

Data wykonania ćwiczenia

ZUT

Katedra Budownictwa Wodnego

Zakład Hydrologii i Hydrauliki

Sprawozdanie  
z ćwiczeń laboratoryjnych z "Hydrauliki"

Ćwiczenie nr

Temat ćwiczenia:

Rok 1, Gr.

Skład grupy

HYDRAULIKA  
ĆWICZENIE LABORATORYJNE nr 1

„Wyznaczanie granicznej liczby Reynoldsa”

Kolejność czynności:

1. Otworzyć dopływ wody do stanowiska i odczekać do momentu ustalenia się poziomu wody na przelewie w zbiorniku zasilającym.
2. Pomierzyć temperaturę wody w zbiorniku.
3. Otworzyć minimalnie odpływ wody i równocześnie dopływ barwnika.
4. Zwiększać płynnie prędkość wody w przewodzie do momentu uzyskania ruchu burzliwego.
5. Pomierzyć wydatek dwukrotnie.
6. Ruch burzliwy wywołać 5-krotnie dla każdego przewodu.

Tabela wielkości pomierzonych i obliczonych :

L.p.	Średnica przewodu D [mm]	Objętość V [cm <sup>3</sup> ]	Czas T [s]	Wydatek Q [cm <sup>3</sup> /s]	Re	Re <sub>śr</sub>
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

HYDRAULIKA  
ĆWICZENIE LABORATORYJNE nr 2

„Wyznaczanie rzędnych linii ciśnień i linii energii  
w przewodach kołowych pod ciśnieniem”

1. Otworzyć dopływ wody do stanowiska i pomierzyć wzniesienie zwierciadła wody
2. w zbiorniku
3. Otworzyć odpływ z przewodu maksymalnie i jednocześnie kontrolować stały poziom wody w zbiorniku zasilającym
4. Pomierzyć wydatek dwukrotnie
5. Odczytać wysokości linii ciśnień w rurkach piezometrycznych
6. Zmierzyć temperaturę wody w zbiorniku zasilającym
7. Pomiar powtórzyć dla drugiego wydatku, mniejszego od maksymalnego.

Tabela pomiarów

Lp.	Przyczyna strat	$\Delta h_1$	$h_1$	$\Delta h_2$	$h_2$
1	Poziom wody w zbiorniku				
2	Na wlocie i na długości				
3	Na dwóch kolankach i na długości				
4	Na długości				
5	Na poszerzeniu				
6	Na długości				
7	Na przewężeniu				
8	Na długości i na łuku				
9	Na zwężce				
10	Na zwężce				
11	Na długości				
12	Na zaworze				
13	Na długości				
14	Na załamaniu				
15	Na długości				
16	Na przewężeniu				
17	Na długości				
	Czas napełniania warstwy 5 cm w zbiorniku pomiarowym $t_1$ [s] $t_2$ [s]				

HYDRAULIKA  
ĆWICZENIE LABORATORYJNE nr 3

„Wyznaczanie współczynnika filtracji”

1. Pomierzyć geometryczne parametry stanowiska
2. Otworzyć dopływ wody do stanowiska i odczekać aż woda podniesie się do połowy skarpy.
3. Otworzyć odpływ wody ze stanowiska i jednocześnie kontrolować poziom wody na dopływie.
4. Zmierzyć wydatek
5. Pomierzyć poziomy wody w rurkach piezometrycznych

Nr piezometru	$z_i$ [cm]	$V$ [cm <sup>3</sup> ]	$t$ [s]	$b$ [cm]	$q$ [cm <sup>2</sup> /s]	$k_i$ [cm/s]
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						

HYDRAULIKA  
ĆWICZENIE LABORATORYJNE nr 4

„Obserwacja ruchu wody i rumowiska w korycie otwartym”

1. Pomierzyć geometryczne parametry stanowisk
2. Umieścić kolejno progi w korycie
3. Otworzyć dopływ wody do koryta
4. Obserwować ruch wody na stopniach w korycie „małym” dla dwóch napełnień koryta
5. Obserwować ruch wody i rumowiska na stopniach w korycie „dużym” dla dwóch napełnień koryta

Tablica IV

Współczynniki lepkości wody przy różnych temperaturach

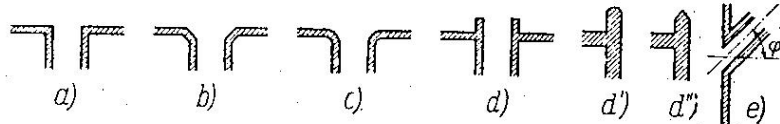
Temperatura °C	Współczynniki lepkości	
	dynamiczny $\mu$ Ns/m <sup>2</sup>	kinematyczny $\nu$ m <sup>2</sup> /s
0	0,001789	0,000001789
5	0,001515	0,000001516
10	0,001306	0,000001306
15	0,001141	0,000001142
20	0,001005	0,000001006
30	0,000802	0,000000805
40	0,000653	0,000000658
50	0,000550	0,000000556
60	0,000470	0,000000478
70	0,000406	0,000000415
80	0,000356	0,000000366
90	0,000315	0,000000326
100	0,000282	0,000000294

5.2. OCHROPOWATOŚĆ BEZWZGLĘDNA  $k$  RUR (PN-76/M-34034)

Lp.	Materiał i rodzaj rury	Stan powierzchni i warunki eksploatacji	Bezwzględna chropowatość rury $k$ [mm]
1	2	3	4
1	Rury walcowane z miedzi, mosiądzu, brązu	gładkie	0,0015 ÷ 0,010
	Aluminium	gładkie	0,015 ÷ 0,060
2	Rury stalowe walcowane	nowe, nie używane	0,02 ÷ 0,10
		oczyszczone, eksploatowane kilka lat	do 0,04
		bituminizowane	do 0,04
		ciepłownicze przewody pary przegrzanej bądź wody chemicznie zmiękzonej i odgazowanej	0,10
		gazociągi po roku eksploatacji	0,12
		gazociągi w przepompowni szybu wiertniczego w różnych warunkach po dłuższej eksploatacji	0,04 ÷ 0,20
		gazociągi w szybie wiertniczym w różnych warunkach po dłuższej eksploatacji	0,06 ÷ 0,022
		przewody pary nasyconej i wody gorącej przy nieznacznych ubytkach wody do 0,5% i przy odgazowaniu wody uzupełniającej	0,20
		przewody ciepłownicze bez uwzględnienia źródła uzupełniania	0,02
		przewody naftowe dla średnich warunków eksploatacji	0,02
		przewody nieznacznie skorodowane	0,4
		przewody z niedużymi osadami kamienia	0,4
		przewody pary, okresowo eksploatowane i przewody kondensatu z otwartym systemem przetłaczania	0,5
		przewody powietrza do sprężarek	0,8
		przewody po kilku latach eksploatacji w różnych warunkach (skorodowane lub z niedużymi osadami)	0,15 ÷ 1,0
przewody kondensatu okresowo eksploatowane, przewody wody grzewczej przy braku odgazowania i chemicznego zmiękczenia wody uzupełniającej i przy znacznych ubytkach wody z sieci (1,5–3,0%)	1,0		
<b>przewody wody w eksploatacji</b>	<b>1,2 ÷ 1,5</b>		
przewody wody z większymi osadami kamienia	około 3,0		
przewody wody z powierzchnią w złym stanie z nierównomiernie ułożonymi połączeniami	powyżej 5,0		

Współczynniki strat lokalnych  $\zeta$ 

$$h_{str} = \zeta \frac{v^2}{2g}$$



Rys. 1

1. Straty przy wlocie do przewodu.

Wlot o ostrych krawędziach (rys. 1 a)  $\zeta_1 = 0,5$ .Wlot o ściętych krawędziach (rys. 1 b)  $\zeta_1 = 0,25$ .

Wlot o dobrze zaokrąglonych krawędziach (rys. 1 c)

$$\zeta_1 = 0,10 \div 0,06.$$

Wlot do rury wystającej do zbiornika

a. przy zaokrąglonych ściankach wystającej części (rys. 1 d i d')

$$\zeta_1 = 0,56;$$

b. przy ostrych krawędziach wystającej części (rys. 1 d i d'')

$$\zeta_1 = 1,30.$$

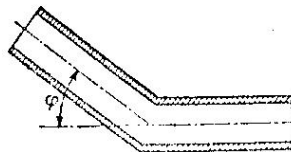
Wlot do rury pod kątem (rys. 1 e)

$$\zeta_1 = 0,5 + 0,3 \sin \varphi + 0,2 \sin^2 \varphi,$$

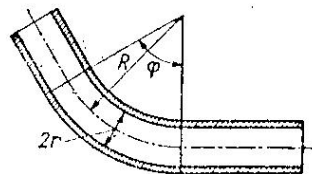
co daje wartości:

Tablica 6 a

$\varphi$	10°	30°	45°	60°
$\zeta_1$	0,558	0,700	0,812	0,910



Rys. 2



Rys. 3



2. Straty przy zmianie kierunku  
 a. przy załamaniu (rys. 2 )

$$\zeta_2 = 0,946 \sin^2 \frac{\varphi}{2} + 2,05 \sin^4 \frac{\varphi}{2},$$

co daje wartości:

Tablica 6 b

$\varphi$	20°	40°	60°	80°	90°	100°	120°	140°	160°
$\zeta_2$	0,04	0,14	0,36	0,74	0,98	1,26	1,86	2,43	2,85

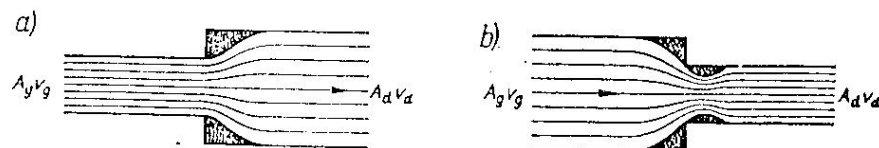
b. przy łuku kołowym (rys. 3 )

$$\zeta_2 = \left[ 0,131 + 1,847 \left( \frac{r}{R} \right)^{3,5} \right] \frac{\varphi^\circ}{90^\circ}$$

co daje wartości:

Tablica 6 c

$\frac{r}{R} \backslash \varphi$	20°	40°	60°	80°	90°	100°	120°	140°	160°	180°
0,1	0,029	0,058	0,087	0,116	0,132	0,146	0,175	0,204	0,233	0,263
0,2	0,030	0,061	0,091	0,121	0,138	0,153	0,183	0,213	0,144	0,276
0,3	0,035	0,070	0,105	0,139	0,158	0,176	0,211	0,245	0,281	0,316
0,4	0,046	0,091	0,136	0,181	0,206	0,229	0,274	0,320	0,365	0,412
0,5	0,065	0,130	0,196	0,259	0,294	0,327	0,392	0,457	0,522	0,588
0,6	0,098	0,196	0,294	0,392	0,440	0,489	0,587	0,685	0,782	0,880
0,7	0,147	0,294	0,441	0,587	0,661	0,734	0,881	1,028	1,175	1,332
0,8	0,217	0,434	0,651	0,868	0,977	1,086	1,302	1,520	1,736	1,954
0,9	0,312	0,625	0,937	1,250	1,408	1,562	1,875	2,185	2,500	2,816
1,0	0,439	0,879	1,318	1,756	1,978	2,200	2,636	3,075	3,515	3,956



Rys. 4

3. Straty przy nagłej zmianie przekroju.

a. Przy nagłym zwiększeniu przekroju (rys. 4 a)

$$\zeta_3 = \left( \frac{A_d}{A_g} - 1 \right)^2$$

lub w odniesieniu do prędkości w górnym (węższym) przekroju

$$\zeta'_3 = \left( 1 - \frac{A_g}{A_d} \right)^2$$

Liczbowe wartości  $\zeta_3$  w odniesieniu do prędkości w dolnym (szerszym) przekroju dla szeregu stosunków  $\frac{A_d}{A_g}$  podane są w tablicy 6 d.

Tablica 6 d

$\frac{A_d}{A_g}$	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0	6,0
$\zeta_3$	0,04	0,16	0,36	0,64	1,00	2,25	4,00	6,25	9,00	16,0	25,0

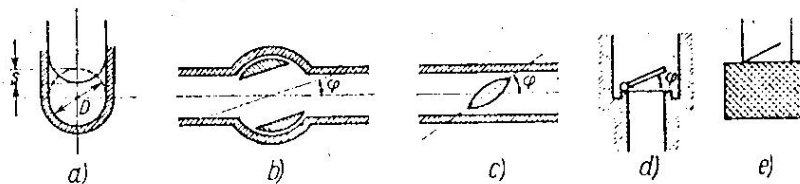
b. Przy nagłym zmniejszeniu przekroju (rys. 4 b)

$$\zeta_3 = \frac{0,0765}{\mu^2} + \left( \frac{1}{\mu} - 1 \right)^2,$$

gdzie  $\mu$  jest funkcją stosunku  $\frac{A_d}{A_g}$ . Wartości  $\mu$  oraz obliczone na podstawie podanego wzoru wartości  $\zeta_3$  zestawione są w tablicy 6 e.

Tablica 6 e

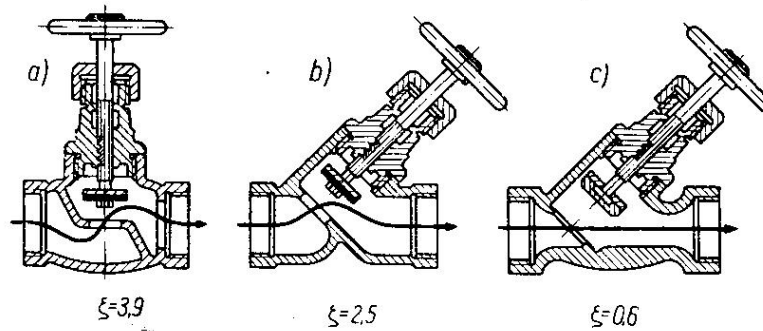
$\frac{A_d}{A_g}$	0,01	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8
$\mu$	0,64	0,65	0,66	0,68	0,70	0,75	0,84
$\zeta_3$	0,50	0,47	0,44	0,38	0,34	0,25	0,15



Rys. 5

#### 4.10. Straty energii spowodowane zaworami przeplywowymi grzybkowymi

Wartości wspolczynnika strat energetycznych w zaworach przeplywowych grzybkowych roznych typow przy pelnym otwarciu przedstawia rysunek V4/31.



Rys. V4/31. Zawory wzniosowe grzybkowe: a) proste  $\xi = 3,9$ ; b) półprzelotowe  $\xi = 2,5$ ; c) wolnoprzelotowe  $\xi = 0,6$

