

W obliczaniu przepływu przewodem prostym wyróżniamy cztery typy zagadnień:

- 1) obliczenie naporu i strat ciśnienia przy zadanym wydatku cieczy i wymiarach przewodu,
- 2) obliczenie wydatku, jeżeli zadane są wartości naporu i wymiarów geometrycznych przewodu,
- 3) określenie średnicy przewodu przy zadanych pozostałych parametrach,
- 4) metoda obliczenia przewodów długich (np. wodociągów) z pomięciem oporów miejscowych.

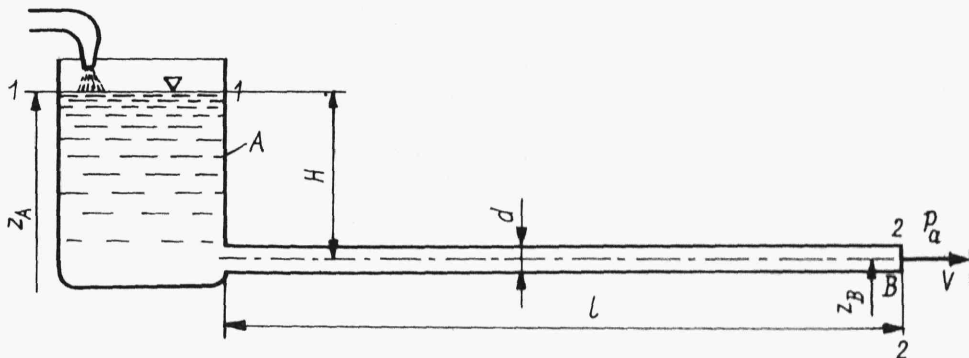
Hydrauliczne obliczanie przewodów oparte jest na podanych poprzednio równaniach (7.1) do (7.4) oraz na zależnościach współczynników oporów liniowych, miejscowych.

Rozwiązanie wymienionych zagadnień można przedstawić w sposób następujący:

Metoda obliczania naporu i strat ciśnienia została omówiona w przykładzie 7.2.

7.5.1. OBLICZANIE WYDATKU

Sposób obliczenia wydatku zilustrujemy na prostym przykładzie przepływu przewodem poziomym o zadanej średnicy d , długości l i naporze H (rys.7.22).



Rys.7.22

Określamy rodzaj przepływu przy pomocy krytycznej wartości liczby Reynoldsa

$$Re_{kr} = \frac{v_{kr} d}{\nu} .$$

Prędkość v_{kr} obliczymy ze wzoru Hagen-Poiseuille'a

$$v_{kr} = \frac{g d^2 H}{32 \nu l} \quad (7.25)$$

Po uwzględnieniu tej zależności napiszemy

$$Re_{kr} = \frac{g d^3 H_{kr}}{32 \nu l^2}$$

lub

$$H_{kr} = \frac{32 \nu l^2}{g d^3} Re_{kr}$$

Porównujemy zadaną wartość H z H_{kr} .

Jeżeli $H < H_{kr}$, to przepływ jest laminarny,

przy $H > H_{kr}$ - przepływ turbulentny.

W przypadku ruchu laminarnego prędkość określa się ze wzoru (7.25).

Dla ruchu turbulentnego zadanie rozwiązuje się metodą kolejnych przybliżeń,

Prędkość obliczamy z równania Bernoulliego dla przekrojów 1-1 i 2-2 (rys.7.22)

$$v = \sqrt{\frac{2g H}{1 + \lambda \frac{l}{d} + \sum \xi}} \quad (7.26)$$

Korzystając z metody kolejnych przybliżeń obliczamy ze wzoru (7.26) prędkość v dla określonych wartości współczynnika λ .

W pierwszym przybliżeniu wygodnie przyjąć współczynnik λ_1 dla $\varepsilon = \frac{k}{d}$ z wykresu Colebrooka i White'a w strefie kwadratowej zależności oporów. Po podstawieniu λ_1 do wzoru (7.26) wyznaczamy prędkość v_1 oraz liczbę Reynoldsa $Re_1 = \frac{v_1 d}{\nu}$. Dla Re_1 i znajdujemy z wykresu (rys.7.4) wartość współczynnika λ'_1 . Jeżeli znaleziona wartość $\lambda'_1 \neq \lambda_1$ zakładamy kolejną wartość λ_2 i wykonujemy powtórne obliczenie v_2 i Re_2 a następnie, podobnie jak poprzednio, wyznaczamy z wykresu dla Re_2 i ε współczynnik λ'_2 . Następnie porównujemy λ'_2 z λ_2 . Jeżeli

współczynniki te nie są sobie równe zakładamy kolejną wartość λ powtarzając wymienione operacje do momentu, gdy założona wartość λ_i będzie równa wyznaczonej z wykresu λ'_i . Przy spełnionym warunku $\lambda_i = \lambda'_i$, obliczamy prędkości v ze wzoru (7.26), a następnie z równania ciągłości wydatek $Q = v \frac{\pi d^2}{4}$.

7.5.2. OKREŚLANIE ŚREDNICY PRZEWODU

Posłużymy się również w tym przypadku prostym przykładem. Przewodem poziomym o zadanej długości l i spadku ciśnienia $p_1 - p_2$ przepływa ciecz o znanym wydatku Q .

Znane są również rodzaj i temperatura cieczy oraz suma współczynników miejscowych $\sum \zeta$. Należy określić średnicę przewodu.

Rozwiązanie tego zadania zaczynamy od zastosowania równania Bernoulliego dla przekroju początkowego i końcowego

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{v_2^2}{2g} \left(\lambda \frac{l}{d} + \sum \zeta \right). \quad (7.27)$$

Dla przewodu poziomego $z_1 = z_2$.

Z równania ciągłości

$$v_1 = v_2 = v = \frac{4Q}{\pi d^2}.$$

Podstawiając tę zależność do równania (7.27) otrzymamy

$$\frac{16Q^2}{\pi^2 d^4 \cdot 2g} \left(\lambda \frac{l}{d} + \sum \zeta \right) = \frac{p_1 - p_2}{\gamma} = f(d). \quad (7.28)$$

Jedyną niewiadomą w tym równaniu jest średnica, która wchodzi do równania zarówno w sposób jawny jak i uwikłany poprzez liczbę Reynoldsa i współczynnik oporów liniowych.

Dla wyznaczenia tej niewiadomej stosujemy metodę kolejnych przybliżeń przy pomocy tablicy 7.11.

Otrzymana w wyniku kolejnego doboru wartość średnicy d_i , spełniająca równanie (7.28), stanowi rozwiązanie tego zadania.