

**Wojskowa Akademia Techniczna
Katedra Pojazdów Mechanicznych i Transportu**

LABORATORIUM TERMODYNAMIKI TECHNICZNEJ

Instrukcja do ćwiczenia T-05

Temat:

Pomiar parametrów przepływu gazu.

Opracował:

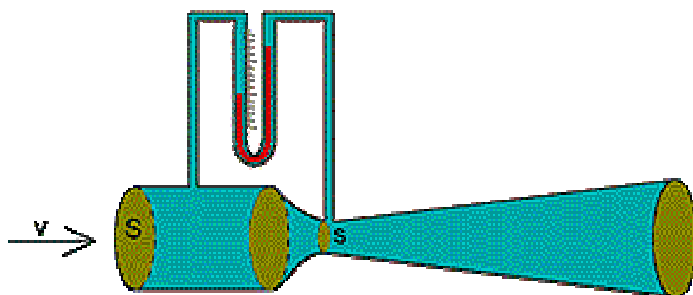
dr inż. Mirosław Karczewski

WAT Warszawa 2006

1. Wprowadzenie

Jedną z metod nadających się do pomiaru masowego natężenia przepływu, a zarazem nie zakłócającą przepływu czynnika jest metoda pomiaru za pomocą zwężki Venturiego.

Dysza Venturiego, przyrząd służący do pomiaru prędkości przepływu płynu (tj. gazu lub cieczy) na podstawie zjawiska spadku ciśnienia w cieczy wraz ze wzrostem jej prędkości. Zwężka Venturiego składa się z manometru różnicowego i rurki o zwężonym przepływie (właściwej dyszy). Jedną z końcówek manometru włączona jest przed zwężeniem, a druga w samej dyszy. Korzystając z równania Bernoulliego i warunku ciągłości przepływu, można wykazać, że różnica ciśnień wskazywanych przez barometr jest proporcjonalna do kwadratu prędkości przepływu płynu przed dyszą.

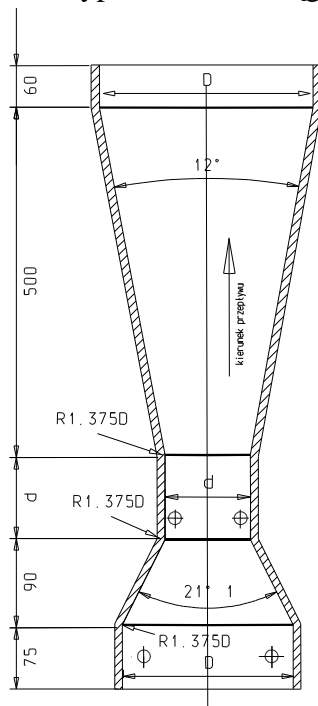


Rys. 1. Schemat zwężki Venturiego z podłączonym manometrem

W realizowanym ćwiczeniu do pomiaru masowego natężenia przepływu zastosowano zwężkę Venturiego. Jej zalety to:

- małe straty ciśnienia,
- krótki odcinek pomiarowy,
- nieskaplikowana konstrukcja,
- duży zakres pomiarowy,
- średni błąd pomiaru mniejszy od 1% (przy manometrze cieczowym),
- niski koszt.

Przy obliczeniach masowego natężenia przepływu należy korzystać z Polskiej Normy PN-EN ISO 5167-1: „Pomiary strumienia płynu za pomocą zwęzek pomiarowych - kryzy, dysze i zwężki Venturiego wbudowane w całkowicie wypełnione rurociągi o przekroju kołowym”.



Rys. 2. Przekrój zwężki Venturiego: d – średnica gardzieli, D – średnica rurociągu

Czujnikiem ciśnienia jest manometr wodny Askania oraz U-rurka.

Zastosowanie tensometrycznych czujników ciśnienia umożliwiło komputerową rejestrację przepływu powietrza w stanach ustalonych i nieustalonych pracy silnika. Ponieważ układ ten współpracuje z komputerem opracowano program przeliczający różnicę ciśnień na masowe natężenie przepływu. Było ono wyznaczane z zależności.

$$\dot{m} = C\varepsilon \frac{\Pi}{4} d^2 \frac{\sqrt{2\Delta p\rho}}{\sqrt{1-\beta^4}} \quad (1)$$

gdzie wielkością zmienną jest różnica ciśnień Δp .

Dane niezbędne do obliczeń:

- Wielkości stałe:

$$C = 0,995 \text{ [--]},$$

$$d = 0.04 \text{ [m]},$$

$$D = 0.08 \text{ [m]},$$

$$\beta = d/D \text{ [--]},$$

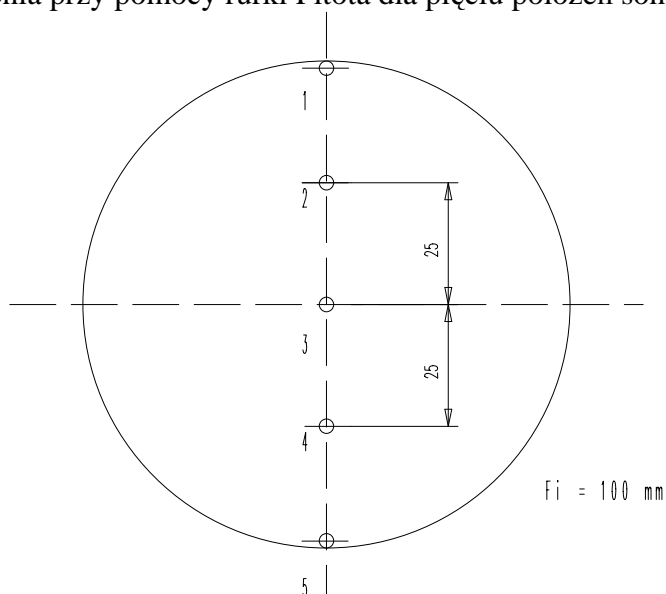
- Wielkości zmienne:

1. ε - liczba ekspansji [--] – należy odczytać z tabeli I w zależności od wartości β i stosunków ciśnień bezwzględnych na wejściu do zwężki i w jej gardzieli dla $K=1.4$.
2. ρ - gęstość mierzonego ośrodka [kg/m^3]- Wyznaczając gęstość należy uwzględnić temperaturę i wilgotność powietrza w chwili pomiarów. Podczas obliczeń należy skorzystać z „Tablic fizycznych”.
3. Różnica ciśnień [Pa] zmierzona w trakcie wykonywania ćwiczenia.

2. Sposób realizacji ćwiczenia

W trakcie realizacji ćwiczenia laboratoryjnego należy dokonać pomiarów następujących wielkości umieścić je w protokole pomiarowym:

- temperatura, wilgotność i ciśnienie atmosferyczne w sali laboratoryjnej przed i po zakończeniu pomiarów,
- ciśnienie statyczne na wejściu do zwężki – pomiar należy powtórzyć pięciokrotnie,
- ciśnienie statyczne w gardzieli zwężki – pomiar należy powtórzyć pięciokrotnie,
- ciśnienie statyczne w rurze pomiarowej – pomiar jednokrotny,
- ciśnienie spiętrzenia przy pomocy rurki Pitota dla pięciu położenia sondy (rys. 2).



Rys. 2. Rozkład punktów pomiarowych

- Dokonać pięciu powtórzeń pomiarów dla różnych prędkości obrotowych wentylatora.

3. Instrukcja do wykonania sprawozdania Realizacja ćwiczenia

- Podać cel realizacji ćwiczenia, omówić sposób jego realizacji.
- Przedstawić schemat stanowiska pomiarowego, zaznaczyć jego najważniejsze elementy.
- Zamieścić wszystkie niezbędne wzory i obliczenia,
- Obliczyć masowe i objętościowe natężenie przepływu powietrza przez zwężkę w jednostkach układu SI.
- Obliczyć prędkość przepływu strugi przez rurę pomiarową w poszczególnych punktach pomiarowych.
- Przeprowadzić analizę błędów pomiarowych.
- Zamieścić wnioski i spostrzeżenia dotyczące poszczególnych punktów ćwiczenia.
- Przeanalizować otrzymane wyniki
- Do sprawozdania załączyć niezbędne wykresy – Format A4, papier milimetrowy.
- **Do sprawozdania należy dołączyć protokół pomiarów – ksero lub oryginał!**
- **Sprawozdanie powinno być spięte w sposób uniemożliwiającej jego łatwe rozdzielanie – najlepiej zszyte zszywaczem w górnym rogu.**

4. Literatura:

1. JASIAK ANDRZEJ, Pomiary inżynierskie, Poznań: Wydaw. Politechniki Poznańskiej, 1999.
2. POMIARY, Pomiary w technice cieplnej. red. Feliks Kotlewski, Marian Mieszkowski Warszawa: Wydaw. Nauk.-Tech., 1972.
3. Michalski L., Eckersdorf K.: Pomiary temperatury. Warszawa, WNT 1986.
4. Romer E.: Miernictwo przemysłowe. Warszawa, PWN 1970.
5. Zatorski A., Rozkrut A.: Miernictwo elektryczne. Materiały do ćwiczeń.
6. **PN-EN ISO 5167:2005** Pomiary strumienia płynu za pomocą zwężek pomiarowych wbudowanych w całkowicie wypełnione rurociągi o przekroju kołowym.
7. **PN-M-42377:2001** Pomiary strumienia płynu za pomocą zwężek pomiarowych. Wytyczne doboru dysz i kryz nie objętych ISO 5167.

WOJSKOWA AKADEMIA TECHNICZNA
WYDZIAŁ MECHANICZNY
KATEDRA POJAZDÓW MECHANICZNYCH I TRANSPORTU

LABORATORIUM TERMODYNAMIKI TECHNICZNEJ

SPRAWOZDANIE

Z ćwiczenia laboratoryjnego nr T-.....

Temat:.....

Wykonał:

Grupa:

Data wykonania ćwiczenia:

Data oddania ćwiczenia:

Prowadzący:

1. Cel ćwiczenia

2. Schemat blokowy stanowiska

3. Przebieg ćwiczenia

4. Wzory stosowane do obliczeń i przykładowe obliczenia:

4. Wnioski