

ĆWICZENIE II

OPORY PRZEPŁYWU PRZEWODÓW WENTYLACYJNYCH

1. CEL ĆWICZENIA

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z metodą określania oporów przepływu w przewodach.

2. LITERATURA

1. Informacje z wykładów i ćwiczeń
2. Orzechowski Z., Prywer J., Zarzycki R.: Mechanika płynów w inżynierii środowiska. WNT
Rozdziały: 1, 2, 3, 4, 5, 7
3. Słupek S., Nocoń J., Buczek A.: Technika Ciepłna - Ćwiczenia obliczeniowe. Skrypt AGH nr 1646.
Rozdziały - 1 i 5
4. Kaleta A., Wojdalski J.: Technika i gospodarka ciepłna. Wyd SGGW, Warszawa 2000.

3. WSTĘP TEORETYCZNY

1. Opory miejscowe

Strata ciśnienia spowodowana jest zmianą kierunku i/lub wartości prędkości wywołanego konstrukcją przewodu, przez który przepływa płyn. Stratę ciśnienia na skutek oporów miejscowych wyznacza się z zależności:

$$\Delta p_m = \zeta \frac{\rho v^2}{2}$$

Strata ciśnienia wyrażona jest w postaci ciśnienia dynamicznego.

2. Opory tarcia

Straty tarcia wskutek tarcia mają duże znaczenie praktyczne. Stratę ciśnienia na skutek tarcia obliczamy z zależności:

$$\Delta p_t = \lambda \frac{L}{D} \frac{\rho v^2}{2}$$

Wartość współczynnika tarcia zależy od dwóch parametrów: chropowatości ścianki rurociągu i liczby Reynoldsa. Zależność współczynnika λ przedstawia wykres (Rys.1).

W przepływach turbulentnych można wyróżnić trzy zakresy:

1. Zakres I

$$k < \delta_{\text{lam}}$$

Chropowość bezwzględna mniejsza od grubości podwarstwy laminarnej. Brak wpływu chropowości na współczynnik tarcia.

2. Zakres II

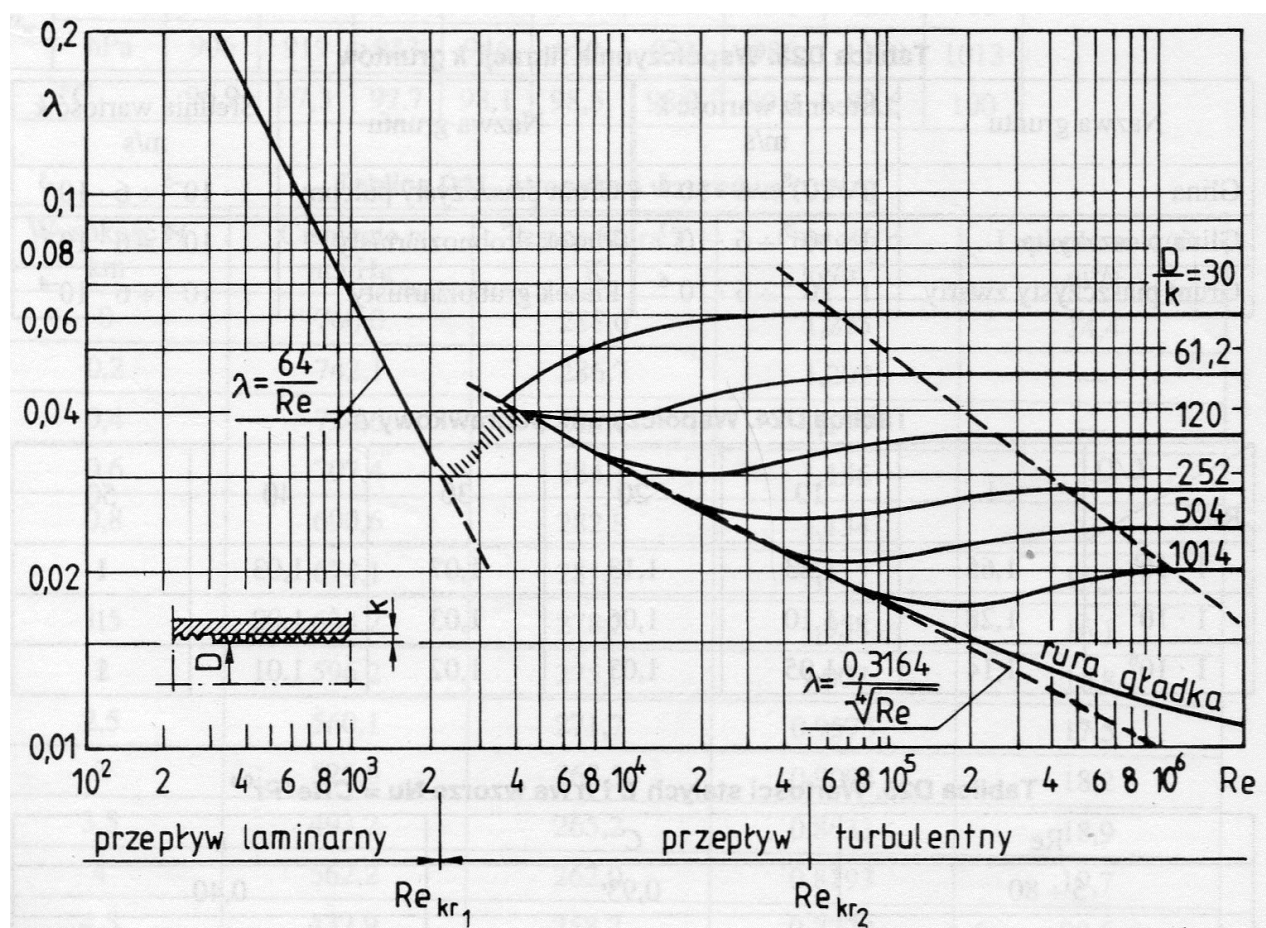
$$k > \delta_{\text{lam}}$$

Chropowość bezwzględna większa od grubości podwarstwy laminarnej. Wpływ chropowości na współczynnik tarcia zmienia się z liczbą Re.

3. Zakres III

$$k \gg \delta_{\text{lam}}$$

Chropowość bezwzględna dużo większa od grubości podwarstwy laminarnej. W pełni rozwinięty przepływ turbulentny. Brak wpływu liczby Re na współczynnik tarcia.



Rys. 1 Zależność współczynnika tarcia λ w rurze o przekroju kołowym od liczby Re

4. PRZYRZĄDY POMIAROWE



Rys. 2 Mikromanometr AirFlow

OPIS

Mikromanometr PVM100 jest mikroprocesorowym przyrządem do pomiarów małych różnic ciśnień.

DZIAŁANIE

Przyrząd może pracować w dwóch trybach.

W trybie pomiaru rzeczywistego mierzone wartości są bezpośrednio wyświetlane w wybranych jednostkach prędkości (m/s lub ft/min) lub nadciśnienia, podciśnienia lub różnicy ciśnień (Pa lub in H₂O) na dwurzędowym matrycowym wyświetlaczu LCD.

Fluktuacje przepływu są natychmiastowo obrazowane na graficznym wskaźniku w postaci linijki z ruchomym znacznikiem, a przez wybór szybkiej lub wolnej reakcji przyrządu wartości porównawcze są szybko uzyskiwane. Funkcja szczególnie użyteczna przy pulsującym przepływie. Wbudowana pamięć zezwala na natychmiastowy zapis do 60 indywidualnych odczytów, które są numerowane i mogą być następnie odczytywane i uśredniane. Wpisy te są bezpieczne w pamięci i zachowywane nawet w przypadku wymiany baterii aż do ich usunięcia przez użytkownika. W trybie odczytu pamięci można odczytywać oraz kasować uprzednio zapisane dane. W oby trybach można przysyłać dane z pamięci do urządzeń współpracujących takich jak drukarki, komputery i data-loggery poprzez port szeregowy RS232C.

5. Stanowisko pomiarowe

Stanowisko pomiarowe (Rys. 3) składa się z:

1. wentylatora
2. rurociągu wentylacyjnego
3. kształtek (kolanka, łuk)



Rys.3 stanowisko pomiarowe

W skład kształtek wchodzi:

1. 2 x kolano 45° (punkty 1 i 2)
2. Łuk 180° (punkty 3 i 4)
3. Kolano 90° (punkty 8 i 9)

Długość pomiarowego odcinka prostego wynosi 5.82 m (punkty 2 i 3).

6. WYKONYWANE POMIARY

Przed uruchomieniem silnika napędzającego wentylator podłączony do przewodu wentylacyjnego należy wykonać następujące pomiary:

- pomiar temperatury powietrza - t
- pomiar ciśnienia barometrycznego - p_b
- pomiar wilgotności względnej powietrza - ϕ
- pomiar wielkości geometrycznych dla oporów miejscowych i tarcia (średnice, promienie zaokrągleń, długości)

Po uruchomieniu silnika ($n = \text{const}$) napędzającego wentylator, który jest podłączony do przewodu wentylacyjnego należy wykonać następujące pomiary:

- pomiary ciśnień:
 - nadciśnienia w rurociągu - punkty pomiarowe opisane w tabelach z wynikami pomiarów.

OBLICZENIA DO SPRAWOZDANIA

Korzystając z przygotowanego Arkusza wykonać następujące obliczenia:

1. Określenie rzeczywistych parametrów powietrza – gęstość, lepkość – dla każdego rodzaju oporu (aktualna wartość nadciśnienia przed przeszkodą)
2. Wyznaczenie średniej prędkości przepływu na podstawie pomiarów – wyniki z grupy realizującej ćwiczenie 1.
3. Określenie charakteru przepływu - liczba Re
4. Obliczenie współczynników strat lokalnych ζ i porównanie ich z danymi tablicowymi dla elementów instalacji wentylacyjnej. Wyjaśnić różnice.
5. Obliczenie współczynników λ tarcia i porównanie z wartościami odczytanymi z wykresu 1. Wyjaśnić różnice.

Uwaga

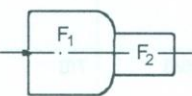
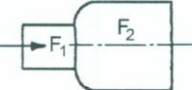


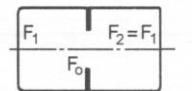
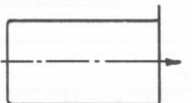

Do wyznaczenia chropowatości rurociągu przyjąć materiał - stal ocynkowana

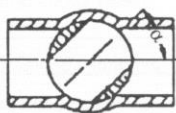
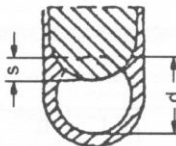
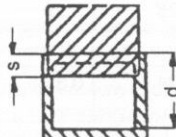
SPRAWOZDANIE POWINNO ZAWIERAĆ:

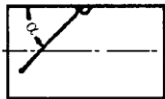
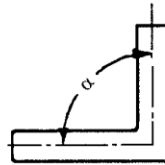
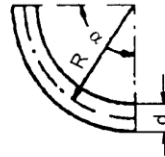
- schemat stanowiska pomiarowego z zaznaczonymi punktami pomiarowymi,
- wyniki pomiarów w tabeli,
- obliczenia,
- porównanie otrzymanych wyników z danymi tablicowymi z wyjaśnieniem ewentualnych różnic,
- wnioski.

Załączniki 1

Wartości współczynnika oporu miejscowego [4]

Rodzaj oporu	Wartość współczynnika ξ											
1	2											
Nagłe zwężenie** 	$\frac{F_2}{F_1}$	0,01	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
	ξ	0,5	0,47	0,42	0,38	0,34	0,30	0,25	0,20	0,15	0,09	0
Nagłe rozszerzenie 	$\xi = \left(\frac{1 - F_1}{F_2} \right)^2$											
	$\frac{F_1}{F_2}$	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0
	ξ	0	0,01	0,04	0,09	0,16	0,25	0,36	0,49	0,64	0,81	1
Stożkowe zwężenie 	α°	7	10	15	20	25	30	35	40			
	ξ	0,16	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28			
	α°	45	50	55	60	65	70	75	80			
	ξ	0,30	0,31	0,31	0,32	0,33	0,34	0,34	0,35			
Stożkowe rozszerzenie 	$\xi = K \left(\frac{F_2}{F_1} - 1 \right)^2$											
	α°	5	10	15	20	25	30	40	45			
	K	0,13	0,17	0,26	0,41	0,53	0,71	0,90	0,98			
	α°	50	60	70	80	90	100	120	140			
	K	1,03	1,12	1,13	1,10	1,07	1,06	1,05	1,04			
Kryza w rurze 	$\frac{F_0}{F_2}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	
	ξ	226	47,8	17,5	7,8	3,75	1,8	0,8	0,29	0,06	0,0	
Wylot przewodu 	$\xi = 1$											
Wlot przewodu 	z ostrą krawędzią $\xi = 0,5$ z zaokrągloną krawędzią $\xi = 0,25$											

Kurek										
	α°	5	10	20	30	40	50	60	65	
	ξ	0,05	0,29	1,56	5,47	17,3	52,6	206	486	
Zasuwa w kolistym przewodzie	$\frac{s}{d}$	0	1/8	2/8	3/8	4/8	5/8	6/8	7/8	
	ξ	0,05	0,07	0,26	0,81	2,08	5,52	17,0	97,8	
Zasuwa w przewodzie prostokątnym	$\frac{s}{d}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
	ξ	0,09	0,39	0,95	2,08	4,02	8,12	17,8	44,5	193,0

1	2																						
Kłapa	α°	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	85										
	ξ	1,7	2,3	3,2	4,6	6,6	9,5	14	20	30	42	62	90										
Kolano ostre	<table><tr><td>α°</td><td>90</td><td>120</td><td>135</td><td>150</td></tr><tr><td>ξ</td><td>1,1</td><td>0,55</td><td>0,25</td><td>0,2</td></tr></table>													α°	90	120	135	150	ξ	1,1	0,55	0,25	0,2
α°	90	120	135	150																			
ξ	1,1	0,55	0,25	0,2																			
																							
Kolano zaokrąglone (półtłuk)	$\xi = \left[0,131 + 0,163 \left(\frac{d}{R} \right)^{3,5} \right] \frac{\alpha^\circ}{90^\circ}$ <p>dla $R = 3 \cdot d$; $\xi \approx 0,14$</p>																						
																							

Załączniki 2

Chropowatość ścianek powierzchni przewodów [4]

Materiał	Stan przewodu	Chropowatość k [mm]
Beton	nowy, handlowy, gładki	0,3–0,8
Beton	nowy, handlowy, średnioszorstki	1–2
Beton	nowy, handlowy, szorstki	2–5
Beton	nowy, żelbetowy, starannie wygładzony	0,1–0,15
Beton	nowy, natryskowy, wygładzony	0,1–0,15
Beton	nowy, natryskowy, bez wygładzenia	0,2–0,8
Beton	wygładzony po kilkuletnim ruchu (woda)	0,2–0,3
Drewno	różny	0,2–1,0
Guma	nowy, technicznie gładki	0,0015
Miedź, mosiądz, brąz, aluminium, inne		
lekkie metale ciągnione i prasowane	nowy, technicznie gładki	0,001–0,0015
PCW	nowy, technicznie gładki	0,025
Polietylen	nowy, technicznie gładki	0,05
Stal bez szwu	nowy	0,02
Stal spawana	nowy	0,12
Stal spawana	nieznaczna korozja	0,20
Stal spawana	widoczna korozja	0,60
Stal spawana	stary, silna korozja	1,5–3
Stal ocynkowana	nowy	0,1–0,2
Stal ocynkowana	po kilku latach eksploatacji	0,4–0,7
Szkoło	nowy, technicznie gładki	0,0015
Żeliwo asfaltowane	nowy	0,1–0,2
Żeliwo	nowy	0,2–0,5
Żeliwo	stary	0,5–1,5
Żeliwo	stary, silna korozja	do 3