

Przepływy w przewodach zamkniętych

Przepływy w przewodach zamkniętych stanowią najistotniejszą część technicznej mechaniki płynów, a jednym z najważniejszych zagadnień jest określenie strat ciśnienia Δp_{str} . Straty ciśnienia występujące podczas przepływu płynu w przewodach mogą wynikać z dwóch powodów. Pierwszy jest związany z oporem tarcia podczas przepływu i straty te występują na całej długości przewodu. Noszą one również nazwę strat liniowych. Drugi rodzaj strat występuje podczas zmian przekrojów przewodu, zmian kierunków przepływu itp. Stąd noszą one nazwę strat miejscowych. Podział na straty liniowe i straty miejscowe ma po części charakter umowny, gdyż źródłem występujących oporów w obu przypadkach jest lepkość płynu.

Wielkości strat ciśnienia zarówno liniowych, jak i miejscowych dla ruchu laminarnego mogą być określone na drodze teoretycznej, natomiast w przypadku przepływu turbulentnego płynu są wyznaczane na drodze doświadczalnej.

8.1. Liniowe straty ciśnienia

Liniowe straty ciśnienia są obliczane z *wzoru Darcy'ego-Weisbacha*

$$p_{\text{str}_1} = \lambda \frac{L}{D} \frac{\rho \bar{v}^2}{2}. \quad (8.1)$$

Wzór ten został wyprowadzony w rozdziale 5. Występująca w nim niemianowana wielkość λ nosi nazwę *współczynnika tarcia wewnętrzznego płynu* lub *współczynnika oporów liniowych*. Wzór ten umożliwia obliczenie strat ciśnienia wskutek tarcia $p_{\text{str}} = p_{\text{str}_1}$ w przewodzie prostoliniowym o średnicy D i długości L .

Współczynnik tarcia podczas przepływu laminarnego w przewodzie o przekroju kołowym może być wyznaczony w sposób analityczny. Do tego celu wygodnie jest wykorzystać uprzednio otrzymany *wzór Hagen-Poiseuille'a* (5.42)

$$\bar{v} = \frac{p_{\text{str}_1} D^2}{32 \mu L}. \quad (8.2)$$

Po podstawieniu liczby Reynoldsa

$$\text{Re} = \frac{\bar{v} D \rho}{\mu} \quad (8.3)$$

otrzymuje się

$$p_{\text{str}_1} = \frac{64 L \rho \bar{v}^2}{\text{Re} D 2}. \quad (8.4)$$

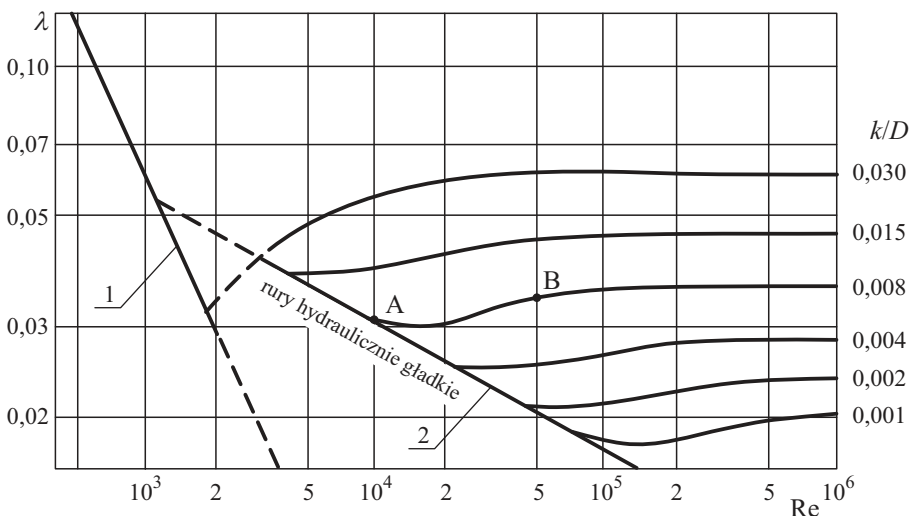
Z porównania wzorów (8.1) i (8.4) wynika, że współczynnik tarcia λ podczas przepływu laminarnego w rurociągu o kołowym przekroju poprzecznym wynosi

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}}. \quad (8.5)$$

Współczynnik tarcia podczas przepływu turbulentnego może być określony tylko eksperymentalnie. Wyniki prac doświadczalnych są opisane różnymi równaniami, a jednym z najbardziej znanych związków jest **wzór Blasiusa**, dotyczący przepływu płynu w kanale o dowolnym przekroju poprzecznym. Ma on postać

$$\lambda = \frac{0,3164}{\text{Re}^{1/4}}. \quad (8.6)$$

Ten wzór potęgowy dotyczy przepływów w przewodach gładkich, a ściślej biorąc w przewodach hydraulicznie gładkich, w przedziale liczb Reynoldsa $4 \cdot 10^3 - 1 \cdot 10^5$. Pojęcie przewodu hydraulicznie gładkiego zostanie wyjaśnione dalej.



Rys. 8.1. Zależność $\lambda = f(\text{Re})$ – wykres Nikuradsego: 1 – wzór (8.5), 2 – zależność (8.6)