



# Instrukcja do ćwiczeń laboratoryjnych z Podstaw Konstrukcji Maszyn

## 1. Temat: Badanie nośności hydrostatycznego łożyska wzdłużnego.

## 2. Cel ćwiczenia:

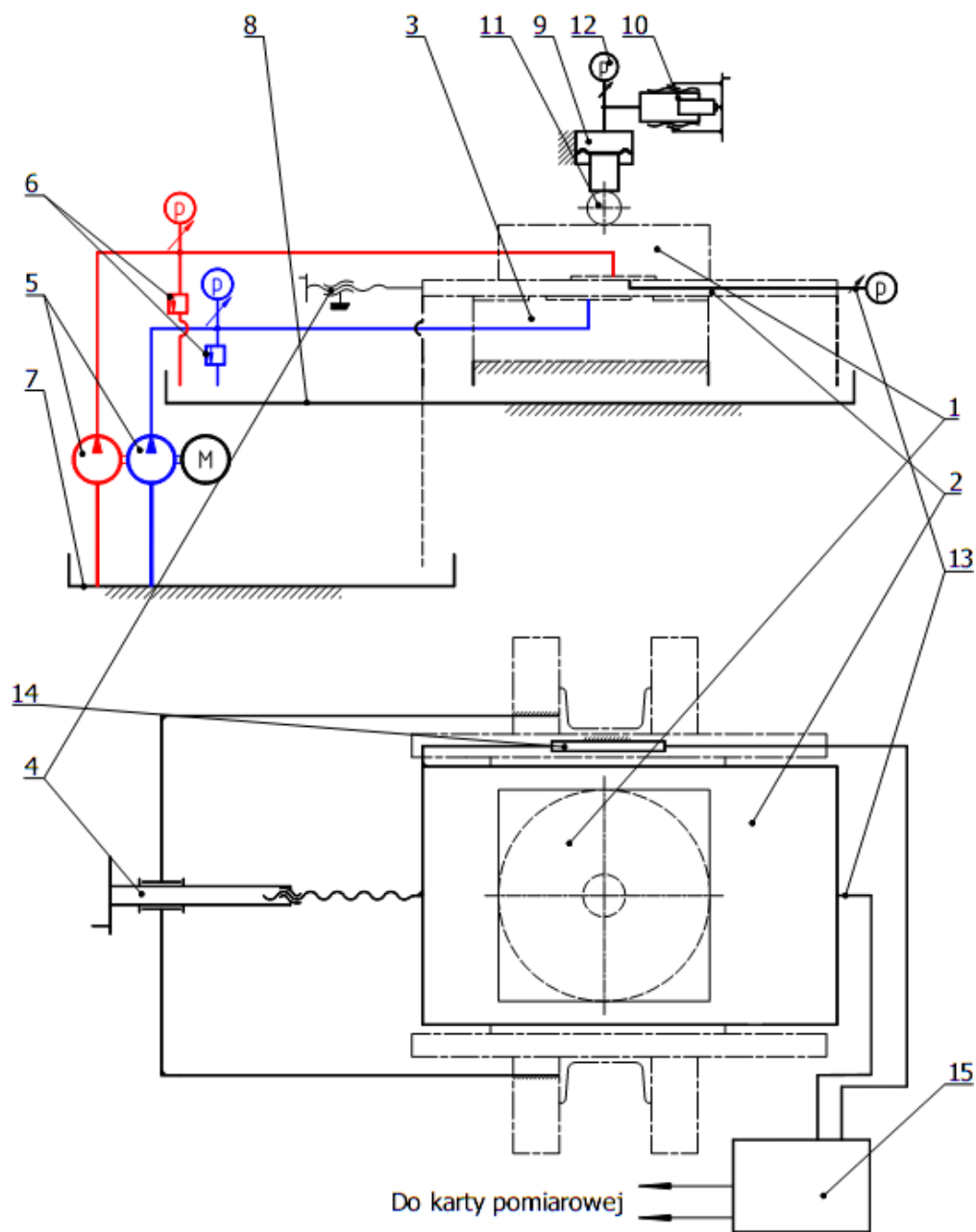
- zapoznanie się z ideą smarowania hydrostatycznego,
- zapoznanie się z podstawami pomiarów z wykorzystaniem komputera,
- wyznaczenie nośności hydrostatycznego filmu olejowego modelu łożyska stopowego na drodze analitycznej i doświadczalnej.

## 3. Opis stanowiska

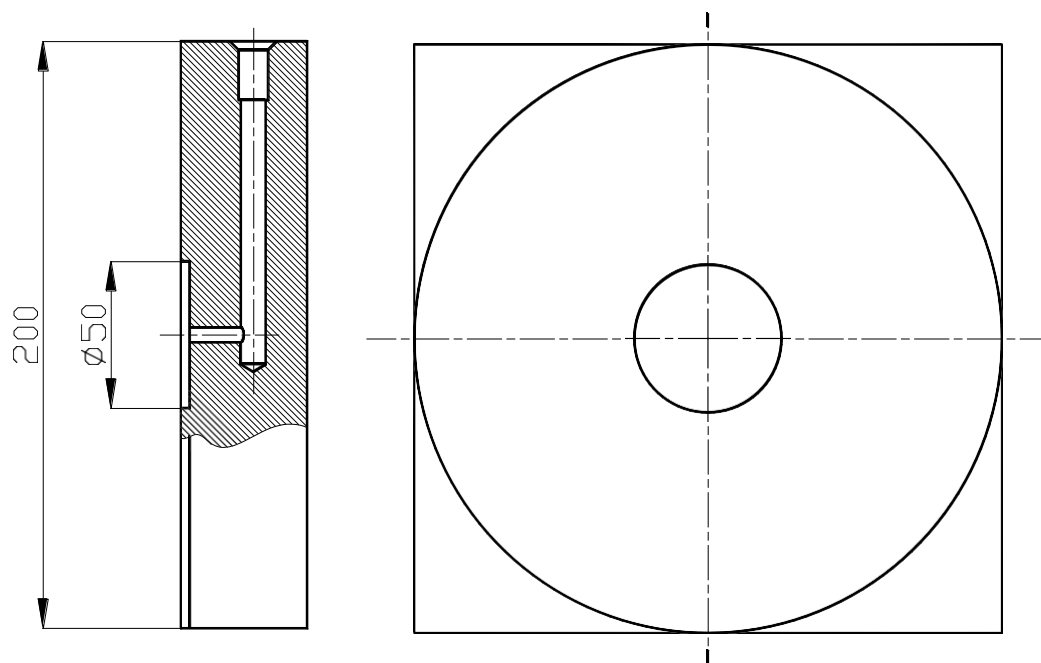
Stanowisko badawcze (rys.1) składa się z ramy (1), na której spoczywa hydrauliczna płyta nośna (2) z kanałami doprowadzającymi olej pomiędzy płytę nośną (2), a płytę pomiarową (3). Płyta pomiarowa (3) posiada kanał, łączący otwór pomiarowy, znajdujący się na powierzchni płyty z przetwornikiem ciśnienia (4). Posuw płyty pomiarowej realizowany jest za pomocą śruby (5), a kontrolowany za pomocą przetwornika położenia (6). Na płycie pomiarowej (3) umieszczony jest model panwi łożyska stopowego (7), (rys. 2) z kanałem doprowadzającym olej do kieszeni smarowej. Do modelu przymocowane są czujniki zegarowe do pomiaru grubości filmu olejowego. Obciążenie wywierane jest za pomocą układu obciążającego (8), (rys. 3). Olej do badanego filmu olejowego, oraz do filmu olejowego pomiędzy płytą nośną (2) a płytą pomiarową (3) dostarczany jest za pomocą zespołu pomp zębatych. Rama stanowiska ustawiona jest w misie sphywowej, zbierającej olej wypływający ze szczelin smarowych.

Przemieszczanie płyty pomiarowej (3) względem modelu panwi łożyska stopowego (7) umożliwia pomiar ciśnienia filmu olejowego w wybranych punktach na badanej powierzchni.

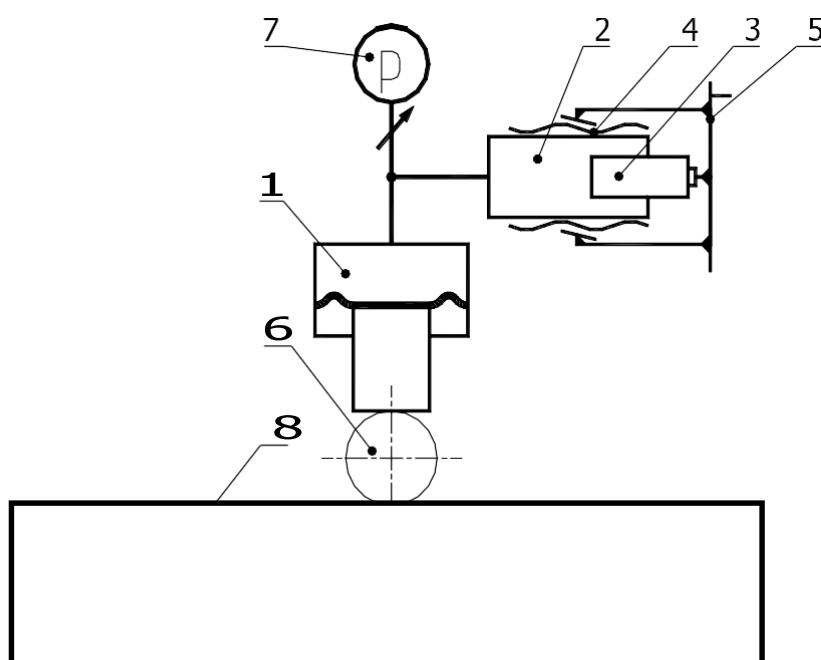
Sygnaly z przetwornika ciśnienia (4) i położenia (6) kierowane są do układu kondycjonowania sygnałów (wzmacniacza) (9). Wzmacniacz (9) zasila przetworniki, oraz przetwarza sygnały pomiarowe na standardowy sygnał  $0 \div 10 \text{ V}$ , który jest rejestrowany za pomocą karty pomiarowej (10) zainstalowanej wkomputerze (11)



**Rysunek 1.** Schemat stanowiska badawczego



**Rysunek 2.** Rysunek modelu badanego łożyska stopowego



**Rysunek 3.** Schemat układu obciążającego: 1 – siłownik obciążający (membranowy), 2 – nurnikowa prasa hydrauliczna, 3 – nurnik, 4 – gwintowana powierzchnia zewnętrzna cylindra siłownika 2, 5 – nakrętka, 6 – kulka, 7 – manometr, 8 – badany segment.



## 4. Przebieg ćwiczenia

- 4.1 Sprawdzić przewody hydrauliczne. Upewnić się, że:
  - zawory spustowe są otwarte;
  - wolne końce przewodów zasilających są zanurzone w oleju w dolnej wannie olejowej.
- 4.2 Uruchomić komputer (11) i aplikację LabView. Uruchomić układ zasilania (9).
- 4.3 Uruchomić pompę oleju.
- 4.4 Wyzerować czujniki zegarowe.
- 4.5 Zamknąć zawory spustowe na przewodach zasilających.
- 4.6 Obracając nakrętkę układu obciążenia (8), wyrzeć na segment żądany nacisk. Wartość nacisku odczytywać z manometru nr 1, korzystając z widocznego na nim przelicznika MPa-kN, a następnie wpisać w komórce 4.3 tabeli 2.
- 4.7 Ustawić płytę pomiarową tak, aby otwór pomiarowy znajdował się na środku komory smarowej modelu łożyska. Będzie to miało miejsce, gdy wskazanie woltomierza w układzie kondycjonowania sygnałów wynosić będzie 0,00 V
- 4.8 Uruchomić procedurę pomiarową.
- 4.9 Obracając śrubą (5) przemieszczać płytę pomiarową względem badanego modelu łożyska.
- 4.10 Odczytać wskazania czujników zegarowych. Wartości wpisać do tabeli 1.
- 4.11 Po zakończeniu pomiaru otworzyć zawory spustowe, zdjąć obciążenie łożyska oraz wyłączyć pompę oleju.
- 4.12 W oknie aplikacji LabView wyświetlić na wykresach wartości sygnałów przetwornika przemieszczenia i przetwornika ciśnienia.
- 4.13 Zapisać wyniki pomiarów w pliku. Zamknąć program.

## 5 Opracowanie wyników badań

- 5.1 Korzystając z dowolnego programu: Excel, MathCAD, MatLab, SMath lub innego, posiadającego odpowiednie funkcje matematyczne, przedstawić na wykresie rozkład ciśnienia filmu olejowego na powierzchni łożyska  $p(r)$ .
- 5.2 Na tym samym wykresie nanieść teoretyczny rozkład ciśnienia, opisany wzorem:

$$p(r) = \begin{cases} P_0 & \text{gdy } r < r_k \\ P_0 \cdot \frac{\ln\left(\frac{r_z}{r}\right)}{\ln\left(\frac{r_z}{r_k}\right)} & \text{gdy } r > r_k \end{cases}$$

gdzie:

$p(r)$  – ciśnienie lokalne filmu olejowego na promieniu  $r$ ,



$P_0$  – ciśnienie w komorze smarowej,  
 $r_k$  – promień komory smarowej,  
 $r_z$  – zewnętrzny promień łożyska.

5.3 Wyznaczyć nośność badanego filmu olejowego według formuły:

$$W = 2 \cdot \pi \cdot \sum_{i=1}^n r_i \cdot p_i \cdot (r_i - r_{i-1})$$

gdzie:

$W$  – nośność łożyska,  
 $i$  – numer próbki,  
 $n$  – liczba próbek,  
 $r_i$  – długości promieni dla każdej próbki,  
 $p_i$  – wartości ciśnienia dla każdej próbki.

5.4 Tak wyznaczoną nośność wpisać w komórce 4.4 **tabeli 2**.

5.5 Wyznaczyć teoretyczną nośność filmu olejowego o zbadanych parametrach, korzystając ze wzoru:

$$W_t = \frac{\pi P_0}{2} \frac{r_z^2 - r_k^2}{\ln\left(\frac{r_z}{r_k}\right)}$$

5.6 Tak wyznaczoną nośność wpisać w komórce 4.5 **tabeli 2**.

5.7 Porównać otrzymane wartości i wyciągnąć wnioski.

**Tabela 1.** Przybliżone parametry filmu olejowego.

|                          |                         |              |
|--------------------------|-------------------------|--------------|
| Temperatura oleju        | T [°C]                  | nie mierzone |
| Lepkość dynamiczna oleju | $\eta$ [Pa·s]           | nie mierzone |
| Grubość filmu olejowego  | $h_1$ [ $\mu\text{m}$ ] |              |
|                          | $h_2$ [ $\mu\text{m}$ ] |              |
|                          | $h_3$ [ $\mu\text{m}$ ] |              |
|                          | $h_4$ [ $\mu\text{m}$ ] |              |
|                          | średnia                 |              |



**Tabela 2.** Porównanie wartości nośności otrzymanych różnymi sposobami

| 1 | 2           | 3                                               | 4       |
|---|-------------|-------------------------------------------------|---------|
| 2 | Oznaczenie  | Opis                                            | Wartość |
| 3 | $Q$ [kN]    | Wartość odczytana z manometru układu obciążenia |         |
| 4 | $W$ [kN]    | Wartość wyznaczona na podstawie pomiarów        |         |
| 5 | $W_t$ [kN]  | Wartość wyznaczona z modelu teoretycznego       |         |
| 6 | $P_o$ [MPa] | Ciśnienie zasilania                             |         |

## 5. Uwagi odnośnie BHP

Należy postępować według szkolenia udzielonego przez opiekuna przedmiotu, prowadzącego laboratorium oraz stosować się do OGÓLNEJ INSTRUKCJI BHP UŻYTKOWANIA.

## 6 Przykładowe pytania kontrolne

1. Na czym polega zjawisko tarcia, wskaż różnice między tarciem płynnym i tarciem granicznym.
2. Jaka jest zasada działania poduszki powietrznej?
3. Dlaczego deska windsurfingowa jest w stanie rozwinąć większą prędkość, niż łódź żaglowa?
4. Dlaczego łatwiej jest wycisnąć płyn ze strzykawki, jeśli nie ma ona nałożonej igły? (uzasadnij za pomocą Prawa Hagen-Poiseuille'a)
5. Przedstawić (wyprowadzić) równanie ruchu cieczy lepkiej przez szczelinę.

## 8. Literatura

- Z. Osiński: Podstawy konstrukcji maszyn, t1, PWN Warszawa 2000
- E. Mazanek: Przykłady obliczeń z podstaw konstrukcji maszyn, WNT 2005
- Red. M. Porębska, M. Warszyński: Laboratorium z podstaw konstrukcji maszyn, SU1630, SU1414
- M. Dietrich: Podstawy konstrukcji maszyn, t 2, WNT Warszawa 1999
- E. Mazanek Przykłady obliczeń podstaw konstrukcji maszyn, t 2, WNT Warszawa 2008
- Z. Osiński, W. Bajon, T. Szucki Podstawy konstrukcji maszyn, PWN Warszawa 1980
- W. Korewa, K. Zygmunt Podstawy konstrukcji maszyn, t.2, WNT Warszawa 1975



Katedra Projektowania i Eksploatacji Maszyn  
Akademia Górniczo-Hutnicza im St. Staszica

- Notatki z wykładów z PKM
- Notatki z ćwiczeń projektowych z PKM

Opracowanie: Yuliia Tarasevych, Mariusz Warzecha, Wojciech Horak na podstawie:  
Piotr Grądkowski, praca doktorska „Aprioryczna ocena niezawodności  
łożysk ślizgowych podpartych zespołami sprężyn śrubowych”