

P O L S K A A K A D E M I A N A U K
INSTYTUT MASZYN PRZEPLYWOWYCH

PRACE
INSTYTUTU MASZYN
PRZEPLYWOWYCH

TRANSACTIONS
OF THE INSTITUTE OF FLUID-FLOW MACHINERY

85

WARSZAWA - POZNAŃ 1983

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 PRZEPŁYWOWYCH

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

RADA REDAKCYJNA – EDITORIAL BOARD

TADEUSZ GERLACH · HENRYK JARZYNA · JERZY KRZYŻANOWSKI
STEFAN PERYCZ · WŁODZIMIERZ PROSNAK
KAZIMIERZ STELLER · ROBERT SZEWAŁSKI (PRZEWODNICZĄCY · CHAIRMAN)
JÓZEF ŚMIGIELSKI

KOMITET REDAKCYJNY – EXECUTIVE EDITORS

KAZIMIERZ STELLER – REDAKTOR – EDITOR
WOJCIECH PIETRASZKIEWICZ · ZENON ZAKRZEWSKI
ANDRZEJ ŻABICKI

REDAKCJA – EDITORIAL OFFICE

Instytut Maszyn Przepływowych PAN
ul. Gen. Józefa Fiszer 14, 80-952 Gdańsk, skr. pocztowa 621, tel. 41-12-71

Copyright
by Państwowe Wydawnictwo Naukowe
Warszawa 1983

Printed in Poland

ISBN 83-01-04191-9
ISSN 0079-3205

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE – ODDZIAŁ W POZNANIU

Nakład 380+90 egz.	Oddano do składania 5 VII 1982 r.
Ark. wyd. 22. Ark. druk. 15	Podpisano do druku 4 III 1983 r.
Pap. druk. sat. kl. V, 70 g	Druk ukończono w marcu 1983 r.
Nr zam. 440/179	N-5/1001.

DRUKARNIA UNIwersytetu IM. A. MICKIEWICZA W POZNANIU

KAZIMIERZ STELLER

Działalność naukowa Zakładu Dynamiki Cieczy w latach 1976 - 1980

Отдел гидродинамики

В 1976 - 1980 г.г. Отдел гидродинамики занимался совершенствованием основ конструкции и эксплуатации центробежных насосов, гидротурбин и гидромфуг, а также процессом развития и исчезновения кавитационных пузырей, методами прогнозирования кавитации и кавитационной эрозии, диагностикой кавитации в гидравлических машинах, методами защиты машин перед вредными следствиями кавитации и сопротивлением конструкционных материалов кавитационной эрозии.

Кроме того выполнялись экспертизы и технические анализы, а также конструкционные, технологические и экспериментальные работы в области строения и эксплуатации гидравлических машин и устройств для нужд энергетики, горного дела, судостроения, сельского хозяйства, гражданского строительства, железнодорожных путей сообщения, а также машиностроительной и химической промышленности. Проводились также консультации и авторские надзоры над внедрением разработок Отдела в производстве или эксплуатации.

Department of Fluid Dynamics

In the years 1976 - 1980 the Department of Fluid Dynamics was engaged in improving the fundamentals of design and utilization of centrifugal pumps, water turbines and fluid couplings, research of cavitation bubble development and collapse processes, the methods of cavitation and cavitation erosion prediction, cavitation diagnostics in hydraulic machinery, the methods of machinery protection against destructive cavitation effects and the resistance of structural materials to cavitation erosion.

Expertises and technical analysis were elaborated as well as design, technological and experimental works on the construction and utilization of hydraulic machinery and devices for the needs of Power Mining and Shipbuilding Industries, Agriculture, Building Trade, Railways, Chemical and Engineering Industry. Numerous professional advices were given. Implementation of the Department elaborations to the production or utilization technology was supervised by the authors.

1. Wstęp

W latach 1976 - 1980 Zakład Dynamiki Cieczy uczestniczył w rozwiązywaniu zagadnień objętych planem międzyresortowym MR I. 26 „Podstawy projektowania maszyn i urządzeń energetycznych” (plan B) oraz w pracach na rzecz jednostek gospodarki narodowej (plan C2).

Tematyka prac badawczych wykonywanych w ramach planu B należała do dwóch grup tematycznych:

- 04. Przepływy cieczy przez urządzenia energetyczne i maszyny,
- 07. Diagnostyka i zwalczanie kawitacji.

W grupie 04 rozwiązywano zadania określone następującymi tematami:

- 04.1. Podstawy projektowania i eksploatacji sprzęgieł hydrokinetycznych,
- 04.2. Podstawy projektowania i eksploatacji pomp i turbin wodnych.

Ich celem było:

- doskonalenie podstaw konstrukcji sprzęgieł hydrokinetycznych stosowanych do regulacji maszyn wirowych,
- opracowanie zasad konstrukcji kolektorów spiralnych dla jednostopniowych pomp osrodkowych ze staczanymi wirnikami,
- doskonalenie konstrukcji urządzeń prerotacyjnych do regulacji wydajności pomp szybkobieżnych, a w szczególności pomp wody chłodzącej w siłowniach klasycznych i jądrowych,
- opracowanie podstaw optymalnej eksploatacji turbin wodnych ze względu na ich sprawność i dyspozycyjność ruchową.

W grupie 07 rozwiązywano zadania określone następującymi tematami:

- 07.1. Diagnostyka kawitacji w maszynach hydraulicznych,
- 07.2. Metody ochrony maszyn hydraulicznych przed kawitacją,
- 07.3. Ocena odporności materiałów konstrukcyjnych na erozję kawitacyjną,
- 07.4. Hydrodynamika kawitacji.

Ich celem było:

- zbadanie procesu rozwoju i zanikania pęcherzy kawitacyjnych oraz poznanie struktury i dynamiki obłoków kawitacyjnych,
- opracowanie metod detekcji kawitacji oraz zbadanie przebiegu tego zjawiska i zjawisk towarzyszących w pompach diagonalnych,
- opracowanie metod prognozowania kawitacji w układach (palisadach) łopatkowych,
- opracowanie zasad oceny natężenia kawitacji i odporności materiałów na działanie tego zjawiska,
- zbadanie reakcji materiałów na działanie kawitacji przepływowej i wibracyjnej oraz uderzenie strumieniem cieczy,
- ocena skuteczności różnych metod ochrony elementów maszyn przed erozją kawitacyjną,
- opracowanie podstaw do prognozowania erozji kawitacyjnej.

W ramach planu C2 wykonywano ekspertyzy i analizy techniczne oraz prace konstrukcyjne, technologiczne i doświadczalne na rzecz energetyki, górnictwa, okrętownictwa, rolnictwa, budownictwa, kolejnictwa oraz przemysłu maszynowego i chemicznego. Udzielano również konsultacji i sprawowano nadzory autorskie nad wdrażaniem opracowań Zakładu do produkcji i eksploatacji.

W zakresie badań podstawowych Zakład współpracował z krajowymi i zagranicznymi ośrodkami naukowymi, natomiast w zakresie tzw. prac wdrożeniowych utrzymywał ścisłe kontakty z zakładami energetycznymi, fabrykami maszyn i stoczniami.

Wyniki działalności podstawowej Zakładu przedstawiono w 75 publikacjach, w 61 referatach wygłoszonych na zebraniach naukowych w kraju i za granicą oraz w 21 opraco-

waniach wewnętrznych. W ramach tej działalności opracowano również 5 metod pomiarowo-badawczych, 4 nowe technologie i 11 nowych urządzeń. Zajmowano się także działalnością szkoleniową (seminaria i kursy specjalistyczne, szkolenie doktorantów, stażystów, praktykantów i dyplomantów), dydaktyczną (wykłady i seminaria w szkołach wyższych i średnich), opiniodawczą (opiniowanie prac naukowych, projektów norm i wynalazków), konsultacyjną, redakcyjną, organizacyjną w dziedzinie nauki i techniki (organizacja zebrań i szkół naukowych oraz konferencji specjalistycznych, udział w pracach towarzystw i komitetów oraz rad naukowych i technicznych) oraz popularyzatorską (publikacje, odczyty, wystawy).

Prace użytkowe (głównie rozwojowe i wdrożeniowe) zakończono w formie 6 dokumentacji projektowych, 11 opracowań konstrukcyjno-technologicznych, 5 nadzorów autorskich, 30 opinii i ekspertyz technicznych (14 sprawozdań z badań, 16 orzeczeń i analiz technicznych).

Wyszczególnione prace były wykonywane przez trzy zespoły naukowo-badawcze, a mianowicie przez Pracownię Sprzęgieł i Przekładni Hydrokinetycznych, Zespół Hydromechaniki oraz Zespół Studiów Konstrukcyjnych i Badań Maszyn Wodnych.

Poniżej zamieszczono przegląd prac wykonanych w latach 1976 - 1980. W dalszej kolejności podano informacje organizacyjne i uwagi na temat zamierzeń badawczych Zakładu na najbliższe lata. Na końcu zamieszczono wykaz publikacji i opracowań oraz wygłoszonych referatów w okresie sprawozdawczym.

2. Kawitacja

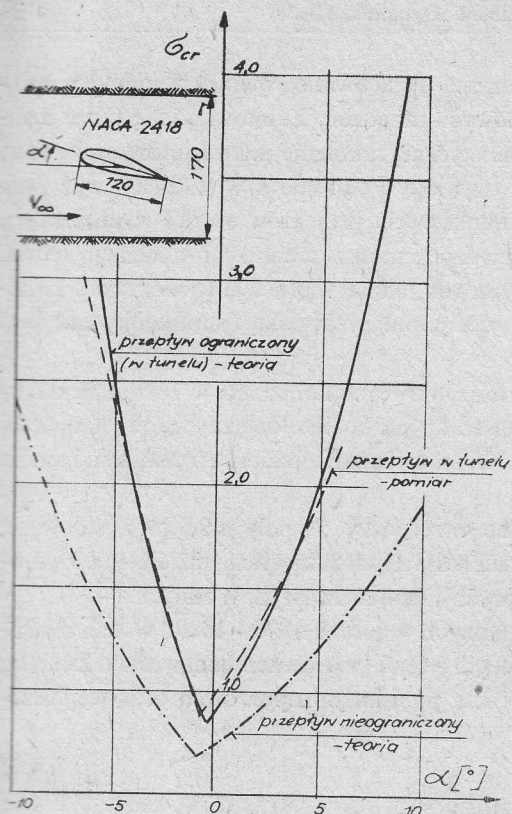
2.1. Prognozowanie kawitacji

Dla przewidywania rozwoju kawitacji w wirowych maszynach hydraulicznych pierwszorzędne znaczenie posiada znajomość obrazu przepływu w układach łopatkowych, znajomość związku między parametrami geometrycznymi i energetycznymi oraz wrażliwością tych układów na kawitację.

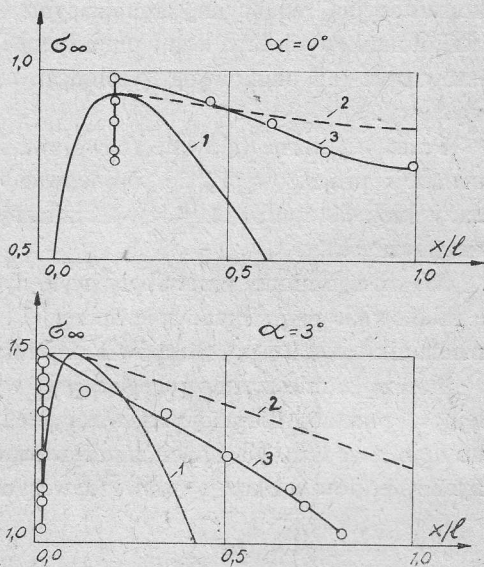
W pierwszym etapie badań opracowano i oprogramowano algorytmy F. W. Riegelsa i E. Martensena do wyznaczania ciśnień i wrażliwości kawitacyjnej profili izolowanych i w palisadach prostoliniowych [I. 46, 47, 48] oraz zaproponowano nową, numeryczną metodę rozwiązywania opływu cieczą idealną profili znajdujących się między ściankami równoległymi [I. 49]. Metoda ta stanowi kombinację metody odwzorowań konforemnych z metodą punktów osobliwych. Weryfikacja doświadczalna potwierdziła jej użyteczność do przewidywania wrażliwości kawitacyjnej płatów w tunelu hydrodynamicznym w warunkach przepływu bez oderwania [I.50]. Świadczą o tym m. in. wyniki obliczeń i pomiarów przedstawione na rysunku 1.

Na uwagę zasługuje również opracowanie i oprogramowanie algorytmu do wyznaczania położenia strefy kawitacyjnej na płacie o dowolnej konfiguracji [I.48]. Ten cel osiągnięto posługując się modelem ewolucji pęcherzyka kawitacyjnego przedstawionym w monografii A. D. Piernika*. Zestawienie wyników obliczeń z doświadczeniem przedstawia rysunek 2.

* A. D. Piernik, *Problemy kawitacji*. Sudostrojenije, Leningrad 1966.

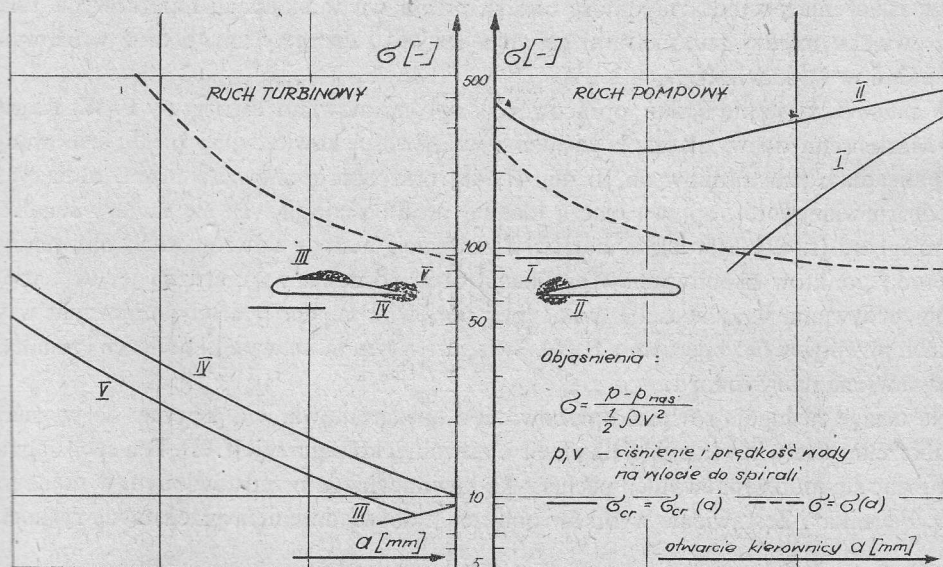


Rys. 1. Wrażliwość kawitacyjna płyta NACA 2418



Rys. 2. Rozwój kawitacji na profilu NACA 2418 w tunelu przepływowym

1 – teoria utożsamiająca obszar kawitacji z obszarem $\sigma_{crv} \leq 0$,
2 – teoria uwzględniająca ewolucję pęcherzyka poza obszarem $\sigma_{crv} \leq 0$, 3 – obserwacja w tunelu przepływowym



Rys. 3. Wrażliwość kawitacyjna łopatek kierownicy maszyny odwracalnej

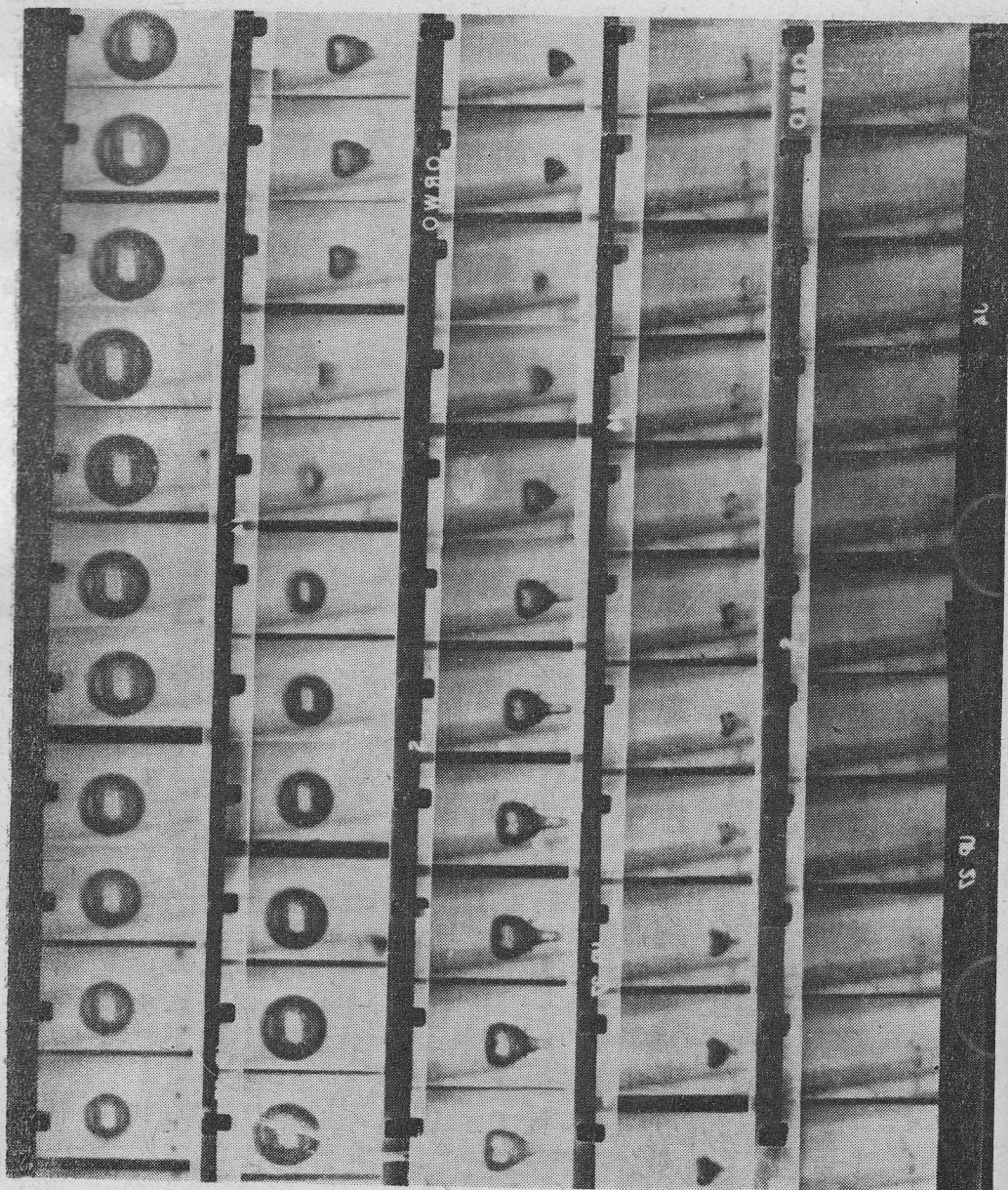
W ramach omawianego tematu opracowano również programy służące do oceny wrażliwości kawitacyjnej kierownicy maszyny odwracalnej oraz do przewidywania obszarów erozji. Rozwiązania uzyskano przy założeniu, że przepływ przez kierownicę jest płaskim przepływem przez palisadę kołową, z określoną cyrkulacją i z umieszczonym w środku źródłem (upustem) o wydatku Q/b (Q – natężenie przepływu, b – wysokość łopatek kierownicy). Zgodność przewidywań teoretycznych z rzeczywistością potwierdziły wyniki obliczeń i obserwacji odnoszące się do maszyn odwracalnych zainstalowanych w EPS Żydowo [I.51]. Obliczenia wykazały (rys. 3), że kawitacji nie należy oczekiwać ($\sigma_\infty > \sigma_{cr}$) podczas pracy turbinowej, natomiast podczas pracy pompowej wystąpi ona zarówno po stronie czynnej łopatek (strefa II) jak i po stronie biernej (strefa I, w mniejszym stopniu, gdyż $\sigma_{crI} < \sigma_{crII}$). Zgodnie z przewidywaniami erozję obserwowano w okolicach krawędzi spływu (rys. 4).



Rys. 4. Fotografia łopatki kierownicy ze śladami erozji kawitacyjnej

2.2. Diagnostyka kawitacji

2.2.1. W ramach diagnostyki kawitacji interesowano się procesem rozwoju i zanikania pęcherzyków parowo-gazowych powstających pod wpływem wyładowań elektrycznych [III.6] oraz działania impulsu laserowego [II.1].

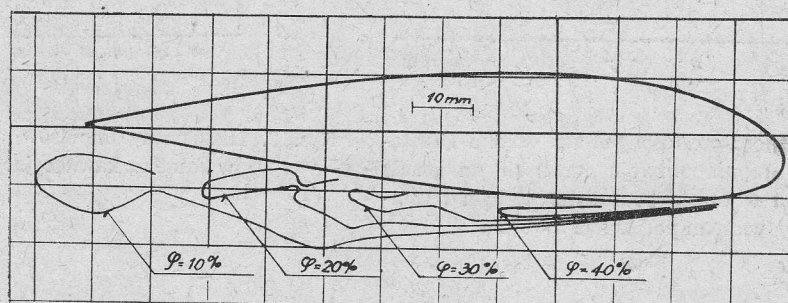


Rys. 5. Proces rozwoju i zanikania pęcherzyka kawitacyjnego generowanego za pomocą ogniskowania impulsu laserowego (fot. K. Aerts)

W pierwszym przypadku pęcherze parowo-gazowe wytwarzano za pomocą napięcia ($2 \div 8$ kV) przykładanego do dwu elektrod ostrzowych zanurzonych w wodzie (elektrolityczne przewodzenie wody, wydzielanie się ciepła, wytworzenie tunelu gazowego między elektrodami, jonizacja, przeskok iskrowy, powstanie hydraulicznej fali uderzeniowej – zjawisko elektrohydrauliczne, powstanie pęcherza parowo-gazowego). Badania polegały na fotograficznej rejestracji pęcherzy za pomocą kamery wykonującej 320 000 zdjęć w czasie jednej sekundy. Śledzenie „życia” pęcherzy powstających w obszarze wyładowań elektrycznych było utrudnione. Dlatego też w roku 1980 przystąpiono do badań pęcherzyków wytwarzanych metodą ogniskowania impulsu laserowego. W tym celu posłużono się impulsowym laserem rubinowym LSR-1, o mocy 2,5 MW i energii impulsu 0,8 J. Na rysunku 5 przedstawiono obraz powstawania i rozwoju, a następnie zanikania pęcherza generowanego impulsem laserowym. Proces ten rejestrowano wspomnianą już kamerą do szybkich zdjęć. Uzyskane wyniki są efektem współpracy Zespołu Hydromechaniki ze Środowiskowym Laboratorium Akustyki i Spektroskopii Uniwersytetu Gdańskiego.

2.2.2. Badając kawitację przy opływie ciał stałych zwrócono uwagę na aspekt strukturalny i dynamiczny tego zjawiska.

Pojęcie „struktury” odnosi się do postaci obłoku kawitacyjnego, jego składu i oscylacji w różnych fazach rozwoju kawitacji. Na rysunkach 6 i 7 przedstawiono niektóre wyniki uzyskane podczas opływu pojedynczego płata. Rysunek 6 [I.35] ukazuje izolinie procentowej zawartości mieszaniny parowo-gazowej wyznaczone na podstawie prześwietlania opływu wiązką promieni gamma. Rysunek 7 informuje o częstotliwości pulsacji obłoku w zależności od liczby kawitacji σ i miejsca obserwacji. Pomiary wykonano metodą optyczną, rejestrując modulację natężenia wiązki światła laserowego „przechodzącej” przez obłok [I.18].



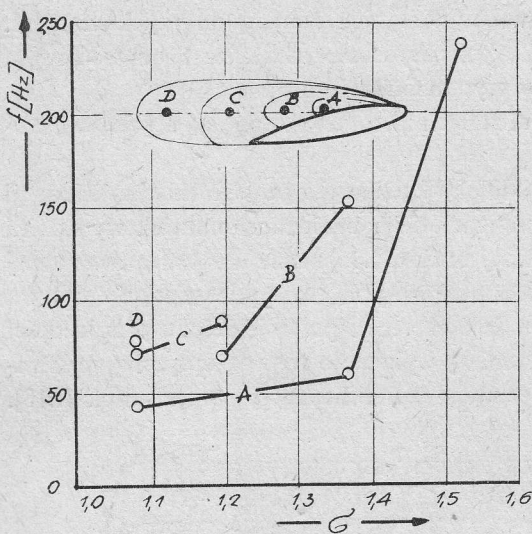
Rys. 6. Izolinie procentowej zawartości $\varphi = [\ln(I_{w/p}/I_w)/\ln(I_p/I_w)]100\%$ mieszaniny parowo-gazowej w obłoku kawitacyjnym płata NACA 2418 przy kącie natarcia $\alpha = -3^\circ$ i $\sigma = 0,88$ ($I_{w/p}$ – natężenie wiązki promieniowania gamma po przejściu przez strefę kawitacyjną, I_w – po przejściu przez komorę wypełnioną wodą, I_p – po przejściu przez pustą komorę)

Aspekt dynamiczny odnosi się do oddziaływania impulsów ciśnienia na ściankę ograniczającą przepływ. Badania w tym zakresie zmierzały do opracowania metody oceny natężenia kawitacji za pomocą pomiaru rozkładu impulsów ciśnienia i strumienia energii dostarczanej do przetwornika ciśnienia inkrustowanego w ściankę ograniczającą przestrzeń objętą kawitacją. Szacując natężenie kawitacji [I.22, 23, 36, 37, 67, 68] starano się uwzględnić zarówno częstotliwośćową jak i amplitudową strukturę uderzeń kawitacyjnych. Tak więc

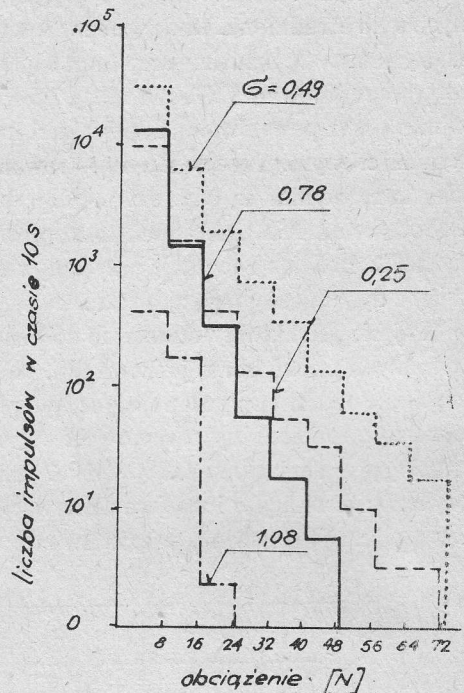
przyjęto, że strumień energii uderzeniowej przypadający na jednostkę powierzchni w jednostkowym czasie wynosi [I.68]:

$$\hat{E} = n_1 \hat{e}_1 + n_2 \hat{e}_2 + \dots + n_k \hat{e}_k,$$

gdzie $n_1, n_2, \dots$ jest liczbą impulsów ciśnienia o średnim poziomie energii $\hat{e}_1, \hat{e}_2, \dots$



Rys. 7. Zależność częstości pulsacji obłoku kawitacyjnego od stopnia rozwoju kawitacji na płacie umieszczonym w tunelu hydrodynamicznym i ustawionym pod kątem $\alpha = 6^\circ$



Rys. 8. Histogramy impulsów mierzonych w komorze kawitacyjnej

Przyjęto też, że energia pojedynczego impulsu jest określona mocą wypromieniowaną przez implodujący pęcherzyk i że gęstość tej mocy jest określona wzorem

$$e = p^2 / \rho c,$$

gdzie p jest ciśnieniem uderzenia, a c — prędkością dźwięku w ośrodku o gęstości ρ . Na tej podstawie założono, że wyrażenie

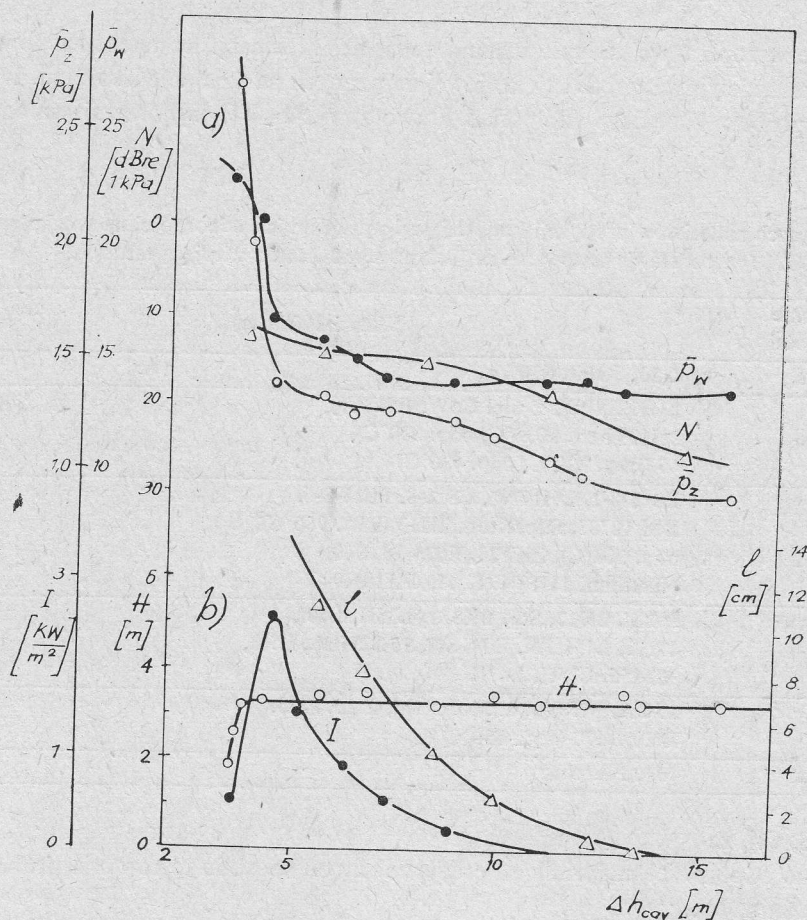
$$\hat{E} \propto \varphi = \sum_{i=1}^{i=k} n_i \hat{p}_i^2$$

może być miarą natężenia kawitacji. Na rysunku 8 przedstawiono histogramy impulsów otrzymane przy kilku wartościach σ .

Zbadano także możliwość oceny natężenia kawitacji na podstawie znajomości estymatora funkcji widmowej gęstości mocy ($\hat{G}_x$). W wyniku weryfikacji opartej na porównaniu wartości estymatora $\hat{G}_x$ ze skutkami erozji i wartością wskaźnika ϕ , stwierdzono przydatność tego parametru (estymatora $\hat{G}_x$) do wnioskowania o intensywności zjawiska kawitacji.

2.2.3. Pełny opis diagnostyczny kawitacji w maszynie hydraulicznej zawierać winien informacje dotyczące rozmiarów zjawiska, jego natężenia i oddziaływania na maszynę. Przez oddziaływanie na maszynę rozumie się zarówno oddziaływanie na przemiany energetyczne, jak i na trwałość maszyny, na poziom drgań i szumów oraz na pulsacje ciśnień w przepływie.

Wychodząc z tego założenia podjęto badania nad metodami detekcji kawitacji w maszynach hydraulicznych. Na wyróżnienie zasługują prace dotyczące pomp diagonalnych



Rys. 9. Charakterystyki diagnostyczne pompy diagonalnej otrzymane metodą pośrednią (a) i bezpośrednią (b). Oznaczenia: H – wysokość podnoszenia, l – długość obłoku kawitacyjnego, I – gęstość strumienia energii, $\bar{p}_w$, $\bar{p}_z$ – pulsacje ciśnienia w obrębie wirnika i za wirnikiem, N – szum kawitacyjny o częstotliwości 180 kHz

[I.20, 24, 25]. Na rysunku 9 przedstawiono charakterystyki diagnostyczne pompy otrzymane metodami bezpośrednimi i pośrednimi. Wskazują one m. in. na fakt, iż poszczególne objawy kawitacji nie pojawiają się równocześnie oraz że ilorazy wyróżników kawitacji zawarte są w granicach: $\sigma_i/\sigma_{cr}=2,75 \div 5,50$ i $\sigma_i/\sigma_I=1,1 \div 1,8$, gdzie σ_i oznacza wartość σ przy pojawieniu się zjawiska, σ_{cr} – wartość σ odpowiadającą początkowi oddziaływania funkcjonalnego (załamanie charakterystyk), a σ_I – początkowi oddziaływania dynamicznego (występowanie uderzeń kawitacyjnych). Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że dynamiczne skutki kawitacji pojawiają się dużo wcześniej od skutków energetycznych, że zagrożenie erozją pojawia się we wczesnym stadium rozwoju kawitacji i że uniknięcie erozji w pompie diagonalnej wymaga, aby wartość tzw. nadwyżki antykawitacyjnej Δh_{cav} była $(2,5 \div 3)$ razy większa od tzw. nadwyżki krytycznej $(\Delta h_{cav})_{cr}$.

2.3. Ocena odporności materiałów na erozję kawitacyjną

Jako pierwszoplanowe zadanie uznano zebranie informacji na temat zachowania się tworzyw konstrukcyjnych produkcji krajowej narażonych na działanie kawitacji. W wyniku testowania próbek sklasyfikowano ponad 40 tworzyw (tab. 1 [I.40]) oraz ujawniono [I.41 -

Tabela 1

Ocena wybranych materiałów produkcji krajowej pod względem ich odporności na erozję kawitacyjną (na podstawie testowania próbek na stanowisku z wirującą tarczą)

Określenie odporności	Materiał (cecha)
Bardzo dobra	G20, Stellite, S30
Dobra	23H12MNF, E Stel CoW, ES13Cr, 2H13 (hart. 1030°C, odp. 300°C), 45 (hart. 820°C, odp. 430°C)
Dość dobra	ES18-8-2, LH17N2, ES18-8, ES18-8-6, BM 12733, Superston, 2H13 (hart. 980°C, odp. 300°C), ZICr28, ES24-18, S10, Nikalium, 1H18N9T, 45, OH18N9
Umiarkowana	BAM, 2H13, St5, BK331, L35II, L60I, 1H13, L1H13N, E04, St3, 15G2NbA, L50I, MM55, L25II, L47II
Słaba	15GA, M70 (wyż. 500°C/1h), Z130, Z125, Z120, M70 (wyż. 850°C/3h)
Bardzo słaba	M1, PA2N

- 44, 57, 58, 64], że

- ocena odporności materiału na erozję zależy od sposobu testowania próbek i przyjętego wskaźnika oceny,
- największe zróżnicowanie ocen występuje podczas testowania metodą vibracyjną, najmniejsze – podczas testowania metodą uderzeniową.
- reakcje materiałów na zmianę warunków kawitacyjnych nie są jednakowe; różna wrażliwość materiałów na kawitację sprawia, iż przy ocenie ich odporności i prze-

widowaniu zachowania się w warunkach odmiennych od warunków testowania próbek, należy uwzględnić efekty skalowe, a przede wszystkim formę, poziom i częstotliwość obciążeń kawitacyjnych,

– jednolicebne wskaźniki oceny nie odzwierciedlają zachowania się materiałów we wszystkich okresach niszczenia (podczas całego testu erozyjnego).

Wychodząc z założenia, iż ocena odporności materiału na działanie kawitacji powinna opierać się na wynikach całego testu erozyjnego, a nie na jego wybranych fragmentach, np. na okresie inkubacji lub maksymalnej szybkości niszczenia, zaproponowano nowy sposób oceny wyników testowania próbek [I.59, 61]. Sposób ten opiera się na założeniu, iż odporność materiału na erozję nie jest stała i że szybkość zmiany odporności jest proporcjonalna do różnicy między odpornością chwilową R_{cav} i graniczną R_g , tzn.

$$dR_{cav}/dt = -\kappa(R_{cav} - R_g),$$

oraz że praca sił zewnętrznych działających na materiał jest związana z ubytkiem objętościowym $V > 0$ zależnością następującą:

$$P_e t = R_{cav} V,$$

gdzie P_e jest mocą zużywaną na erozję materiału, t – czasem działania kawitacji, a κ – współczynnikiem, określającym stopień zmiany odporności materiału z czasem (w pierwszym przybliżeniu $\kappa \approx \text{const}$). Na tej podstawie wyprowadzono następujące równanie opisujące dynamikę procesu erozji

$$(1 + \kappa e^{\kappa t}) \frac{d^2 V}{dt^2} - 2\kappa \frac{dV}{dt} + \kappa^2 V = 0$$

oraz uproszczony wzór na trwałość średnią materiału

$$\bar{\delta}_{cav} \approx (e^{\kappa \tau} - 1) / \kappa V_\tau,$$

gdzie V_τ jest ubytkiem objętościowym po całkowitym czasie ekspozycji próbki.

Na podkreślenie zasługuje wykorzystanie założeń proponowanej metody oraz proponowanego wskaźnika natężenia kawitacji do przewidywania zniszczeń kawitacyjnych w warunkach naturalnych [I.64, 65, 67, 69]. Przyjmując w przybliżeniu, że w pierwszym okresie niszczenia materiału, tzn. w okresie inicjacji, energia uderzenia pochłaniana przez materiał jest stała i proporcjonalna do energii dostarczanej, to znając odpowiedni wskaźnik (φ lub $\hat{G}_x$) tej energii w naturze i w warunkach testowania próbek oraz wyniki testów (V_m), można ocenić erozję w warunkach naturalnych (V_n). Wskazuje na to następująca zależność

$$\begin{aligned} V_n &= V_m \frac{R_{cav, m}}{R_{cav, n}} \frac{(\eta \varphi)_n}{(\eta \varphi)_m} \underset{\substack{\eta_n = \eta_m \\ R_{cav, n} = R_{cav, m}}}{=} = \frac{\varphi_n}{\varphi_m} V_m = \frac{\hat{G}_{x, n}}{\hat{G}_{x, m}} V_m = \\ &= V_m \left(\frac{d_n}{d_m} \right)^2 \left(\frac{H_n}{H_m} \right)_{\alpha=3}^\alpha = V_m \left(\frac{d_n}{d_m} \right)^2 \left(\frac{H_n}{H_m} \right)^3, \end{aligned}$$

gdzie wielkości z indeksem n dotyczą warunków naturalnych, a z indeksem m warunków modelowych, zaś H oznacza spad względnie wysokość podnoszenia, natomiast d – średnicę charakterystyczną.

2.4. Ochrona maszyn hydraulicznych

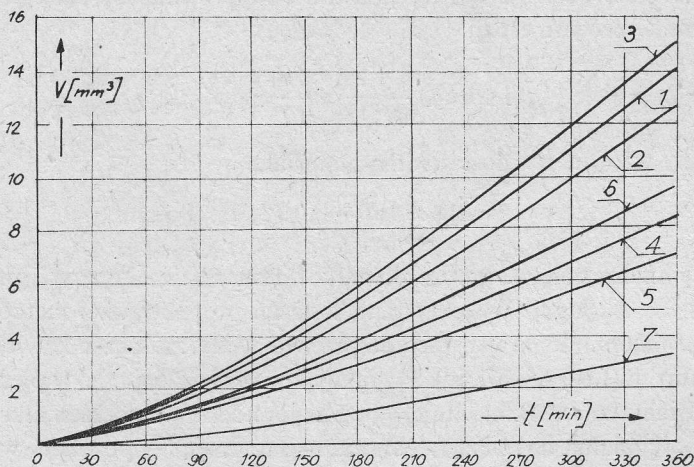
Dużo uwagi poświęcono sprawie ochrony maszyn hydraulicznych przed szkodliwymi skutkami kawitacji. W ramach tego tematu realizowano prace o charakterze użytkowym i poznawczym.

Prace użytkowe koncentrowały się na wyborze tworzyw konstrukcyjnych odpornych na działanie kawitacji, na opracowywaniu technologii napraw elementów uszkodzonych wskutek kawitacji, na zmianach konstrukcyjnych zmierzających do osłabienia szkodliwych skutków kawitacji oraz na opracowywaniu zaleceń eksploatacyjnych.

Wśród prac poznawczych na wyróżnienie zasługują prace dotyczące ochrony katodowej [I.73], inhibitorów kawitacji [I.74] oraz obróbki cieplnej [I.75], a także prace zmierzające do polepszenia własności kawitacyjnych pomp [I.55].

Tak na przykład badając możliwość osłabienia erozji żeliwa i stali węglowej przez dodanie do wody chromianu potasu, azotynu sodowego, oleju oraz preparatu chromianowo-fosforanowego stwierdzono (rys. 10), że najlepiej hamują procesy erozyjne olej i chromian potasu.

Na specjalną uwagę zasługują również badania nad wpływem obróbki cieplnej na odporność złączy spawanych [I.70]. Zainteresowanie tym zagadnieniem wynika stąd, iż ele-

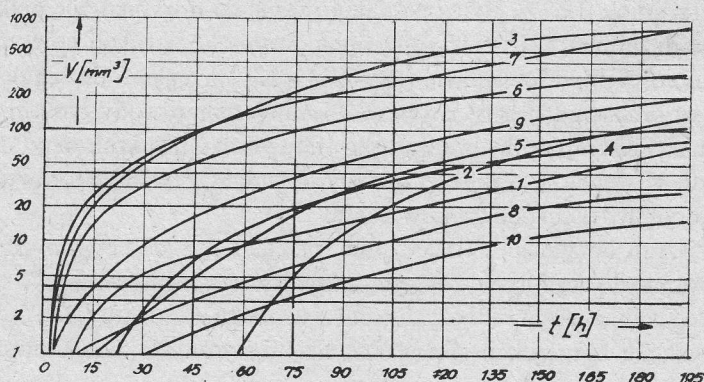


Rys. 10. Przebieg niszczenia żeliwa Z125 na stanowisku wibracyjnym przy zastosowaniu:

1 – wody wodociągowej, 2 – wody z dodatkiem 5g/l NaNO_2 , 3 – wody z dodatkiem 10g/l NaNO_2 , 4 – wody z dodatkiem 2,5 g/l K_2CrO_4 , 5 – wody z dodatkiem 5 g/l K_2CrO_4 , 6 – wody preparowanej metodą chromianowo-fosforanową, 7 – emulsji wodno-olejowej

menty maszyn regenerowane za pomocą napawania ulegają szybkiemu niszczeniu w bezpośredniej bliskości napoi. Oczywiście, za ten stan rzeczy odpowiedzialne są zmiany strukturalne i fizykochemiczne w materiale rodzimym, spowodowane zjawiskami cieplnymi podczas spawania. W wyniku testowania odpowiednio przygotowanych próbek na stanowisku wibracyjnym, wykazano korzystny wpływ niektórych metod obróbki termicznej materiału na odporność w tzw. strefie wpływu ciepła.

Badając przydatność powłok z tworzyw sztucznych do ochrony części maszyn narażonych na kawitację stwierdzono [I.30], że spośród żywic epoksydowych produkcji krajowej bardzo dobre własności „antykawitacyjne” posiada żywica E5 z wypełniaczem w postaci proszku molibdenowo-szklanego i że jej trwałość jest zbliżona do trwałości teflonu (rys. 11).



Rys. 11. Przebieg niszczenia tworzyw sztucznych na stanowisku przepływowym

1 – żywica E2 + C_6H_6 (100 : 30), 2 – żywica E5 + PAC (1 : 1), 3 – żywica E5 + Z1 (100 : 12,5) + 60% Al_2O_3 , 4 – Araldit + Z1 (100 : 12,5), 5 – żywica E5 + PAC (1 : 1) + 40% Al_2O_3 , 6 – żywica E5 + Z1 (100 : 12,5) + włókno szklane, 7 – żywica E5 + Z1 (100 : 12,5) + 60% SiC, 8 – teflon, 9 – żywica E5 + PAC (1 : 1) + włókno szklane, 10 – żywica E5 + Z1 (100 : 12,5) + wypełniacz molibdenowo-szklany

Jednak warunkiem upowszechnienia i wykorzystywania tworzyw sztucznych w praktyce, np. podczas regeneracji części zerodowanych, jest zapewnienie im odpowiedniej przyczepności do podłoża. Ta sprawa nie została dotąd rozwiązana.

W celu zmniejszenia ujemnych skutków kawitacji interesowano się również sposobami konstrukcyjnymi oraz instalacyjno-ruchowymi. Przykładem może być opracowanie urządzenia prerotacyjno-upustowego [I.33], służącego m. in. do zwiększenia antykawitacyjnej nadwyżki wysokości ciśnienia w pompie.

Zapobieganiu względnie zmniejszaniu szkodliwych działań kawitacji w pompach służyły również prace zmierzające do ustalenia optymalnych warunków ruchu tych maszyn ze względu na kawitację. Między innymi wykazano [I.55], że w jednostopniowych pompach odśrodkowych wartość stosunku składowej obwodowej c_{u1} prędkości bezwzględnej c_1 do prędkości obwodowej u_1 na wlocie do wirnika powinna wynosić $\approx 0,2$, że wysokość depresji dynamicznej Δh_{dyn} dla wirników pracujących w warunkach bezkawitacyjnych powinna wynosić

$$\Delta h_{dyn} \approx 0,018 u_1^2$$

i że dopuszczalną wysokość ssania można wyrazić wzorem

$$(h_s)_{dop} = A - B \left(\frac{Q}{d_s^2} \right)^2 - C H n_{SQ}^{4/3},$$

gdzie A , B i C są współczynnikami stałymi, Q oznacza natężenie przepływu, H – wysokość podnoszenia, d_s – średnicę króćca, n_{SQ} – wyróżnik szybkobieżności pompy.

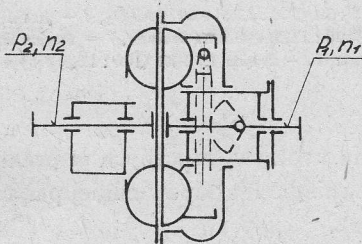
3. Podstawy projektowania i eksploatacji sprzęgieł hydrokinetycznych, pomp i turbin wodnych

3.1. Sprzęgła hydrokinetyczne

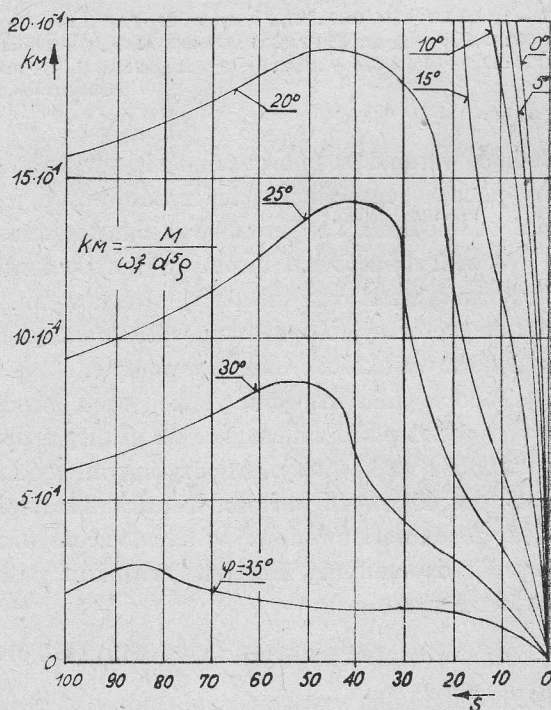
Tematyka prac realizowanych w latach 1976 - 80 nawiązywała do tematyki „sprzęgłowej” z lat poprzednich [I.3, 9]. Były one nakierowane na doskonalenie podstaw projektowania sprzęgieł dużej mocy [I.14, 15] i na opracowanie konstrukcji nowych typów sprzęgieł. W szczególności interesowano się [I.4, 6, 11 - 13] sprzęgłami do regulacji pomp zasilających kotły w blokach energetycznych dużej mocy, pomp wody gorącej w instalacjach ciepłowniczych EC i pomp do hydraulicznego transportu żużla kotłowego oraz sprzęgłami przydatnymi do rozruchu i regulacji wydajności młynów wentylatorowych węgla brunatnego i regulacji prędkości podajników węgla.

Do ważniejszych osiągnięć w dziedzinie sprzęgieł hydrokinetycznych należy:

- opracowanie nowego typu sprzęgła „rozruchowo-regulowanego”, nadającego się do rozruchu i regulacji maszyn roboczych o dużej wartości momentu GD^2 ,
- udoskonalenie konstrukcji sprzęgieł hydrokinetycznych o regulowanym napełnieniu oraz opracowanie sprzęgieł zasilanych wodą,



Rys. 12. Schemat sprzęgła hydrokinetycznego, rozruchowo-regulowanego, typu R-SHRL



Rys. 13. Charakterystyka ruchowa sprzęgła modelowego typu R-SHRL

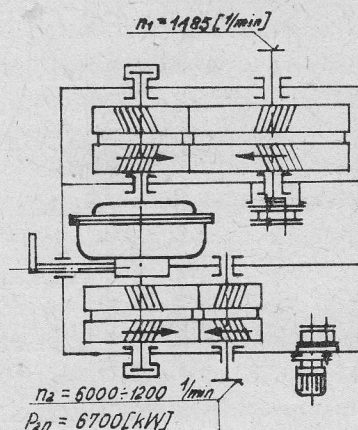
- opracowanie zasad budowy i eksploatacji hamulców hydraulicznych o dużym współczynniku momentu hamowania.

Schemat układu przepływowego sprzęgła rozruchowo-regulowanego przedstawiono na rysunku 12. Jest to sprzęgło modelowe oznaczone symbolem R-SHRL [I.9]. Jego charakterystyki ruchowe przedstawiono na rysunku 13. Model ten był podstawą konstrukcji

sprzęgła SMW-850, przeznaczonego do regulacji prędkości kątowej młynów wentylatorowych węgla brunatnego w blokach energetycznych o mocy 360 MW.

Konstrukcję sprzęgieł o regulowanym napętnieniu doskonalono przede wszystkim opierając się na wynikach badań modelowych [I.10]. Badano m. in. wpływ ukształtowania

Rys. 14. Schemat przekładni zębatej dwustopniowej ze sprzęgłem hydrokinetycznym o mocy 6700 kW przeznaczonej do napędu pomp rozruchowo-rezerwowych w blokach energetycznych o mocy 360 MW



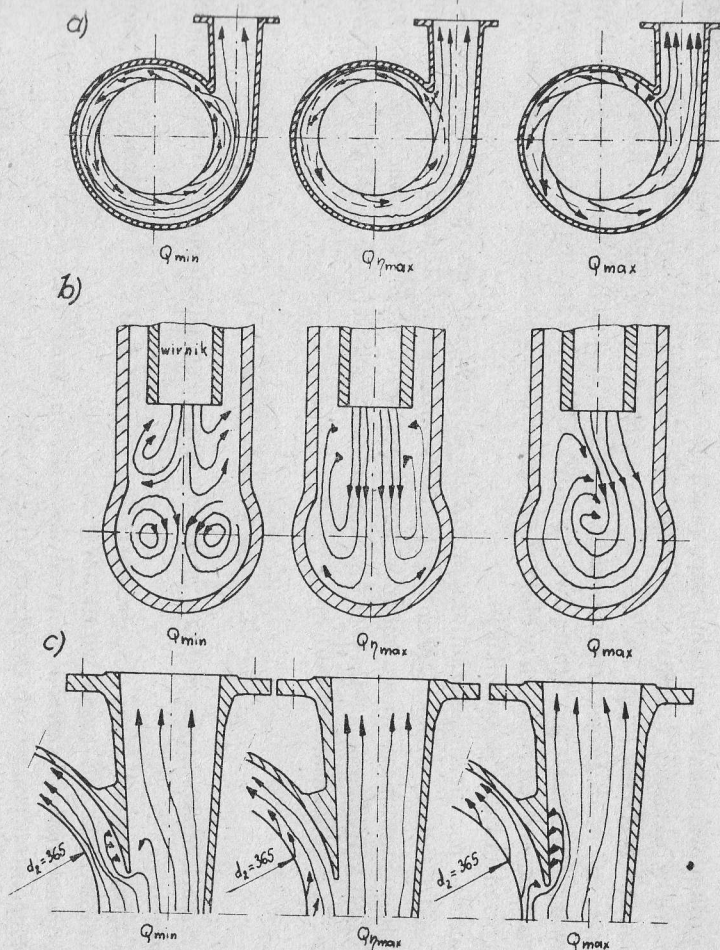
części przepływowej (w tym ilości i grubości łopatek sprzęgła) oraz lepkości cieczy roboczej na charakterystyki ruchowe, na poślizg nominalny i wartość naporu sprzęgła [I.5]. Interesowano się również wytrzymałością elementów wirujących, technologią wykonania wirników i osłon, warunkami rozruchu, współpracą sprzęgła z silnikiem i odbiornikami mocy oraz pracą w układach automatycznej regulacji. Zagadnienia te rozwiązywano wspólnie z Zakładami Mechanicznymi im. Gen. K. Świerczewskiego w Elblągu. Rezultatem tej współpracy był m. in. projekt regulowanego sprzęgła hydrokinetycznego o mocy 6700 kW, wbudowanego w przekładnię zębatą dwustopniową. Układ ten przewidziany jest do napędu pomp rozruchowo-rezerwowych w blokach energetycznych o mocy 360 MW. Schemat tego układu przedstawiono na rysunku 14.

Prace nad hamulcami hydraulicznymi [I.7, 8] doprowadziły do opracowania hamulca HMW-900 o średnicy wirnika 900 mm i prędkości obwodowej $u = 22,6$ m/s. Jest on przeznaczony do hamowania wybiegu młynów wentylatorowych węgla brunatnego w blokach o mocy 360 MW. Hamulec HMW-900 wykonano w dwóch wersjach — do pracy z olejem Tegula 27 i z kondensatem wodnym.

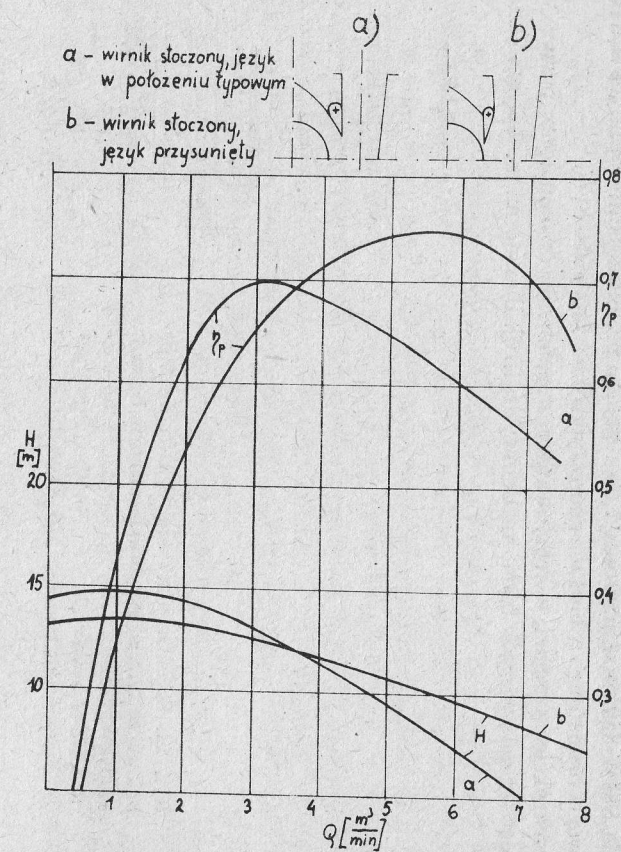
3.2. Pompy i turbiny wodne

W ramach doskonalenia podstaw projektowania i eksploatacji pomp i turbin wodnych zajmowano się:

- opracowaniem zasad konstrukcji osłon spiralnych dla jednostopniowych pomp promieniowych ze staczanymi wirnikami [I.26, 27, 28],
- opracowaniem metod i urządzeń do regulacji wydajności pomp szybkobieżnych, a w szczególności pomp wody chłodzącej [I.32, 33, 34],
- optymalizacją zasad prowadzenia ruchu maszyn odwracalnych ze względu na kawitację, procesy wibroakustyczne i uderzenia hydrauliczne [I. 38, 39, 52, 53, 62].



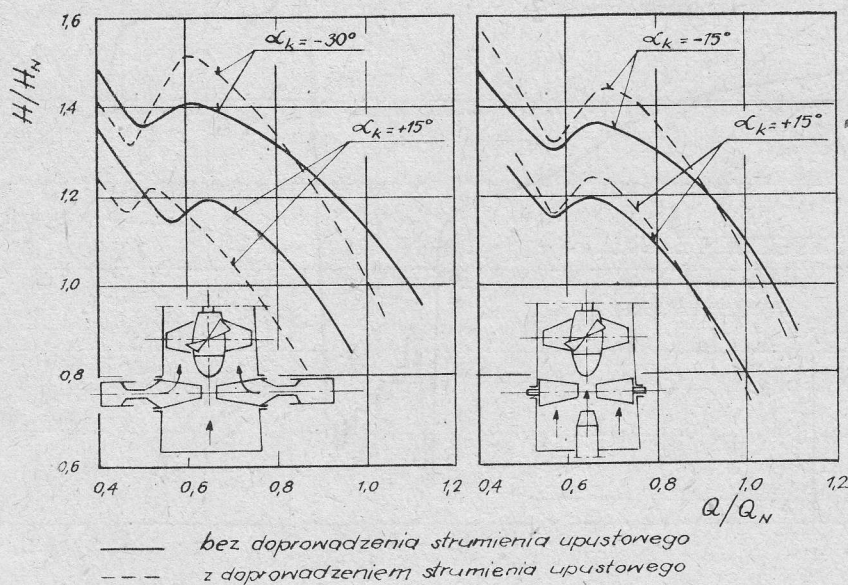
Rys. 15. Linie prądu w osłonie spiralnej pompy promieniowej: a) wiry obwodowe, b) wiry promieniowe, c) zawirowania w obrębie języka spirali



Rys. 16. Wpływ ukształtowania języka spirali na sprawność pompy promieniowej

3.2.1. Doskonalenie konstrukcji osłon spiralnych oparto na wynikach badań pompy modelowej wyposażonej w różne układy przepływowe. Ogółem przebadano 40 układów różniących się kształtem i położeniem języka spirali oraz średnicą wirnika na wylocie. Na tej podstawie ustalono wpływ geometrii języka spirali na rozkład prędkości i ciśnienia w osłonie spiralnej oraz wpływ języka i średnicy zewnętrznej wirnika na charakterystyki energetyczne pompy i wartość naporu promieniowego. Między innymi wykazano [I.29], że przyczyną strat energetycznych w spirali są (oprócz tarcia) zawirowania promieniowe i obwodowe oraz zakłócenia przepływu spowodowane przez język spirali (rys. 15). Korzystny wpływ odpowiednio ukształtowanego języka na charakterystykę pompy, a w szczególności na jej przebieg poza punktem nominalnym ilustruje rysunek 16. Uzyskane wyniki stanowiły podstawę do opracowania zaleceń konstrukcyjnych i eksploatacyjnych dla pomp o wyróżniku szybkobieżności $n_{SQ} = 25 \div 35$, które to zalecenia są wykorzystywane przez Zabrzańską Fabrykę Maszyn Górniczych w Zabrzu.

3.2.2. Przystosowanie szybkobieżnych pomp śmigłowych i diagonalnych do zadanych warunków ruchu odbywa się najczęściej przez zmianę kąta nastawienia łopatek wirnika lub kierownicy prerotacyjnej, osadzonej przed wirnikiem. Choć regulacja prerotacyjna jest



Rys. 17. Zmiany charakterystyk przepływu $H(Q)$ spowodowane regulacją prerotacyjno-upustową

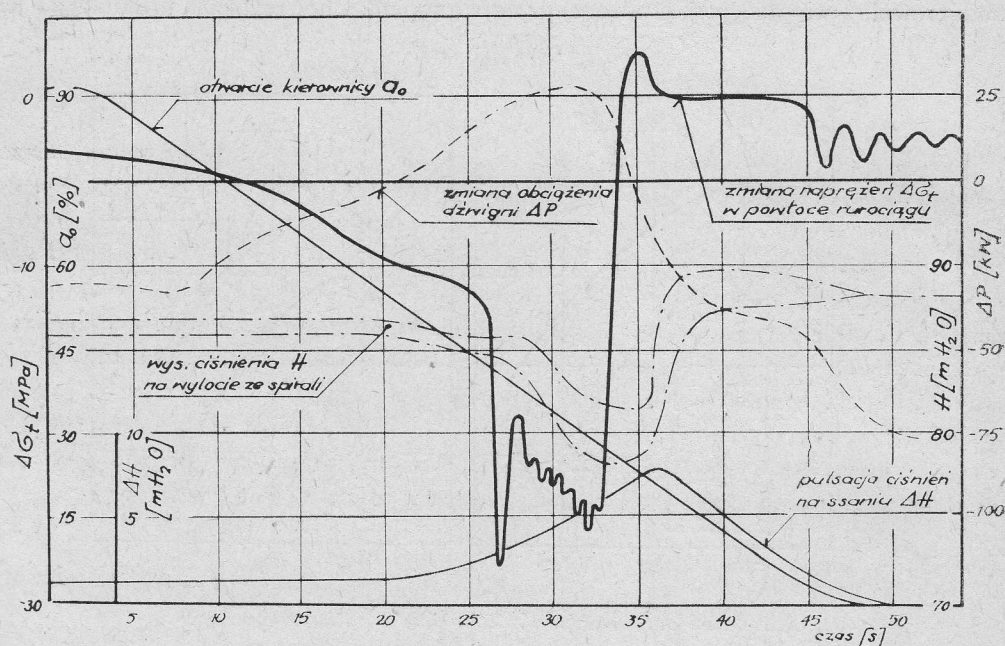
prostsza i ruchowo pewniejsza od regulacji łopatkami wirnika, to jednak jej zakres jest ograniczony. W celu rozszerzenia tego zakresu zaproponowano nowe urządzenie regulacyjne, w którym znamienne tym, że wydajność i wysokość podnoszenia reguluje się kierownicą wlotową i strumieniem cieczy z upustu. Ten podwójny (kombinowany) układ regulacji nazwano prerotacyjno-upustowym [I.72]. Poza rozszerzeniem zakresu regulacji nowe urządzenie

wpływa korzystnie na własności antykawitacyjne pompy i poziom oddziaływań wibroakustycznych przy małych wydajnościach.

Na uwagę zasługuje również bezłopatkowy sposób wytwarzania krętu wstępnego cieczy na wlocie do wirnika. Istotą tego nowego rozwiązania [I.34] jest doprowadzenie cieczy z upustu do obszaru ssania za pomocą spirali umieszczonej na wlocie do wirnika. Strumień upustowy wypływa ze spirali specjalnymi szczelinami powodując zawirowanie strumienia głównego.

Na rysunku 17 przedstawiono własności regulacyjne badanych urządzeń. Świadczą one o tym, że upust w połączeniu ze zmianą krętu cieczy przed wlotem na wirnik zapewniają dobrą sprawność regulacji i korzystne warunki ssania.

3.2.3. Prace nad doskonaleniem zasad eksploatacji energetycznych maszyn hydraulicznych polegały na identyfikacji przebiegów dynamicznych (drgan, pulsacji ciśnień, zmian naprężeń) w wybranych układach przepływowych oraz na opracowaniu zaleceń zmierzających do obniżenia poziomu tych zjawisk w przewodach ciśnieniowych i w maszynach

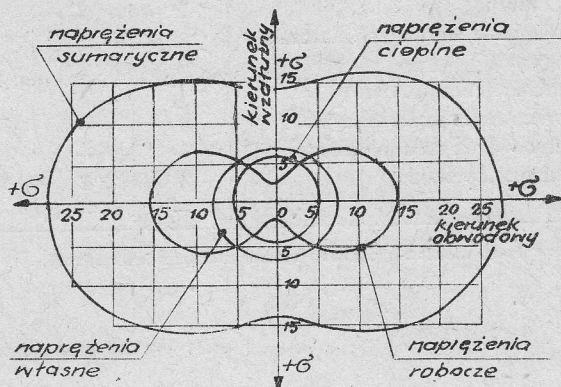


Rys. 18. Związek między obciążeniem dynamicznym rurociągu, pulsacjami ciśnień przed i za wirnikiem oraz obciążeniem elementów kierownicy podczas zatrzymywania maszyny odwracalnej pracującej jako pompa

odwracalnych. Badania doświadczalne wykonywano w elektrowni pompowo-szczytowej w Żydowie. Uzyskane wyniki były podstawą do określenia wpływu przejściowych stanów ruchu maszyny na przebieg zjawisk dynamicznych oraz do określenia związku między zmianami w przepływie a dynamicznym obciążeniem maszyny i rurociągu. Przykładem są krzy-

we przedstawione na rysunku 18. Wynika stąd, że podczas zatrzymywania maszyny pracującej jako pompa największe zmiany naprężeń w powłoce rurociągu przypadają w czasie największych pulsacji ciśnień na ssaniu i największych obciążen kierownicy. Powyższe związki są odbiciem oddziaływania na siebie dwóch przebiegów: ruchu nieustalonego maszyny hydraulicznej i ruchu nieustalonego cieczy w przewodzie ciśnieniowym.

Rys. 19. Naprężenia sumaryczne w rurociągu zasilającym elektrowni pompowo-szczytowej (wyniki badań IMP-PAN w Gdańsku i Instytutu Energetyki w Warszawie)



Interesowano się również wyężeniem materiału rurociągu pod wpływem obciążeń hydrostatycznych i dynamicznych oraz technologicznych i cieplnych. Na rysunku 19 przedstawiono wykres naprężeń sumarycznych wykonany w układzie współrzędnych biegunowych dla najsilniej obciążonego odcinka rurociągu w Elektrowni Żydowo (przy sporządzaniu tego wykresu korzystano z wyników badań Instytutu Energetyki w Warszawie). Można stąd wnosić, iż zapobieganie awarii rurociągów wymaga zarówno eliminowania powłok z wadami technologicznymi, jak również zmniejszenia naprężeń termicznych spowodowanych nasłonecznieniem powłoki i obwodowych, spowodowanych nagłym zatrzymaniem względnie niewłaściwym uruchamianiem maszyny. Celem zabezpieczenia rurociągów przed uszkodzeniami oraz zwiększenia żywotności maszyn hydraulicznych, podjęto prace nad poprawą procesów sterowania maszynami w przejściowych stanach ich ruchu.

4. Współpraca z przemysłem

Współpraca z gospodarką uspołecznioną polegała przede wszystkim na wykonywaniu prac na zamówienie przemysłu. Były one objęte planem C2, przy czym ich zakres tematyczny pokrywał się z zakresem działalności podstawowej Zakładu. Dotyczyły one wdrażania wyników własnych prac badawczych do praktyki przemysłowej, działań na rzecz doskonalenia (modernizacji) konstrukcji, technologii i eksploatacji maszyn i urządzeń hydraulicznych oraz opracowywania ekspertyz, analiz techniczno-ekonomicznych, badań kontrolnych i sprawowania nadzorów technicznych. W tabeli poniżej zamieszczono zestawienie liczbowe prac wykonanych w poszczególnych latach okresu sprawozdawczego, natomiast w dalszej części tego rozdziału sporządzono wykaz prac zakończonych.

Tematyka prac	Liczba prac wykonywanych w poszczególnych latach*					Liczba prac zakończonych w okresie 1976 - 1980
	1976	1977	1978	1979	1980	
Ekspertyzy	3	4	3	3	3	16
Studia konstrukcyjno-technologiczne i analizy techniczne	2	2	3	5	3	10
Badania w warunkach naturalnych	3	2	1	2	1	7
Badania laboratoryjne	1	3	4	1	—	7
Opracowania konstrukcyjne	1	4	4	2	—	6
Opracowania technologiczne	—	—	1	—	—	1
Nadzory autorskie	1	2	2	2	—	5
Inne	—	—	—	—	2	2

* Prace wieloletnie wliczono zgodnie z czasem ich realizacji.

4.1. Wykaz prac (opracowań)

Rok 1976

1. Umowa 90/74. Zleceniodawca: Główne Biuro Studiów i Projektów Energetycznych „Energo-projekt” w Warszawie.

Temat: I. Zbadanie własności hydraulicznych pomp głównych w Elektrowniach Pątnów i Konin oraz pomp obiegowych w przepompowniach Przesmyk i Piotrkowice.

II. Zbadanie przepływu wody w otwartych kanałach obiegu chłodzenia Elektrowni Pątnów i Konin.

2. Umowa 91/75. Zlec. Instytut Technologii Materiałów Maszynowych i Spawalnictwa Politechniki Gdańskiej.

Temat: Ocena odporności kavitacyjnej mosiądzu M70 i stali OH18N9 na podstawie badań próbek tych materiałów na stanowisku z wirującą tarczą.

3. Umowa 25/76. Zlec. Zakłady Mechaniczne im. Gen. K. Świerczewskiego w Elblągu.

Temat: Ocena odporności stali 2H13 i 23H12MNF oraz staliu kobaltowego na erozję spowodowaną działaniem kavitacji przepływowej i wibracyjnej.

4. Umowa 26/76. Zlec. Zakład Energetyczny Słupsk.

Temat: I. Nadzór autorski nad naprawami elementów maszyn uszkodzonych wskutek kavitacji. II. Konsultacje i opinie związane z eksploatacją EPS Żydowo.

5. Umowa 60/76. Zlec. Instytut Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn Politechniki Wrocławskiej. Temat: Badanie odporności kavitacyjnej żeliw stosowanych na tuleje cylindrowe silników spalinyowych.

Rok 1977

6. Umowa 133/74. Zlec. Fabryka Maszyn Górniczych w Zabrze.

Temat: Opracowanie projektów układów przepływowych pomp wirowych do cieczy zanieczyszczonych typu PŁ-400 i PŁ-500.

7. Umowa 48/75. Zlec. Zakład Energetyczny Bydgoszcz.

Temat: I. Ocena stanu technicznego elementów przepływowych turbin w EW Koronowo oraz zalecenia dotyczące usunięcia ujawnionych uszkodzeń.

II. Opracowanie zaleceń eksploatacyjnych dla EW Koronowo uwzględniających przebiegi kavitacyjne.

8. Umowa 4/76 (wieloletnia). Zlec. Zakłady Energetyczne Okręgu Północnego w Bydgoszczy. Temat: Badania kontrolne turbozespołu T2 w EPS Żydowo.

9. Umowa 39/76. Zlec. Zakłady Mechaniczne im. Gen. K. Świerczewskiego w Elblągu.

Temat: Badania modelowe sprzęgieł hydrokinetycznych przydatnych do wbudowania w przekładnię zębatą.

10. Umowa 80/76. Zlec. Zakłady Mechaniczne im. Gen. K. Świerczewskiego w Elblągu.

Temat: Ocena odporności kawitacyjnej wybranych gatunków stali.

11. Umowa 3/77. Zlec. Zakład Energetyczny Rzeszów, Zespół Elektrowni Wodnych Solina-Myczkowce.

Temat: Ocena odporności kawitacyjnej materiałów stosowanych i przewidzianych na łopaty kierownic turbin wodnych i maszyn odwracalnych.

12. Umowa 23/77. Zlec. Przedsiębiorstwo Wdrażania i Upowszechniania Postępu Technicznego i Organizacyjnego w Gdańsku.

Temat: Ocena odporności na erozję kawitacyjną wieloskładnikowych stopów miedzi przeznaczonych do stosowania w produkcji śrub okrętowych.

13. Umowa 45/77. Zlec. Zakład Energetyczny Bydgoszcz.

Temat: Nadzór autorski nad wykonywaniem osłon wirników turbin dla EW Żur.

14. Umowa 47/77. Zlec. Gdańskie Zakłady Rafineryjne.

Temat: Wzorcowanie kanałów pomiarowych Parshalla na zrzutach ścieków oczyszczonych.

15. Umowa 60/77. Zlec. Instytut Technologii Materiałów Maszynowych i Spawalnictwa Politechniki Gdańskiej.

Temat: Badanie odporności na erozję kawitacyjną stali 45 metodą wirującej tarczy.

Rok 1978

16. Umowa 4/76 (wieloletnia). Zlec. Zakłady Energetyczne Okręgu Północnego w Bydgoszczy.

Temat: Projekt wirników turbiny bliźniaczej dla EW Strzegomino.

17. Umowa 28/76. Zlec. Zakład Energetyczny Bydgoszcz.

Temat: I. Opracowanie dokumentacji technicznej związanej z remontem kapitalnym turbin Kaplana w EW Żur.

II. Ocena względnej odporności stali L47II na działanie kawitacji.

18. Umowa 14/77. Zlec. Zakłady Mechaniczne im. Gen. K. Świerczewskiego w Elblągu.

Temat: Badania modelowe i projekty sprzęgieł hydrokinetycznych i hamulców hydraulicznych zasilanych wodą do napędu młynów wentylatorowych węgla brunatnego w blokach energetycznych o mocach 360 i 750 MW.

19. Umowa 21/77. Zlec. Zakład Energetyczny Słupsk.

Temat: I. Nadzór autorski nad naprawami elementów maszyn w EPS Żydowo.

II. Ocena napraw elementów maszyn uszkodzonych wskutek kawitacji w EPS Żydowo w latach 1972 - 1978 oraz sposoby podwyższenia efektywności tych napraw.

III. Ekspertyza dotycząca łożyska oporowego turbiny wodnej T3 z Elektrowni Żydowo.

20. Umowa 12/78. Zlec. Zakłady Mechaniczne im. Gen. K. Świerczewskiego w Elblągu.

Temat: Ocena względnej odporności na erozję kawitacyjną brązów wieloskładnikowych (nikalium, novoston, brąz X).

21. Umowa 16/78. Zlec. Stocznia im. Komuny Paryskiej, Biuro Projektowo-Konstrukcyjne w Gdyni.

Temat: Analiza systemu centralnego chłodzenia wodą słodką mechanizmów siłowni na statku B515.

22. Umowa 18/78. Zlec. Stocznia Gdańska im. Lenina.

Temat: Wyznaczenie charakterystyk przepływomierzy przewidzianych do stosowania w systemach chłodzenia silników głównych.

23. Umowa 21/78. Zlec. Stocznia Gdańska im. Lenina.

Temat: Wzorcowanie kolanek rurowych jako przyrządów do pomiaru natężenia przepływu wody czystej.

24. Umowa 33/78. Zlec. Instytut Technologii Materiałów Maszynowych i Spawalnictwa Politechniki Gdańskiej.

Temat: Zbadanie wpływu budowy fazowej stali 45 na przebieg erozji kawitacyjnej.

Rok 1979

25. Umowa 4/76 (wieloletnia). Zlec. Zakłady Energetyczne Okręgu Północnego w Bydgoszczy.
Temat: I. Badania kontrolne turbozespołu T1 w EPS Żydowo.
II. Analiza stanu dynamicznego turbozespołów odwracalnych zainstalowanych w EPS Żydowo.
III. Przewidywanie zachowania się turbozespołów w EW Włocławek po wprowadzaniu maszyn do układu ARCM2.
26. Umowa 17/76. Zlec. Zakład Energetyczny Bydgoszcz.
Temat: Nadzór autorski nad wymianą wirników turbozespołu nr 3 w EW Gródek.
27. Umowa 25/77. Zlec. Stocznia Marynarki Wojennej w Gdyni.
Temat: Projekt techniczny sprzęgła hydrokinetycznego o mocy 600 kW do regulacji prędkości obrotowej śruby napędowej na jednostce pływającej „207”.
28. Umowa 23/78. Zlec. Stocznia Marynarki Wojennej w Gdyni.
Temat: Nadzór autorski nad wykonaniem serii prototypowej sprzęgieł hydrokinetycznych do regulacji prędkości obrotowej śrub napędowych.
29. Umowa 28/78. Zlec. Zakłady Mechaniczne im. Gen. K. Świerczewskiego w Elblągu.
Temat: Badania modelowe i projekt techniczny sprzęgła hydrokinetycznego i hamulca hydraulicznego zasilanych olejem do napędu młynów wentylatorowych w blokach energetycznych o mocy 360 MW.
30. Umowa 7/79. Zlec. Instytut Automatyki Systemów Energetycznych we Wrocławiu.
Temat: Modernizacja napędu podajników węgla w blokach energetycznych dużej mocy przy zastosowaniu regulowanych sprzęgieł hydrokinetycznych.
31. Umowa 10/79. Zlec. Zakład Energetyczny Słupsk.
Temat: Ekspertyza w sprawie przyczyn niszczenia łączników kierownicy turbiny w EPS Żydowo.
32. Umowa 20/79 (wieloletnia). Zlec. Elektrownia Wodna Żarnowiec w budowie.
Temat: I. Analiza wytrzymałościowa rurociągów zasilających uwzględniająca zniekształcenia spowodowane spawaniem.
II. Ocena doświadczalna zmian naprężeń w powłoce rurociągu wskutek wycięcia i wspawania „łat”
33. Umowa 21/79. Zlec. Elektrownia Wodna Porąbka-Żar w budowie.
Temat: Opinia o łożyskach nośnych hydrozespołów zainstalowanych w EW Porąbka-Żar.

Rok 1980

34. Umowa 4/76 (wieloletnia). Zlec. Zakłady Energetyczne Okręgu Północnego w Bydgoszczy.
Temat: I. Ekspertyza w sprawie stanu technicznego turbozespołu w EW Lidzbark Warmiński.
II. Opracowanie założeń do wytycznych do kompleksowych badań turbozespołów wodnych.
III. Ocena wyężenia materiału rurociągów w EPS Żydowo.
IV. Pomiary wstępne prototypowych turbin rurowych w EW Rościno.
35. Umowa 48/78. Zlec. Zakłady Mechaniczne im. Gen. K. Świerczewskiego w Elblągu.
Temat: Optymalizacja liczby i grubości łopatek w wirnikach sprzęgieł hydrokinetycznych dużej mocy typu regulowanego i rozruchowo-regulowanego.
36. Umowa 20/79 (wieloletnia). Zlec. Elektrownia Wodna Żarnowiec w budowie.
Temat: Badanie odkształceń i naprężeń w zawieradle i korpusie zaworu motylowego podczas prób ciśnieniowych.
37. Umowa 24/79. Zlec. Zakłady Mechaniczne im. Gen. K. Świerczewskiego w Elblągu.
Temat: Modernizacja układu przepływowego sprzęgła przekładni SH375A.
38. Umowa 6/80. Zlec. Gdańskie Zjednoczenie Budownictwa, Zespół Generalnego Realizatora Inwestycji.
Temat: Ocena własności energetycznych czterostopniowych pomp typu 40YS.
39. Umowa 37/80. Zlec. Okręgowa Dyrekcja Gospodarki Wodnej w Krakowie.
Temat: Ocena wyników badań kavitacyjnych modelowej maszyny odwracalnej typu Deriaza (dot. EW Czorsztyn).

5. Informacje organizacyjne

5.1. Zakład zatrudniał średnio 19 osób. W tej liczbie w roku 1980 było: 4 docentów (wraz z konsultantem naukowym), 1 adiunkt, 3 starszych asystentów, 2 asystentów, 4 koncepcyjnych pracowników inżyniersko-technicznych i 5 pracowników technicznych (konstruktor, dokumentalista, technicy—laboranci). Jak nadmieniono we wstępie w skład Zakładu wchodziły trzy zespoły naukowe. Każdy z nich uczestniczył w pracach określonych planem B i C2 oraz w pracach naukowo-organizacyjnych, dydaktyczno-szkoleniowych i popularyzatorskich.

5.2. W ramach problemu międzyresortowego MR I.26 Zakład kierował pracą dwóch grup tematycznych, tj. grupą 04 i 07. W związku z tym utrzymywano ściśle kontakty i rozwijano współpracę z:

Instytutem Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Politechniki Gdańskiej,
Instytutem Technologii Materiałów Maszynowych i Spawalnictwa Politechniki Gdańskiej,

Instytutem Maszyn Przepływowych Politechniki Łódzkiej,

Instytutem Maszyn i Urządzeń Energetycznych Politechniki Śląskiej,

Instytutem Techniki Ciepłej Politechniki Warszawskiej.

Współpraca polegała na wykonywaniu przez poszczególne jednostki organizacyjne zadań ujętych we wspólnym programie, wzajemnym informowaniu się o postępie realizowanych prac, ocenie uzyskanych wyników i wymianie poglądów na temat zamierzeń badawczych. W tym celu organizowano spotkania dwu- i trójstronne oraz okresowe seminaria naukowe z udziałem przedstawicieli ośrodków naukowych i przemysłu. Wyniki współpracy prezentowano również na konferencjach w kraju i za granicą.

Prócz współpracy krajowej kontynuowano tradycyjną już współpracę z Zespołami Badawczymi Węgierskiej i Rumuńskiej Akademii Nauk (w Budapeszcie i Timisoarze) oraz z Instytutem Budowy Turbin w Ljubljanie. Nadal też podtrzymywano bezpośrednie kontakty z pracownikami ośrodków naukowo-badawczych Związku Radzieckiego (Moskwa, Leningrad, Nowosybirsk), Stanów Zjednoczonych (Ann Arbor, Michigan), Wielkiej Brytanii (Glasgow, Nottingham) i Czechosłowacji (Ostrawa, Olomouc). Na wyróżnienie zasługują programy badawcze realizowane we współpracy z Zakładem Maszyn Hydraulicznych Uniwersytetu Technicznego w Budapeszcie i Wydziałem Budowy Maszyn Uniwersytetu Michigan. Obydwa programy dotyczyły erozji kawitacyjnej. Pierwszy dotyczył oceny odporności materiałów testowanych na stanowisku z wirującą tarczą, drugi — oceny na podstawie ekspozycji próbek na stanowisku wibracyjnym. Ten ostatni był realizowany w ramach „ASTM Interlaboratory Test Program” [I.66].

5.3. Poza okresowymi zebraniem naukowymi i corocznymi seminariami n.t. diagnostyki i zwalczania kawitacji, zorganizowano wspólnie z Zakładami Energetycznymi Okręgu Południowego w Katowicach i Północnego w Bydgoszczy kolejną, czterodniową konferencję naukowo-techniczną HYDROFORUM-80, n.t. „Problemy rozwoju hydraulicznych maszyn wirowych ze szczególnym uwzględnieniem potrzeb energetyki” [III. 9, 10, 11, 23, 25, 27, 30, 37, 43, 55, 56]. W konferencji wzięło udział 135 osób, reprezentujących 47 instytucji krajowych i 13 zagranicznych. Pracownicy Zakładu brali również czynny udział

w innych zebraniach naukowych w kraju i za granicą. Były to następujące zebrania (wykaz wygłoszonych referatów zamieszczono w końcowej części tego sprawozdania):

1. II Krajowa Konferencja Mechaniki Cieczy i Gazów, Jastrzębia Góra, 1976 [III.44].
2. Międzynarodowa Konferencja Naukowa HYDROTURBO'76, Brno, 1976 [III.45].
3. Międzynarodowa Konferencja Naukowa n.t. „Pomiary i modele procesów w technice cieplnej i mechanice płynów”, Karpacz, 1977 [III.47].
4. Konferencja Naukowa TRANSHYDRO'77 n.t. „Projektowanie i eksploatacja pomp i układów transportu hydraulicznego”, Wrocław, 1977 [III.8, 14, 24, 46].
5. Międzynarodowa Konferencja Naukowa n.t. „Fachtagung für Hydrodynamik-entwicklung”, Drezno, 1977 [III.7].
6. Posiedzenie Sekcji Podstaw Technologii Komitetu Budowy Maszyn PAN, Gdańsk, 1978 [III.49].
7. Sesja Naukowa Politechniki Śląskiej, Gliwice, 1978 [III. 51].
8. III Krajowa Konferencja Mechaniki Cieczy i Gazów w Kokotku k/Lublińca, 1978 [III.16, 38].
9. Zebranie Naukowe PTMTiS, Oddział w Bydgoszczy, 1978 [III.5].
10. Międzynarodowa Konferencja Naukowa „6th Conference on Fluid Machinery”, Budapeszt, 1979 [III.20, 52].
11. Konferencja Naukowa pt. „Diagnostyka Maszyn”, Szczyrk, 1979, [III.19].
12. Kolokwium EUROMECH 129, w Warnie, 1980 [III.41].
13. IV Krajowa Konferencja Mechaniki Cieczy i Gazów w Burzeninie, 1980 [III.22, 42].
14. Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna n.t. „Możliwości energetycznego wykorzystania cieków w Polsce południowej”, Zakopane, 1980 [III.27].
15. Konferencja Naukowa n.t. „Problemy rozwoju i projektowania maszyn energetycznych”, Gdańsk, 1980 [III.1, 6, 57].

5.4. W okresie sprawozdawczym jeden pracownik Zakładu uzyskał stopień doktora nauk technicznych, a dwóm otwarto przewody doktorskie.

W dowód uznania za osiągnięcia zawodowe pracownicy Zakładu otrzymali liczne odznaczenia i nagrody.

Rada Państwa PRL nadała Krzyż Kawalerski Orderu Odrodzenia Polski oraz Złoty i Brązowy Krzyż Zasługi, Minister Oświaty i Wychowania — „Medal Komisji Edukacji Narodowej”, Miejska Rada Narodowa w Gdańsku — dwie odznaki honorowe „Za Zasługi dla Gdańska”.

Sekretarz Naukowy PAN przyznał dwie nagrody zespołowe, a mianowicie:

- za pracę „Erozja kawitacyjna oraz nowe technologie napraw elementów maszyn hydraulicznych uszkodzonych wskutek kawitacji”,
- za „opracowanie konstrukcji i wdrożenie do praktyki sprzęgieł hydrokinetycznych dużej mocy o regularnym poślizgu”.

Minister Energetyki i Energii Atomowej przyznał nagrodę zespołową za pracę pt. „Przekładnie specjalne z regulowanymi sprzęgłami hydrokinetycznymi dużej mocy do regulacji pomp zasilających kotły w blokach energetycznych”.

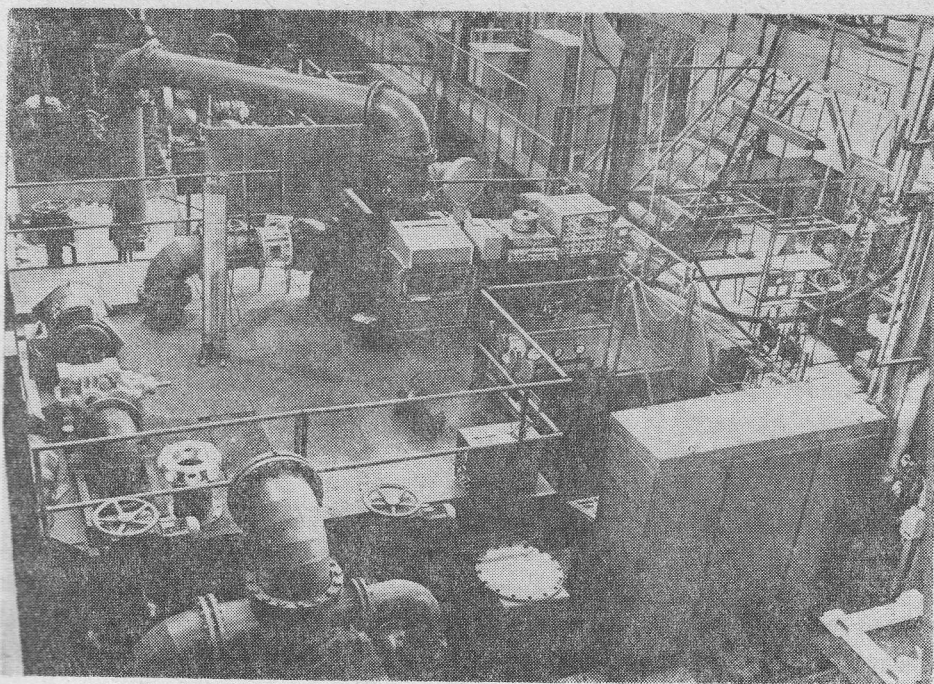
Minister Nauki, Szkolnictwa Wyższego i Techniki przyznał nagrodę zespołową za osiągnięcia w dziedzinie dydaktyczno-wychowawczej.

Minister Maszyn Ciężkich i Rolniczych przyznał nagrodę zespołową za prace badawcze i wdrożeniowe związane z uruchomieniem produkcji sprzęgła hydrokinetycznego okrętowego SHOR-720.

5.5. Laboratorium Zakładu jest przystosowane do badań modelowych turbin wodnych, pomp wirowych i sprzęgieł hydrokinetycznych, do badań opływów i przepływów z kawitacją oraz do badań erozji kawitacyjnej. Aktualnie Zakład posiada 9 stanowisk doświadczalnych.

W okresie sprawozdawczym zbudowano dwa nowe stanowiska: uniwersalne stanowisko do badania hydraulicznych maszyn wirowych [I.21] oraz tunel przepływowy do śledzenia kawitacji przy opływie płatów wodnych. Zlikwidowano natomiast stanowisko aerodynamiczne do badań turbin rurowych (model turbiny przekazano Akademii Rolniczo-Technicznej w Olsztynie, natomiast pozostałą część stanowiska – Zakładowi Termodynamiki i Wymiany Ciepła IMP PAN).

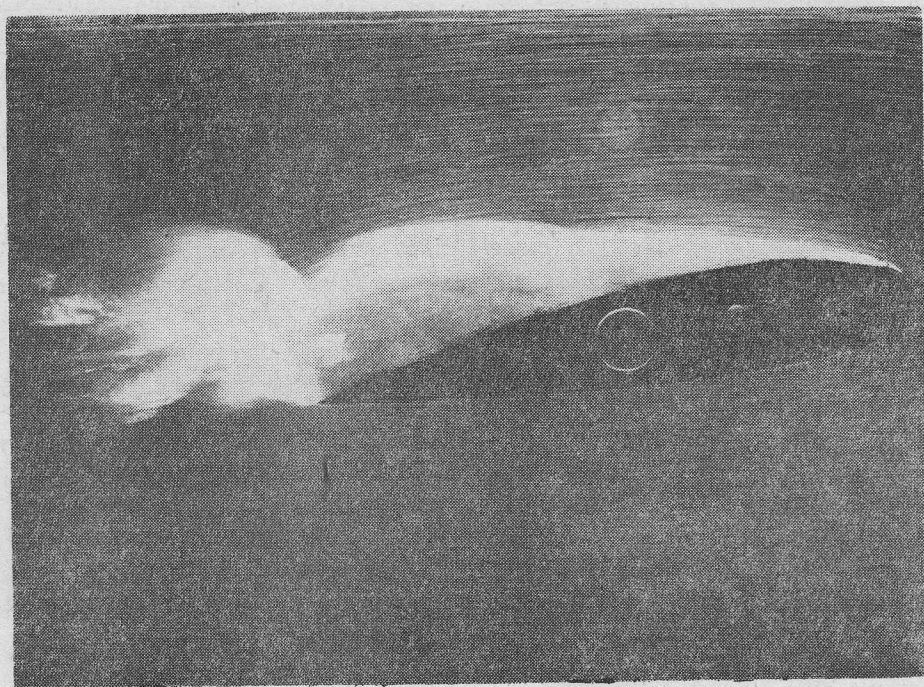
Stanowisko uniwersalne (rys. 20) jest przystosowane do badań pomp wirowych, turbin wodnych i maszyn odwracalnych. Jest to stanowisko o obiegu zamkniętym, w którym



Rys. 20. Fragment uniwersalnego stanowiska do badań hydraulicznych maszyn wirowych (fot. T. Link)

ciśnienie w zbiorniku dolnym można regulować w szerokich granicach. Źródłem wymuszającym obieg wody (podczas badań turbin wodnych) są dwie pompy cyrkulacyjne o łącznej mocy 150 kW. Wyposażenie stanowiska umożliwia wyznaczanie charakterystyk hydraulicznych, energetycznych, kawitacyjnych i wibroakustycznych.

Tunel przepływowy jest włączony do otwartego obiegu wody. Komora pomiarowa tego tunelu (rys. 21) ma przekrój $(60 \times 170) \text{ mm}^2$ i długość 600 mm. Regulacja prędkości przepływu ($v_{\max} = 13,5 \text{ m/s}$) i ciśnienia odbywa się za pomocą zaworów zainstalowanych



Rys. 21. Fragment komory pomiarowej z zainstalowanym płatem nośnym podczas przepływu z kawitacją (fot. T. Link)

przed i za komorą pomiarową. Oprócz podstawowych przyrządów pomiarowo-kontrolnych tunel jest wyposażony w układy optyczne i aparaturę wibroakustyczną do śledzenia i rejestracji zjawisk związanych z kawitacją.

5.6. Zamierzenia Zakładu na najbliższe lata przewidują:

a. Koncentrację działalności naukowej na doskonaleniu metod obliczania, projektowania i eksploatacji hydraulicznych maszyn energetycznych dużej mocy, na rozwijaniu konstrukcji sprzęgieł hydrokinetycznych i turbin wodnych małej mocy oraz na pogłębianiu wiedzy w dziedzinie dynamiki przepływów, ze szczególnym uwzględnieniem przepływów kawitacyjnych.

b. Wdrażanie do produkcji i eksploatacji wyników badań Zakładu z zakresu sprzęgieł hydrokinetycznych, pomp i turbin wodnych oraz maszyn odwracalnych.

c. Rozszerzenie współpracy krajowej i zagranicznej.

Przewiduje się również, iż zamierzenia badawcze Zakładu będą realizowane przede wszystkim w ramach Rządowego Programu Badawczo-Rozwojowego w dziedzinie Kompleksowego Rozwoju Energetyki (PR-8, kierunek 2 i 6).

I. Wykaz publikacji

- [1] E. S. Burka, *Zagadnienie kawitacji*. Wyd. Szkoły Letniej Mechaniki Płynów, 1977.
- [2] E. S. Burka, *An approximated method of determination of velocity distribution in turbulent flow*. Proc. of the Sixth Conference on Fluid Machinery, Akadémiai Kiadó, Budapest 1979.
- [3] S. Dąbrowski, *Forschungsergebnisse und Versuchspläne des Instituts für Strömungsmaschinen der Polnischen Akademie der Wissenschaften in Gdańsk auf dem Gebiet der regelbaren Strömungskupplungen grosser Leistung*. Mitteilungen der Konferenz u.d.T. „Fachtagung für Hydrodynamikentwicklung“, Dresden 1977.
- [4] S. Dąbrowski, *Regulacja wydajności pomp wirowych przy zastosowaniu sprzęgieł hydrokinetycznych*. Prace Naukowe Politechniki Wrocławskiej, nr 34, 1977.
- [5] S. Dąbrowski, *Badania modelowe naporu osiowego w sprzęgłach hydrokinetycznych dużej mocy o regulowanym napełnieniu*. Zesz. Nauk. IMP-PAN, nr 46/922/78.
- [6] S. Dąbrowski, *Design of Fluid Coupling for Starting and Control of the Speed of Working Machines characterized by High Value of GD^2 Product*. Proc. of the Sixth Conference on Fluid Machinery, Budapest 1979.
- [7] S. Dąbrowski, Z. Stankiewicz, *Wpływ parametrów ruchowych hamulca hydraulicznego typu SH2-1 na wystąpienie przestrzeni parowych w układzie łopatkowym hamulca*. Zesz. Nauk. IMP-PAN, nr 52/930/79.
- [8] S. Dąbrowski, *Wpływ parametrów ruchowych hamulca hydraulicznego typu SH2-1 na przebieg procesu jego odpowietrzania*. Zesz. Nauk. IMP-PAN, nr 53/931/79.
- [9] S. Dąbrowski, *Sprzęgła hydrokinetyczne dużej mocy w tematyce naukowo-badawczej IMP PAN w Gdańsku*. Materiały konferencyjne, HYDROFORUM-80, Porąbka-Kozubnik 1980.
- [10] S. Dąbrowski, *Wpływ wybranych parametrów konstrukcyjnych układu przepływowego na pracę regulowanego sprzęgła hydrokinetycznego*. Materiały konferencyjne, HYDROFORUM-80, Porąbka-Kozubnik, 1980.
- [11] S. Dąbrowski, K. Żochowski, *O przydatności sprzęgła hydrokinetycznego typu SH-660 do regulacji wydajności maszyn wirowych*. Materiały konferencyjne, HYDROFORUM-80, Porąbka-Kozubnik 1980.
- [12] S. Dąbrowski, K. Żochowski, *Regulacja dławienia wydajności pompy wirowej odśrodkowej typu PR-30 i regulacja zmianą prędkości obrotowej przy zastosowaniu regulowanego sprzęgła hydrokinetycznego typu SH-660*. Zesz. Nauk. Politechniki Gdańskiej, nr 39, 1980.
- [13] S. Dąbrowski, K. Żochowski, *Badania ruchowe prototypu sprzęgła hydrokinetycznego typu SH-660 o mocy 450 kW o zasilaniu wodnym*. Zesz. Nauk. Politechniki Gdańskiej, nr 39, 1980.
- [14] S. Dąbrowski i inni, *Układ napędowy ciągłej regulacji parametrów pracy pompy*. Urząd Patentowy PRL, nr 103166.
- [15] S. Dąbrowski, A. Piechota, *Sprzęgło hydrokinetyczne typu rozruchowo-regulowanego*. Zgłoszenie patentowe nr P-200316.
- [16] W. Dmochowski, W. Lipski, *Zastosowanie sondy kulkowej SKK 10 do pomiaru rozkładu prędkości i ciśnień w kanale zbiorczym pompy wirowej*. Zesz. Nauk. IMP-PAN, nr 17/887/77.
- [17] W. Dmochowski, W. Lipski, *Obliczanie błędów pomiarów przy wyznaczaniu charakterystyk $H(Q)$ i $\eta(Q)$ pomp wirowych z zastosowaniem maszyny cyfrowej*. Zesz. Nauk. IMP-PAN, nr 39/906/78.
- [18] J. Frączak, *Pomiar częstości pulsacji obłoku kawitacyjnego metodą optyczną*. Zesz. Nauk. IMP-PAN, nr 91/991/80.
- [19] J. Kirejczyk, *Hydrodynamiczne charakterystyki wirowej maszyny hydraulicznej*. Przegląd Mechaniczny, nr 19, 1977.
- [20] J. Kirejczyk, *Śledzenie przebiegu kawitacji w pompie za pomocą analizy widmowej szumów*. Prace Naukowe IKiEM Politechniki Wrocławskiej, z. 34, 1977.
- [21] J. Kirejczyk, *Uniwersalne stanowisko do badania hydraulicznych maszyn wirowych*. Zesz. Nauk. IMP-PAN, nr 31/920/78 oraz Zesz. Nauk. IMP-PAN, nr 69/975/79.
- [22] J. Kirejczyk, *Próba oceny natężenia kawitacji*. Zesz. Nauk. IMP-PAN, nr 59/973/79.

- [23] J. Kirejczyk, *The Energy Flux of Cavitating Flow*. Proc. of the Sixth Conference on Fluid Machinery, Vol. 1, Akadémiai Kiadó, Budapest 1979.
- [24] J. Kirejczyk, *Uwagi o diagnostyce kawitacji w pompach diagonalnych*. Zesz. Nauk. IMP-PAN, nr 91/991/80.
- [25] J. Kirejczyk, *Diagnostyka kawitacji w pompach diagonalnych*. Materiały konferencyjne, HYDROFORUM-80, Porąbka-Kozubnik 1980.
- [26] W. Lipski, *Wpływ niektórych parametrów geometrycznych języka spirali pompy promieniowej jednostopniowej niskociśnieniowej na kształt jej charakterystyk energetycznych $H(Q)$ i $\eta(Q)$* . Prace Naukowe Politechniki Wrocławskiej, nr 34, 1977.
- [27] W. Lipski, *Wpływ wybranych parametrów konstrukcyjnych osłony spiralnej na pracę pompy promieniowej jednostopniowej*. Rozprawa doktorska, IMP-PAN, Gdańsk, 1978 (nr arch. 148/78).
- [28] W. Lipski, *Influence of the Shape and Location of the Tongue of Spiral Casing on the Performance of Single-stage Radial Pumps*. Proc. of the Sixth Conf. on Fluid Machinery, Akadémiai Kiadó, Budapest 1979.
- [29] W. Lipski, *Badanie pól prędkości i ciśnień w osłonie spiralnej pompy promieniowej*. Materiały konferencyjne, HYDROFORUM-80, Porąbka-Kozubnik 1980.
- [30] J. Litorowicz, *Wstępne wyniki badań nad możliwością zastosowania powłok z tworzyw sztucznych produkcji krajowej do ochrony części maszyn przed szkodliwymi skutkami kawitacji*. Zesz. Nauk. IMP-PAN, nr 31/920/78.
- [31] J. Litorowicz, Z. Reymann, K. Steller, *Mala energetyka wodna i jej znaczenie ekologiczne*. Materiały konferencyjne, HYDROFORUM-80, Porąbka-Kozubnik 1980.
- [32] A. Łojek, *Regulacja wydajności pompy śmigłowej za pomocą kierownicy na ssaniu*. Zesz. Nauk. IMP-PAN, nr 77/984/79.
- [33] A. Łojek, *Wykorzystanie urządzenia prerotacyjno-upustowego do zwiększenia nadwyżki antykawitacyjnej w pompie śmigłowej*. Zesz. Nauk. IMP-PAN, nr 59/973/79.
- [34] A. Łojek, *Regulacja pomp szybkobieżnych, a w szczególności pomp wody chłodzącej*. Materiały konferencyjne, HYDROFORUM-80, Porąbka-Kozubnik 1980.
- [35] S. Mackiewicz, *Kawitacja przy opływie pojedynczego płata*. Zesz. Nauk. IMP-PAN, nr 31/920/78.
- [36] E. Partyka, *Widmo impulsów ciśnienia w przepływie z kawitacją*. Zesz. Nauk. IMP-PAN, nr 31/920/78.
- [37] E. Partyka, *Wskaźniki natężenia kawitacji*. Zesz. Nauk. IMP-PAN, nr 91/991/80.
- [38] Z. Popowicz, K. Steller, *Zmiany naprężeń w ściankach rurociągów dużych maszyn hydraulicznych w czasie ich eksploatacji*. Zagadnienia Eksploatacji Maszyn, z. 4 (32), 1977.
- [39] Z. Popowicz, K. Steller, *Warunki pracy łączników w kierownicach hydraulicznych maszyn odwracalnych*. Zagadnienia Eksploatacji Maszyn, z. 2 (34), 1978.
- [40] Z. Reymann, K. Steller, *Ocena odporności materiałów na działanie kawitacji przepływowej*. Prace IMP, z. 76, 1978.
- [41] Z. Reymann, *Ocena odporności materiałów na erozję kawitacyjną na podstawie badań na trzech stanowiskach doświadczalnych*. Zesz. Nauk. IMP-PAN, nr 30/910/78.
- [42] Z. Reymann, *Wpływ metody testowania próbek materiałów i przyjętego kryterium do oceny wyników testu na prognozowanie odporności materiałów na erozję kawitacyjną*. Zesz. Nauk. IMP-PAN, nr 31/920/78.
- [43] Z. Reymann, *Wpływ natężenia kawitacji przepływowej na odporność erozyjną materiałów*. Zesz. Nauk. IMP-PAN, nr 59/973/79.
- [44] Z. Reymann, *Zależność między natężeniem kawitacji i erozją kawitacyjną*. Zesz. Nauk. IMP-PAN, nr 91/991/80.
- [45] Z. Stankiewicz, *Szczotkowy zbieracz prądu; konstrukcja i zastosowanie do badań maszyn hydraulicznych*. Materiały konferencyjne, HYDROFORUM-80, Porąbka-Kozubnik 1980.
- [46] J. Steller, *Powstawanie kawitacji na profilu opływanym cieczą idealną*. Zesz. Nauk. IMP-PAN, nr 57/940/79.
- [47] J. Steller, *Rozwój kawitacji na pojedynczym płacie*. Zesz. Nauk. IMP-PAN, nr 59/973/79.
- [48] J. Steller, *Rozwój kawitacji na profilu przy różnych kierunkach napływu*. Zesz. Nauk. IMP-PAN, nr 68/965/79.

- [49] J. Steller, *Optyw cieczą idealną pojedynczego profilu umieszczonego między ściankami równoległymi*. Zesz. Nauk. IMP-PAN, nr 76/980/79.
- [50] J. Steller, *Badania tunelowe rozwoju kawitacji na profilu pojedynczym oraz w palisadzie*. Zesz. Nauk. IMP-PAN, nr 91/991/80.
- [51] J. Steller, *Wrażliwość kawitacyjna profili oraz przewidywanie tego zjawiska w kierownicach maszyn odwracalnych*. Materiały konferencyjne, HYDROFORUM-80, Porąbka-Kozubnik 1980.
- [52] K. Steller, *Untersuchungen über den dynamischen Zustand einer Umkehrmaschine im Pumpen- und Turbinenbetrieb*. Mat. Konf. HYDROTURBO-76, D7, Brno, 1976.
- [53] K. Steller, *Problemy eksploatacyjne związane z pracą pompową średniobieżnych maszyn odwracalnych*. Prace Naukowe Politechniki Wrocławskiej nr 34, 1977.
- [54] K. Steller, *Zastosowanie metody termodynamicznej do wyznaczania sprawności wewnętrznej olejowych pomp rotacyjnych*. Prace Naukowe Politechniki Wrocławskiej, nr 20, 1977.
- [55] K. Steller, *Parametry optymalne pomp odśrodkowych ze względu na kawitację*. Zesz. Nauk. IMP-PAN, nr 18/901/1977.
- [56] K. Steller, *Uszkodzenia kawitacyjne w maszynach hydraulicznych i związane z nimi gwarancje*. Zesz. Nauk. IMP-PAN, nr 23/911/1977.
- [57] N. Steller, T. Krzysztofowicz, B. P. Alentow, *Odporność materiałów na erozję kawitacyjną określona na podstawie różnych metod*. Prace Inst. Technologii Mat. Masz. i Spaw. Politechniki Gdańskiej 1978.
- [58] K. Steller, T. Krzysztofowicz, *Badanie odporności materiałów na erozję metodą przepływową, wibracyjną i uderzeniową*. Prace IMP, z. 75, 1978.
- [59] K. Steller, *Nowa koncepcja oceny odporności materiałów na erozję kawitacyjną*. Prace IMP, z. 76, 1978.
- [60] K. Steller, *Działalność Naukowa Zakładu Dynamiki Cieczy IMP PAN w latach 1973 - 1975*. [W:] *Działalność naukowa IMP PAN w latach 1973 - 1975*, PWN, Warszawa-Poznań 1978.
- [61] K. Steller, *O pewnej metodzie oceny odporności materiałów na erozję kawitacyjną*. Zesz. Nauk. IMP-PAN, nr 31/920/78.
- [62] K. Steller, *O konstrukcji odwracalnych maszyn hydraulicznych dużej mocy*. Zesz. Nauk. Politechniki Śląskiej, Seria: Energetyka, z. 66, 1978.
- [63] K. Steller, Z. Reymann, *Przepływomierz krzywakowy*. Zesz. Nauk. IMP-PAN, nr 50/949/79.
- [64] K. Steller, *Change of the relative material resistance due to the change of cavitation conditions*. Proc. of the Sixth Conf. on Fluid Machinery, Vol. 2, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1979.
- [65] K. Steller, *O efektach skali w badaniach erozyjnych i przewidywaniu odporności materiału na erozję kawitacyjną*. Zesz. Nauk. IMP-PAN, nr 59/973/79.
- [66] K. Steller, Z. Reymann, M. Targan, F. G. Hammitt, *Comments on Erosion Tests Conducted in ASTM Interlaboratory Test Program*. ASTM Journal of Testing and Evaluation, Vol. 7, nr 2, 1979.
- [67] K. Steller, *O natężeniu kawitacji i przewidywaniu erozji kawitacyjnej*. Zesz. Nauk. IMP-PAN, nr 91/991/80.
- [68] K. Steller, E. Partyka, Z. Reymann, T. Krzysztofowicz, *Przyczynek do przewidywania trwałości elementów maszyn narażonych na działanie kawitacji*. Związek między natężeniem kawitacji i zachowaniem się materiału w początkowym okresie niszczenia. Prace IMP, z. 79, 1980.
- [69] K. Steller, E. Partyka, *O przewidywaniu odporności materiałów konstrukcyjnych na erozję kawitacyjną*. Materiały konferencyjne, HYDROFORUM-80, Porąbka-Kozubnik 1980.
- [70] K. Steller, M. Targan, T. Krzysztofowicz, *Erozja kawitacyjna złącz spawanych*. Zesz. Nauk. IMP-PAN, nr 89/990/80.
- [71] K. Steller, *Zastosowanie wirowych maszyn hydraulicznych do odzysku energii w procesach przemysłowych*. Materiały konferencyjne, HYDROFORUM-80, Porąbka-Kozubnik 1980.
- [72] K. Steller, A. Łojek, *Sposób i urządzenie do regulacji pomp wirowych*. Zgłoszenie patentowe nr P-219226 z dn. 26. 10. 79.
- [73] M. Targan, *Badania nad skutecznością ochrony katodowej podczas niszczenia materiałów pod wpływem kawitacji wibracyjnej*. Zesz. Nauk. IMP-PAN, nr 31/920/78.

- [74] M. Targan, *Skuteczność działania inhibitorów do ochrony metali przed erozją wywołaną kawitacją wibracyjną*. Zesz. Nauk. IMP-PAN, nr 59/973/79.
- [75] M. Targan, *Podwyższenie odporności kawitacyjnej materiału podstawowego w strefie wpływu ciepła rozprzestrzeniającego się podczas spawania*. Zesz. Nauk. IMP-PAN, nr 91/991/80.

II. Wykaz opracowań wewnętrznych

- [1] K. Aerts, E. S. Burka, *Opracowanie metody generowania oraz rejestracji pęcherza parowo-gazowego metodą gigantycznego impulsu laserowego w wodzie*. IMP-PAN, nr arch. 267/80.
- [2] E. S. Burka, *Zagadnienie badań doświadczalnych wewnętrznych i zewnętrznych przepływów kawitacyjnych*. IMP-PAN, nr arch. 195/76.
- [3] E. S. Burka, *Optyw kawitacyjny profilu tworzącego przewężenie przekroju poprzecznego komory przepływowej*. IMP-PAN, nr arch. 196/76.
- [4] E. S. Burka, K. Steller, A. T. Troskoleński, *Kawitacja — Pojęcia podstawowe*. IMP-PAN, nr arch. 288/79.
- [5] S. Dąbrowski, Z. Stankiewicz, *Optymalizacja liczby i grubości łopatek w sprzęgłach hydrokinetycznych regulowanych i rozruchowo-regulowanych*. IMP-PAN, nr arch. 167/79.
- [6] J. Kirejczyk, *Efekt skali w badaniach maszyn hydraulicznych ze szczególnym uwzględnieniem praw podobieństwa przy przepływie z kawitacją*. IMP-PAN, nr arch. 133/76.
- [7] J. Kirejczyk, *Analiza szumów kawitacyjnych w maszynach hydraulicznych*. IMP-PAN, nr arch. 141/76.
- [8] W. Lipski, *The New Method of Spiral Casing Readjustment to Radial Turning Impellers in Centrifugal Pump*. IMP-PAN, nr arch. 234/78.
- [9] A. Łojek, *Regulacja wydajności pompy śmigłowej z przestawialnymi łopatkami za pomocą kierownicy na ssaniu*. IMP-PAN, nr arch. 164/78.
- [10] A. Łojek, *Prerotacyjno-upustowa metoda regulacji szybkoobrotowych pomp wirowych*. Sprawozdanie z badań. IMP-PAN, nr arch. 43/80.
- [11] S. Mackiewicz, *Próba określenia początku kawitacji w pompie odśrodkowej 100N210 na podstawie pomiaru zmiany rezystancji przepływającej wody w króćcu ssawnym pompy*. IMP-PAN, nr arch. 169/76.
- [12] Z. Reymann, M. Targan, K. Steller, *Porównanie niszczącego działania kawitacji na urządzeniu z wirującą tarczą i magnetostrykcyjnym*. IMP-PAN, nr arch. 148/76.
- [13] Z. Reymann, *Wpływ zmiany wyróżnika kawitacji na przebieg niszczenia materiału*. IMP-PAN, nr arch. 234/79.
- [14] Z. Stankiewicz, *Badania wstępne pól prędkości i ciśnienia w sprzęgle hydrokinetycznym przy pracy z dużymi poślizgami*. IMP-PAN, nr arch. 215/79.
- [15] J. Steller, *Wyznaczanie współczynników regresji $y = Ay_1^{z_1} \times \dots \times y_p^{z_p}$. Algorytm i program obliczeń*. IMP-PAN, nr arch. 42/79.
- [16] J. Steller, *Wyznaczanie współrzędnych profilu w parametryzacji katowej*. IMP-PAN, nr arch. 146/79.
- [17] J. Steller, *Optyw układu profili umieszczonych między ściankami równoległymi liczony metodą odwzorowań konforemnych*. IMP-PAN, nr arch. 211/79.
- [18] K. Steller, Z. Reymann, M. Targan, *Comments on erosion tests conducted in the ASTM Round-Robin Test Program*. IMP-PAN, nr arch. 56/77.
- [19] K. Steller, Z. Reymann, *Erosionsuntersuchungen an Ni, Al, Cu und Cd Prüflingen auf einem Prüfstand mit rotierender Scheibe*. IMP-PAN, nr arch. 73/28.
- [20] K. Steller, M. Targan, T. Krzysztofowicz, *Zachowanie się stali węglowej, napawanej spoiwami wysokostopowymi, podczas działania kawitacji akustycznej oraz środka zmierzające do podwyższenia odporności kawitacyjnej materiału podstawowego w strefie wpływu ciepła*. IMP-PAN, nr arch. 243/79.
- [21] M. Targan, *Badanie wpływu ciepła wydzielającego się podczas napawania metalicznych powłok ochronnych oraz sposobu obróbki cieplnej na własności kawitacyjne materiału podstawowego w strefie przejściowej*. IMP-PAN, nr arch. 201/79.

III. Wykaz wygłoszonych referatów

- [1] J. Brosch, *Wybrane zagadnienia eksploatacji hydraulicznych maszyn energetycznych*. Konferencja pt. „Problemy rozwoju i projektowania maszyn energetycznych”, Gdańsk 1980.
- [2] E. S. Burka, *Zagadnienia kawitacji*. Szkoła Letnia Mechaniki Płynów w Mikołajkach, 1977.
- [3] E. S. Burka, *Badania kawitacyjne w Zakładzie Dynamiki Cieczy IMP-PAN*. Seminarium w Sektorze Mechaniki Ośrodków Niejednorodnych AN ZSRR w Moskwie, IX-1978 (ref. w języku rosyjskim).
- [4] E. S. Burka, *Prace badawcze w dziedzinie kawitacji i erozji kawitacyjnej w S.M.O.N. AN ZSRR w Moskwie*. Seminarium Zakładu Dynamiki Cieczy IMP-PAN, listopad 1978.
- [5] E. S. Burka, *Kawitacja i erozja kawitacyjna*. Zebranie Naukowe PTMTiS, Oddział w Bydgoszczy, XII – 1978.
- [6] E. S. Burka, *Wyladowania elektryczne w cieczach*. Konferencja pt. „Problemy rozwoju i projektowania maszyn energetycznych”, Gdańsk 1980.
- [7] S. Dąbrowski, *Forschungsergebnisse und Versuchspläne des Instituts für Strömungsmaschinen der Polnischen Akademie der Wissenschaften in Gdańsk auf dem Gebiet der regelbaren Strömungskupplungen grosser Leistung*. Fachtagung für Hydrodynamikentwicklung, Dresden 1977.
- [8] S. Dąbrowski, *Regulacja wydajności pomp wirowych przy zastosowaniu sprzęgieł hydrokinetycznych*. Konferencja pt. „Projektowanie i eksploatacja pomp i układów transportu hydraulicznego”, Wrocław 1977.
- [9] S. Dąbrowski, *Sprzęgła hydrokinetyczne dużej mocy w tematyce naukowo-badawczej IMP-PAN w Gdańsku*. Konferencja HYDROFORUM-80, Porąbka-Kozubnik 1980.
- [10] S. Dąbrowski, *Wpływ niektórych parametrów konstrukcyjnych układu przepływowego na prace regulowanego sprzęgła hydrokinetycznego*. Konferencja HYDROFORUM-80, Porąbka-Kozubnik 1980.
- [11] S. Dąbrowski, K. Żochowski, *O przydatności sprzęgła hydrokinetycznego typu SHR-660 do regulacji wydajności maszyn wirowych*. Konferencja HYDROFORUM-80, Porąbka-Kozubnik 1980.
- [12] J. Frączak, *Optyczne metody badania przepływów dwufazowych*. Seminarium Zakładu Dynamiki Cieczy IMP-PAN, czerwiec 1979.
- [13] J. Frączak, *Pomiar częstotliwości pulsacji obłoku kawitacyjnego metodą optyczną*. III Seminarium pt. „Diagnostyka i zwalczanie kawitacji”, Gdańsk 1979.
- [14] J. Kirejczyk, *Śledzenie przebiegu kawitacji w pompie za pomocą analizy widmowej szumów*. Konferencja pt. „Projektowanie i eksploatacja pomp i układów transportu hydraulicznego”, Wrocław 1977.
- [15] J. Kirejczyk, *Uniwersalne stanowisko do badania hydraulicznych maszyn wirowych*. I Seminarium pt. „Diagnostyka i zwalczanie kawitacji”, Gdańsk 1977.
- [16] J. Kirejczyk, *Przebieg kawitacji w wirującej palisadzie łopatkowej*. III Konferencja Mechaniki Cieczy i Gazów w Kokotku, 1978.
- [17] J. Kirejczyk, *Próba oceny natężenia kawitacji*. II Seminarium pt. „Diagnostyka i zwalczanie kawitacji”, Gdańsk 1978.
- [18] J. Kirejczyk, *Poglądy Epsteina na zagadnienie efektu skali w przepływie kawitacyjnym*. Seminarium Zakładu Dynamiki Cieczy IMP-PAN, listopad, 1978.
- [19] J. Kirejczyk, *O kawitacyjnych drganiach maszyn hydraulicznych*. Konferencja n.t. „Diagnostyka maszyn”, Szczyrk 1979.
- [20] J. Kirejczyk, *The Energy Flux of Cavitating Flow*. Międzynarodowa Konferencja Naukowa „6th Conference on Fluid Machinery” Budapeszt 1979.
- [21] J. Kirejczyk, *Uwagi o diagnostyce kawitacji w pompach diagonalnych*. III Seminarium pt. „Diagnostyka i zwalczanie kawitacji”, Gdańsk 1979.
- [22] J. Kirejczyk, *Diagnostyka kawitacji w wirującej palisadzie łopatkowej*. IV Konferencja Mechaniki Cieczy i Gazów w Burzeninie, 1980.
- [23] J. Kirejczyk, *Diagnostyka kawitacji w pompach diagonalnych*. Konferencja HYDROFORUM-80, Porąbka-Kozubnik 1980.

- [24] W. Lipski, *Wpływ niektórych parametrów konstrukcyjnych osłony spiralnej pompy promieniowej jednostopniowej niskociśnieniowej na kształt jej charakterystyk energetycznych $H(Q)$ i $\eta(Q)$* . Konferencja pt. „Projektowanie i eksploatacja pomp i układów transportu hydraulicznego”, Wrocław 1977.
- [25] W. Lipski, *Badania pól prędkości i ciśnień w osłonie spiralnej pompy promieniowej*. Konferencja HYDROFORUM-80, Porąbka-Kozubnik 1980.
- [26] J. Litorowicz, *Wstępne wyniki badań nad możliwością zastosowania powłok z tworzyw sztucznych produkcji krajowej do ochrony części maszyn przed szkodliwymi skutkami kawitacji*. I Seminarium pt. „Diagnostyka i zwalczanie kawitacji”, Gdańsk 1977.
- [27] J. Litorowicz, Z. Reymann, K. Steller, *Mala energetyka wodna i jej znaczenie ekologiczne*. Konferencja HYDROFORUM-80, Porąbka-Kozubnik 1980 oraz Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna n.t. „Możliwości energetycznego wykorzystania cieków w Polsce południowej”, Zakopane 1980.
- [28] A. Łojek, *Konstrukcja urządzenia prerotacyjno-upustowego do regulacji pomp śmigłowych*. Seminarium Zakładu Dynamiki Cieczy IMP-PAN, listopad 1977.
- [29] A. Łojek, *Wykorzystanie urządzenia prerotacyjno-upustowego do zwiększenia nadwyżki anty-kawitacyjnej w pompie śmigłowej*. II Seminarium pt. „Diagnostyka i zwalczanie kawitacji”, Gdańsk 1978.
- [30] A. Łojek, *Regulacja pomp szybkobieżnych, a w szczególności pomp wody chłodzącej*. Konferencja HYDROFORUM-80, Porąbka-Kozubnik 1980.
- [31] S. Mackiewicz, *Kawitacja przy opływie pojedynczego płata*. I Seminarium pt. „Diagnostyka i zwalczanie kawitacji”, Gdańsk 1977.
- [32] E. Partyka, *Widmo impulsów ciśnienia w przepływie z kawitacją*. I Seminarium pt. „Diagnostyka i zwalczanie kawitacji”, Gdańsk 1977.
- [33] E. Partyka, *Wskaźniki natężenia kawitacji*. III Seminarium pt. „Diagnostyka i zwalczanie kawitacji”, Gdańsk 1979.
- [34] Z. Reymann, *Wpływ metody testowania próbek materiałów i przyjętego kryterium do oceny wyników testu na prognozowanie odporności materiałów na erozję kawitacyjną*. I Seminarium pt. „Diagnostyka i zwalczanie kawitacji”, Gdańsk 1977.
- [35] Z. Reymann, *Wpływ natężenia kawitacji przepływowej na odporność erozyjną materiałów*. II Seminarium pt. „Diagnostyka i zwalczanie kawitacji”, Gdańsk 1978.
- [36] Z. Reymann, *Zależność między natężeniem kawitacji i erozją kawitacyjną*. III Seminarium pt. „Diagnostyka i zwalczanie kawitacji”, Gdańsk 1979.
- [37] Z. Stankiewicz, *Szczotkowy zbieracz prądu: konstrukcja i zastosowanie do badań maszyn hydraulicznych*. Konferencja HYDROFORUM-80, Porąbka-Kozubnik 1980.
- [38] J. Steller, *Przewidywanie kawitacji pęcherzykowej na profilu*. III Konferencja Mechaniki Cieczy i Gazów w Kokotku, 1978.
- [39] J. Steller, *Rozwój kawitacji na pojedynczym płacie*. III Seminarium pt. „Diagnostyka i zwalczanie kawitacji”, Gdańsk 1978.
- [40] J. Steller, *Badania tunelowe rozwoju kawitacji na profilu izolowanym oraz w palisadzie*. III Seminarium pt. „Diagnostyka i zwalczanie kawitacji”, Gdańsk 1979.
- [41] J. Steller, *On Flow Between Parallel Walls*. Kolokwium EUROMECH 129, Warna 1980.
- [42] J. Steller, *Uwagi o rozwoju kawitacji na pojedynczym płacie oraz w palisadzie*. IV Konferencja Mechaniki Cieczy i Gazów w Burzeninie, 1980.
- [43] J. Steller, *Wrażliwość profilu na kawitację oraz przewidywanie tego zjawiska w kierownicach łopatkowych maszyn odwracalnych*. Konferencja HYDROFORUM-80, Porąbka-Kozubnik 1980.
- [44] K. Steller, *Efekty skali w badaniach kawitacyjnych*. II Konferencja Mechaniki Cieczy i Gazów, Jastrzębia Góra 1976.
- [45] K. Steller, *Untersuchungen über den dynamischen Zustand einer Umkehrmaschine im Pumpen- und Turbinenbetrieb*. Międzynarodowa konferencja HYDROTURBO-76, Brno 1976.
- [46] K. Steller, *Problemy eksploatacyjne związane z pracą pompową średniobieżnych maszyn odwracalnych*. Konferencja pt. „Projektowanie i eksploatacja pomp i układów transportu hydraulicznego”, Wrocław 1977.

- [47] K. Steller, *Zastosowanie metody termodynamicznej do wyznaczania sprawności wewnętrznej olejowych pomp rotacyjnych*. Konferencja pt. „Pomiary i modele procesów w technice cieplnej i mechanice płynów”, Wrocław 1977.
- [48] K. Steller, *O pewnej metodzie oceny odporności materiałów na erozję kawitacyjną*. I Seminarium pt. „Diagnostyka i zwalczanie kawitacji”, Gdańsk 1977.
- [49] K. Steller, T. Krzysztofowicz, B. P. Alentow, *Odporność materiałów na erozję kawitacyjną określone różnymi metodami*. Posiedzenie Sekcji Podstaw Technologii Komitetu Budowy Maszyn PAN, Gdańsk 6÷7 IV 1978.
- [50] K. Steller, *O efektach skali w badaniach erozyjnych i przewidywaniu odporności materiałów na erozję kawitacyjną*. II Seminarium pt. „Diagnostyka i zwalczanie kawitacji”, Gdańsk 1978.
- [51] K. Steller, *O konstrukcji odwracalnych maszyn hydraulicznych dużej mocy*. Sesja Naukowa Politechniki Śląskiej, 1978.
- [52] K. Steller, *Einfluss der Kavitationsbedingungen auf die relative Widerstandsfähigkeit des Materials*. Międzynarodowa Konferencja naukowa „6th Conference on Fluid Machinery”, Budapest 1979.
- [53] K. Steller, *Kavitationserscheinungen an Diagonalpumpen und radialen Umkehrturbinen*. Seminarium Instytutu Budowy Turbin w Ljubljanie, październik, 1979.
- [54] K. Steller, *O natężeniu kawitacji i przewidywaniu erozji kawitacyjnej*. III Seminarium pt. „Diagnostyka i zwalczanie kawitacji”, Gdańsk 1979.
- [55] K. Steller, *Zastosowanie wirowych maszyn hydraulicznych do odzysku energii w procesach przemysłowych*. Konferencja HYDROFORUM-80, Porąbka-Kozubnik 1980.
- [56] K. Steller, E. Partyka, *O przewidywaniu odporności materiałów konstrukcyjnych na erozję kawitacyjną*. Konferencja HYDROFORUM-80, Porąbka-Kozubnik 1980.
- [57] K. Steller, *Diagnostyka i zwalczanie kawitacji*. Konferencja pt. „Problemy rozwoju i projektowania maszyn energetycznych”, Gdańsk 1980.
- [58] M. Targan, *Badania nad skutecznością ochrony katodowej podczas niszczenia materiałów pod wpływem kawitacji wibracyjnej*. I Seminarium pt. „Diagnostyka i zwalczanie kawitacji”, Gdańsk 1977.
- [59] M. Targan, *Skuteczność działania inhibitorów dla ochrony metali przed erozją wywołaną kawitacją wibracyjną*. II Seminarium pt. „Diagnostyka i zwalczanie kawitacji”, Gdańsk 1978.
- [60] M. Targan, *Podwyższenie odporności kawitacyjnej materiału podstawowego w strefie „wpływu ciepła” rozprzestrzeniającego się podczas spawania*. III Seminarium pt. „Diagnostyka i zwalczanie kawitacji”, Gdańsk 1979.
- [61] W. Wojewnik, A. Łojek, *Porównanie skuteczności regulowania wydajności pomp śmigłowych za pomocą kierownicy wstępnej i napowietrzania*. Seminarium Zakładu Dynamiki Cieczy IMP-PAN, kwiecień, 1978.