

$$Q_{\text{опт}} = \ln(t_b - t_3) \frac{1}{\frac{1}{2r_{2m}\alpha_1} + \frac{1}{2\lambda_{\mu K} \ln \frac{r_{2m} + \delta_o}{r_{2m}}} + \frac{1}{2\alpha_2(r_{2m} + \delta_o)}} \quad (4)$$

нехтуючи при цьому термічним опором металевої стінки.

Результати 2-го етапу розв'язання: $\delta_{\text{опт}} = 13$ см; $Q_{\text{опт}} = 2$ кВт.

На підставі результатів розв'язання поставленої оптимізаційної задачі констатуємо:

- оптимальним теплоізоляційним матеріалом з трьох розглянутих є мінеральна вата;
- її оптимальна товщина $\delta_{\text{опт}} = 13$ см;
- оптимальний тепловий режим біореактора $Q_{\text{опт}} = 2$ кВт.

УДК 681.121

Лесовой Л.

ДУ «Львівська політехніка», кафедра автоматизації теплових і хімічних процесів

ВИБІР ДІАПАЗОНУ ВИМІРЮВАННЯ ДИФМАНОМЕТРА ЗА ВТРАТАМИ ТИСКУ ДЛЯ ВИТРАТОМІРА РІДИНИ

© Лесовой Л., 2000

In yes the article the mathematical dependences for account of a range of measurement differential pressuremeter under the given losses of pressure on the standard narrowing device and technique of a choice of limiting nominal difference of ressure differential pressuremeter of the flowmeter liquids are given

Під час розрахунку параметрів стандартного звужуючого пристрою витратоміра рідини під задані втрати тиску постає задача вибору граничного номінального перепаду тиску на дифманометрі. Вибір перепаду тиску дифманометра здійснюють за допомогою номограм [1] (діафрагми, сопла та сопла Вентурі) або за допомогою розрахунку (труби Вентурі). При розрахунковому способі вибирають стандартне значення ΔP_n граничного номінального перепаду тиску дифманометра з [2]. За вибраним значенням ΔP_n розраховують параметри звужуючого пристрою і знаходять втрати тиску $P_{вт}$ на ньому, які порівнюють із заданими. Якщо вони є більшими за задані, то процес повторюють до доти доки втрати тиску не будуть менші за задані.

Нами отримано рівняння для розрахунку діапазону вимірювання дифманометра за заданими втратами тисків на стандартному звужуючому пристрої, за яким вибирається зі стандартного ряду граничний номінальний перепад тиску дифманометра. За вибраним значенням граничного номінального перепаду тиску дифманометра виконують розрахунок відносної площі стандартного звужуючого пристрою.

Для розв'язання цієї задачі запишемо рівняння визначення витрати рідини методом змінного перепаду тиску [1]:

– масова витрата

$$Q_{\cdot} = \frac{\pi}{4} \cdot \alpha \cdot m \cdot D_{20}^2 \cdot K_t'^2 \cdot \sqrt{2 \cdot \Delta P \cdot \rho}; \quad (1)$$

– об'ємна витрата

$$Q_o = \frac{\pi}{4} \cdot \alpha \cdot m \cdot D_{20}^2 \cdot K_t'^2 \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{\Delta P}{\rho}}, \quad (2)$$

де α – коефіцієнт витрати; m – відносна площа стандартного звужуючого пристрою; D_{20} – діаметр трубопроводу при 20°C; K_t' – поправний множник на теплове розширення матеріалу трубопроводу; ΔP – перепад тиску на стандартному звужуючому пристрої; ρ – густина рідини в робочих умовах при температурі t та абсолютному тиску P .

Виходячи з рівнянь (1) та (2), визначимо безрозмірний комплекс B , який би залежав, з одного боку від вихідних величин для розрахунку параметрів витратоміра

– для масової витрати

$$B = 8 \cdot \left(\frac{Q_M}{\pi \cdot D_{20}^2 \cdot K_t'^2} \right)^2 \cdot \frac{1}{P_{\text{вт}} \cdot \rho}; \quad (3)$$

– для об'ємної витрати

$$B = 8 \cdot \left(\frac{Q_o}{\pi \cdot D_{20}^2 \cdot K_t'^2} \right)^2 \cdot \frac{\rho}{P_{\text{вт}}}, \quad (4)$$

а з іншого боку – від конструктивних параметрів витратоміра

$$B = (\alpha \cdot m)^2 \cdot \frac{\Delta P}{P_{\text{вт}}}. \quad (5)$$

Втрати тиску на стандартному звужуючому пристрої розраховують згідно з рівнянням [1]

$$P_{\text{вт}} = \frac{1 - \alpha \cdot m}{1 + \alpha \cdot m} \cdot \Delta P. \quad (6)$$

Знайдемо з рівняння (5) комплекс $\alpha \cdot m$

$$\alpha \cdot m = \left(B \cdot \frac{P_{\text{вт}}}{\Delta P} \right) \quad (7)$$

і підставимо його у рівняння (6). Після нескладних перетворень отримаємо кубічне рівняння для визначення перепаду тиску на стандартному звужуючому пристрої у вигляді

$$x^3 - C \cdot x^2 - x - C = 0, \quad (8)$$

в якому

$$x = \sqrt{\frac{\Delta P}{P_{\text{вт}}}};$$

$$C = \sqrt{B}.$$

Підставивши

$$x = y + \frac{C}{3} \quad (9)$$

у рівняння (8), отримаємо рівняння

$$y^3 + 3 \cdot p \cdot y + 2 \cdot q = 0, \quad (10)$$

в якому

$$q = -\frac{c}{27} \cdot (C^2 + 18);$$

$$p = -\frac{1}{9} \cdot (C^2 + 3).$$

Знайдемо дискримінант рівняння (10)

$$\Delta = q^2 + p^3 = \frac{1}{27} \cdot (C^4 + 11 \cdot C^2 - 1). \quad (11)$$

Для значень безрозмірного комплексу $B > \frac{5 \cdot \sqrt{5} - 11}{27}$ дискримінант Δ , розрахований за рівнянням (11), буде менший від нуля, а в іншому випадку буде більшим за нуль. Тоді згідно з [3] корінь рівняння (10) матиме вигляд

$$y = \begin{cases} \frac{2}{3} \cdot C \cdot \sqrt{1 + \frac{3}{C^2}} \cdot \cos \left[\frac{1}{3} \arccos(A) \right], & \text{для } B > \frac{5 \cdot \sqrt{5} - 11}{27} \\ \frac{C}{3} \cdot \sqrt{1 + \frac{3}{C^2}} \cdot \left(\sqrt[3]{A + \sqrt{A^2 - 1}} + \frac{1}{\sqrt[3]{A + \sqrt{A^2 - 1}}} \right), & \text{для } B \leq \frac{5 \cdot \sqrt{5} - 11}{27} \end{cases}, \quad (12)$$

де

$$A = \frac{1 + \frac{18}{C^2}}{\left(1 + \frac{3}{C^2}\right)^{1,5}}.$$

Підставляючи рівняння (12) у (9), після нескладних перетворень отримуємо рівняння, яке дає можливість знаходити діапазон вимірювання дифманометра, використовуючи лише вихідні дані для розрахунку параметрів стандартного звужуючого пристрою:

$$\Delta P = \begin{cases} \frac{P_{\text{вг}}}{3 \cdot B_0} \left\{ 1 + 2 \cdot \sqrt{1 + B_0} \cdot \cos \left[\frac{1}{3} \cdot \arccos(A) \right] \right\}^2, & \text{для } B > \frac{5 \cdot \sqrt{5} - 11}{27} \\ \frac{P_{\text{вг}}}{3 \cdot B_0} \left[1 + \sqrt{1 + B_0} \cdot \left(\sqrt[3]{A + \sqrt{A^2 - 1}} + \frac{1}{\sqrt[3]{A + \sqrt{A^2 - 1}}} \right) \right]^2, & \text{для } B \leq \frac{5 \cdot \sqrt{5} - 11}{27} \end{cases}, \quad (14)$$

де

$$B_0 = \frac{3}{B}; \quad (15)$$

$$A = \frac{1 + 6 \cdot B_0}{(1 + B_0)^{1,5}}. \quad (16)$$

Граничний номінальний перепад тиску дифманометра ΔP_n вибирали зі стандартного ряду [2], як менше значення числа ΔP , розрахованого за рівнянням (14).

Приклад вибору граничного номінального перепаду тиску ΔP_n дифманометра за втратами тиску на стандартному звужуючому пристрої витратоміра рідини.

№ п/п	Параметр	Позначення параметра	Розмірність параметра	Значення параметра
1	Масова витрата рідини	Q_m	$\frac{\text{кг}}{\text{с}}$	200
2	Діаметр трубопроводу при 20°C	D_{20}	м	0,3
3	Поправний множник на теплове розширення матеріалу трубопроводу	K'_t	-	1
4	Густина рідини при робочих умовах	ρ	$\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	999
5	Втрати тиску на стандартному пристрої звуження потоку	$P_{вт}$	Па	20000
6	Безрозмірний комплекс, формула (3)	B	-	0,20034
7	Допоміжний комплекс, формула (15)	B_0	-	14,9745
8	Допоміжний комплекс, формула (16)	A	-	1,42288
9	Діапазон вимірювання дифманометра, формула (14)	ΔP	Па	26262
10	Вибираємо граничний номінальний перепад тиску зі стандартного ряду [2]	ΔP_n	Па	25000

Приклад вибору граничного номінального перепаду тиску ΔP_n дифманометра за втратами тиску на стандартному звужуючому пристрої витратоміра рідини наведено у таблиці.

1. *Правила измерения расхода газов и жидкостей стандартными сужающими устройствами. РД 50-213-80. – М., 1982.* 2. *ГОСТ18140-77. Манометры дифференциальные ГСП. Общие технические условия. – М., 1977.* 3. *Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике. М., 1982.*

УДК 621.398

Івахів О., Пучинський Б., Шигера І.

ДУ “Львівська політехніка”, кафедра інформаційно-вимірювальної техніки

**ВИПЛЕСКИ ВИПАДКОВОГО N- ВИМІРНОГО
ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ**

© Івахів О., Пучинський Б., Шигера І., 2000

The n-dimension random field is investigated and the total excess intensity per space unit expression is received.

Фізичні величини є функціями просторових та часових координат, тобто формують певне поле. Тому вимірювання параметрів фізичних полів – актуальне на сьогодні завдання, зокрема, це стосується температурних полів, а саме: розподілу температури на поверхні чи в приміщенні тощо. З певною точністю розмір неперервної фізичної величини можна проквантувати. На відміну від випадкових процесів [1] перетини випадковим n-вимірним полем