

Лабораторна робота № 8

Дослідження роботи відцентрового вентилятора

Зміст роботи. Проведення випробувань відцентрового вентилятора з метою експериментального визначення його характеристик, тобто залежності натиску, потужності і ККД від витрати повітря.

Опис експериментальної установки. Для проведення експерименту використовується відцентровий вентилятор з наступними технічними характеристиками:

- Діаметр робочого колеса D_2 , мм..... 690
- Частота обертання n , c^{-1} 47,83
- Розрахункова витрата повітря M_p , кг/год.....500
- Розрахунковий тиск Δp , Па..... 6800
- Потужність електродвигуна N , кВт..... 4,5

Повітря засмоктується вентилятором (мал. 4.19) через матерчатий фільтр / прямокутного перетину і через всмоктуючий патрубок поступає до робочого колеса 2, встановленому в спіральному кожусі 3. У всмоктуючому патрубку встановлена шайба з діаметром, меншим діаметру всмоктуючого отвору, що забезпечує обмеження витрати повітря через вентилятор і запобігає перевантаженню електродвигуна 4. *Стисле* повітря виходить із спірального кожуха 3 *через* нагнітальний патрубок прямокутного перетину і потім прямує в нагнітальний трубопровід 5, в якому встановлена поворотна дросельна заслінка 6, яка *служить* для регулювання витрати повітря.

Схема вимірювань показана на мал. 4.19. Температура повітря t_n на всмоктуванні вимірюється лабораторним ртутним термометром, а барометричний тиск B — барометром. Статичний тиск на всмоктуванні h_{co} вимірюється електричним мембранним манометром 1а типа ДМ-Е2, електричний вихідний сигнал якого через перемикач 1в подається на міліамперметр 1г типа М1730А. Статичний тиск на нагнітанні Аст2 вимірюється аналогічним манометром 1б, підключеним через перемикач 1в до того ж міліамперметру.

Для вимірювання витрати повітря в нагнітальному трубопроводі вентилятора встановлено витратомірне сопло 2а діаметром $d_c = 50$ мм. Перепад тиску Δh_c в соплі вимірюється електричним мембранним манометром 2б типа ДМ-Е2, електричний вихідний сигнал з якого подається на міліамперметр 2в типа М1730А.

Різниця температур повітря $\Delta t_c = t_c - t_n$ в нагнітальному трубопроводі перед соплом і навколишнім середовищем вимірюється термобатаресою 3а з чотирьох термопар ТХК, сполученої з показуючим мілівольтметром 3б типу МВУ6-41А.

Частота обертання ротора вимірюється тахометром 4. Електрична потужність двигуна визначається послідовним її вимірюванням в кожній з трьох фаз переносним вимірювальним комплектом 5б типа К50. Комплект К50 дозволяє вимірювати потужність в електричних ланцюгах із струмом до 50 А і напругою до 600 В. До виконання роботи необхідно *познайомитися з інструкцією з експлуатації комплекту К50.*

Обробка результатів вимірювань. За наслідками вимірювань необхідно розрахувати характеристики досліджуваного вентилятора.

1. Об'ємна витрата вентилятора Q_c ($\text{м}^3/\text{с}$) по параметрах повітря перед соплом за формулою (5.15)

$$Q_c = 0,11110^5 \alpha \varepsilon d_c^2 \sqrt{\Delta p_c / \rho_c}, \quad (4.25)$$

де $\alpha = 1,093$ — коефіцієнт витрати сопла; ε — поправочний множник на розширення вимірюваного середовища, визначуваний по графіку (мал. 4.21); $d_c = 50$ мм — діаметр сопла; $\Delta p_c = \Delta h_c$ — перепад тиску в соплі, Па; ρ_c — густина повітря перед соплом, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Густина повітря перед соплом ρ_c обчислюється за формулою

$$\rho_c = p_c / (RT_c), \quad (4.26)$$

де $p_c = B + h_{\text{н}0_2}$ — тиск повітря перед соплом, Па; B — барометричний тиск, Па; T_c — температура повітря перед соплом, К; $R = 287$ Дж/(кг·К) — газова постійна повітря.

2. Об'ємна витрата повітря Q_0 за нормальних умов $p_0 = 0,1013$ МПа; $T_0 = 293$ К)

$$Q_0 = Q_c p_c T_0 / (p_0 T_c).$$

3. Повний тиск, створюваний вентилятором (Па),

$$h = (h_{\text{н}0_2} + h_{\text{д}2}) - (h_{\text{н}0_1} + h_{\text{д}1}),$$

де $h_{\text{д}2}$ і $h_{\text{д}1}$ — динамічний тиск на всмоктуванні і нагнітанні, які визначаються за формулою

$$h_d = \rho w^2 / 2$$

де $w = Q/F_{\text{пр}}$ — швидкість повітря в перетині, де визначається динамічний тиск, м/с; ρ — густина повітря в даному перетині, $\text{кг}/\text{м}^3$; Q — об'ємна витрата повітря в даному перетині, $\text{м}^3/\text{с}$; $F_{\text{BC}} = 0,01038$ м^2 — прохідне січення шайби (на всмоктуванні); $F_{\text{H}} = 0,00689$ м^2 — площа перетину нагнітального патрубку.

Динамічний тиск вентилятора h_d (Па), рівне $h_{\text{д}2}$, визначається в нагнітальному трубопроводі вентилятора безпосередньо за равником.

Статичний тиск вентилятора $h_{\text{н}0}$ (Па), рівне різниці повного і динамічного, тисків на виході із вентилятора

$$h_{\text{н}0} = h - h_{\text{д}2}.$$

Повний h_0 і статичний $h_{\text{н}0_0}$ тиск вентилятора, приведені до нормальних умов, розраховуються за формулами

$$h_0 = h p_0 T_{\text{ан}} / (p_{\text{ан}} T_0);$$

$$h_{\text{н}0_0} = h_{\text{н}0} p_0 T_{\text{ан}} / (p_{\text{ан}} T_0).$$

4. Електрична потужність $N_{\text{д}e}$ (Вт), підведена до електродвигуна.

$$N_{\text{д}e} = W_A + W_B + W_C$$

де W_i (W_A , W_B , W_C) — виміряна підведена потужність до кожної з фаз.

5. ККД установки вентилятора η (%), що враховує всі види втрат у вентиляторі, а також втрати в електродвигуні

$$\eta = Q_{\text{ан}} h / N_e,$$

де Q_{BC} — об'ємна витрата повітря, приведений до умов всмоктування.

6. Окрім перерахованих параметрів в роботі необхідно підрахувати наступні безрозмірні коефіцієнти:

коефіцієнт витрати

$$\bar{Q} = 4Q_0 / (\pi D_2^2 u_2),$$

де $D_2 = 0,69$ м — зовнішній діаметр колеса вентилятора; $u = \pi D_2 n$ — окружна швидкість колеса на зовнішньому діаметрі, м/с; n — частота обертання, колеса, с⁻¹;

коефіцієнт тиску

$$\bar{H} = h_0 / (\rho_0 u_2^2),$$

де ρ_0 — густина повітря за стандартних умов, кг/м³;

коефіцієнт потужності

$$\bar{N} = \bar{Q}\bar{H} / \eta.$$

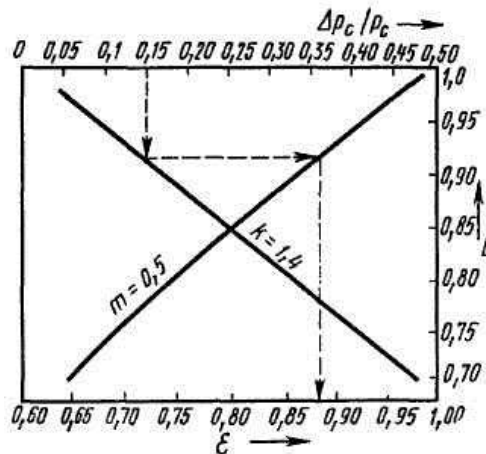


Рис. 4.21. Графічне визначення поправочного множника ε

7. За наслідками досліду побудувати залежності тиску h , потужності $N_{\text{вв}}$ і ККД η від витрати вентилятора Q_0 , підрахованого за стандартних умов, а також залежність безрозмірних коефіцієнтів \bar{H} , \bar{N} і η від безрозмірного коефіцієнта витрати \bar{Q} .

Оцінка очікуваних похибок. Підрахуємо середньоквадратичне значення похибки непрямого вимірювання об'ємної витрати Q_c , яке відповідно до рівняння (9.10) визначається за формулою, аналогічній (5.21),

$$\sigma_{Q_c} = [\sigma_{\alpha}^2 + \sigma_{\varepsilon}^2 + 2(\sigma_d)^2 + (\sigma_{\rho_c} / 2)^2 + (\sigma_{\Delta h_c} / 2)^2]^{1/2}.$$

Середньоквадратичні похибки σ_{α} і σ_{ε} відомі, оскільки значення α і ε одержані в результаті обробки великого числа вимірювань і їх можна прийняти рівними 0,01.

Величини Δh_c , ρ_c і d можуть бути оцінені граничною допустимою відносною похибкою δx_i , залежною від точності вимірювальних приладів

$$\delta x_i = \Delta x_i / x_i = k(x_{ia} - x_{ii}) / (100x_i), \quad (4.27)$$

де k — клас точності вимірювальних приладів; x_{ia} , x_{ii} — верхня і нижня межі вимірювання приладу відповідно; x_i — виміряне значення фізичної величини.

Вважаючи, що похибки вимірювань величин Δh_c , ρ_c і d підкоряються нормальному закону розподілу з довірчою вірогідністю, рівною 0,9, прийемо,

що середньоквадратичні похибки вимірювання рівні половині граничною допустимою відносною похибки, тобто

$$\sigma_d = \delta d / 2; \quad \sigma_{\rho_c} = \delta \rho_c / 2; \quad \sigma_{\Delta h_n} = \delta \Delta h_n / 2.$$

Похибка $\delta \rho_c$ відповідно до (2.81) визначається за формулою

$$\delta \rho_c = \delta B + \delta h_{\text{н}02} + \delta T_c,$$

де граничні відносні похибки вимірювання барометричного тиску B , статичного тиску вентилятора $h_{\text{н}02}$ і температури T_c визначаються за формулою (9.12).

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Назвіть вимірювані параметри і вимірювальні прилади установки.
2. Як змінити режим роботи установки?
3. Коли проводяться вимірювання параметрів?
4. Назвіть коефіцієнти, що входять в розрахункову формулу витрати вентилятора Q_c в трубопроводі перед соплом.
5. У яких одиницях підставляються в розрахункові формули тиск і перепади тиску?
6. Які атмосферні умови називаються стандартними?
7. На підставі якого рівняння одержані розрахункові формули для розрахунку витрати повітря за різних умов?
8. Що називається повним тиском, створюваним вентилятором?
9. Як визначається динамічний тиск в будь-якому перетині?
10. Що таке динамічний і статичний тиск вентилятора?
11. Який тиск вентилятора перераховують на стандартні умови?
12. Чим відрізняється ККД вентилятора від ККД установки?
13. Які безрозмірні коефіцієнти вентилятора визначаються в роботі?
14. Які графіки будуються по одержаних результатах?