

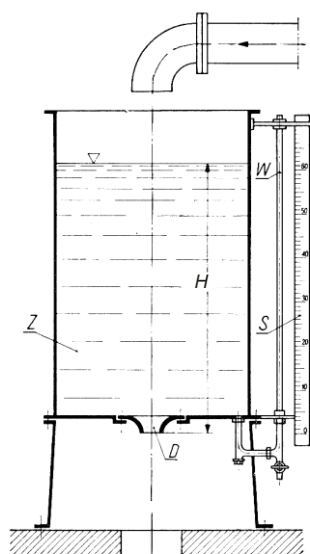
## Ćwiczenie nr 10

### Danaida

Celem ćwiczenia jest wycechowanie danaidy, czyli znalezienie zależności  $Q = f(H)$ .

#### 1. Wprowadzenie.

Danaida (rys. 1) służy do pomiarów ustalonego wydatku cieczy  $Q$  przepływających w przemyśle np. pomiar kondensatu turbin i wyparek oraz do pomiarów kontrolnych.



*Rys. 1. Danaida*

Jest to zbiornik o przekroju prostokątnym lub okrągłym posiadającym przegrody, rurkę wodowskazową z podziałką, oraz otwór wypływowy. Przegrody wykonane z blachy falistej oraz sit, służą do tłumienia ruchu wody w danaidzie, celem uspokojenia zwierciadła w części pomiarowej. Otwór w dnie może być zwykły, czyli ostro-krawędziowy, typu kryzy lub dyszy. Szybkość wypływu cieczy przez otwór zależy od spiętrzenia cieczy  $H$  nad otworem, które ustala się w zależności od wielkości wydatku. W przypadku zastosowania kryzy lub dyszy spiętrzenie mierzy się od najmniejszego przekroju.

Naczynie podobne do danaidy, ale z otworami w bocznej ścianie, nosi nazwę naczynia Ponceleta (wysokość spiętrzenia mierzy się tu od środka otworu wypływowego). Zależność na wydatek objętościowy ma postać:

$$Q = \mu \cdot A_o \sqrt{2gH} \quad [10.1]$$

Gdzie:

- $Q$  - wydatek objętościowy w  $[m^3/s]$ ,
- $\mu$  - współczynnik wydatku (wypływu), wielkość bezwymiarowa i wynosi:  
dla otworu w blasze - ok. 0,6  
dla kryzy 0,6 – 0,65

dla dyszy 0,92 – 0,99

$A_o$  - pole powierzchni przekroju najmniejszego otworu w [m<sup>2</sup>],

$g$  - przyspieszenie ziemskie w [m/s<sup>2</sup>].

Orientacyjne wartości  $\mu$  wykorzystuje się przy projektowaniu otworu danaidy do pomiaru zadanych natężeń przepływu.

Po wykonaniu danaidy należy ją wycechować, czyli ustalić zależność  $\mu = f(H)$  lub  $Q = f(H)$ . W najprostszym przypadku cechowanie polega na zważeniu cieczy, która wypłynęła przez otwór w zmierzonym czasie. Inny sposób to pomiar poziomu zwierciadła cieczy w czasie opróżniania zbiornika.

## 2. Cechowanie danaidy – przebieg pomiaru.

Po zamknięciu dopływu cieczy do danaidy w czasie  $dt$  poziom zwierciadła cieczy obniży się o elementarną wysokość  $dH$ , a jednocześnie z danaidy wypłynie ciecz o objętości  $dV$ .

$$Q = \frac{dV}{dt} \quad [10.2]$$

Stąd po przekształceniu i po uwzględnieniu zależności [10.1] mamy:

$$dV = Q dt = \mu \cdot A_o \sqrt{2gH} dt \quad [10.3]$$

Jednocześnie:

$$dV = - A_{zb} dH \quad [10.4]$$

gdzie:

$A_{zb}$  - całkowite pole powierzchni przekroju danaidy [m].

Znak „-” oznacza, że wody ubywa.

Po porównaniu zależności [10.3] i [10.4] mamy:

$$- A_{zb} dH = \mu \cdot A_o \sqrt{2gH} dt \quad [10.5]$$

Stąd:

$$\mu = - \frac{dH}{dt} \cdot \frac{A_{zb}}{A_o} \cdot \frac{1}{\sqrt{2gH}} \quad [10.6]$$

Zależność ta pozwala na obliczenie  $\mu$  a tym samym i  $Q$  dla dowolnie zadanej wartości spiętrzenia przy znanym  $dH/dt$ . Wartość  $dH/dt$  można dla danych wysokości  $H$  wyznaczyć z wykresu  $H = f(t)$ , kreśląc styczne do linii wykresu w punktach o odciętych  $H$ . Wykres taki można sporządzić po całkowitym napełnieniu danaidy, następnie odsłonięciu otworu wpływowego i notowaniu położenia menisku w rurce wodowskazowej w kolejnych chwilach.

W poniższej tabelicy 10.1 podano dla przykładu wartości współczynnika wypływu w przypadku wody o temperaturze 25° wypływającej w dół przez kryzę o długości części cylindrycznej 0,5 mm.

Tabela 10.1. Wartości współczynnika  $\mu$ .

d	Wysokość napełnienia H w [m]			
w [mm]	0,22	0,42	0,82	2,00
20	0,618	0,610	0,604	0,602
30	0,614	0,608	0,602	0,600
40	0,611	0,605	0,600	0,598
50	0,609	0,603	0,599	0,597

Współczynnik wypływu dla danego otworu zależy od wysokości spiętrzenia, przy czym przy spiętrzeniach powyżej 0,4 [m] zmiany są niewielkie. Należy wziąć to pod uwagę przy projektowaniu danaidy. Znaczna zmienność  $\mu$  przy spiętrzeniach poniżej 0,4 [m] jest spowodowana zjawiskiem ssania, podczas którego tworzy się charakterystyczny lej powodujący zaburzenia wypływu. Dla uniknięcia leja przy małych spiętrzeniach ustawia się nad zwężką (otworem) krzyż blaszany nie powodujący zmiany współczynnika wypływu.

W przypadku pomiaru wydatku cieczy zimnej lub ciepłej wystąpi różnica gęstości cieczy w danaidzie i w rurce pomiarowej, gdzie ciecz będzie miała temperaturę zbliżoną do temperatury otoczenia. Zatem odczyt spiętrzenia będzie obarczony błędem. Na przykład – jeśli woda w danaidzie ma temperaturę 50 °C, zaś w rurce 20 °C to przy H = 0,4 [m] błąd bezwzględny wynosi: minus 4 [mm].

Przy dużych wydatkach można stosować kilka otworów, które trzeba cechować oddzielnie. Wydatek wtedy będzie sumą wydatków poszczególnych otworów. W tym przypadku należy wykluczyć możliwość oddziaływania na siebie wypływów przez różne otwory.

Odległość osi dwóch sąsiednich otworów nie powinna być mniejsza od  $2,5(d_1 + d_2)$ , gdzie  $d_1$  i  $d_2$  oznaczają średnice otworów. Odległość otworów od ścianki bocznej powinna wynosić co najmniej  $2,5d$ . Jeśli zwężki są umieszczone w dnie to dno musi być sztywne, aby przy zmianach spiętrzenia uniknąć deformacji, a zatem zmiany położenia osi zwężki.

### 3. Część doświadczalna.

Czynności do wykonania:

1. Zmierzyć średnicę otworu i wyliczyć jego powierzchnię  $A_o$ .
2. Zmierzyć wymiary zbiornika, wyliczyć jego powierzchnię  $A_{zb}$ .
3. Przy zatkanym otworze napełnić zbiornik do wysokości podanej przez prowadzącego ćwiczenia.
4. Po odcięciu wody dopływającej otworzyć otwór wypływowy i mierzyć położenie menisku w rurce wodowskazowej notując upływający czas i położenie tego menisku. Stoper należy włączyć dla wysokości zadanej przez prowadzącego ćwiczenie (powyżej 0,7 [m] ), a wyłączyć gdy menisk znajdzie się na wysokości 0,05 [m] nad otworem.
5. Czynności (3.3.) i (3.4.) powtórzyć jeszcze dwukrotnie dla tych samych wysokości.
6. Wyliczyć czas średni  $t_{sr}$  jako średnią arytmetyczną z trzech pomiarów – dla każdej notowanej wysokości H.
7. Narysować na papierze milimetrycznym wykres  $H = f(t_{sr})$ .
8. Dla zadanych przez prowadzącego ćwiczenia 10 wartości wysokości H wykreślić styczne do wykresu  $H = f(t_{sr})$  w tych punktach. Korzystając z zależności:

$$- \frac{dH}{dt} = \operatorname{tg} \alpha \quad [10.7]$$

gdzie:

- $\alpha$  - kąt nachylenia wykreślonej stycznej do osi czasu  $t_{sr}$ .  
wyliczyć wartość  $\mu$  dla przyjętych wysokości H.
9. Obliczyć wartość Q dla przyjętych wysokości H.

#### 4. Zawartość sprawozdania.

1. Krótki opis metody cechowania danaidy.
2. Wykres zależności  $H = f(t_{sr})$  na papierze milimetrowym.
3. Rezultaty obliczeń  $\mu$  oraz  $Q$  ująć w poniższej tabelce:

Wysokość H	tg $\alpha$	$\mu$	Q
[m]	[-]	[-]	[m <sup>3</sup> /s]

4. Narysować wykres  $Q = f(H)$  co stanowi kwintesencję cechowania danaidy.