

wzór Waldena

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left(\frac{6,1}{\text{Re}} + 0,268 \frac{k}{d} \right). \quad (7.15)$$

Wzór (7.15) opracowany na podstawie badań teoretycznych i doświadczalnych umożliwia uzyskanie bardzo zbliżonych do wzoru (7.13) wyników i może być w sposób prosty i łatwy stosowany do obliczeń współczynnika λ dla całego zakresu przepływu burzliwego.

Przedstawione wzory na obliczenie współczynnika λ odnoszą się do przepływu całkowicie ustabilizowanego, tzn. kiedy rozkłady prędkości w dowolnych przekrojach poprzecznych są identyczne.

Jeżeli ciecz wypływa ze zbiornika do przewodu, to w przypadku przepływu laminarnego na długości początkowej przewodu zmienia się rozkład prędkości od równomiernego na wlocie do parabolicznego, w związku z czym na tej długości zmienia się współczynnik λ .

Długość początkową przewodu dla przepływu laminarnego przyjmuje się w przybliżeniu

$$l_{\text{lam}} = 0,03 \text{ Re } d.$$

Analogiczna długość dla przepływu turbulentnego jest znacznie mniejsza i wynosi

$$l_{\text{turb.}} = 40 \div 50 d.$$

7.3. WSPÓŁCZYNNIKI OPORÓW MIEJSCOWYCH

Oprócz strat liniowych na długości prostoosiowych przewodów o stałym przekroju poprzecznym należy również uwzględnić opory miejscowe związane z określonymi miejscami rurociągów, w których występują różnego rodzaju przeszkody, jak np. załamania, zagięcia, zmiany przekrojów poprzecznych, zawory, zasowy.

Wysokość strat miejscowych oblicza się ze wzoru (7.4)

$$h_{\text{sm}} = \frac{\Delta p}{\gamma} = \zeta \frac{v^2}{2g},$$

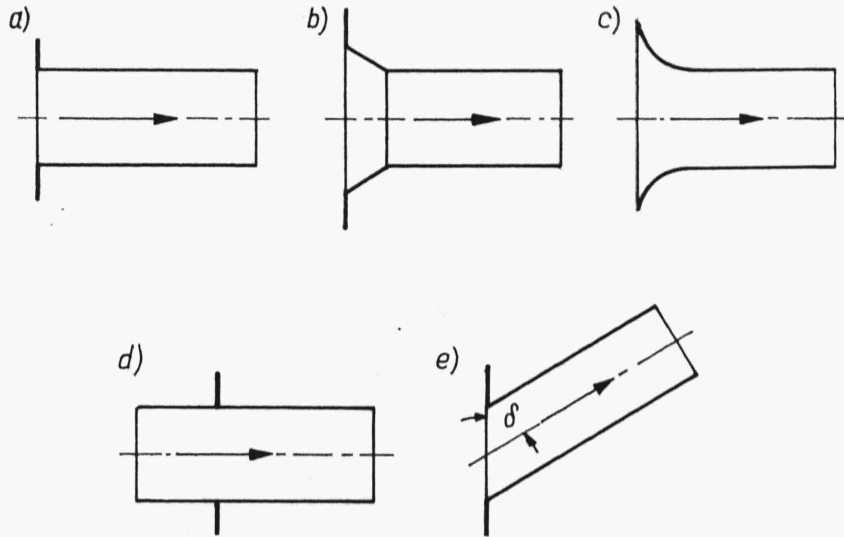
w którym: ζ - oznacza bezwymiarowy współczynnik oporu miejscowego,
 Δp - stratę ciśnienia przed i za przeszkodą,
 v - średnią prędkość przepływu.

Wartości współczynnika ζ określa się prawie wyłącznie na podstawie badań doświadczalnych, z których wynika, że w ogólnym przypadku współczynnik ten zależy od parametrów geometrycznych przeszkody, liczby Reynoldsa i chropowatości ścianki przewodu. W zakresie przepływu burzliwego wartości współczynnika ζ są prawie stałe.

Podamy poniżej zależności współczynnika ζ w postaci wzorów, wykresów i tablic dla najczęściej spotykanych w praktyce przypadków.

7.3.1. WLOTY DO PRZEWODÓW

Przy dopływie cieczy ze zbiornika do przekroju wlotowego przewodu występują na wlocie straty ciśnienia wskutek dławienia strumienia wynikającego z bezwładności strug wpływających do przewodu i związanego z tym zjawiskiem oderwania się strumienia od ścianki.



Rys.7.5

Dla wlotów do przewodów wartości współczynników ζ przedstawiają się następująco (rys.7.5):

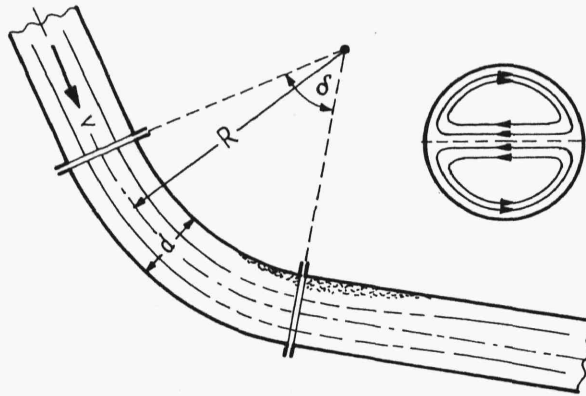
- a) dla wlotu o krawędziach ostrych $\zeta = 0,5$,
- b) dla wlotu o ściętej krawędzi $\zeta = 0,25$,
- c) dla wlotu o krawędziach zaokrąglonych w zależności od promienia krzywizny $\zeta = 0,06 \div 0,005$,
- d) dla przewodu, którego początek stanowi wewnętrzną przystawkę o ostrej krawędzi $\zeta = 0,3$,

e) dla przewodu przyłączonego do zbiornika pod kątem δ

$$\xi = 0,5 + 0,3 \cos \delta + 0,2 \cos^2 \delta . \quad (7.16)$$

7.3.2. ŁUK KOŁOWY

Rozważania dotyczą strat miejscowych w łukach kołowych, których oś stanowi łuk koła o promieniu krzywizny R i kącie zagięcia δ (rys. 7.6). W ruchu cieczy w łuku występują dodatkowe zjawiska. Na cząstki



Rys.7.6

cieczy poruszające się po torach o różnych i na ogół zmiennych promieniach krzywizny działają siły odśrodkowe, których wpływ zniekształca osiowo symetryczny rozkład prędkości zachodzący w przypadku rury prostoosiowej. Występuje tu, podobnie jak w poprzednim przypadku, oderwanie się strumienia od ścianki. Wskutek działania sił bezwładności ciśnienie wzrasta od środka krzywizny w kierunku promieniowym na zewnątrz.

Ponadto wskutek zmiennego rozkładu prędkości w przekroju poprzecznym powstaje w nim ruch obrotowy w postaci wiru podwójnego (rys.7.6).

Współczynnik oporu dla łuków kołowych można wyznaczyć ze wzoru Weisbacha

$$\xi = \left[0,131 + 0,159 \left(\frac{d}{R} \right)^{3,5} \right] \frac{\delta}{180^\circ} . \quad (7.17)$$