

Protokół pomiarowo- obliczeniowy

Ćw. 6. System do pomiaru strumienia objętości wody za pomocą zwężki

Imię nazwisko:

Grupa:

Data realizacji ćwiczenia:

1. Tabela pomiarowa

Nr pomiaru	Obroty pompy $n/(\text{obr}/\text{min})$	Spadek ciśnienia na zwężce $\Delta h/\text{mmHg}$	Strumień przepływu mierzony przepływomierzem wirowym $q_v(w)/(\text{m}^3/\text{h})$	Temperatura wody $t/^\circ\text{C}$
1	2	3	4	5
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Gęstość wody $\rho(t) =$

Gęstość rtęci $\rho_m(t) =$

2. Obliczenia poprawki wskazania przepływomierza zwężkowego

Równanie pomiaru:

$$q_v = q_{vk} + P$$

Strumień objętości przepływającego płynu za pomocą zwężki:

$$q_{vk} = \frac{C}{\sqrt{1-\beta^4}} \varepsilon \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} \cdot 3600, \frac{m^3}{h}$$

współczynnik przepływu kryzy $C=0,608$

średnica otworu kryzy $d= 31,4$ mm,

liczba ekspansji $\varepsilon=1$.

różnica ciśnień na zwężce $\Delta p = (\rho_m - \rho)g\Delta h$

średnica rurociągu $D= 50$ mm,

β – przewężenie, $\beta = \frac{d}{D}= 0,628$,

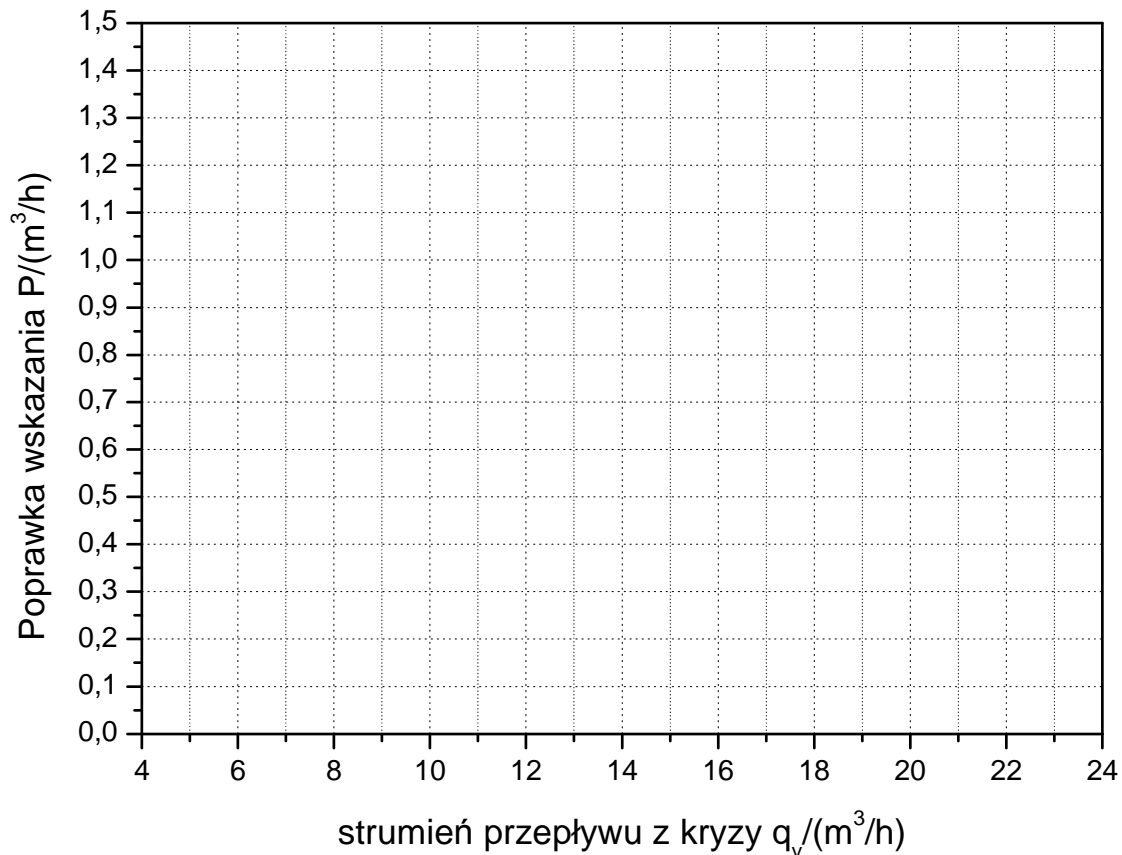
ciecz manometryczna ρ_m : rtęć

gęstość wody: ρ

2.1. Tabela wynikowa

Nr pomiaru	różnica ciśnień na zwężce $\Delta p/Pa$	Strumień przepływu z kryzy $q_{vk}/ (m^3/h)$	Strumień przepływu z przepływomierza wirowego $q_v (w) / (m^3/h)$	Poprawka wskazania $P = q_v (w) - q_{vk}$ m^3/h
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Poprawka wskazania przepływomierza zwężkowego



3. Obliczenia niepewności strumienia przepływu za pomocą kryzy

$$u(q_v) = \sqrt{u(q_{vk})^2 + u(P)^2} = u(q_{vk}) \quad \text{bo} \quad u(P) \approx 0$$

$$\frac{u(q_{vk})}{q_{vk}} = \sqrt{\left[\frac{u(C)}{C}\right]^2 + \left[\frac{u(\varepsilon)}{\varepsilon}\right]^2 + \left[\frac{2\beta^4}{1-\beta^4}\right]^2 \left[\frac{u(D)}{D}\right]^2 + \left[\frac{2}{1-\beta^4}\right]^2 \left[\frac{u(d)}{d}\right]^2 + \frac{1}{4} \left[\frac{u(\Delta p)}{\Delta p}\right]^2 + \frac{1}{4} \left[\frac{u(\rho)}{\rho}\right]^2}$$

$\frac{u(C)}{C}$ - względna niepewność standardowa współczynnika przepływu

$$\frac{u(C)}{C} = 0,5\% \quad \text{dla} \quad \beta \leq 0,6 \qquad \frac{u(C)}{C} = (1,667\beta - 0,5)\% \quad 0,60 \leq \beta \leq 0,75$$

$\frac{u(\varepsilon)}{\varepsilon}$ - względna niepewność standardowa liczby ekspansji

$$\frac{u(\varepsilon)}{\varepsilon} = 4 \frac{\Delta p}{p_1} \% \quad . \quad \text{Dla wody, która jest nieściśliwa przyjmujemy } \varepsilon=1 \text{ oraz } \frac{u(\varepsilon)}{\varepsilon} = 0$$

$\frac{u(D)}{D}$ - względna niepewność standardowa średnicy rurociągu

Do obliczeń można przyjąć wg PN- EN ISO 5167 błąd graniczny $\frac{\Delta_g(D)}{D} = 0,4\%$ stąd $\frac{u(D)}{D} = \left[\frac{\Delta_g(D)}{D} \right] / \sqrt{3}$, przy założeniu, że błędy mają rozkład prostokątny (metoda obliczeń typu B)

$\frac{u(d)}{d}$ - **względna niepewność standardowa średnicy otworu zwężki**

Do obliczeń można przyjąć wg PN- EN ISO 5167 błąd graniczny $\frac{\Delta_g(d)}{d} = 0,07\%$ stąd $\frac{u(d)}{d} = \left[\frac{\Delta_g(d)}{d} \right] / \sqrt{3}$, przy założeniu, że błędy mają rozkład prostokątny (metoda obliczeń typu B)

$\frac{u(\rho)}{\rho}$ - **względna niepewność standardowa gęstości wody**

Można przyjąć, że $\frac{u(\rho)}{\rho} = 0,1\%$

$\frac{u(\Delta p)}{\Delta p}$ - **względna niepewność standardowa ciśnienia różnicowego na zwężce**

$$\frac{u(\Delta p)}{\Delta p} = \sqrt{\left[\frac{u(\Delta \rho)}{\Delta \rho} \right]^2 + \left[\frac{u(g)}{g} \right]^2 + \left[\frac{u(\Delta h)}{\Delta h} \right]^2}$$

$\frac{u(\Delta \rho)}{\Delta \rho}$ - **względna niepewność różnicy gęstości rtęci i wody**

$$\frac{u(\Delta \rho)}{\Delta \rho} = 0,1\%$$

$\frac{u(g)}{g}$ - **względna niepewność przyspieszenia ziemskiego**

$$\frac{u(g)}{g} = 0,1\%$$

$\frac{u(\Delta h)}{\Delta h}$ - **względna niepewność różnicy wysokości ciśnień na kryzie**

$\Delta h = h_1 + h_2$ gdzie: h_1 i h_2 wysokości słupów cieczy manometrycznej w mm

$$u(\Delta h) = \sqrt{[u(\Delta h_1)]^2 + [u(\Delta h_2)]^2}$$

Można przyjąć iż obie składowe niepewności są sobie równe i obliczyć je metodą typu B zakładając, że błąd graniczny $\Delta_g(h_1)$ i $\Delta_g(h_2)$ wynosi ± 1 mm i błędy mają rozkład prostokątny. Stąd:

$$u(\Delta h_1) = u(\Delta h_2) = \frac{\Delta_g(\Delta h)}{\sqrt{3}} = \frac{1}{\sqrt{3}}. \text{ Równanie przybiera zatem postać:}$$

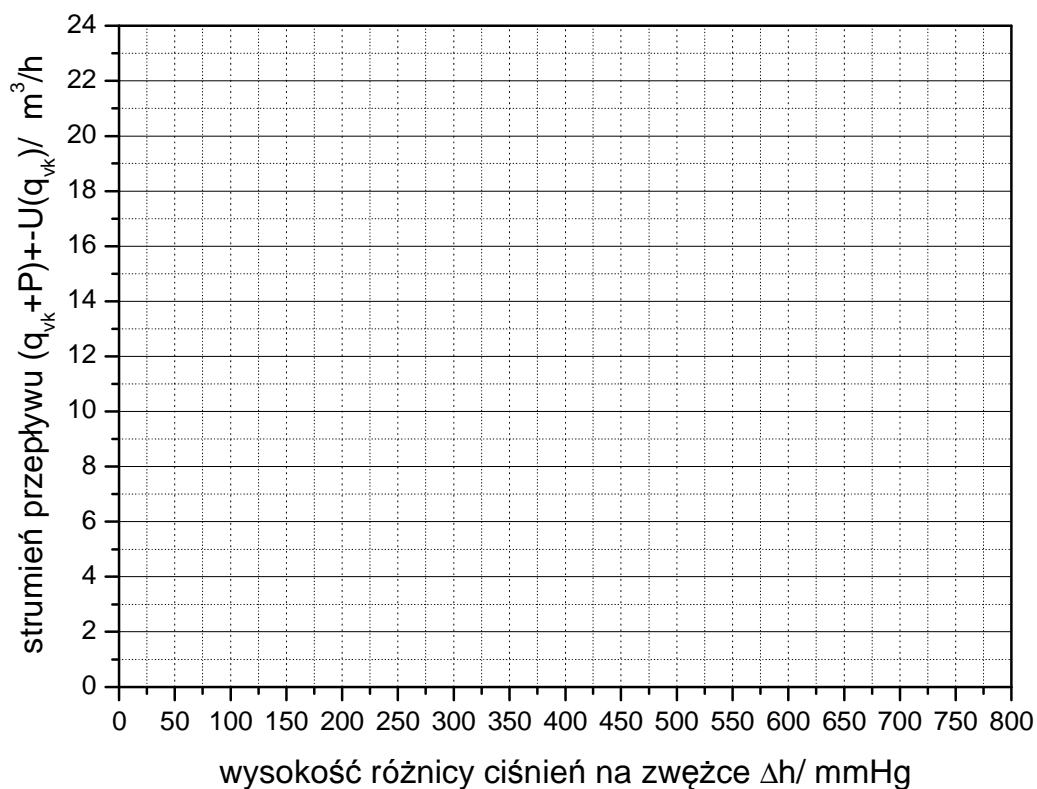
$$u(\Delta h) = \sqrt{[u(\Delta h_1)]^2 + [u(\Delta h_2)]^2} = \sqrt{2 \left[\frac{1}{\sqrt{3}} \right]^2} = 0,816 \text{ mm}$$

$$\text{Stąd: } \frac{u(\Delta p)}{\Delta p} = \sqrt{\left[\frac{0,1}{100} \right]^2 + \left[\frac{0,1}{100} \right]^2 + \left[\frac{0,816}{\Delta h} \right]^2}; \Delta h - \text{wstawiać mm}$$

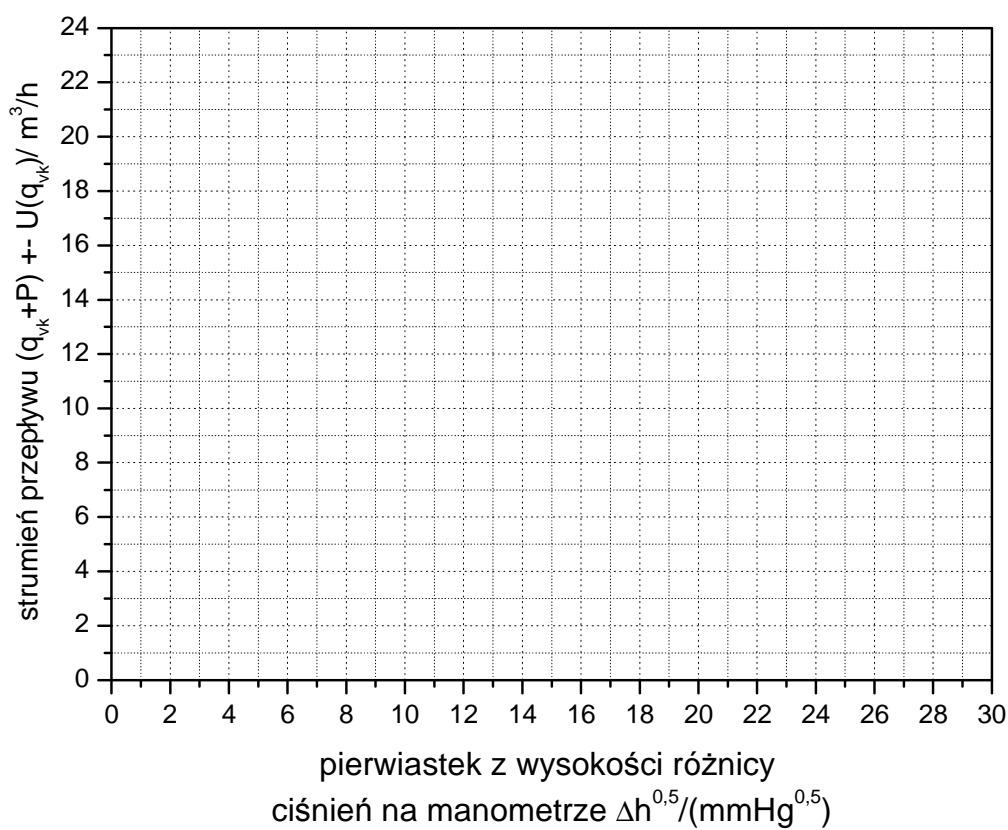
3.1. Względne niepewności poszczególnych składników i niepewność całkowita

l.p	Spadek ciśnienia na zwężce Δh/ mmHg	Strumień przepływu z kryzy q_{vk}/ (m³/h)	$\frac{u(C)}{C}$ %	$\frac{u(D)}{D}$ %	$\frac{u(d)}{d}$ %	$\frac{u(\rho)}{\rho}$ %	$\frac{u(\Delta p)}{\Delta p}$ %	$\frac{u(q_{vk})}{q_{vk}}$ %
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								

l.p	Strumień przepływu z kryzy q_{vk}/ (m³/h)	$\frac{u(q_{vk})}{q_{vk}}$ %	$u(q_v)$ (m³/h)	$U(q_{vk})=k \cdot u(q_{vk})$ (k=2 dla P=95%) (m³/h)	$\frac{U(q_{vk})}{q_{vk}}$ %	$q_{vk} \pm U(q_{vk})$ (m³/h)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						



3.4. Charakterystyka $(q_{vk} + P) \pm U(q_{vk})$ od pierwiastka z wysokości różnicy ciśnień na zwężce $\sqrt{\Delta h}$. (między punktami pomiarowymi pociągnąć linię ciągłą)



OBLICZENIA

WNIOSKI