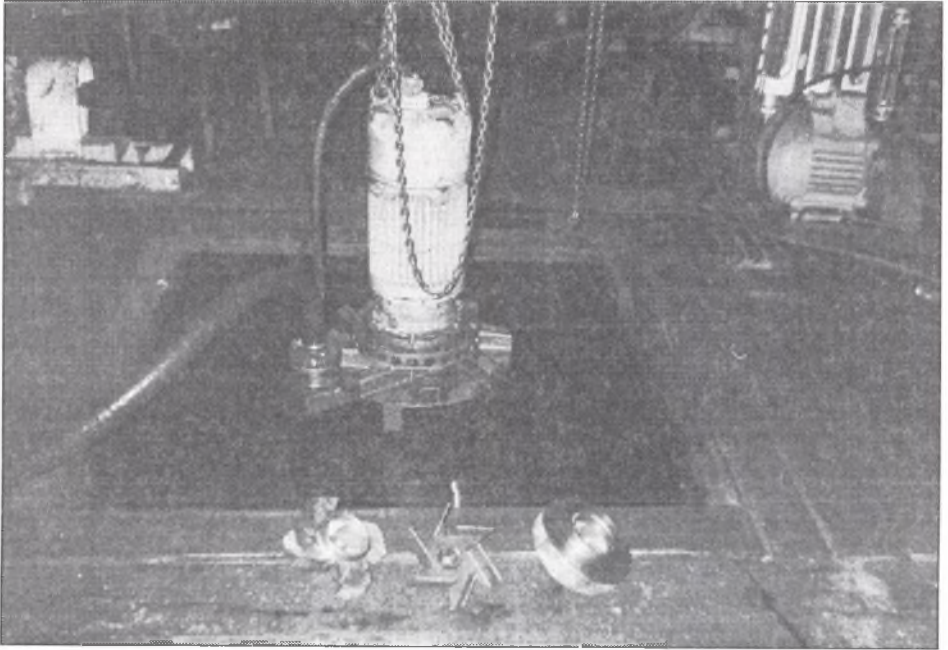
Celem tematu badawczego było określenie efektywności naponowietrzania za pomocą aeratora pompowego zatapialnego według własnych koncepcji. Aerator pompowy nie tylko dostarcza powietrze do cieczy, ale również ją miesza, co zwiększa efektywność natleniania. Opracowane konstrukcje doświadczalnych aeratorów wykorzystują do tego celu napęd standardowej pompy zatapialnej. Prototyp zatapialnego aeratora pompowego przedstawiono na rysunku 6, a badane wirniki pokazano na rysunku 7.

W warunkach laboratoryjnych badano ilość zassanego powietrza, moc pobieraną przez napęd oraz zdolność natleniania (rys. 8). Na podstawie przeprowadzonych prac oraz wyników badań zaproponowano konstrukcję prototypu aeratora pompowego zatapialnego.

#### 5. BADANIA TRWAŁOŚCI MATERIAŁÓW POMP NARAŻONYCH NA DZIAŁANIE EROZJI

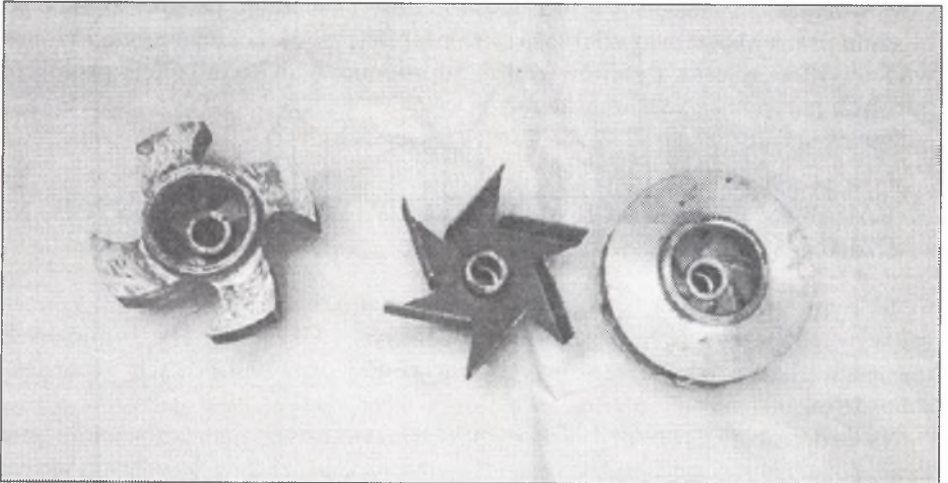
Jednym z problemów związanych z podniesieniem trwałości i sprawności maszyn, rozpatrywanym w Zakładzie Maszyn i Urządzeń Hydraulicznych, jest zagadnienie doboru właściwych materiałów oraz badanie ich odporności na erozję.

Na podstawie obserwacji oraz wyników uzyskanych podczas wieloletnich prac dotyczących badań zużycia erozyjnego materiałów konstrukcyjnych opracowano uniwersalną metodę badań oraz stanowisko pozwalające na porównywanie odporności erozyjnej różnych materiałów konstrukcyjnych. Równoległe do badań modelowych przeprowadza się również badania po-



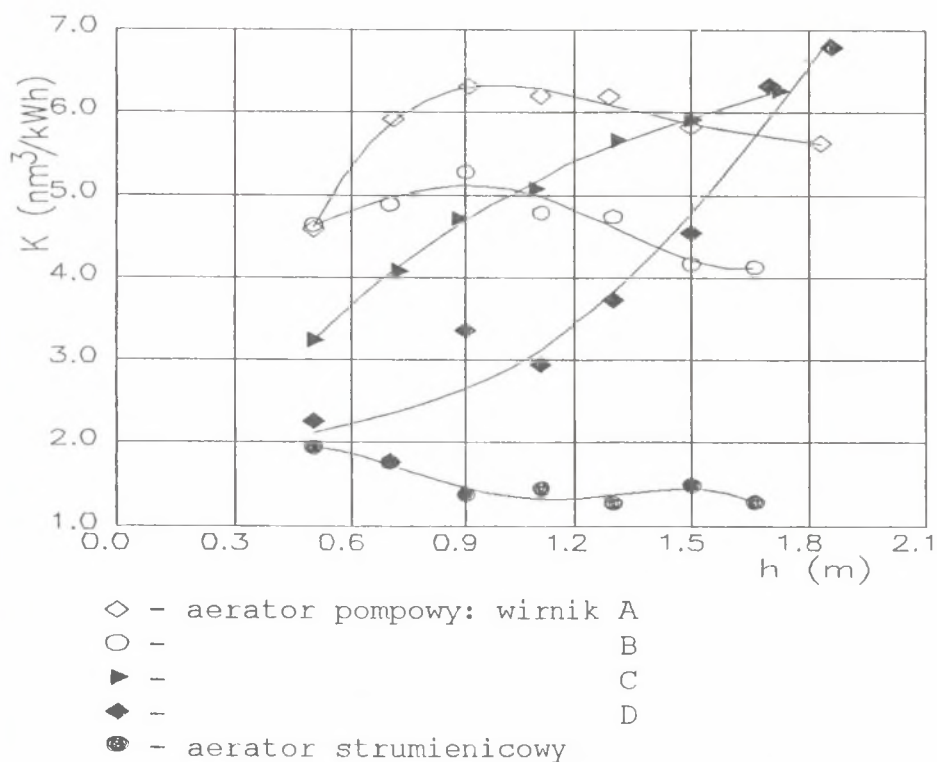
Rys. 6. Prototyp zatopialnego aeratora pompowego

Fig. 6. Prototype of submerged pump aerator



Rys. 7. Wirniki badane w prototypie aeratora pompowego

Fig. 7. Investigated rotors in prototype of submerged pump aerator

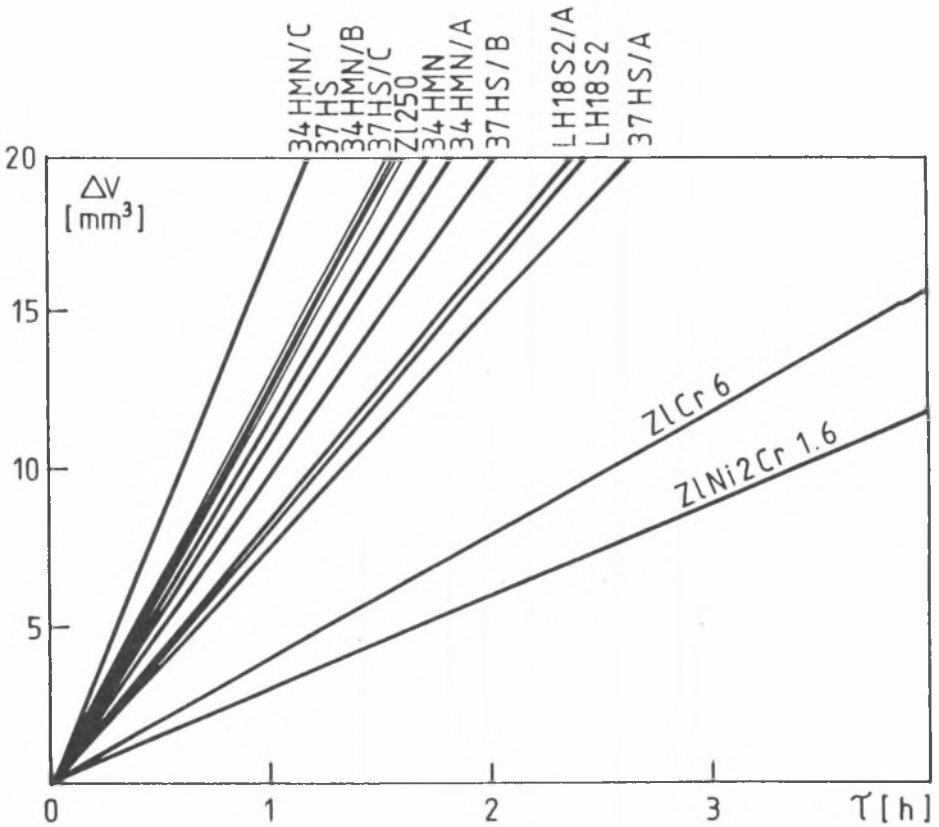


Rys. 8. Zależność współczynnika K od głębokości h aeratora w zbiorniku dla aeratora pompowego z różnymi wirnikami (A do D) i aeratora strumieniowego

Fig. 8. Dependence of K coefficient versus aerator depth h in the tank for the pump aerator having different rotors (A to D) and jet aerator

równawcze rzeczywistych maszyn w warunkach laboratoryjnych oraz eksploatacyjnych.

Na podstawie zebranych doświadczeń opracowano metodę badań najlepszą zarówno ze względu na porównywalność warunków badań modelowych z rzeczywistymi warunkami pracy maszyn, jak i ze względu na prostotę technologii wykonania próbek oraz wygodę dla warsztatu badawczego. Metoda nadaje się do badań porównawczych zużycia erozyjnego materiałów konstrukcyjnych. Wykonano badania nad różnymi typami stali, staliw, żeliw, stopów miedzi, stopów aluminium, poliuretanów oraz tworzyw kompozytowych na bazie epoksydów. Dla przykładu na rysunku 9 podano wykres zbiorczy objęto-



Rys. 9. Wykres zbiorczy objętościowego ubywania próbek wykonanych z wybranych materiałów konstrukcyjnych

Fig. 9. Generalized diagram of volumetric decreasing of specimens made from chosen materials

ściowego ubywania próbek wykonanych z wybranych materiałów konstrukcyjnych.

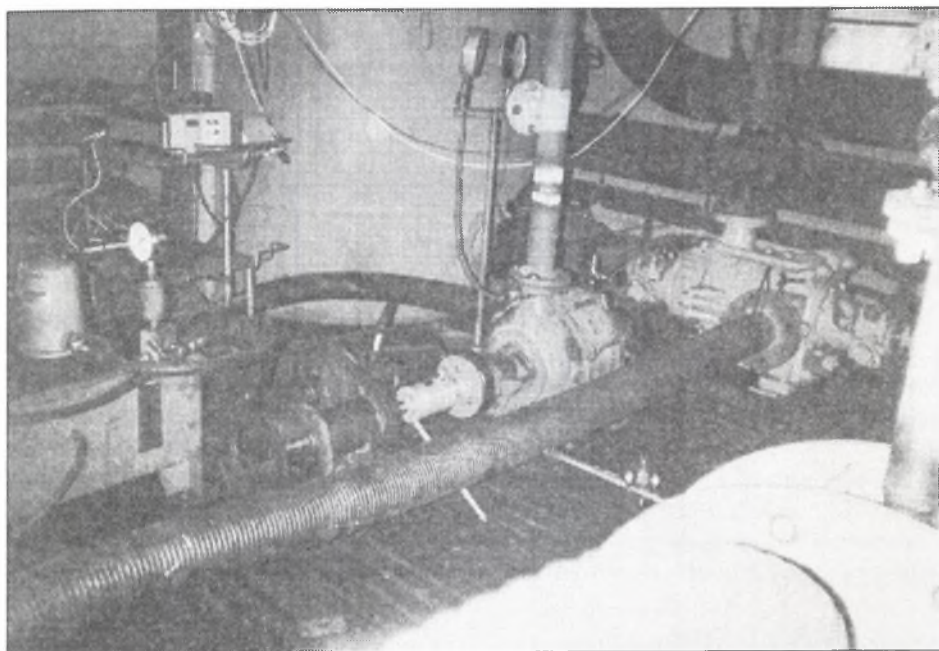
Prace badawcze dotyczące określenia najodpowiedniejszych materiałów konstrukcyjnych na elementy części przepływowych pomp, opublikowane w latach 1991 – 1994 podano w wykazie publikacji [25, 28, 29, 30, 39, 40, 42]. Ponadto prowadzi się badania pomp w okresie ich eksploatacji, aby stwierdzić, które elementy konstrukcyjne ulegają największemu niszczeniu przez erozję.

## 6. PRACE REALIZOWANE W RAMACH PROJEKTÓW BADAWCZYCH (GRANTÓW)

Równolegle do prac naukowo-badawczych i konstrukcyjnych realizowanych w ramach prac statutowych (Bk) i własnych (Bw) w Zakładzie Maszyn i Urządzeń Hydraulicznych były prowadzone w ostatnich latach dwie prace finansowane przez Komitet Badań Naukowych w Warszawie:

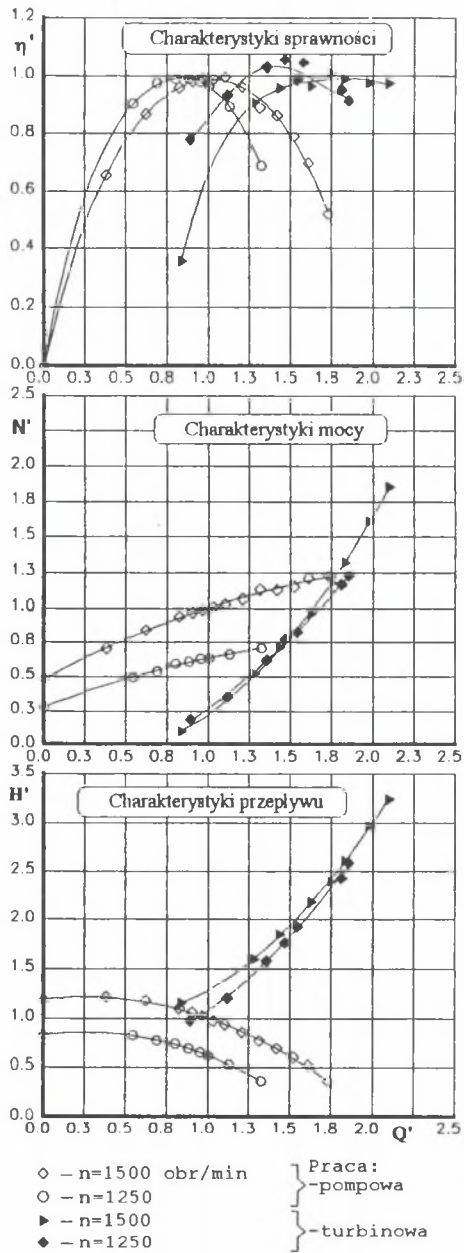
- Odzysk energii traconej w różnych procesach technologicznych za pomocą hydraulicznych maszyn wirowych.
- Opracowanie metody kształtowania wysoko sprawnych układów przepływowych pomp wirowych odśrodkowych do cieczy zawierających ciała stałe.

W ramach pierwszej pracy zajmowano się między innymi zagadnieniem zastosowania pomp wirowych w ruchu turbinowym do rekuperacji energii traconej w przemyśle chemicznym, górniczym, energetyce cieplnej, oczyszczalniach ścieków, sieciach wodociągowych i innych systemach, w których występuje redukcja ciśnienia lub zrzuty cieczy [13, 27, 32, 33, 34, 35, 37, 40, 41, 44].



Rys. 10. Pompa wirowa odśrodkowa OS-80R/3 w ruchu turbinowym na stanowisku badawczym w laboratorium Zakładu

Fig. 10. The OS-80R/3 centrifugal pump operating as turbine in labour test facility



Rys. 11. Charakterystyka indywidualna pompy OS-80R/3 w ruchu pompowym i turbinowym

Fig. 11. The OS-80R/3 pump performance curves operated as the pump and as turbine



Aby właściwie wykorzystać potencjał naukowy pracowników oraz istniejące laboratoria, a co za tym następuje, przyspieszyć wykonanie pracy i zmniejszyć nakłady finansowe, badania były prowadzone w Zakładzie Maszyn i Urządzeń Hydraulicznych Politechniki Śląskiej w Gliwicach i Zakładzie Dynamiki Cieczy Instytutu Maszyn Przepływowych PAN w Gdańsku.

Pompę wirową OS-80R/3 w ruchu turbinowym na stanowisku badawczym w laboratorium Zakładu Maszyn i Urządzeń Hydraulicznych pokazano na rysunku 10.

Dotychczasowe wyniki pracy naukowo-badawczej wskazują, że będzie można w określonych warunkach zamiast turbin hydraulicznych (wodnych), nie budowanych w kraju, stosować do odzysku energii traconej pompy wirowe jedno- i wielostopniowe produkowane w fabrykach krajowych. Takie rozwiązanie ułatwi i wpłynie na potaniecie inwestycji związanych z rekuperacją energii. Dla przykładu na rysunku 11 pokazano charakterystykę indywidualną pompy OS-80R/3 w ruchu pompowym i turbinowym.

Natomiast przedmiotem drugiej pracy były zagadnienia teoretyczno-badawcze oraz projekt pompy wirowej odśrodkowej do transportu hydraulicznego rozdrobnionych ciał stałych o małej liczbie łopatek wirnika.

W ramach projektu badawczego przeprowadzono analizę współzależności pomiędzy geometrycznymi cechami konstrukcyjnymi a parametrami pracy pompy. Zaproponowano sposób określania głównych wymiarów części przepływowej pompy na zadane parametry pracy. Wykonano analizę cech konstrukcyjnych, zwłaszcza w pompach o różnie ukształtowanych łopatkach [36, 43].

Z problematyką prac zrealizowanych w latach 1991 – 1994 wiąże się kilkanaście patentów i wzorów użytkowych przyznanych pracownikom Zakładu Maszyn i Urządzeń Hydraulicznych.

## LITERATURA

- [1] Korczak A., Lamboj J.: Projektowanie, badanie modelowe i wdrożeniowe pompy typu OWH-250, Zeszyty Naukowe Pol. Śl., seria Energetyka z. 112, Gliwice 1991, s. 189–198.
- [2] Korczak A., Rokita J.: Pompy i układy pompowe (dla kierunków niemechanicznych). Skrypt Pol. Śl. nr 1554, Gliwice 1991, s. 273.
- [3] Korczak A., Rokita J.: The occurrence of axial thrusts in free-flow pumps, Proceeding of the ninth Conference on Fluid Machinery, Budapest, Akademiai Kiado, 1991, s. 203–301.
- [4] Korczak A. i inni (pod red. Cempela Cz. i Tomaszewskiego F.): Diagnostyka maszyn. Zasady ogólne. przykłady zastosowań. Międzynarodowe Centrum Naukowe Eksploatacji Majątku Trwałego, Radom 1992, s. 295–303.
- [5] Korczak A., Pakuła G.: Dynamika układów pompowych. Skrypt Pol. Śl. nr 1749, Gliwice 1993, s. 169.

- [6] Korczak A.: Łożysko osiowe z wahliwie podpartym pierścieniem wirującym. VII Konferencja Naukowo–Techniczna, Rzeszów 1993, s. 171–181.
- [7] Korczak A.: Dyskusje o nazewnictwie w diagnostyce pomp. Pompy – Pompownie, Biuletyn Informacyjno–Reklamowy, Wrocław 1993, s. 3.
- [8] Pakuła G., Korczak A.: Computations of a flow at the impeller inlet, *Konf. HYDROTURBO*, Brno 1993, s. 74–83.
- [9] Rduch J.: Pompy wirowe wielotarczowe – niekonwencjonalna idea oraz zastosowanie. III symposium „Zagadnienia energetyczne w mechanice”, PTMTiS, Szczyrk 1991, s. 181–188.
- [10] Otte J., Rduch J.: Komputerowa analiza cech konstrukcyjnych wałów i łożysk wentylatorów, VII *Konf. „Metody i środki projektowania wspomagane komputerowo”*, Warszawa 1991, s. 265–270.
- [11] Rduch J.: Untersuchungen an einer Vielscheibenpumpe mit breiten spalten, *PUMPENTAGUNG–92*, Karlsruhe 1992, s. 12.
- [12] Rduch J.: Ogólna struktura procesu projektowania pomp ze wspomaganie komputerowym. VII Konferencja Naukowo–Techniczna, Rzeszów 1993, s. 201–207.
- [13] Rduch J., Zarzycki M.: Badania laboratoryjne pomp wirowych wielostopniowych w ruchu turbinowym. *Konf. HYDROFORUM*, Gdańsk 1994, s. 11–18.
- [14] Rduch J. Wyniki badań laboratoryjnych wysokociśnieniowej pompy wyporowej z bezpośrednim napędem hydraulicznym. Konferencja *TRANS-HYDRO*, Wrocław 1994, s. 115–123.
- [15] Rduch J.: Zastosowanie pomp wirowych wielotarczowych do pompowania mieszanin. *Konf. TRANSHYDRO*, Wrocław 1994, s. 125–132.
- [16] Rokita J.: Energy saving hydraulic system vor removing fly-ash and slag, *Polish Technical Review*, nr 6, 1990, s. 7–9.
- [17] Rokita J., Dębiec J.: A multi-stage centrifugal impeller pump, *Polish Technical Review*, nr 2–3, 1992, s. 5–7.
- [18] Rokita J.: Erweiterungsmöglichkeit des Anwendungsbereichen von Preistrompumpen durch Änderung der geometrischen Parameter. *Konf. PUMPENTAGUNG–92*, Karlsruhe 1992, praca B7–04, s. 10.
- [19] Rokita J. i inni: The production transport and storage of thick ageuneous ash suspensions, *Proceeding of the fourth International Sympos, on the Reclamation, Treatment and Utilisation of Coal Mining Wastes*, Kraków 1993, s. 433–440.
- [20] Rokita i inni: Zastosowanie technologii gęstej zawiesiny popiołowo–wodnej w procesie warstwowego wypełnienia powierzchniowych wyrobisk poeksploatacyjnych. Międzynarodowe symposium naukowe „Górnictwo siarki a ekologia”, Tarnobrzeg 1993, s. 12.
- [21] Rokita J.: Rozszerzenie zakresu parametrów pracy pomp o swobodnym przepływie, VII Konferencja Naukowo–Techniczna „Wirnikowe maszyny przepływowe”, Rzeszów 1993, t. 2, s. 193–199.

- [22] Rokita J. Pakosz T.: Proekologiczna metoda składowania odpadów paleniskowych w postaci emulgatu i jej efektywność na przykładzie Elektrowni Opole. VIII Konferencja „Wydajność – Efektywność”, Opole 1993, s. 234–237.
- [23] Rokita J.: Wytwarzanie i transport hydrauliczny gęstych zawiesin popiołowo-wodnych. Konferencja TRANSHYDRO, Wrocław 1994, s. 133–142.
- [24] Folek S., Rokita J.K., Rokita J.: Możliwości wykorzystania gęstych zawiesin popiołów lotnych w wodzie w procesach składowania odpadów w przemyśle chemicznym, Chemik nr 9, 1994, s. 216–220.
- [25] Zarzycki M., Jadwiszczok A.: Investigations of the influence of the hardness on abrasion for different pump materials used for leaded fluids, PUMPENTAGUNG-92, Karlsruhe 1992, A7-03, s. 14.
- [26] Zarzycki M., Kania E.: Zabezpieczenie pomp wirowych zatapialnych przed przeciwnym kierunkiem obrotów ich silników napędowych, Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa, Katowice 1992, nr 4–5, s. 60–65.
- [27] Zarzycki M., Dębiec J., Rduch J.: Badanie wielostopniowej pompy wirowej w ruchu turbinowym. VII Konferencja Naukowo-Techniczna, Rzeszów 1993, t. 2, s. 21–38.
- [28] Zarzycki M., Wilk A.: Badania doświadczalne dotyczące zwiększenia trwałości pomp dla cieczy mechanicznie zanieczyszczonych działających erozyjnie, Zagadnienia Maszyn Przepływowych, IMP PAN, Gdańsk 1993, s. 683–703.
- [29] Zarzycki M., Wilk A.: Badania doświadczalne materiałów konstrukcyjnych dla pomp do cieczy mechanicznie zanieczyszczonych działających ścierająco. Międzynarodowa konferencja „Problemy projektowania, wytwarzania i eksploatacji sprzętu górniczego i środków automatyzacji górnictwa”, Pol. Śl. i Moskiewski Instytut Górniczy, Gliwice 1993, s. 95–110.
- [30] Zarzycki M., Wilk A.: Zwiększenie trwałości elementów maszyn hydraulicznych podlegających niszczeniu erozyjnemu przez zastosowanie tworzyw niemetalicznych. VII Konferencja Naukowo-Techniczna, Rzeszów 1993, s. 47–57.
- [31] Zarzycki M., Rokita J., Dębiec J.: Bewertungsmöglichkeiten der Anwendung mehrstufiger Aufschlammungen grobkörniger fester Körper in Anlehnung an Betriebsuntersuchungen. Konferencja HYDROMECHANISATION-5, Magdeburg 1993, s. 18.
- [32] Zarzycki M.: Odzysk energii traconej w różnych procesach technologicznych za pomocą hydraulicznych maszyn wirnikowych. Komunikat na konferencji „Wirnikowe maszyny przepływowe”, KBN, Łódź 1993, s. 65–68.
- [33] Zarzycki M., Rduch J.: Praca pomp wirowych wielostopniowych w ruchu turbinowym. Górnictwo Odkrywkowe nr 4, Wrocław 1994, s. 135–142.

- [34] Zarzycki M., Rduch J.: Praca pomp wirowych w ruchu turbinowym. Seminarium krajowe „Wykorzystanie energii odnawialnej w rolnictwie”, IBMER, Warszawa 1994, s. 9.
- [35] Zarzycki M., Dębiec J., Rduch J.: Wykorzystanie pomp wirowych odśrodkowych wielostopniowych w pracy turbinowej do odzysku energii. Sympozjum „Nowoczesna technika wytwarzania energii elektrycznej”, Bielsko-Biała 1994, s. 6.
- [36] Zarzycki M., Rokita J.: Analiza i ocena parametrów pracy pomp wirowych do transportu hydraulicznego ciał stałych w cieczach oraz kierunki ich doskonalenia i rozwoju. *Górnictwo Odkrywkowe*, nr 4 1994, s. 143–151.
- [37] Zarzycki M., Rokita J., Dębiec J.: Pompa wirowa odśrodkowa wielostopniowa do dalekiego hydraulicznego transportu zawieszin popiołowodnych. Sympozjum „Nowoczesna technika w wytwarzaniu energii elektrycznej”, Bielsko-Biała 1994, s. 6.
- [38] Zarzycki M.: Zagadnienie budowy i eksploatacji pomp w okresie restrukturyzacji gospodarki. Konferencja TRANSHYDRO, Wrocław 1994, s. 253–265.
- [39] Zarzycki M., Wilk A.: Zwiększenie odporności pomp do transportu hydraulicznego ciał stałych na działanie erozyjne cieczy. Konferencja TRANSHYDRO, Wrocław 1994, s. 229–252.
- [40] Zarzycki M.: A comparison of the results of investigations concerning the erosive wear of the impellers of rotodynamic pumps in normal exploitation with the results of tests carried out on samples in the laboratory. Międzynarodowa konferencja naukowa INSYCONT-SLOVIANTRIB, AGH, Kraków 1994, s. 213–229.
- [41] Zarzycki M., Dębiec J., Rduch J.: Analiza możliwości wykorzystania energii traconej w niektórych procesach technologicznych przemysłu węglowego za pomocą hydraulicznych maszyn wirowych, *Mechanizacja i Automatykacja Górnictwa*, Katowice 1994, s. 26–29.
- [42] Zarzycki M., Wilk A.: Experiments on the erosion wear. Extrapolation of model results to real hydraulic machinery elements, *Archiwum Technologii Maszyn i Automatykacji KBM PAN*, z. 13, Poznań 1994, s. 281–297.
- [43] Zarzycki M., Rokita J.: Wpływ cech konstrukcyjnych na parametry pracy pomp wirowych odśrodkowych do hydraulicznego transportu ciał stałych. Konferencja HYDROFORUM, Gdańsk 1994, s. 97–109.
- [44] Zarzycki M., Dębiec J., Rduch J.: Analiza zastosowania pomp wirowych w ruchu turbinowym w kopalniach węgla kamiennego. Konferencja HYDROFORUM, Gdańsk 1994, s. 1–9.
- [45] Zarzycki M., Wilk A.: Investigations concerning the improvement of the durability of impeller pump elements exposed to the effects of erosion, *75-lecie AGH*, Kraków 1994, t. 13, z. 2, s. 255–271.
- [46] Wilk A., Wilk S.: Pompy do hydrotransportu typu PH-B. Konferencja TRANSHYDRO, Wrocław 1994, s. 207–216.