Metodyka obliczenia natężenia przepływu za pomocą anemometru skrzydełkowego.

Prędkość powietrza w osi symetrii kanału oblicza się ze wzoru:

$$w_{\max} = \frac{S}{\tau}$$

gdzie: S – droga przebyta przez gaz w ciągu czasu trwania pomiaru w [m]
τ – czas trwania pomiaru w [s]

Następnie oblicza się liczbę Reynoldsa ze wzoru:

$$\mathrm{Re} = \frac{w_{\max} D}{\nu}$$

gdzie: D – średnica wewnętrzna przewodu, D = 0,162 m
ν – współczynnik lepkości kinematycznej

Jeżeli wartość liczby Reynodsa zawiera się w przedziale Re=4000÷10^6, to prędkość średnią, można określić ze wzoru:

$$\frac{w_{śr}}{w_{\max}} = \frac{2}{(2+\alpha)(1+\alpha)}$$

gdzie: $\alpha = 0{,}2679 - 0{,}02715 \log \mathrm{Re}$

Strumień objętości powietrza oblicza się z zależności:

$$\dot{V} = w_{śr} \frac{\pi D^2}{4}$$

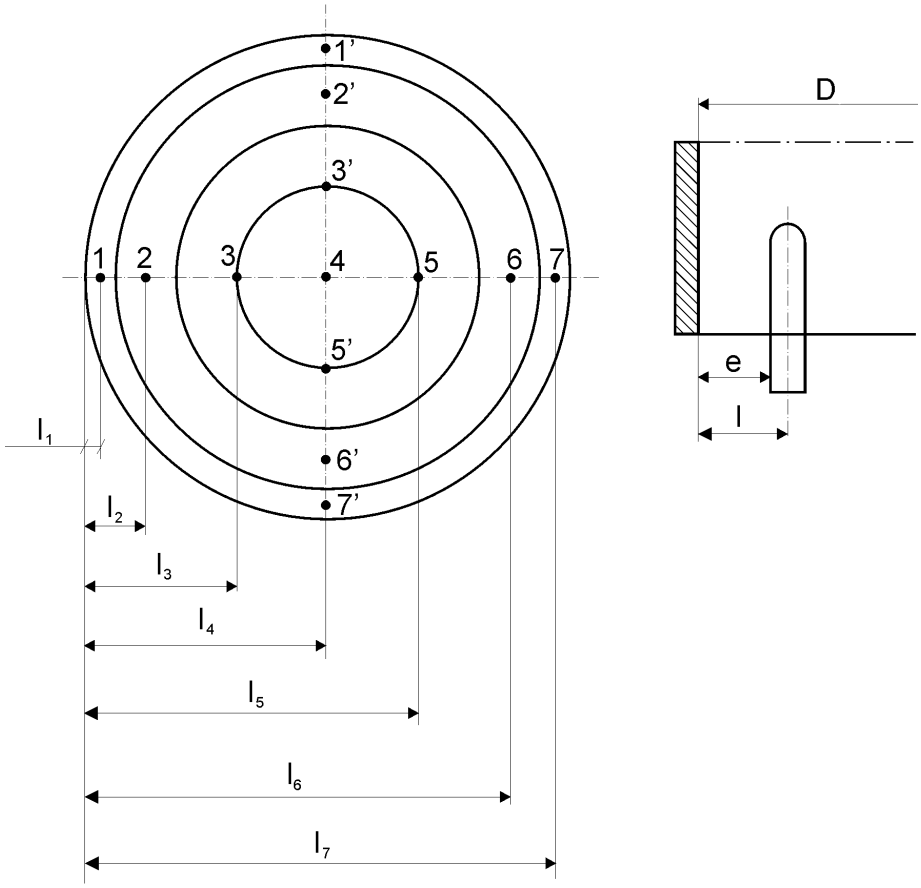
Strumień masy powietrza oblicza się ze wzoru:

$$\dot{m} = \dot{V} \rho$$

Metodyka obliczenia natężenia przepływu za pomocą rurki Prandtla

Średnica wewnętrzna rurociągu D = 162 mm; średnica głowicy rurki Prandtla wynosi 8 mm.
Rozmieszczenie punktów pomiarowych pokazano na rysunku poniżej.
Odpowiednie odległości wynoszą:

$l_1 = 6{,}97$ mm	$e_1 = 6{,}97 - 4 = 2{,}97 \approx 3$ mm
$l_2 = 23{,}65$ mm	$e_2 = 23{,}65 - 4 = 19{,}65 \approx 20$ mm
$l_3 = 48{,}92$ mm	$e_3 = 48{,}92 - 4 = 44{,}92 \approx 45$ mm
$l_4 = 81{,}00$ mm	$e_4 = 81{,}00 - 4 = 77$ mm
$l_5 = 113{,}08$ mm	$e_5 = 113{,}08 - 4 = 109{,}08 \approx 109$ mm
$l_6 = 138{,}35$ mm	$e_6 = 138{,}35 - 4 = 134{,}35 \approx 134$ mm
$l_7 = 155{,}03$ mm	$e_7 = 155{,}03 - 4 = 151{,}03 \approx 151$ mm



Rys. 1. Rozmieszczenie punktów pomiarowych w przekroju rurociągu

Dla wybranych odległości położenia rurki Prandtla, najpierw zmierzono za pomocą mikromanometru kompensacyjnego Ascania wysokość ciśnienia dynamicznego. Nastepnie obliczono wartości ciśnienia dynamicznego ze wzoru:

$$p_d = \rho_w g h \,[Pa]$$

Następnie wyznaczono prędkości lokalne ($w_1, w_2, w_3 \ldots; w_{1'}, w_{2'}, w_{3'} \ldots$) w poszczególnych punktach pomiarowych, korzystając ze wzoru:

$$w = \sqrt{\frac{2 p_d}{\rho}}$$

gdzie: ρ - gęstość powietrza, wyznaczona na podstawie równania Clapeyrona:

$$\rho = \frac{p}{RT}$$

Do obliczeń przyjęto następujące dane:

R - indywidualna stała gazowa, R = 287 [J/(kgK)]
p - ciśnienie statyczne za kryzą
T - temperatura powietrza w rurociągu.

Wartość średnia prędkości powietrza w kanale jest obliczona ze wzoru:

$$w_{śr} = \frac{w_1 + w_2 + \ldots + w_7 + w_{1'} + w_{2'} + \ldots + w_{7'}}{14}$$

Strumień objętości obliczono z zależności:

$$\dot{V} = w_{śr} \frac{\pi D^2}{4}$$

Strumien objętości powietrza można także wyznaczyć na podstawie prędkości maksymalnej. Z rozkładu prędkości powietrza w rurociągu wiadomo, że prędkość maksymalna powietrza jest w osi rurociągu. Zatem spełniona jest równość:

$$w_4 = w_{\max}$$

Liczbę Reynoldsa można określić z zależności:

$$\mathrm{Re} = \frac{w_{\max} D_w}{\nu} = \frac{w_4 D_w}{\nu}$$

gdzie: $\nu = \dfrac{\mu}{\rho}$

μ – współczynnik lepkości dynamicznej

ρ – gęstość powietrza, wyznaczona na podstawie równania Clapeyrona

Jeżeli wartość liczby Reynoldsa mieści się w granicach Re = 4000÷10^6, to prędkość średnią można obliczyć ze wzoru

$$\frac{w_{śr}}{w_{\max}} = \frac{2}{(2+\alpha)(1+\alpha)}$$

gdzie: $\alpha = 0{,}2679 - 0{,}02715 \log \mathrm{Re}$

Strumień objętości i masy wyznacza się z zależności:

$$\dot{V} = w_{śr} \frac{\pi D^2}{4}$$

$$\dot{m} = \dot{V} \rho$$

Metodyka obliczeń natężenia przepływu za pomocą kryzy pomiarowej

Wykaz oznaczeń:

C - współczynnik przepływu,

d - średnica otworu kryzy (gardzieli) w warunkach roboczych,

D - średnica wewnętrzna rurociągu,

p – bezwzględne ciśnienie statyczne płynu,

$\dot{m}$ - strumień masy,

$\dot{V}$ - strumień objętości,

Re - liczba Reynoldsa,

Re_D - liczba Reynoldsa odniesiona do średnicy rurociągu,

β - przewężenie,

Δp – ciśnienie różnicowe,

ε - liczba ekspansji,

μ - lepkość dynamiczna płynu,

ν - lepkość kinematyczna płynu,

Uwaga: indeks 1 odnosi się do strony dopływowej, 2 do strony odpływowej.

1. Określenie parametrów charakterystycznych dla kryzy i rurociągu

$$d = 78{,}86\,mm$$

$$D = 162\ mm$$

2. Obliczenie przewężenia

$$\beta = \frac{d}{D}$$

3. Porównanie parametrów kryzy z parametrami podanymi w normie

Norma *PN-EN ISO 5167-1* określa następujące parametry dla kryz z przytarczowym odbiorem ciśnienia:

$$d \geq 12{,}5\ mm$$

$$50\ mm \leq D \leq 1000\ mm$$

$$0{,}1 \leq \beta \leq 0{,}75$$

$$\mathrm{Re}_D \geq 4000 \quad \text{dla} \quad 0{,}1 \leq \beta \leq 0{,}5$$

$$\mathrm{Re}_D \geq 16000\beta^2 \quad \text{dla} \quad \beta > 0{,}5$$

4. Założenie wstępnej wartości liczby Reynoldsa

$$\mathrm{Re}_D = 10^6$$

5. Obliczenie tymczasowej wartości współczynnika przepływu C (wg PN-EN ISO 5167-1)

$$C = 0{,}5961 + 0{,}0261\,\beta^2 - 0{,}216\,\beta^8 + 0{,}000521\left(\frac{10^6\beta}{Re_D}\right)^{0,7} + (0{,}0188 + 0{,}0063A)\,\beta^{3,5}\left(\frac{10^6}{Re_D}\right)^{0,3} +$$

$$+\left(0{,}043 + 0{,}080\,e^{-10L_1} - 0{,}123\,e^{-7L_1}\right)(1 - 0{,}11A)\frac{\beta^4}{1-\beta^4} - 0{,}031\left(M_2^{'} - 0{,}8M_2^{'\,1,1}\right)\beta^{1,3}$$

gdzie:

$$A = \left(\frac{19000\beta}{Re_D}\right)^{0,8}$$

$$M_2^{'} = \left(\frac{2L_2^{'}}{1-\beta}\right)$$

$L_1 = \frac{l_1}{D}$ iloraz odległości otworu impulsowego od powierzchni dopływowej kryzy i średnicy rurociągu

$L_2^{'} = \frac{l_2^{'}}{D}$ iloraz odległości otworu impulsowego od powierzchni odpływowej kryzy i średnicy rurociągu

Dla przytarczowego odbioru ciśnienia $L_1 = L_2^{'} = 0$ zależność na współczynnik C upraszcza się do następującej postaci:

$$C = 0{,}5961 + 0{,}0261\,\beta^2 - 0{,}216\,\beta^8 + 0{,}000521\left(\frac{10^6\beta}{Re_D}\right)^{0,7} + (0{,}0188 + 0{,}0063A)\,\beta^{3,5}\left(\frac{10^6}{Re_D}\right)^{0,3}$$

6. Obliczenie liczby ekspansji

Jeżeli jest spełniony warunek $\frac{p_2}{p_1} \geq 0{,}75$, to liczbę ekspansji można wyznaczyć ze wzoru:

$$\varepsilon_1 = 1 - \left(0{,}41 + 0{,}35\beta^4\right)\left(\frac{\Delta p}{\kappa p_1}\right)$$

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_1\sqrt{1 + \frac{\Delta p}{p_2}}$$

przyjmując, że $\kappa = 1{,}4$.

7. Obliczenie przybliżonej wartości strumienia masy $\dot{m}$ lub strumienia objętości $\dot{V}$

Strumień masy określają zależności

$$\dot{m} = \frac{C}{\sqrt{1-\beta^4}}\,\varepsilon_1\,\frac{\pi}{4}d^2\sqrt{2\,\Delta p\,\rho_1}$$

lub

$$\dot{m} = \frac{C}{\sqrt{1-\beta^4}} \varepsilon_2 \frac{\pi}{4} d^2 \sqrt{2 \Delta p \, \rho_2}$$

Strumień objętości

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}}{\rho}$$

8. Obliczenie liczby Reynoldsa

$$\dot{m} = A \cdot w_{śr} \cdot \rho \quad \Rightarrow \quad w_{śr} = \frac{\dot{m}}{A \cdot \rho} = \frac{4 \cdot \dot{m}}{\pi \cdot D^2 \cdot \rho}$$

$$\mathrm{Re} = \frac{D \cdot w_{śr}}{\nu}$$

Sprawdzenie warunku:

$$\left| \mathrm{Re}_D - \mathrm{Re} \right| < 100$$

Jeśli warunek jest spełniony to obliczenia są zakończone. Gdy warunek jest niespełniony obliczenia należy powtórzyć zakładając, że następna wartość liczby Reynoldsa jest określona ze wzoru w punkcie 8.