

Ćwiczenie nr 3

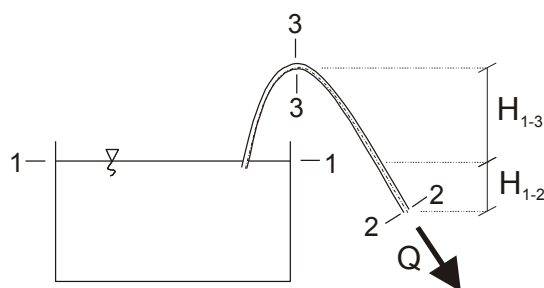
Przepływ cieczy w lewarze o małym przekroju poprzecznym.

Celem ćwiczenia jest zbadanie przepływu cieczy w lewarze o małym przekroju poprzecznym

1. Wprowadzenie

1.1 Część teoretyczna

Lewar – przewód, przez który ciecz wypływa ze zbiornika do punktu położonego poniżej zwierciadła wody w zbiorniku, przy czym w lewarze ciecz podnosi się powyżej zwierciadła w zbiorniku – rys. 1.



Rys. 1. Lewar

Ruch cieczy w lewarze wystąpi, gdy przewód zostanie całkowicie wypełniony cieczą. Dla małych średnic przewodów można w uproszczeniu przyjąć, że ciśnienie w każdym punkcie przekroju poprzecznego jest jednakowe. Na podstawie równania *Bernoulliego*:

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha v_1^2}{2g} + H_1 = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha v_2^2}{2g} + H_2 + \Delta h_{1-2} \quad [3.1]$$

gdzie:

p - ciśnienie; [Pa],

γ - ciężar właściwy cieczy; [N/m³],

α - współczynnik *Saint – Venanta*, dla przewodów o przekroju kołowym i ruchu burzliwego wg PN-76/M-34034 $\alpha = 1$; [-],

v - średnia prędkość przepływu; [m/s],

g - przyspieszenie ziemskie; 9,81 [m/s²],

H - wzniesienie ponad poziom porównawczy; [m],

Δh - wysokość straty ciśnienia piezometrycznego; [m H₂O].

Dla przekrojów porównawczych 1 i 2 rys. 1, można zapisać:

$$H_{1-2} = \frac{v_2^2}{2g} + \Delta h_{1-2} = \frac{v_2^2}{2g} \left(1 + \sum_i \zeta_i + \lambda \frac{l}{d} \right) \quad [3.2]$$

gdzie:

λ - współczynnik strat liniowych (liniowych oporów tarcia); [-],
 l - długość przewodu; [m],
 d - średnica wewnętrzna przewodu; [m].

$$v = \frac{1}{\sqrt{1 + \sum_i \zeta_i + \lambda \frac{l}{d}}} \sqrt{2gH_{1-2}} \quad [3.3]$$

Zatem wydatek lewara Q o przekroju kołowym i średnicy przewodu d:

$$Q = \frac{1}{\sqrt{1 + \sum_i \zeta_i + \lambda \frac{l}{d}}} \sqrt{2gH_{1-2}} \frac{\pi d^2}{4} \quad [3.4]$$

gdzie:

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{1 + \sum_i \zeta_i + \lambda \frac{l}{d}}} \quad [3.5]$$

jest współczynnikiem wydatku lewara.

Warunkiem pracy lewara jest uzyskanie ciągłości strugi przepływającej cieczy. Może ona być przerwana w przypadku gdy wartość ciśnienia w lewarze spadnie poniżej ciśnienia parowania cieczy w najwyższym punkcie lewara – wówczas nastąpi wypełnienie przewodu gazem i przerwanie strugi. Na podstawie (3.1) dla przekrojów 1 i 3 otrzymamy:

$$\frac{p_a}{\gamma} = \frac{p_3}{\gamma} + \frac{v_3^2}{2g} + H_{1-3} + \Delta h_{1-3} \quad [3.6]$$

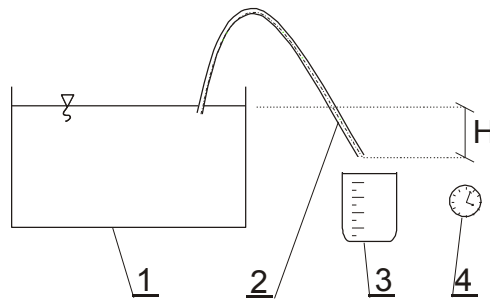
Po przekształceniu:

$$p_3 = p_a - \left(\frac{v_3^2}{2g} + H_{1-3} + \Delta h_{1-3} \right) \gamma \quad [3.7]$$

Lewar będzie pracował jeśli ciśnienie p_3 będzie większe od ciśnienia parowania cieczy w danej temperaturze. Równanie (3.7) może również posłużyć do określenia maksymalnej wysokości wzniesienia lewara ponad zwierciadłem cieczy w zbiorniku H_{1-3} . Jest to wysokość teoretyczna, w praktyce dla wody jest ona mniejsza ponieważ w obniżonym ciśnieniu następuje desorpcja gazów rozpuszczonych, zapowietrzenie przewodu i przerwanie strugi.

2. Opis stanowiska badawczego

2.1. Zestaw do badań



Oznaczenia: 1 – zbiornik, 2 – lewar, 3 – naczynie do pomiaru objętości, 4 – stoper.

W skład stanowiska pomiarowego wchodzi:

- zbiornik główny z podziałką zaopatrzonej w przewód doprowadzający wodę do zbiornika, krawędź przelewową,
- zawór regulacyjny, doprowadzający wodę do zbiornika,
- trzy zestawy lewarów o różnych średnicach i różnych długościach,
- urządzeń pomocniczych: cylindra miarowego, stopera, termometru.

3. Część doświadczalna

3.1 Przebieg ćwiczenia

Wykonać doświadczenie dla zadanych 6-ciu przewodów o długościach l_1 i l_2 oraz średnicach d_1 , d_2 i d_3 . Zmierzyć długości i średnice wewnętrzne przewodów. Napełnić przewód wodą a następnie zainicjować pracę lewara utrzymując stałą różnicę wysokości zwierciadła wody w zbiorniku i wylotu lewara H . Zachowując stały poziom zwierciadła wody w zbiorniku 1 przeprowadzić 3 pomiary wydatku dla każdego z przewodów metodą objętościową – przy pomocy naczynia 3 i stopera 4.

3.2 Czynności do wykonania

1. Otworzyć zawór doprowadzający wodę do zbiornika głównego do momentu, gdy woda będzie przelewać się przez krawędź przelewową w zbiorniku. Przelew powinien pracować w ciągu całego czasu wykonywania ćwiczenia. W tym celu należy kontrolować krawędź przelewową i w razie potrzeby zmniejszyć lub zwiększyć przepływ, w przeciwnym razie przepływ nie będzie ustalony.
2. Jeden koniec lewara zanurzyć w zbiorniku z wodą, zaś drugi wyprowadzić poza zbiornik, tak aby wylot znajdował się poniżej zwierciadła wody w zbiorniku oraz gdy przewód zostanie całkowicie wypełniony cieczą.
3. Wylot lewara umiejscowić na podziałce na wysokościach ustalonych przez prowadzącego,
4. Dokonać pomiaru natężenia przepływu metodą objętościową (dokonać pomiaru czasu przepływu określonej ilości wody pobranej do cylindra miarowego),
5. Czynności powtórzyć dla pozostałych lewarów.
6. Po dokonaniu wszystkich pomiarów zamknąć zawór doprowadzający wodę do zbiornika, otworzyć zawór przy zbiorniku opróżnić zbiornik z wody.

3.3 Obliczenia

Współczynnik wydatku lewara μ obliczyć z równania (3.4) przekształconego do postaci:

$$\mu = \frac{4Q}{\pi d^2 \sqrt{2gH}} \quad [3.8]$$

4. Zawartość sprawozdania

1. Cel i zakres ćwiczenia.
2. Opis doświadczenia.
3. Schemat stanowiska pomiarowego.
4. Wyniki pomiarów i obliczeń.
5. Przykład obliczeniowy z przeliczeniem jednostek.
6. Zestawienie tabelaryczne wyników w tabeli wg schematu

Lp.	d [m]	l [m]	H [m]	V [m ³]	t [s]	Q [m ³ /s]	μ [-]	μ_{sr} [-]
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	d ₁ =	l ₁ =	H=					μ_{sr} =
2								
4								
5		l ₂ =	H=					μ_{sr} =
7	d ₂ =	l ₁ =	H=					μ_{sr} =
8								
...		l ₂ =	H=					μ_{sr} =

7. Wnioski dotyczące uzyskanych wartości współczynnika wydatku lewara, poprawności wykonania ćwiczenia, czynników wpływających na wynik ćwiczenia, spostrzeżeń własnych studenta.