

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 SZEWAŃSKI (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

TADEUSZ GERLACH, JAN GAJEWSKI

**Działalność naukowa
Zakładu Mechaniki Tarcia i Smarowania
w latach 1976 - 1980**

Отдел механики трения и смазки

В 1976 - 1980 г.г. Отделом проводились исследовательские работы по трем направлениям:

— теоретические и экспериментальные исследования в области подшипников скольжения, а также в области физики явлений происходящих в масляной пленке;

— попытки определения поверхностных свойств подшипниковых металлов методами физики твердого тела;

— работы по высокотемпературному, бездымному сжиганию тяжелых дизельных масел.

Для нужд промышленных предприятий разработаны алгоритмы и расчетные программы для определения свойств и характеристик подшипников скольжения всех типов, применяемых в турбинной технике. Проведен также ряд научных консультаций и научно-технических экспертиз для предприятий морского хозяйства.

Department of Tribology

Three groups of research work were carried out in the Department during the 1976 - 1980 period. These were:

— theoretical and experimental investigations in the field of slide bearings and the physics of phenomena occurring in oil films,

— an attempt to determine surface properties of bearing metals using the methods of solid state physics,

— the works on high-temperature, smokeless combustion of heavy fuel oils.

Algorithms and computing programs determining characteristics and properties of slide bearings of all types used in the turbine technique have been elaborated for the needs of industrial enterprises. Scientific advices were given and techno-scientific expert reports have been worked out for the needs of maritime economy enterprises.

W latach 1976 - 1980 kontynuowano w Zakładzie rozpoczęte wcześniej badania dynamiki ślizgowych łożysk poprzecznych i wzłużnych smarowanych cieczami, badania fizycznych zjawisk występujących w filmach olejowych, badania zjawisk powierzchniowych w metalach oraz wybrane badania nad spalaniem paliw węglowodorowych w przepływie.

Badania dynamiki łożysk ślizgowych

W toku teoretycznych badań zajmowano się wpływem temperatury oleju w filmie smarnym na pracę łożysk ślizgowych. Pominięcie m. in. tego wpływu w fizycznym modelu pracy łożyska powoduje znaczne rozbieżności pomiędzy rezultatami obliczeń i eksperymentem. Opracowano metodę określania statycznych charakterystyk poprzecznych łożysk ślizgowych z uwzględnieniem wymiany ciepła z otoczeniem.

Metodę zastosowano do fizycznego modelu łożyska, w którym przyjęto, że:

- lepkość oleju zmienia się wzdłuż grubości filmu olejowego,
- mieszanie oleju w rowku smarnym wywiera wpływ na rozkład temperatury oleju na krawędzi dolotowej,
- istnieje przepływ zwrotny oleju w szczelinie smarowej.

Rezultaty obliczeń i eksperymentu są w większym stopniu zgodne niż znane z literatury.

W toku procesu poznawania fizyki zjawisk, towarzyszących skawitowanemu przepływowi oleju w filmie, zintensyfikowano rozpoczęte wcześniej badania nad wytrzymałością filmu olejowego na rozerwanie.

Badania te wykazały, że warstwa oleju wytrzymuje naprężenia rozciągające oraz że ich wartość, przy której następuje rozerwanie warstwy, zależy od szybkości wzrostu naprężeń i stopnia zapowietrzenia oleju. Wyniki badań sugerowały, że dla matematycznego opisanego zależności wartości naprężenia rozrywającego warstwę oleju od jej grubości i szybkości wzrostu naprężenia, należy zbadać ten proces w dynamicznych i statycznych warunkach obciążenia warstwy o grubości zmieniającej się w szerokim zakresie. W wyniku późniejszych badań stwierdzono, że:

- przy statycznym rozciąganiu oleju wytrzymałość warstwy na rozerwanie nie zależy od jej grubości,
- przy dynamicznym rozciąganiu wytrzymałość warstwy oleju zależy od jej grubości oraz szybkości wzrostu naprężeń.

Zbudowano fizyczny model ekspansji oleju, poddanego naprężeniom statycznym, zawierającego mikropęcherzyki gazowe, których ilość i wielkość są matematycznie związane krzywą rozkładu normalnego. Obecnie prowadzi się prace nad matematycznym opisem rozprzestrzeniania się pęcherzy gazowych w szczelinie smarowej, po zerwaniu ciągłości filmu olejowego, podczas dynamicznego naprężenia.

W toku badań nad stabilnością skawitowanych obszarów filmów olejowych zmodernizowano i uruchomiono stanowisko doświadczalne dla badania lokalizacji skawitowanych stref w filmie łożysk poprzecznych oraz skonstruowano i wykonano pomiarowy klocek łożyska wzdłużnego, umożliwiający wizualizację stref skawitowanych w łożysku wzdłużnym.

W ramach badań nad segmentowymi łożyskami poprzecznymi opracowano programy obliczeń i wyznaczono charakterystyki statyczne i dynamiczne pojedynczego, wahliwego segmentu poprzecznego łożyska ślizgowego. W obliczeniach przyjęto sztywny klocek, bez termicznych i sprężystych odkształceń, oraz izotermiczny i laminarny przepływ oleju. Obliczone zależności posłużyły do wyznaczania charakterystyk statycznych i dynamicznych łożyska poprzecznego, składającego się z trzech wahliwych segmentów.

Badania nad spalaniem w przepływie

Badania koncentrowały się na zagadnieniu spalania ciężkich olejów napędowych w płaskim płomieniu kinetycznym. Ze studiów i z własnych doświadczeń nad problematyką mechanizmów tworzenia produktów spalania, ich własnościami fizykochemicznymi i skutkami oddziaływania na otoczenie, zarówno chemicznie aktywne jak i obojętne, wynika, iż taki proces spalania jest najkorzystniejszy w zastosowaniu do silników spalinowych i turbin gazowych. Spalanie w płaskim płomieniu kinetycznym zrealizowano dotychczas jedynie w silnikach tłokowych, zasilanych benzyną, pracujących według obiegu Otto. Nerozwieszony poprzednio problem kinetycznego spalania olejów napędowych w przypadku turbin gazowych komplikuje dodatkowo zagadnienie stabilności spalania i związaną z tym konieczność unieruchomienia płaszczyzny spalania względem określonego obszaru przestrzeni reakcyjnej. Obszar ten jest zdefiniowany konstrukcją całej maszyny i przedziałem zmienności jej obciążenia. Ten złożony kompleks zagadnień kinetyczno-aerodynamicznych rozwiązano w Zakładzie w latach 1976 - 1979. W roku 1980 opracowano koncepcję wykorzystania produktów kinetycznego spalania w przepływie ciężkich olejów napędowych i ewentualnie, pewnych typów pozostałości podestylacyjnych ropy naftowej w procesie wysokotemperaturowego spalania węgla kopalnego o niskiej jakości, w gazowo-parowych układach turbinowych. Dla tego celu przystosowano i rozbudowano istniejące stanowisko doświadczalne.

Badania zjawisk powierzchniowych występujących w metalach

a. Przy poślizgu w obecności smaru

W toku badań nad wpływem fizykochemicznych własności filmu elastohydrodynamicznego w obszarze styku elementów stalowych, toczących się po sobie z poślizgiem, na zużycie ich powierzchni nośnych stwierdzono, że zużycie to w formie zmęczeniowego wykruszania się (pittingu) silnie zależy od rodzaju oleju i grubości jego warstwy. Wyniki badań przedstawiono w formie zależności liczby jamek pittingowych i wielkości ich powierzchni w funkcji grubości warstwy oleju badanego typu, zadanej chropowatości powierzchni elementów w styku tocznym i liczby cykli obciążeń. Wyznaczono również ograniczoną liczbę cykli obciążeń, przy której występuje początek pittingu w próbkach o zadanej chropowatości powierzchni i sile docisku próbek. Stwierdzono, że liczby te różnią się wzajemnie w zależności od rodzaju użytego oleju w filmie elastohydrodynamicznym.

b. Przy tarcii mieszanym

Kontynuowano badania nad elektronową strukturą powierzchni kryształów metali i granicach ich rozdziału. Przewiduje się, że poznawcze wyniki teoretycznych badań znajdą zastosowanie w praktycznych zagadnieniach dyfuzji powierzchniowej, korozji i kruszenia się metali stosowanych w nośnych warstwach panwi łożysk ślizgowych. W latach 1976 -

- 1980 rozwijano metodę funkcji Greena, służącej do analizy własności powierzchni idealnych, zdeformowanych, jak również powierzchni pokrytych warstwami adsorbowanych atomów. Przeprowadzono analizę grupowo-teoretyczną dla dwuwymiarowych grup przestrzennych symorficznych i asymorficznych obszaru powierzchniowego. Opracowano 18 programów potrzebnych dla ilościowej analizy własności powierzchniowych. Były to wstępne etapy badań nad poznaniem elektronowej natury przeciwnych własności białej cyny, oraz nad poznaniem mechanizmu zmian struktury elektronowej obszaru powierzchniowego kryształów białej cyny, zachodzących w wyniku oddziaływania ośrodka graniczącego z obszarem powierzchniowym.

Współpraca z przemysłem

Zakład współpracował z przedsiębiorstwami należącymi do przemysłu budowy maszyn, przemysłu energetycznego oraz z przedsiębiorstwami i instytucjami gospodarki morskiej. Głównym kontrahentem były Zakłady ZAMECH w Elblągu. Przedmiotem umowy pomiędzy ZAMECHEM w Elblągu i IMP PAN w Gdańsku, zrealizowanej w ramach planu koordynacyjnego problemu MR I.26, było opracowanie programu obliczeń i badań łożysk ślizgowych turbin. W wyniku realizacji umowy opracowano:

- Algorytmy i programy obliczeń dla wyznaczania charakterystyk poprzecznych łożysk ślizgowych cylindrycznych, eliptycznych, trójklinowych oraz cylindrycznych i trójklinowych z panwiami przesuniętymi w płaszczyźnie podziału. Programy uwzględniają nieizotermiczny przepływ smaru w filmie olejowym oraz wymianę ciepła pomiędzy filmem olejowym a panwią i wałem oraz pomiędzy panwią i otoczeniem. Programy umożliwiają badania wpływu temperatury oleju zasilającego, ilości i geometrii kieszeni smarujących oraz geometrii i materiału panwi na charakterystyki łożyska.

- Algorytmy i program obliczeń dla określenia wpływu tamy olejowej na charakterystyki łożyska ślizgowego. Program umożliwia badanie wpływu kształtu tamy olejowej na wielkość i kierunek hydrodynamicznego dociążenia.

- Algorytmy i programy obliczeń dla badania wpływu geometrii przestrzeni oleju podnoszącego na nośność łożyska.

- Programy umożliwiające badanie wpływu geometrii kieszeni smarowych, ich ilości oraz rozmieszczenia na spadek nośności łożyska,

- charakterystyki statyczne i dynamiczne pojedynczego wahliwego segmentu ślizgowego łożyska poprzecznego. Znajomość charakterystyk pojedynczego klocka umożliwia wyznaczenie statycznych i dynamicznych charakterystyk łożyska wielosegmentowego.

- Program doświadczalnej weryfikacji przyjętych modeli obliczeniowych i algorytmów obliczeń łożysk ślizgowych.

Dla realizacji tego programu zaprojektowano stanowisko badawcze. Ponadto wykonano i oprzyrządkowano panew doświadczalną o średnicy 140 mm dla badania rozkładu temperatury w panwi, wpływu kieszeni smarowych na charakterystyki łożysk ślizgowych oraz kieszeni oleju podnoszącego na ich nośność.

Szczegółową tematykę pozostałych opracowań i ekspertyz ilustruje załączony wykaz opracowań zewnętrznych.

Kształcenie kadry naukowej

Pracownicy Zakładu wygłosili 6 referatów na krajowych konferencjach naukowych, odbyli 3 długoterminowe staże naukowe w Szwecji, RFN i Holandii oraz 4 krótkoterminowe staże naukowo-konsultacyjne w RFN i CSRS. Rozprawy doktorskie pod naukową opieką kierownika Zakładu przygotowuje 2 pracowników IMP PAN, jeden uczestnik studium doktoranckiego IMP PAN, 2 pracowników Instytutu Okrętowego Politechniki Gdańskiej, 1 pracownik Instytutu Okrętowego Politechniki Szczecińskiej i 1 pracownik Instytutu Morskiego w Gdańsku. Kierownik Zakładu był promotorem 3 przewodów doktorskich, w wyniku których jeden pracownik Zakładu i dwie osoby spoza Instytutu uzyskały w IMP PAN i w Politechnice Gdańskiej stopień doktora nauk technicznych.

Wykaz publikacji i opracowań naukowych

- [1] Gerlach T., Gajewski J., *Zakład Mechaniki Tarcia i Smarowania*. [W:] *Działalność naukowa Instytutu Maszyn Przepływowych PAN w latach 1973 - 1975*. PWN, Warszawa-Poznań 1978.
- [2] Gerlach T., *Wkład Izby Morskich w proces doskonalenia, modernizacji i gotowości technicznej floty morskiej*. Biuletyn Informacyjny „Orzecznictwo Izby Morskich” nr 36 - 37 (jubileuszowy), Gdynia 1976.
- [3] Gerlach T., *Próba modyfikacji równania Reynoldsa dla potrzeb związanych z obliczeniami łożysk ślizgowych*. Referat wygłoszony na Konferencji „Inżynieria łożyskowania”, w Czarlinie, Politechnika Gdańska, IMP PAN, czerwiec 1976.
- [4] Gerlach T., Nierojewski K., *Kotwice o zwiększonej zaczepności. Badania porównawcze modeli kotwic okrętowych na gruntach naturalnych*. Zeszyty Problemowe Techniki Okrętowej, Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Mechaników Polskich — Sekcja Okrętowców, z. 3, Gdańsk 1976.
- [5] Gajewski J., *Ocena przydatności teorii zderzeń i teorii stanu przejściowego dla matematycznego opisu procesu nukleacji i rozwoju wieloatomowych molekuł organicznych w procesach spalania węglowodorów*. Oprac. wewn. IMP PAN, nr arch. 200/79.
- [6] Drabowicz W., *Rozkład gęstości elektronów oraz jonu Sn^{4+}* . Prace IMP, z. 75, 1978, s. 175.
- [7] Drabowicz W., *Multiple-scattering method for crystal surface*. Acta Physica Polonica, Vol. A 56, 1979, p. 355.
- [8] Drabowicz W., *Motion equations of an electron gas*. Acta Physica Polonica, Vol. A 56, 1979, p. 459.
- [9] Drabowicz W., *Muffin-tin potencjał $\beta\text{-Sn}$* . Prace IMP, z. 77, 1980, s. 175.
- [10] Drabowicz W., *Symmetry-adapted wave functions for crystal surface*. Prace IMP, z. 80, 1981, s. 111.
- [11] Popowicz Z., *Drgania klocków ślizgowych łożysk wzdłużnych*. Biuletyn IMP PAN, nr 156/852/1976.
- [12] Popowicz Z., *Stanowisko do badania samonastawnych, klockowych łożysk poprzecznych, pracujących poza obszarem przepływu laminarnego*. Biuletyn IMP PAN, nr 173/865/1976.
- [13] Popowicz Z., *Tilting pad journal bearing, steady-state characteristics*, Research Report, University of Luleå, TULEA 07. 1977.
- [14] Popowicz Z., *Tilting pad journal bearing, stiffness and damping coefficients*. Research Report, University of Luleå, TULEA 07. 1977.
- [15] Popowicz Z., *Uszkodzenia łożysk ślizgowych*. Zesz. Nauk. IMP PAN, nr 118/1011/81.,
- [16] Popowicz Z., Klimkiewicz W., *Spannungsmessungen an der Welle, der Pleuelstange und dem Sägerahmen von zwei Gattersägemaschinen*. Holztechnologie, Nr 3, 1977.
- [17] Popowicz Z., Steller K., *Zmiany naprężeń w ściankach rurociagu dużych maszyn hydraulicznych w czasie eksploatacji*. Zagadnienia Eksploatacji Maszyn, nr 4/1977.

- [18] Popowicz Z., Steller K., *Łączniki w kierownicach maszyn hydraulicznych*. Zagadnienia Eksploatacji Maszyn, nr 2/34/1978.
- [19] Kiciński J., *Bezzakłócenkowa metoda pomiaru ciśnienia w filmie olejowym łożysk ślizgowych*. Pomiar, Automatyka, Kontrola, lipiec 1980.
- [20] Kiciński J., *Pomiar ciśnienia w filmie olejowym łożysk ślizgowych*. Praca doktorska, IMP PAN, 1979.
- [21] Kiciński J., *Analiza pracy kołowej sondy uśredniającej*. Oprac. wewn. IMP PAN, nr arch. 260/79.
- [22] Kiciński J., *Pomiar nieustalonego ciśnienia w filmie olejowym łożysk ślizgowych*. Oprac. wewn. IMP PAN, nr arch. 261/79.
- [23] Kiciński J., *Eksperymentalne badania stabilności stref skawitowanych w filmie olejowym łożysk ślizgowych*, cz. I. Oprac. wewn. IMP PAN, nr arch. 185/79.
- [24] Kiciński J., *Eksperymentalne badania stabilności stref skawitowanych w filmie olejowym łożysk ślizgowych*, cz. II. Oprac. wewn. IMP PAN, nr arch. 289/79.
- [25] Kiciński J., *Warunki brzegowe nieciągłych filmów olejowych łożysk ślizgowych*. Oprac. wewn. IMP PAN, nr arch. 280/78.
- [26] Kiciński J., *Próba pomiaru zmiennego ciśnienia w filmie olejowym łożysk ślizgowych*. Referat wygłoszony na konferencji „Inżynieria łożyskowania” w Czarlinie, Politechnika Gdańska, IMP PAN, czerwiec 1976.
- [27] Popowicz Z., *Stanowisko do badania statycznych i dynamicznych własności klockowych łożysk poprzecznych, pracujących poza laminarnym obszarem przepływu smaru w filmie olejowym*. Referat wygłoszony na konferencji „Inżynieria łożyskowania” w Czarlinie, Politechnika Gdańska, IMP PAN, czerwiec 1976.
- [28] Dmochowski W., Włodarski J., *Numeryczna metoda wyznaczania warunków pracy łożysk wodzikowych silników spalinowych*. Referat wygłoszony na konferencji „Inżynieria łożyskowania” w Czarlinie, Politechnika Gdańska, IMP PAN, czerwiec 1976.
- [29] Rybczyński J., *Badanie wytrzymałości filmu olejowego na rozrywanie w warunkach obciążeń statycznych*. Oprac. wewn. IMP PAN, nr arch. 187/76.
- [30] Rybczyński J., *Eksperymentalne badania nad dynamicznym naprężeniem cienkich filmów olejowych*. Oprac. wewn. IMP PAN, nr arch. 297/79.
- [31] Pałyga S., *Badanie wpływu rodzaju stali i nierówności powierzchni na pitting dwóch elementów współpracujących w obecności filmu olejowego*. Oprac. wewn. IMP PAN, nr arch. 188/76.
- [32] Pałyga S., *Analiza i dobór metody pomiarowej dla pomiaru zniszczeń powierzchni w postaci pittingu*. Oprac. wewn. IMP PAN, nr arch. 223/77.
- [33] Gajewski J., *Spalanie paliw węglowodorowych w przepływie*. Referat wygłoszony na konferencji MR. I-26 Gdańsk, październik 1980. Zesz. Nauk. IMP PAN, nr 114/1022/81, oprac. wewn. IMP PAN, nr arch. 257/80.
- [34] Rybczyński J., *Badania naprężeń rozrywających w oleju*. Referat wygłoszony na konferencji MR. I-26 Gdańsk, październik 1980. Zesz. Nauk. IMP PAN, nr 114/1022/81, oprac. wewn. IMP PAN, nr arch. 221/80.
- [35] Rybczyński J., *Badanie ustalające optymalne warunki powstawania kawitacji w łożyskach*. Oprac. nr arch. A 7/77, na zlec. „BIMETU”.
- [36] Rybczyński J., *Badanie uszkodzeń kawitacyjnych łożysk obciążonych dynamicznie*. Oprac. nr arch. A 25/77, na zlec. „BIMETU”.
- [37] Rybczyński J., *Technologia wykonania cienkościennej panwi bimetalowych o średnicy 140 mm*. Oprac. nr arch. A 29/77, na zlec. DOLMELu.
- [38] Rybczyński J., *Technologia wytwarzania i badanie cienkościennej panwi bimetalowych o średnicy 140 mm*. Oprac. nr arch. 99/77, na zlec. DOLMELu.
- [39] Popowicz Z., *Badanie drgań łożyskowych pomp typu WD150×8*. Oprac. nr arch. 17/76 na zlec. Zakładów Energetycznych Okręgu Dolnośląskiego, Elektrownia Turów.
- [40] Gajewski J., Majerowski K., Popowicz Z., *Sprawozdanie z badań łożyskowych turbiny TK-120 Elektrowni Adamów*. Oprac. nr arch. 249/77, na zlec. ZAMECHu.
- [41] Łojek A., Popowicz Z., Steller K., *Badanie stanu dynamicznego maszyny odwracalnej T-1 w elektrowni szczytowo-pompowej w Żydowie*. Oprac. nr arch. 106/79, na zlec. Zakładów Energetycznych Okręgu Północnego w Bydgoszczy.

- [42] Popowicz Z., Majerowski K., *Badanie zmian naprężeń w powłoce rurociągu, spowodowanych wycięciem oraz spawaniem „lat”*. Oprac. nr arch. 168/79, na zlec. Zakładów Energetycznych Okręgu Północnego w Bydgoszczy.
- [43] Popowicz Z. i in., *Pomiar naprężeń w zawieradle (klapie) i korpusie zaworu motylowego nr 3, przeprowadzony w ramach tzw. prób ciśnieniowych*. Oprac. nr arch. 49/80, na zlec. Zakładów Energetycznych Okręgu Północnego w Bydgoszczy.
- [44] Popowicz Z., *Opinia n.t. uszkodzonego łożyska oporowego turbiny wodnej T-3, zainstalowanej w elektrowni pompowo-szczytowej w Żydowie*. Oprac. nr arch. 130/78, na zlec. Zakładów Energetycznych Okręgu Północnego w Bydgoszczy.
- [45] Popowicz Z., *Opinia o łożyskach nośnych hydrozespołów zainstalowanych w elektrowni wodnej Porąbka-Żar*. Oprac. nr arch. 131/79, na zlec. Elektrowni Porąbka-Żar w budowie.
- [46] Popowicz Z., *Ekspertyza łożysk ślizgowych sprężarki gazu firmy SOFRANIC zainstalowanej w Inowrocławskich Zakładach Chemicznych*. Oprac. nr arch. 255/80, na zlec. Inowrocławskich Zakładów Chemicznych w Inowrocławiu.