

Лабораторна робота № 3

Технічні випробування системи вентиляції

Мета роботи - овоїти методику і набути навичок випробування системи вентиляції.

Ефективним засобом нормалізації повітря робочої зони виробничих приміщень є вентиляція. Вентиляцією називається організований і регульований повітрообмін.

Залежно від способу переміщення повітря вентиляція буває двох типів:

- * природна
- * штучна (механічна).

Природна вентиляція.

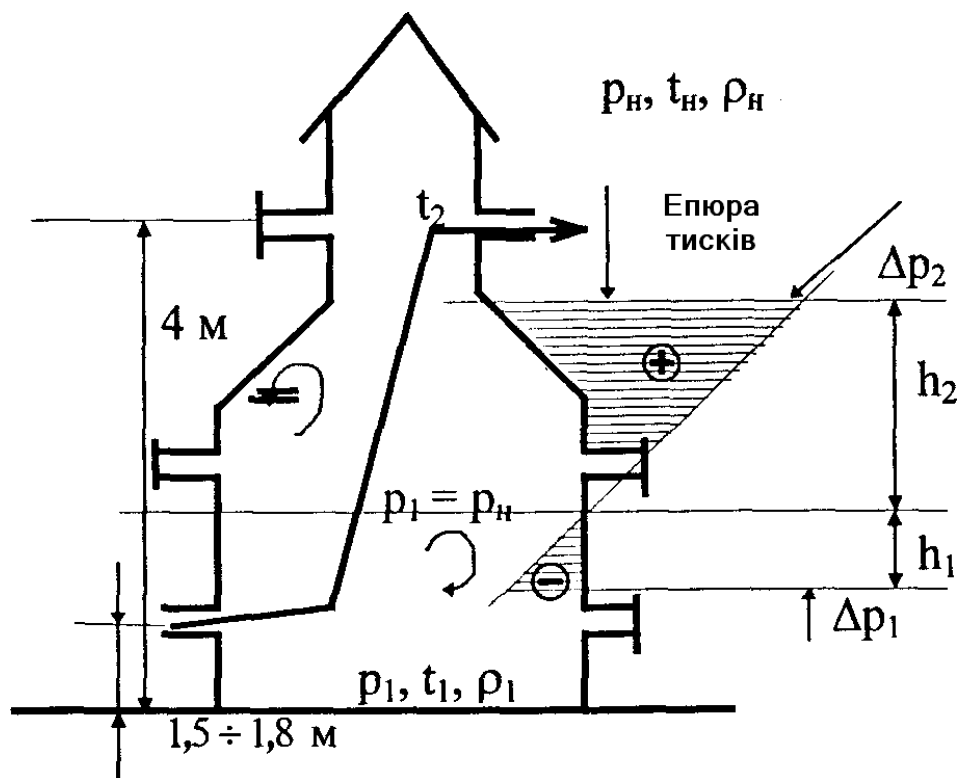
При **природній вентиляції** переміщення повітря здійснюється за рахунок різниці температур зовнішнього повітря і повітря в робочій зоні (тепловий натиск) виробничого приміщення або за рахунок вітру (вітровий натиск).

Вентиляція може бути організована і неорганізована. Організовану регульовану вентиляцію називають аерацією. Аерація застосовується у виробничих приміщеннях, якщо концентрація шкідливих речовин в припливному повітрі не перевищує 30% від гранично допустимої концентрації.

Розрахунок аерації заснований на забезпеченні балансу повітрообміну, тобто кількість повітря, яка поступає у виробниче приміщення за одиницю часу (проточного повітря) ($L_{пр}$), дорівнює кількості повітря, що видаляється з приміщення ($L_{вд}$).

$$\Sigma L_{пр} = \Sigma L_{вд}$$

Схема організованої вентиляції (аерації) приведена на мал. 1.



Мал.1. Схема аерації виробничого приміщення.

Тиск, що забезпечує витяг повітря визначається по формулі:

$$\Delta p_2 = h_2(\rho_3 + \rho_{cp}) \quad ,$$

де ρ_3 - щільність зовнішнього повітря, кг/м³; ρ_{cp} - середня щільність повітря в робочій зоні виробничого приміщення, кг/м³.

Тиск, що забезпечує надходження повітря в робочу зону визначається по формулі:

$$\Delta p_1 = h_1(\rho_3 + \rho_{cp})$$

Середня щільність повітря (ρ_{cp}) визначається по середній температурі повітря у виробничому приміщенні, тобто:

$$t_{cp} = \frac{(t_1 + t_2)}{2} \quad ,$$

де t_1 - температура повітря в робочій зоні, °С; t_2 - температура повітря, що видаляється, °С.

При природній організованій вентиляції припливне повітря подається в зону з найменшим утворенням шкідливих речовин, а видаляється із зони з їх найбільшою концентрацією. Висота подачі повітря в робочу зону в теплий період року: 1,5 - 1,8 м, а в холодний період року не менше 4 м, щоб забезпечити захист працівників від переохолодження.

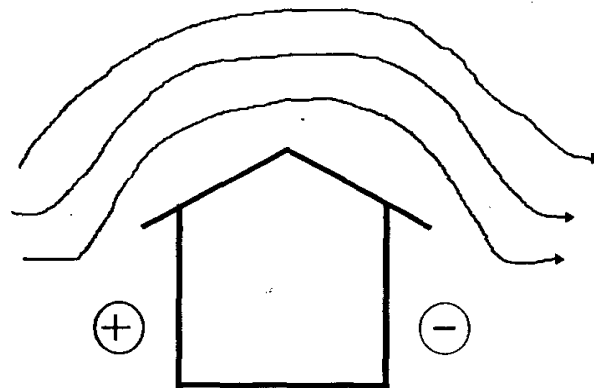
При неорганізованій вентиляції надходження повітря в робочу зону здійснюється за рахунок витіснення теплого повітря зовнішнім повітрям через нещільність і пори зовнішніх огорож (інфільтрація) і через вікна, двері, кватирки.

Природна вентиляція економічна, проста, але має ряд недоліків. Зокрема:

- застосовується у тому випадку, коли відсутні великі виділення шкідливих речовин в робочу зону;
- повітря поступає у виробниче приміщення необроблене (неочищене, незволожено, не підігріте);
- не завжди ефективна (при однаковій температурі зовнішнього повітря (t_3) і повітря усередині приміщення (t_B). Згідно СН 245-71 (ДНАОП 0.03-3.01-71) площа пристроїв, що відкриваються, має бути не менше 20% площі світлових отворів.

Вітровий натиск створюється вітром. Схема обтікання будівель вітром показана на мал. 2.

В цьому випадку будівля будується з урахуванням рози вітрів.



Мал. 2. Схема обтікання будівлі потоком повітря

+ - надлишковий тиск; - знижений тиск.

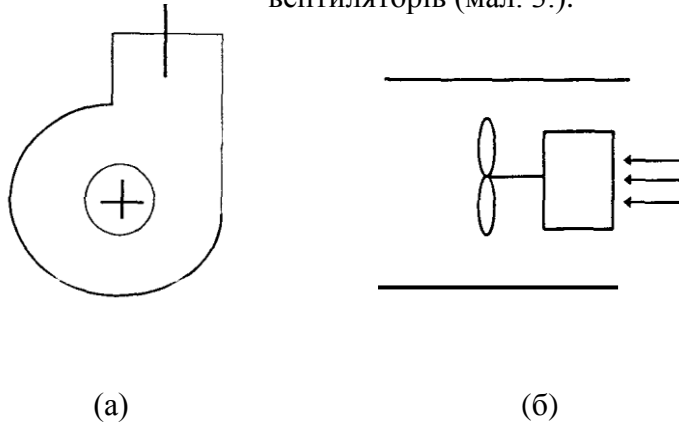
Тиск вітрового натиску визначається по формулі:

$$p_{в.н.} = a\rho V^2 / 2 \quad ,$$

де a - коефіцієнт аеродинаміки; ρ - щільність повітря, кг/м³; V - швидкість вітру, м/с. Для навітряної сторони: $a = 0,7 - 0,85$; для завітряної сторони $a = 0,3 - 0,45$.

Штучна вентиляція.

Усуває недоліки природної вентиляції. Здійснюється за рахунок осьових або відцентрових вентиляторів (мал. 3.).



Мал. 3. Схема осьового (а) і відцентрового (б) вентиляторів.

Штучна вентиляція може бути загальна і місцева, а також: припливна; витяжна; припливно-витяжна з рециркуляцією газів.

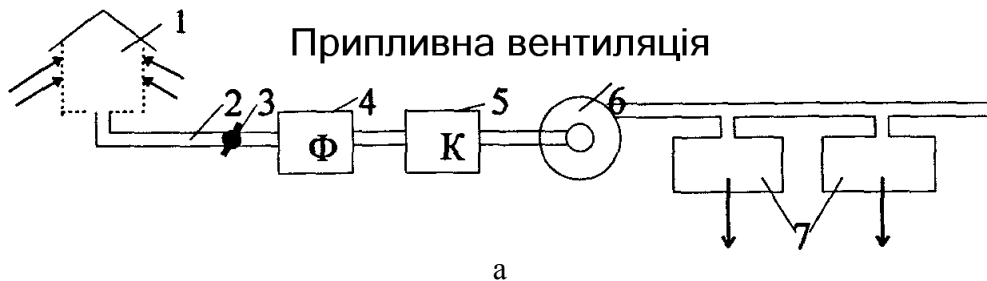
Припливна - забезпечує подачу повітря у виробниче приміщення на робоче місце (мал. 4а)

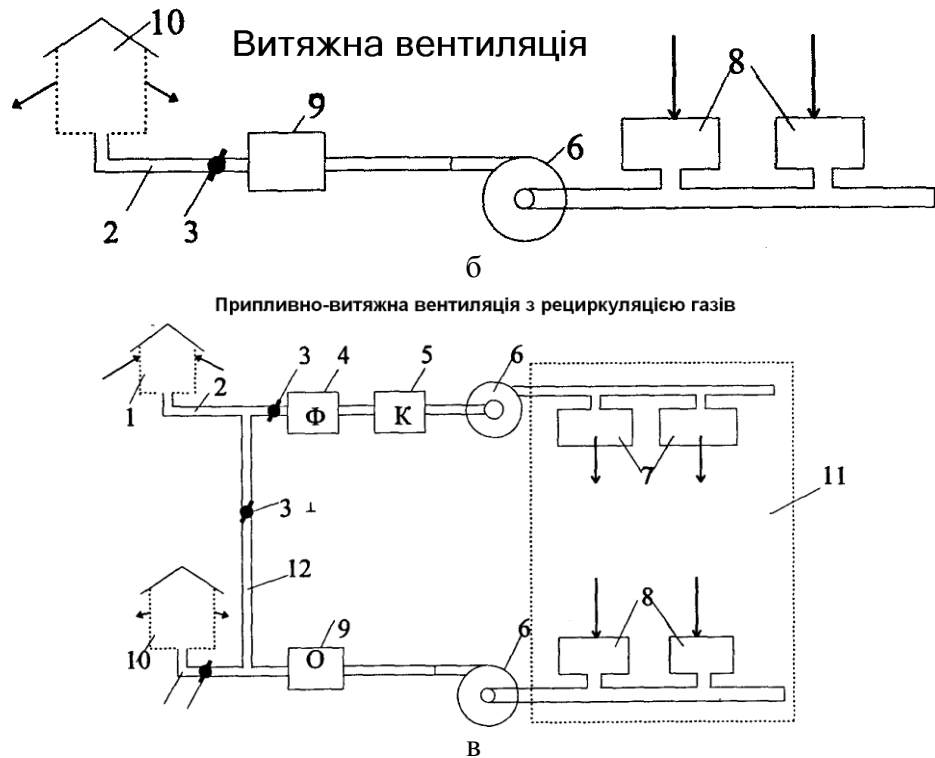
Витяжна - забезпечує видалення повітря або шкідливих речовин з виробничого приміщення або робочого місця (мал. 4б).

Припливно-витяжна вентиляція - застосовується у всіх приміщеннях, коли потрібний особливо надійний повітрообмін. Рециркуляція повітря в системі припливно-витяжної вентиляції (мал. 4в) застосовується в холодний період року з метою економії тепла. При рециркуляції частка повітря, що видаляється з приміщення, після відповідного очищення від шкідливих речовин, прямує в приміщення. При використанні принципу рециркуляції необхідно дотримуватись наступних умов:

- кількість чистого повітря, що поступає ззовні, повинна складати не менше 10% від кількості загального повітря, що поступає в приміщення;
- в повітрі, що поступає в приміщення, вміст шкідливих речовин не повинен перевищувати 30% від гранично допустимої концентрації.

В разі надходження в робочу зону шкідливих речовин I, II, III класів небезпеки рециркуляція не застосовується.





Мал. 4. Схема припливної (а), витяжної (б) і припливно-витяжної вентиляції з рециркуляцією повітря (в).

1 - повітрязабірник; 2 – повітряний канал; 3 - регулююча заслінка; 4 - фільтр; 5 - калорифер (для підігрівання повітря); 6 - вентилятор; 7 - розподільники повітря; 8 - повітрязабірники; 9 - очисник; 10 - витяжна труба; 11 - виробниче приміщення; 12 - повітряний канал рециркуляції.

Згідно санітарних норм концентрація шкідливих речовин, що поступають в робочу зону, не повинна перевищувати

$$C < 0,3 \cdot C_{\text{пдк}}$$

Кількість шкідливих речовин, що викидаються в навколишнє середовище не повинна перевищувати норм, встановлених санепідемстанцією залежно від шкідливості речовини.

Основою розрахунку вентиляційних систем є визначення їх конструктивних розмірів, витрати повітря, швидкості видалення шкідливої речовини, надлишку вологи і тепла. Правильність вибору вентиляційних систем визначається розрахунком гідравлічного опору по повітрю, що видаляється.

Втрати натиску у вентиляційних системах визначаються залежністю:

$$P = \sum_{i=1}^n R_i l_i + \sum_{j=1}^m Z_j$$

де R_i - втрати тиску по довжині i -ї ділянки вентиляційної системи, Па/м; l_i - довжина i -ї ділянки, м; Z_j - втрати тиску на місцевому опорі, Па/м.

Втрати тиску по довжині i -ї ділянки визначаються по формулі:

$$R_i = \xi \rho V^2 / 2 d_{\text{екв}}$$

де ξ - коефіцієнт опору ділянки (визначається по таблицях), ρ - щільність газу (повітря), кг/м³; V - швидкість руху повітря на даній ділянці, м/с; $d_{\text{екв}}$ - еквівалентний діаметр, м.

Для круглого перетину еквівалентний діаметр дорівнює діаметру трубопроводу, м;
для прямокутного перетину $d_{екв} = 2ab/(a+b)$,

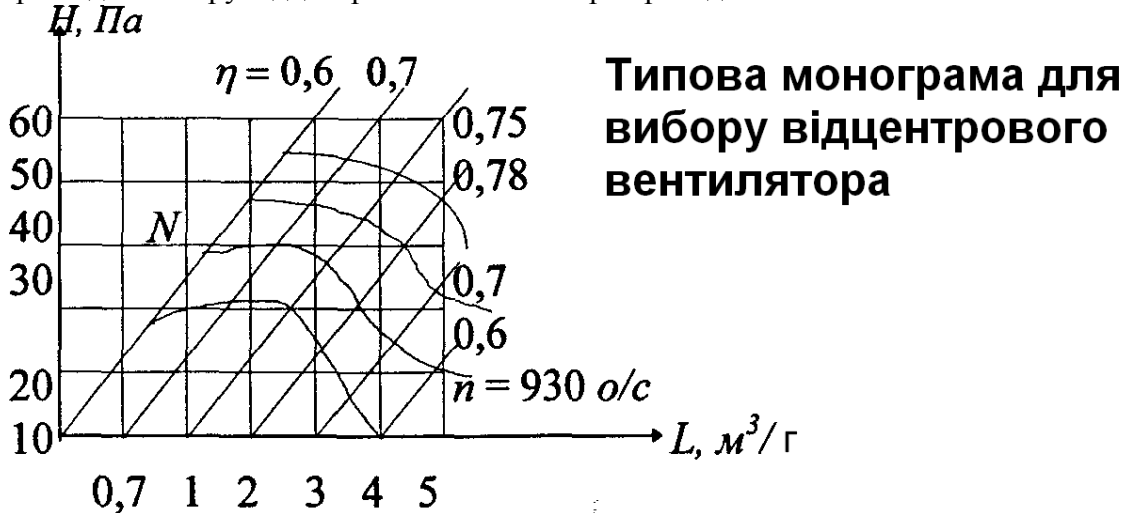
Де a та b – сторони прямокутника, м.

Втрати тиску на місцевому опорі визначаються по формулі:

$$Z_j = \xi_j \rho V^2 / 2 ,$$

де ξ_j - коефіцієнт місцевого опору (визначається по таблицях).

Вибір вентиляторів здійснюється на основі каталожних номограм. Типова каталожна монограма для вибору відцентрового вентилятора приведена на мал. 5.



Мал. 5. Каталожна характеристика вентилятора.

H - тиск повітря, Па; L - витрата повітря, м³/г; η – коефіцієнт корисної дії вентилятора; N – потужність приводного електродвигуна, кВт; n - число обертів валу двигуна, об/хв.

Необхідна потужність на валу вентилятора визначається по формулі:

$$N_B = \frac{H \cdot L \cdot (273 + t)}{1000 \cdot \eta \cdot 273} ,$$

де H - тиск повітря, Па; L - продуктивність вентиляційної системи, м³/с; η - ККД вентилятора.

Необхідна потужність електродвигуна для вентилятора:

$$N = \frac{K \cdot N_B}{\eta_{nc}} , \text{ де}$$

$K=1,1 \dots 1,5$ - коефіцієнт запасу; η_{nc} - ККД передачі від електродвигуна до вентилятора.

Місцева вентиляція.

Місцева вентиляція служить для видалення шкідливих речовин безпосередньо із зон їх виділення (місць паяння, зварки, лудіння, механічного розпилення, випару, нанесення лакофарбових покриттів і ін.) і перешкоджає таким чином розповсюдженню їх в робочій зоні виробничих приміщень.

Залежно від призначення місцева вентиляція буває:

- **витяжна.** До неї відносяться: витяжні парасольки; бортові, бічні і шарнірно-телескопічні відсмоктування; відсмоктувачі вбудовані в робочі місця і інструменти і т.і.;
- **припливна.** До неї відносяться: легко-теплові завіси, повітряні душі.

Залежно від взаємного розташування джерел шкідливих виділень і відсмоктуючих пристроїв місцева вентиляція може бути: відкрита і закрита.

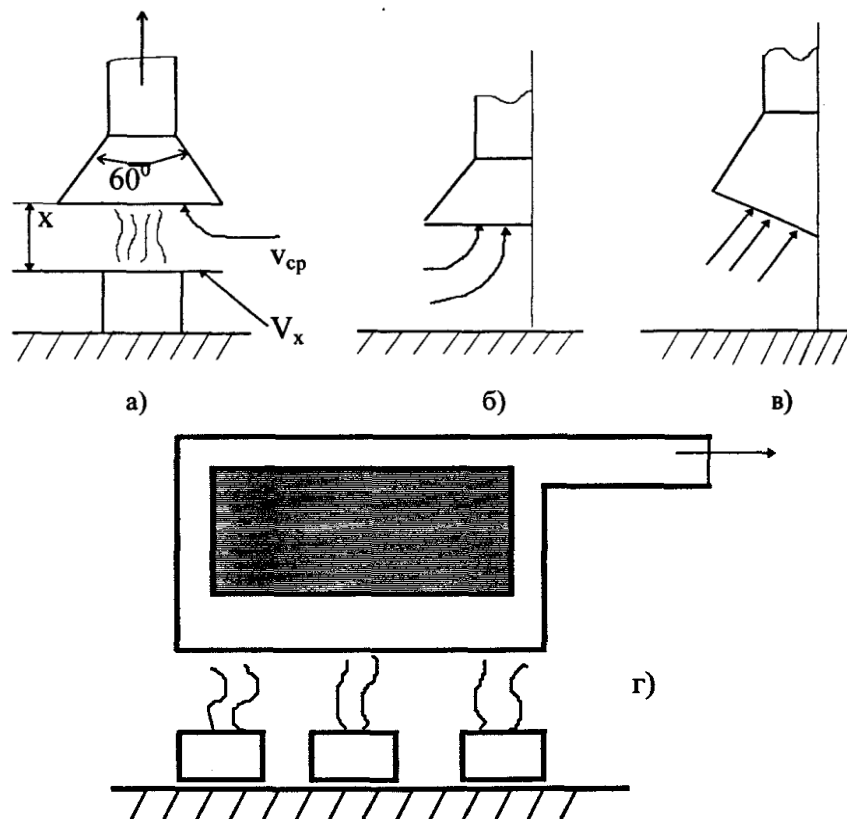
До відкритої місцевої вентиляції відносяться пристрої, в яких відсмоктуючі пристрої (панелі) розташовані на деякій відстані від джерела шкідливих виділень.

У місцевій вентиляції закритого типу джерела шкідливих виділень розташовані усередині укриття, в якому створюється розрідження і за рахунок цього перешкоджається розповсюдженню шкідливих речовин в робочій зоні. Це: витяжні шафи, витяжні вітринні відсмоктувачі, кожухи, кабіни і ін.

Витяжні парасольки.

Витяжні парасольки призначені для видалення шкідливих речовин, що розповсюджуються вгору (тобто легші за повітря) коли пил, пари, гази, аерозолі можуть розповсюджуватися на великій площі як в горизонтальній, так і у вертикальній площині.

Залежно від конструкції парасольки бувають різних типів (мал. 6).



Мал. 6. Схема витяжних парасольок: а;б - над джерелами шкідливих виділень; в - біля отвору печі; г - над декількома джерелами.

Кількість повітря, що видаляється витяжною парасолькою, визначається по формулі:

$$L = 3600 \cdot S \cdot V_{cp} \quad [\text{м}^3/\text{с}] ,$$

де S - площа вхідного перетину парасольки, м^2 , V_{cp} - середня швидкість для видалення шкідливих речовин в площині всмоктування парасольки, $\text{м}/\text{с}$:

$$V_{cp} = 4,8 \cdot V_x \cdot x / d_{екв} \cdot \sqrt{1 + 1,1 \cdot \left(\frac{x}{d_{екв}} \right)^2} \quad [\text{м}/\text{с}],$$

де Vx - швидкість повітря в зоні утворення шкідливих речовин, м/с; x - відстань від джерела шкідливих виділень до вхідного перетину парасольки, м; $d_{екв}$ - еквівалентний діаметр, м.

Парасольки рекомендується встановлювати і над джерелом теплових випромінювань.

Парасольки встановлюють над джерелами теплових виділень.

Кількість повітря, що видаляється, у такому разі визначається для схем а - в по формулі:

$$L = L_k \cdot \frac{F_n}{F_d} \quad [\text{м}^3/\text{Г}],$$

де F_n - площа перетину парасольки, м²; F_d - площа джерела тепла, м²; L_k - кількість вхідного повітря парасольки з конвективним струменем:

$$L_k = 22,3 \cdot \lambda^{1/3} \cdot Q_\Sigma^{1/3} \cdot x^{5/3},$$

де λ - коефіцієнт, що є відношенням тепла переданого конвекцією до загального тепла, що виділяється джерелом:

$$\lambda = \frac{Q_k}{Q_\Sigma},$$

де Q_Σ - загальна кількість тепла, що виділяється, Вт; Q_k - кількість тепла переданого конвекцією, Вт; x - відстань від низу нагрітої поверхні до вхідного перетину парасольки, м.

Для парасольки, що видаляє шкідливі речовини від декількох джерел однакової потужності, кількість повітря підведеного до конвективного струменя визначається по формулі:

$$L_k = 22,3 \cdot \lambda^{2/3} \cdot Q^{1/3} \cdot x^{5/3},$$

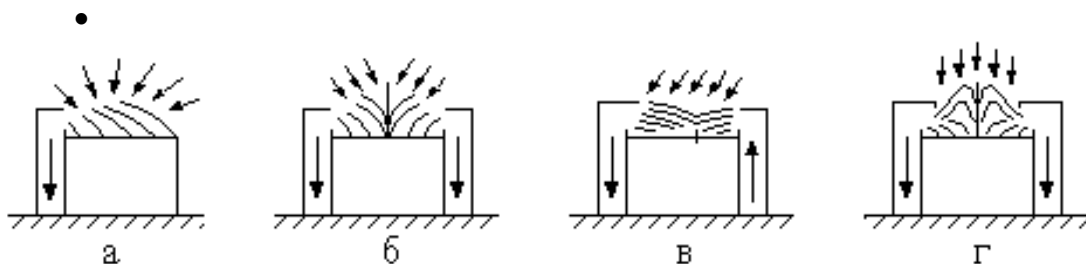
де n - кількість джерел шкідливих виділень.

Бортові відсмоктувачі.

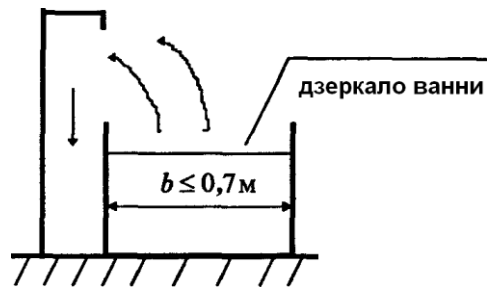
Застосовуються переважно над ваннами з гарячими розчинами і шкідливими виділеннями, важчими за повітря (гальванічні, травильні ванни, ванни для хромування) і іншими ємностями з токсичними рідинами.

Залежно від конструкції бортові відсмоктувачі бувають (мал. 7):

- однобічні бортові: застосовуються при ширині ванни $b \leq 0,7$ м. пари, що виділяються, віддаляються разом з повітрям через щільний всмоктуючий отвір;

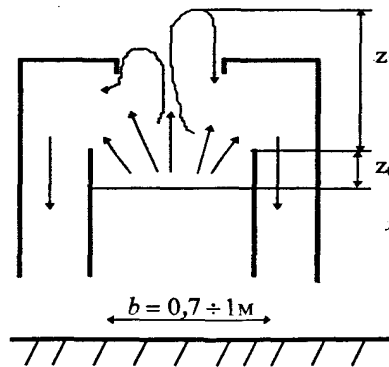


*



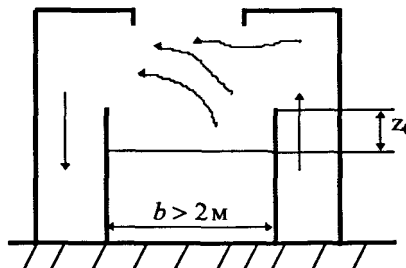
Пари, що виділяються, всмоктуються разом з повітрям через щілинний всмоктуючий отвір.

* двосторонні бортові: при ширині ванни $b = 0,7 - 1$, м



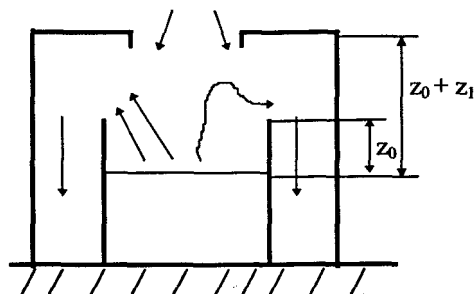
Z_1 - допустима висота підйому шкідливих виділень над верхньою кромкою ванни з нагрітим розчином, визначається по таблиці (приймається 40-160 мм і залежить від токсичності шкідливих речовин).

* двосторонні зі здуванням: при ширині ванни $b > 2$ м



Z_0 - відстань від поверхні випару розчину у ванні до низу витяжного отвору відсмоктування (100-200 мм).

* перекинуті бортові відсмоктувачі



Витрата повітря в бортових відсмоктувачах залежить від токсичності шкідливих речовин, що виділяються, розмірів ванн, рівня розчину, температури розчину і тому подібне.

Витрата повітря, що видаляється, рівна для двосторонніх відсмоктувачів:

$$L = K \cdot F / Q \cdot \sqrt[3]{b} \cdot \sqrt{t_p - t_b}, \text{ де}$$

K - коефіцієнт, рівний 600 - для звичайних відсмоктувачів,
450 - для перекинутих відсмоктувачів;

Q - величина, залежна від Z_0/b , та Z_0+Z_1/b :

$$Q = f\left(\frac{Z_0}{b}, Z_0 + \frac{Z_1}{b}\right) - \text{вибирають по графіках;}$$

F - поверхня нагріву розчину ванни, м²;

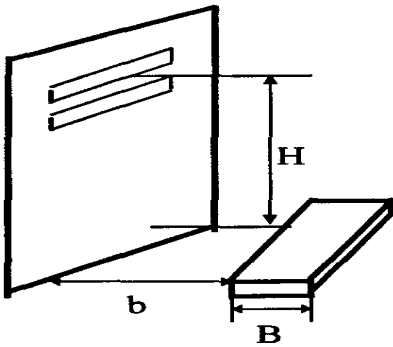
t_p - температура розчину, °C;

t_b - температура повітря, °C.

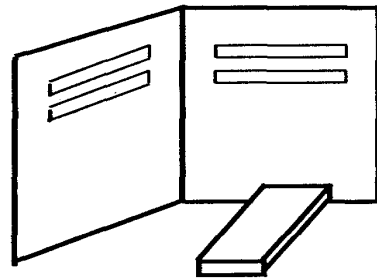
Бічні відсмоктувачі.

Застосовуються, коли за типом виробництва не можна застосовувати витяжну шафу або відсмоктувачі закритого типу. Залежно від конструкції бічні відсмоктувачі бувають:

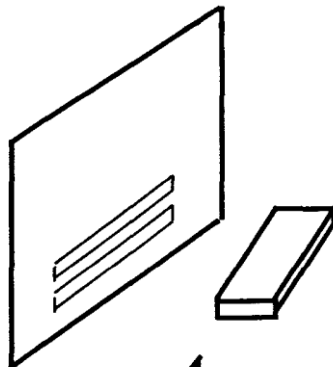
- 1) верхні однобічні
- 2) кутові
- 3) нижні однобічні
- 4) комбіновані



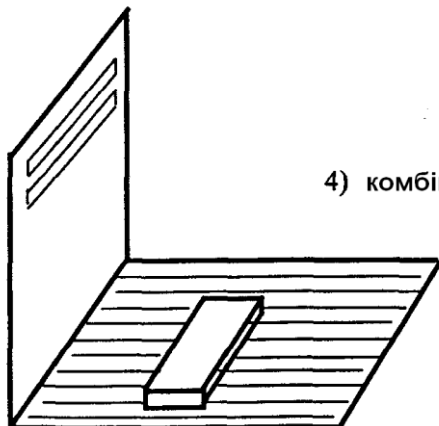
1) верхній однобічний



2) кутовий



3) нижній однобічний



4) комбінований

Кількість видаленого повітря визначається:

$$L = C \cdot (3,975 - 1,87 \cdot 10^{-3} \cdot t) \cdot \sqrt{Q \cdot (H + B)^5} \text{ [м}^3\text{/г]}, \text{ де}$$

t - температура поверхні джерела, °С;

Q - кількість тепловиділень від джерела, Вт;

H - відстань від верхньої площини джерела до центру всмоктуючої поверхні, м;

B - ширина джерела, м;

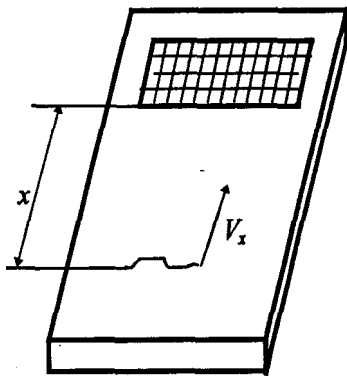
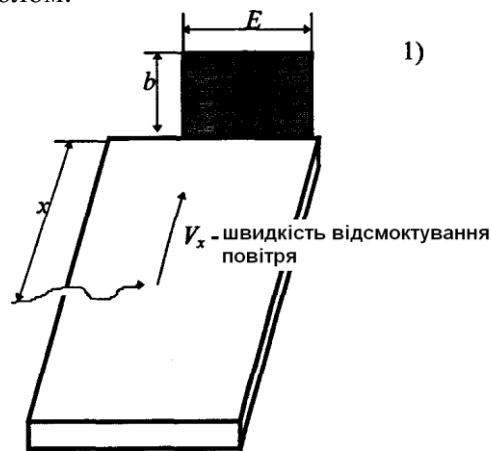
C - коефіцієнт, що враховує конструкцію відсмоктувача і взаємне розташування джерела шкідливих речовин (або тепла) і площини всмоктування [260 - 345].

Відсмоктувачі, вбудовані в робочі місця.

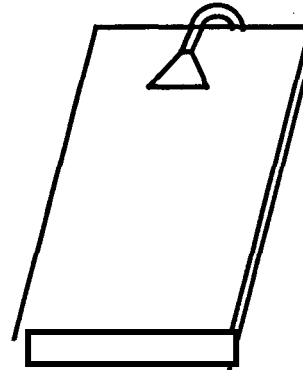
При паянні, зварюванні і ін. технологічних процесах застосовуються вказані відсмоктувачі.

Розрізняють відсмоктувачі з приймальними отворами:

- 1) з вертикально розташованою поверхнею відсмоктування;
- 2) розташовані в площині столу;
- 3) розташовані над столом.



2)



3)

x - відстань від місця пайки до панелі.

Приймальні отвори всмоктуючих панелей можуть бути виконані прямокутної форми з гострими кромками або круглими.

Об'єм всмоктаного повітря для прямокутних отворів з гострими кромками:

$$L = (S + 7,7 \cdot E^{0,63} \cdot x^{1/5}) \cdot V_x \text{ , [м}^3\text{/г]}, \text{ де}$$

S - площа всмоктуючого отвору, м²;

E - довжина більшої сторони прямокутного всмоктуючого отвору, м;
 x - відстань від площини всмоктуючого отвору до даної зони паяння, м;
 $V_x > 0,5$ м/с - осьова швидкість в зоні паяння.

Менша сторона всмоктуючого отвору визначається із залежності:

$$b/E = 0,24 \cdot \left(\frac{x}{E} \right)^{0,36}$$

Формула справедлива для співвідношень $b/E = 0,01K1$.

Для круглого отвору витрата всмоктаного повітря:

$$L = \frac{\pi}{4} \cdot \left(d^2 + 9,1 \cdot d^{0,6} \cdot x^{1/4} \right) \cdot V_x \quad , [m^3/\Gamma], \text{ де}$$

d - діаметр всмоктуючого отвору, м.

Об'єм всмоктаного повітря для схеми 3) визначається:

$$L = 6800 \cdot \pi \cdot V_x \cdot \frac{(x^2 + h^2)^{3/2}}{x} \quad , \text{ де}$$

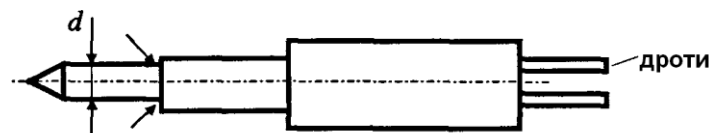
h - рівень центру всмоктуючого отвору над поверхнею столу, м;

x - відстань від заданої точки на поверхні столу до проекції на неї центру всмоктуючого отвору, м.

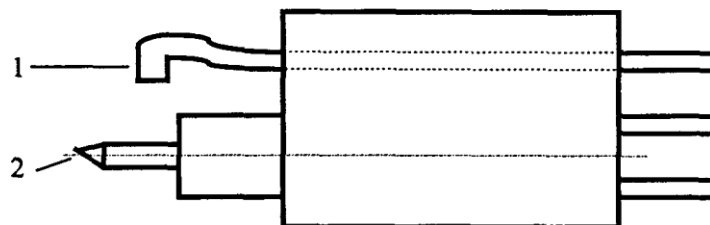
Відсмоктувачі, вбудовані в інструмент (паяльник).

Можуть бути:

* кільцевий



* над робочою поверхнею (або верхнім)



1 - всмоктуючий отвір труби;

2 - паяючий стрижень.

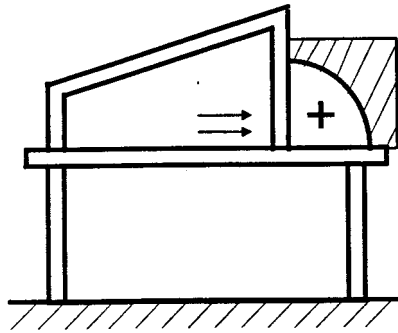
Кільцевий відсмоктувач за допомогою порожнистої трубки і гнучкого шланга сполучають з магістральним повітряним трубопроводом діаметром 70 – 76 мм.

Кількість повітря, що видаляється, при діаметрі паяльного стрижня $d < 3,0$ мм при кільцевому відсмоктувачі рівно $1,5 \text{ м}^3/\Gamma$; при діаметрі стрижня до 6 мм - кількість повітря, що видаляється, рівна $6 \text{ м}^3/\Gamma$.

При верхньому відсмоктувачі при діаметрі паяючого стрижня до 6 мм: $3 \text{ м}^3/\Gamma$.

Відсмоктувачі вітринного типу.

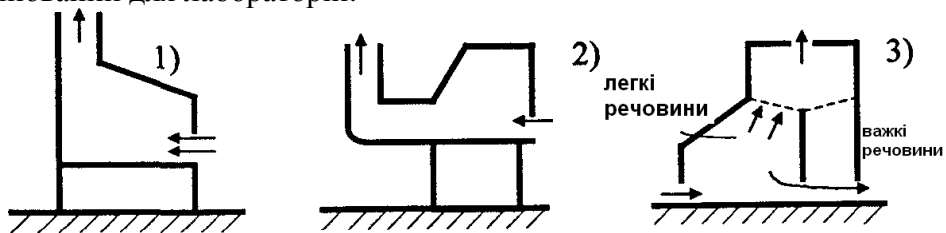
Є низькими витяжними шафами із закритою верхньою кришкою. Застосовуються при паянні, лудінні, роботі з епоксидними смолами; операціях з особливо шкідливими речовинами.



Витяжні шафи застосовуються при термічній і гальванічній обробці металів, фарбуванні, розважуванні і розфасовці сипких матеріалів.

Розрізняють витяжні шафи:

- 1) з верхнім відсмоктувачем
- 2) з нижнім відсмоктувачем
- 3) комбінований для лабораторій.



Формула витрати:

$$L = 3600 \cdot S \cdot V_{cp} \quad , \quad [M^3/Г].$$

1. Швидкість видалення шкідливих речовин з місць їх утворення V_x встановлюється галузевими вимогами техніки безпеки або санепідемстанціями і приймається рівною:

- при роботі зі свинцево-олов'яним припоєм для видалення аерозолів Pb, каніфолі, спирта

$$V_x = 0,7K \text{ } 0,8 \text{ м/с ;}$$

- при роботі з епоксидними смолами:

$$a) \text{ холодними } V_x = 1 \text{ м/с;}$$

$$b) \text{ нагрітими } V_x = 1,5 \text{ м/с;}$$

$$c) \text{ нагрітими з твердими включеннями } V_x = 0,3 \text{ м/с;}$$

- при видаленні пари бензину $V_x = 0,5 \text{ м/с;}$

2. При виконанні технологічних процесів місцева вентиляція має блокуватися технологічним устаткуванням (включення вентиляції за 15 хвилин до початку роботи і виключення через 15 хвилин після закінчення).

Повітряні і повітряно-теплові завіси (припливна вентиляція).

Передбачаються біля технологічних воріт, що відкриваються, у дверей, які відкриваються не менше 5 разів за зміну або більш, ніж на 40 хвилин.

Повітряні і повітряно-теплові завіси на час відкриття воріт, технологічних отворів повинні забезпечити температуру повітря на робочих місцях при легких роботах - $+14 \text{ }^\circ\text{C}$, при середньому завантаженні - $+12 \text{ }^\circ\text{C}$, при важких роботах - температуру $+8 \text{ }^\circ\text{C}$.

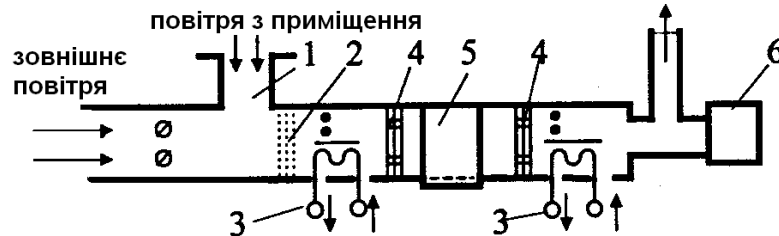
Аварійна вентиляція.

Передбачається в тих виробничих приміщеннях, де можливий викид шкідливих речовин у великих кількостях. Має бути тільки витяжною, включатися автоматично. Датчики аварійної вентиляції настроюються на $S_{пдк}$. Витяжні труби не повинні розташовуватися в місцях можливого скупчення людей або поблизу всмоктуючих пристроїв вентиляційних систем. Кратність повітрообміну має бути не менше 8 разів на годину, але встановлюється сан. службами залежно від шкідливості речовини (Hg - 60-100 разів).

Кондиціонери.

У приладобудуванні широке застосування мають кондиціонери - апарати для автоматичної обробки повітря, що подається в приміщення. Вони забезпечують оптимальні параметри мікроклімату і чистоту повітря в приміщенні незалежно від зовнішніх умов.

Місцеві:



теплоносій

- 1 - корпус
- 2 - фільтр очищення повітря
- 3 - калорифер
- 4 - краплевловлювач
- 5 - зволожувальна камера (для підвищення вологості)
- 6 - електродвигун вентилятора.

Основи розрахунку повітрообміну.

Розрахунок повітрообміну проводиться залежно від кількості працівників, від наявності в повітрі робочої зони шкідливої пари, газів, пилу, надлишків вологи і надлишків явного тепла.

Залежно від кількості працівників кількість повітря визначається залежністю:

$$L_{\text{п}} = n \cdot L, \text{ [м}^3/\text{г]}, \text{ де}$$

n - кількість працівників;

L - витрата повітря на одного працівника.

Відповідно до санітарних норм СН 245 - 71 витрата повітря на одного працівника може бути:

- при $V < 20\text{ м}^3$ на одного працівника $L = 30 \text{ м}^3/\text{г}$, де V - об'єм приміщення;

- при $V = 20 - 40\text{ м}^3$ $L = 20 \text{ м}^3/\text{г}$;

- при $V > 40\text{ м}^3$ і за відсутності виділень шкідливих речовин в повітря робочої зони допускається природна вентиляція, якщо не визначаються додаткові вимоги до повітря у виробничому процесі. За відсутності вікон і стулок, що відкриваються $L > 60 \text{ м}^3/\text{г}$ на одну людину.

При виділенні в повітря робочої зони надлишків вологи витрата повітря визначається залежністю:

$$L_{\text{п}} = \frac{G_{\text{вл}}}{(K_2 - K_1) \cdot 10^{-3}}, \text{ [м}^3/\text{г]}, \text{ де}$$

$G_{\text{вл}}$ - надлишок вологи, що поступає в приміщення, кг/г;

K_2 - кількість вологи, що видаляється повітрям приміщення;

K_1 - кількість вологи, яка потрапляє в повітря приміщення.

При виділенні в повітря робочої зони шкідливих речовин витрата повітря визначається залежністю:

$$L_{\text{п}} = \frac{\Psi G_{\text{шр}}}{(C_2 - C_1) \cdot 10^{-6}}, \text{ [м}^3/\text{г]}, \text{ де}$$

$\Psi = 1,2 - 2$ - коефіцієнт нерівномірності розподілу шкідливих речовин в повітрі робочої зони;

C_2 - концентрація шкідливих речовин в повітрі, що видаляється з виробничого приміщення $[\text{мг}/\text{м}^3]$; $C_2 > C_{\text{пдк}}$;

C_1 - концентрація шкідливих речовин в повітрі, що потрапляє в робочу зону; $C_1 < 0,3$
• $C_{пдк}$;

$Q_{шр}$ - кількість шкідливих речовин, що потрапляють в робочу зону [кг/г].

Якщо в повітрі робочої зони знаходяться речовини однонаправленої дії, то сумарна (загальна) витрата повітря дорівнює сумі витрат повітря для видалення кожної речовини окремо.

За наявності в повітрі робочої зони надлишків явного тепла витрата повітря визначається залежністю:

$$L_{п} = \frac{3600Q_{явт}}{\rho \cdot C \cdot (t_2 - t_1)}, \text{ [м}^3/\text{г]}, \text{ де}$$

$Q_{явт}$ - надлишок явного тепла. Для теплого періоду року

$$Q_{явт} = \sum Q + Q_{ср} - Q_n, \text{ де}$$

$\sum Q$ - сумарне тепло від технологічного устаткування;

$Q_{ср}$ - тепло від сонячної радіації (для теплого періоду року); для холодного періоду року $Q_{ср}=0$, тоді $Q_{ср} = \sum Q - Q_n$;

Q_n - теплові втрати;

ρ - щільність повітря, кг/м^3 ; для нормальних умов при $t = 20^\circ\text{C}$ $\rho = 1,205 \text{ кг/м}^3$;

C - теплоємність повітря;

$t_2 - t_1$ - різниця температур видаленого повітря та поступаючого;

$K = L_{п}/V$ - коефіцієнт кратності повітрообміну;

V - об'єм виробничого приміщення.

Кратність повітрообміну встановлюється залежно від шкідливості речовини.

$K=10-15$ - для багатьох речовин;

$K_{Hg} > 60$.

Очищення вентиляційного повітря.

Багато технологічних процесів в приладобудуванні потребують підвищених вимог до повітря, що потрапляє в робочу зону і викидається в атмосферу. Т.ч. очищення - невід'ємна частка технологічного процесу (див. сх. вентиляції).

Для очищення повітря від шкідливих газів застосовуються наступні фізико-хімічні методи:

1) промивання газів розчинами реагентів, що зв'язують домішки хімічно (хімічна абсорбція);

2) промивання газів розчинниками - поглинання шкідливих речовин (фізична абсорбція);

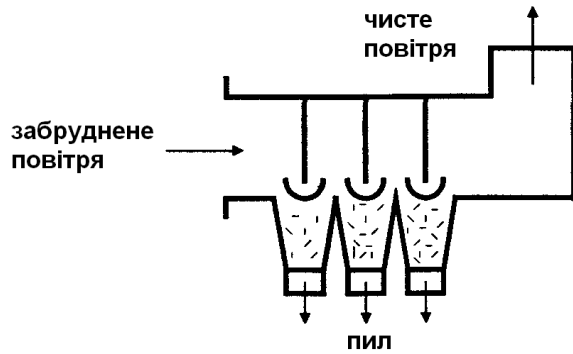
3) поглинання газів твердими речовинами (сорбентами) - адсорбція;

4) фізичне розділення газів - конденсація компонентів;

5) термічний метод очищення (пряме або каталітичне спалювання).

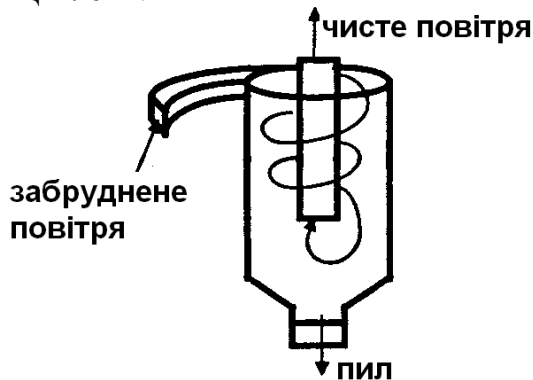
Для очищення повітря від пилу застосовуються пилоосаджувальні камери (гравітаційний тип пиловловлювачів); циклони (інерційний тип пиловловлювачів); рукавні фільтри (тканинний тип пиловловлювачів); електрофільтри (електричний тип пиловловлювачів).

Схема пилоосаджувальної камери:



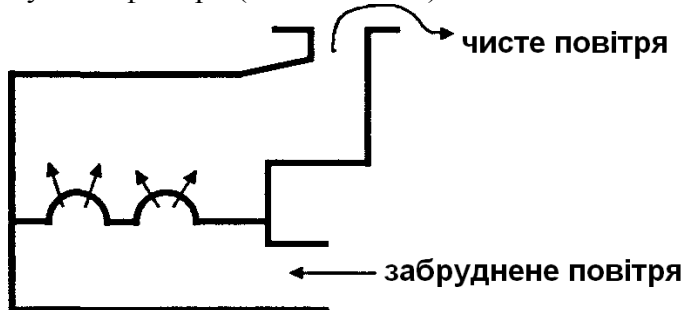
Швидкість руху - 0,2 м/с; видаляє частки до 20 мкм; клас очищення - V.

Циклони:



Клас очищення - II-V; видаляє частки розміром (2- 20) мкм; ККД = 95%. При застосуванні мокрого очищення ефективність підвищується (до II класу очищення).

Рукавні фільтри (як в пирососі):



Іонізація повітря.

Це процес перетворення нейтральних часток в заряджені частки.

Іонізація може бути:

- * природна
- * технологічна
- * штучна.

Природна - проходить повсюдно і постійно в часі за рахунок дії на повітряне середовище космічних випромінювань і часток, що викидаються радіоактивними речовинами при розпаді.

Технологічна - відбувається під дією на повітря робочої зони радіоактивного, рентгенівського, ультрафіолетового випромінювань, при термоемісії, фотоелектричному ефекті. Має місце в машинних залах ЕОМ, в приміщеннях для дисплеїв, електроустановок, біля електровипрямлювачів, високовольтних ліній електропередач, при кондиціонуванні повітря і ін.

Штучна - здійснюється спеціальними пристроями - іонізаторами, які забезпечують в обмеженому об'ємі повітряної середовища задану концентрацію іонів необхідної полярності.

Іони характеризуються рухливістю і зарядом.

Залежно від рухливості іони розрізняють: легкі, важкі, Лонжевена і надважкі.

Процес утворення іонів супроводжується одночасно і їх зникненням.

Залежно від співвідношення іонізації і деіонізації встановлюється певний ступінь іонізованості повітря. Відповідно до ГОСТ 12.0.003 - 74 ССБТ як надлишок, так і недолік як позитивних, так і негативних іонів відноситься до шкідливих виробничих чинників.

Ступінь іонізованості повітря - визначається кількістю іонів обох полярностей в одному см³ повітря і показником полярності:
$$P = \frac{P^+ - P^-}{P^+ + P^-}$$
, де P⁺, P⁻ - кількість "+" та "-" іонів.

Кількість іонів в робочій зоні нормується СН 2152 - 80.

Встановлюється нормоване число іонів:

Показник	кількість іонів в 1 см ³ повітря		показник полярності
	P ⁺	P ⁻	
Мінімально необхідна	400	600	.0,2
Оптимальна	1500-3000	3000-5000	-0,5-0
Максимально -	50000	50000	-0,05-0,05

Для нормалізації іонного складу повітря застосовується:

- * припливно-витяжна вентиляція;
- * видалення робочих місць із зон утворення іонів;
- * автоматичне регулювання іонного складу;
- * групові або індивідуальні іонізатори. Згідно ОСТУ 11.296.019 - 76 компенсація іонної недостатності здійснюється штучною іонізацією за рахунок застосування аероіонізаторів:

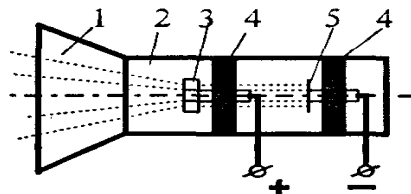


Схема штучного іонізатора:

- 1 - розподільник повітря;
- 2 - повітряний канал;
- 3 - електрод, що управляє;
- 4 - ізолятор;
- 5 - коронуючий електрод.

Живиться від висковольтного джерела: 5000 В і вище I_н при поєднанні в одну систему двох уніполярних аероіонізаторів утворюється біполярний регульований аероіонізатор, який забезпечує нормований рівень іонізації. Для виміру іонів застосовуються лічильники аероіонів типа САИ - ТГУ або АСИ.

Випробування і наладку систем вентиляції і кондиціонування повітря здійснюють при їх прийманні і в процесі експлуатації. При прийманні випробування проводять після закінчення будівельно-монтажних робіт до установки технологічного устаткування або при його частковому завантаженні.

Відповідно до проекту перевіряють:

продуктивність і повний тиск вентилятора; об'ємна витрата повітря, що проходить через окремі приймальні і випускні повітряні пристрої, теплопродуктивність

калориферних установок, режим роботи насосів зрошувальних камер; параметри повітря, що поступає в приміщення.

Для оцінки ефективності вентиляції в процесі експлуатації системи проводять технічне і санітарно-гігієнічне випробування установки.

При технічному випробуванні вентиляційної установки визначають:

а) продуктивність і повний тиск вентилятора, а також частоту обертання колеса вентилятора і ротора електродвигуна;

б) витрати повітря, що видаляється і подається, швидкості руху повітря у вентиляційних каналах, випуску його з припливних насадок і отворів, всмоктування в перетинах витяжних отворів, а також розподіл, витрати повітря по окремих ділянках вентиляційної мережі;

в) температуру припливного повітря, що видаляється, опір і теплопродуктивність калориферів;

г) пропускну спроможність і опір пилозатримувачів і фільтрів;

д) потужність повітроохолоджувачів і холодильних установок;

е) характер роботи зрошувальних камер (витрату і температуру води, кількість вологи, що випаровується і конденсується);

ж) наявність підсосів або витоків повітря по окремих елементах системи (повітряні канали, фланці, камери, фільтри і кондиціонери).

При санітарно-гігієнічному випробуванні вентиляційних систем визначають, чи забезпечує вентиляційна система:

а) задані значення температури, відносної вологості і швидкості руху повітря як в робочій зоні приміщення, так і на робочих місцях;

б) необхідну чистоту повітря як відносно вмісту пилу, так і газів, пари шкідливих речовин і вологи;

в) необхідну чистоту, температуру і відносну вологість повітря, що поступає в приміщення;

г) задані значення температури, відносної вологості і допустимого запилення і загазованості повітря, що видаляється з приміщення в атмосферу.

Ефективність санітарно-гігієнічної вентиляції слід визначати в теплу і в холодну пори року, оскільки вона залежить від зовнішніх метеорологічних умов.

У даній роботі санітарно-гігієнічні випробування не передбачені.

Апаратура для технічного контролю за роботою вентиляційних систем

Згідно ГОСТ 12.3.018-79 "Систем вентиляційних. Методи аеродинамічних випробувань" для виміру тиску і швидкостей руху повітря у повітряних каналах мають бути вибрані ділянки з розташуванням мірних перетинів на відстанях не менше шести гідравлічних діаметрів (D_h , м) за місцем збудження потоку (відведення, шибери, діафрагми і тому подібне) і не менше двох гідравлічних діаметрів перед ним.

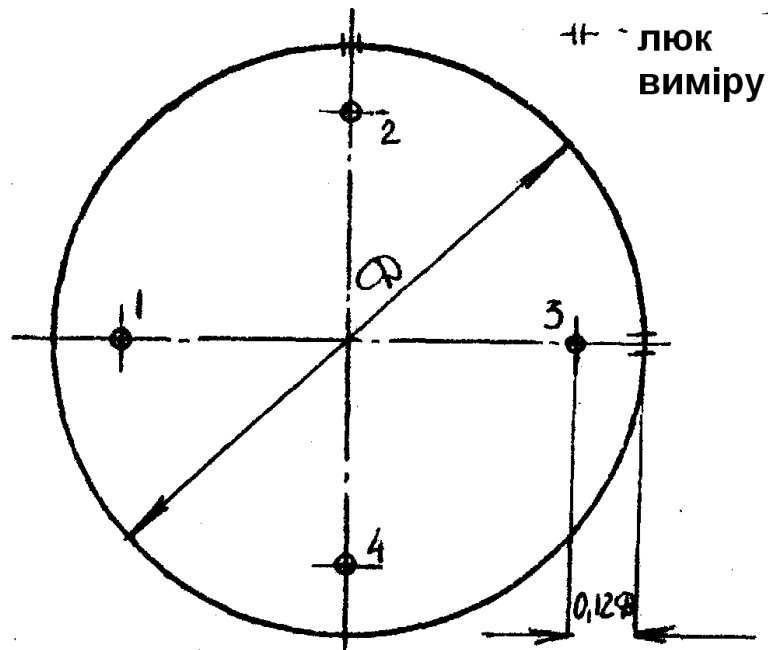
За відсутності прямолінійних ділянок необхідної довжини допускається розташовувати мірний перетин в місці, що ділить вибрану для виміру ділянку у відношенні 3:1 у напрямі руху повітря. Гідравлічний діаметр визначається по формулі

$$D_h = \frac{4F}{\Pi}$$

де F - площа, m^2 , Π — периметр перетину, м.

Допускається розміщувати мірний перетин безпосередньо в місці раптового розширення або звуження потоку. Його розмір в цьому випадку приймають відповідним найменшому розміру каналу.

Координати точок вимірів тиску і швидкостей, а також кількість точок визначається формою і розмірами мірного перетину по мал.1. Максимальне відхилення координат точок вимірів від вказаних на кресленні не повинне перевищувати $\pm 10\%$.



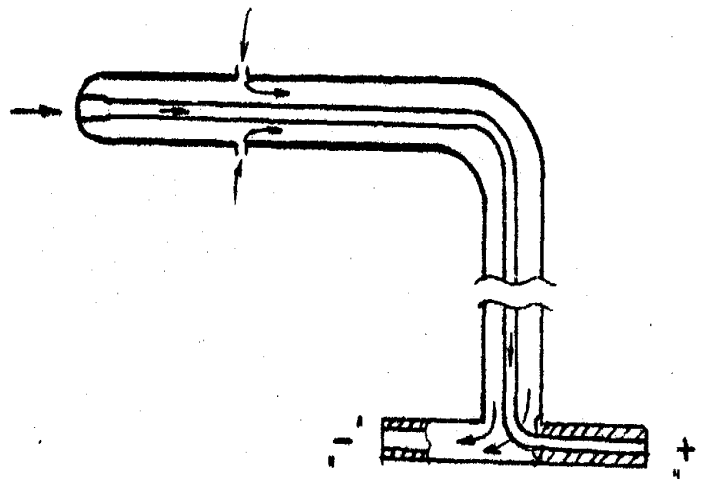
Мал. 1 Координати точок вимірів тиску і швидкостей у повітряних каналах циліндричного перетину при $100 < D < 300$ мм

Кількість вимірів в кожній точці має бути не менше трьох.

При використанні анемометрів час виміру в кожній точці має бути не менше 10 с.

Для аеродинамічних випробувань вентиляційних систем застосовується наступна апаратура:

а) комбінований приймач тиску - для виміру динамічного тиску потоку при швидкостях руху повітря більше 5 м/с і статичного тиску в сталих потоках (мал. 2);



Комбінований приймач тиску (пневмометрична трубка Піто-Прандтля)

б) диференціальні манометри класу точності від 0,5 до 1,0 по ГОСТ 11161-71, ГОСТ 18140-77 і тягоміри по ГОСТ 2648-78 - для реєстрації перепадів тиску;

в) анемометри по ГОСТ 6376-74 і термоанемометри - для виміру швидкостей повітря не менше 5 м/с;

г) барометри класу точності не нижче 1,0 - для виміру тиску в навколишньому середовищі;

д) ртутні термометри класу точності не нижче 1,0 по ГОСТ 13646-68 і термопари - для виміру температури повітря;

е) психрометри класу точності не нижче 1,0 по ГОСТ 112-78 - для виміру вологості повітря.

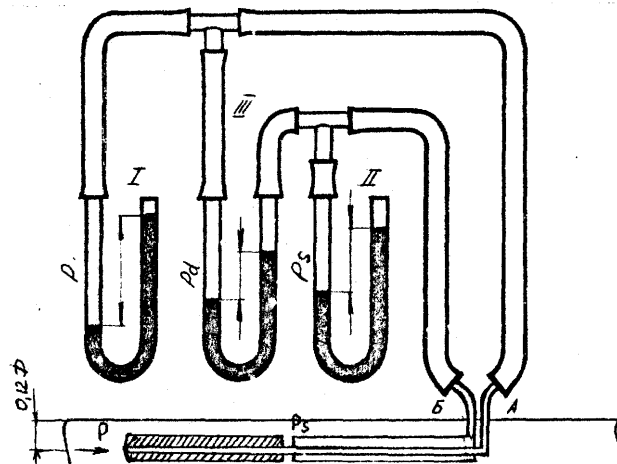
Трубка Піто-Прандтля складається з двох трубок, вставлених одна в іншу: внутрішня - сполучена з напівкульовою голівкою, що має отвір на кінці, призначена для виміру повного тиску; зовнішня - має на зігнутій ділянці два отвори для виміру статичного тиску.

При проведенні вимірів трубку вставляють всередину через вимірювальні лючки в стінках повітряних каналів. Трубка встановлюється перпендикулярно до осі повітряного каналу так, щоб кінчик її був направлений проти потоку повітря, а вісь була б паралельна потоку повітря (див. плакат на стенді).

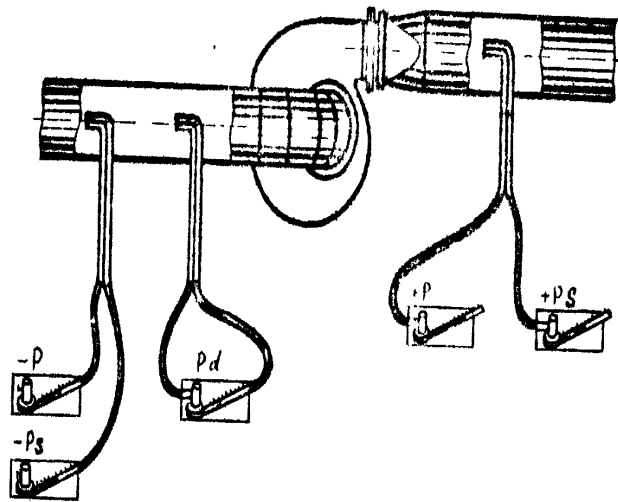
Використовуваний в роботі U - подібних водяний манометр дозволяє вимірювати тиск в $\text{кг}/\text{м}^2$. Для отримання тиску в Па зміряне значення тиску слід помножити на $9,81 \text{ м}/\text{с}^2$. На мал. 3 показана схема виміру повного, статичного і динамічного тиску за допомогою трубки Піто-Прандтля і трьох водяних U -подібних манометрів.

При швидкостях повітря у повітряних каналах менше $5 \text{ м}/\text{с}$ використовуються мікроманометри. Схема приєднання трубки Піто-Прандтля до мікроманометрів показана на мал. 4.

У лівій частині мал. 4 показана схема приєднання шлангів приймача тиску до мікроманометра при вимірі тиску на всмоктуючій стороні вентиляційної установки. Оскільки при цьому усередині повітряного каналу тиск менше атмосферного, то нижній манометр, сполучений шлангом з кінцем трубки статичного тиску, покаже статичний тиск в міліметрах водяного стовпа (або в кілограмсилах на квадратний метр), і стовпчик рідини в нім буде піднятий атмосферним тиском на рівень зниженого тиску у повітряному каналі. На всмоктуючій стороні вентилятора статичний тиск P_s буде максимальним, але з від'ємним знаком.



Мал. 3. Схема виміру повного, статичного і динамічного тиску за допомогою трубки Піто-Прандтля.



Мал. 4. Схема з'єднання трубок Піто-Прандтля з мікроманометрами

Динамічний тиск P_d (незалежно від того, при якому надлишковому статичному тиску рухається повітря - позитивному або негативному) завжди позитивний. Тому повний тиск, рівний алгебраїчній сумі статичного і динамічного тиску, по показах лівого манометра буде по абсолютному значенню менший статичного і по знаку негативний.

Правий манометр приєднаний до двох кінців приймачів тиску і показує різницю повного і статичного тиску:

$$P_d = -P - (-P_s) = P_s - P = P_d,$$

Тим самим підтверджується, що P_d позитивний.

У правій частині мал. 4 показаний розподіл тиску у вентиляційній мережі за вентилятором, де у повітряному каналі тиск повітря більший атмосферного. Згідно цій умові максимальна різниця висот рівнів рідини буде при вимірі повного тиску на лівому манометрі, оскільки

$$P = P_s + P_d.$$

При позитивному знаку P_s ця сума збільшується, визначений правим манометром P_s більший атмосферного.

Частота обертання колеса вентилятора і валу електродвигуна визначається за допомогою тахометра і лічильника оборотів.

Згідно ГОСТ 12.3.018-79 випробування слід проводити не раніше чим через 15 хв. після пуску вентиляційного агрегату

При випробуваннях вимірюють:

барометричний тиск навколишнього повітряного середовища V_a , Па(кгс/м²);

температуру переміщуваного повітря сухим і вологим термометрами відповідно t та t_{ϕ} , °С;

температуру повітря в робочій зоні приміщення t_a , °С;

динамічний тиск потоку повітря в точці мірного перетину P_{di} , Па(кгс/м²);

статичний тиск повітря в точці мірного перетину P_s , Па(кгс/м²);

повний тиск повітря в точці мірного перетину P_i , Па(кгс/м²);

час переміщення анемометра за площею мірного перетину, τ , с;

число ділень рахункового механізму оборотів механічного анемометра за час τ обводу перетину n_a ;

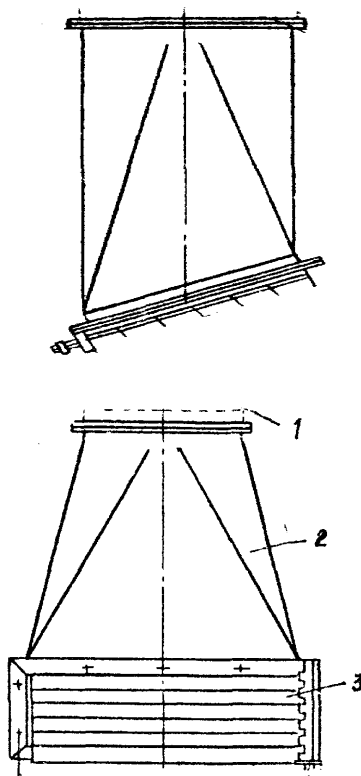
число оборотів n колеса вентилятора і валу електродвигуна, рад(об/хв).

Призначення і характеристики розподільників повітря

У цьому розділі розглянуті призначення, устрій і принцип дії повітряного душу і розподільника повітря пристінкового.

Повітряні душі - найбільш ефективний засіб забезпечення на постійних робочих місцях нормативних параметрів мікроклімату. Особливо ефективне застосування повітряного душу при тепловому опроміненні робітників у промислових печей, при роботах з нагрітими злитками, заготовками.

Душові патрубки встановлюють на висоті 1,8-9 м, щоб вони не заважали працівникам



Мал. 7. Душовий патрубок з верхнім підведенням повітря типу ПДВ: 1 – повітряний канал; 2 - корпус; 3 - ґрати напрямні.

Системи, що подають повітря для повітряного душу, не можна суміщати з системами припливної вентиляції.

Для забезпечення на робочому місці заданих температур і швидкостей повітря вісь повітряного потоку направляють на груди людини горизонтально або зверху під кутом 45° , а для забезпечення допустимих концентрацій шкідливих речовин її направляють в обличчя (зону дихання) горизонтально або зверху під кутом 45° .

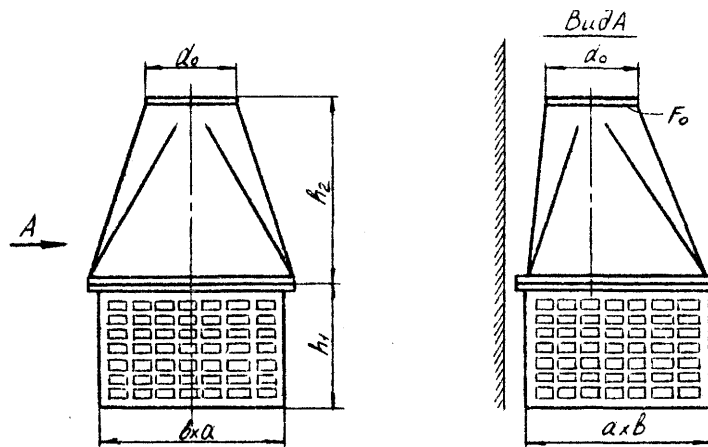
При роботі душу за способом спадаючого потоку повітря подається на робоче місце зверху з мінімально можливої відстані струменем великого перетину і з малою швидкістю, при цьому потрібна менша витрата повітря і менший ступінь його охолодження в порівнянні із звичайним повітряним душем.

Окрім стаціонарних, промисловість випускає пересувні аератори типу ПАМ-24 і ін., які застосовують для обслуговування майданчиків, на яких працюють декілька чоловік.

Розподільники повітря різних типів використовуються для розподілу припливного повітря для вентиляції, нагрівання і охолодження приміщень, як правило, неізотермічними турбулентними струменями (компактними: віяловими або закрученими).

У практиці використовуються циліндрові і конічні, пристінкові, панельні, жалюзійні і щільні, приколонні, стельові і інші типи розподільників повітря залежно від їх призначення і умов застосування.

На мал. 8 показаний трибічний пристінковий розподільник повітря типа ВП, призначений для подачі повітря безпосередньо в робочу зону.



Мал. 8. Пристінковий розподільник повітря типа ВП

Трибічні пристінкові розподільники повітря типів ВП і НВ встановлюються на рівні 0,7-2.5 м від підлоги. При виході струмінь відхиляється від горизонталі на $8-10^0$ у напрямі руху повітря у повітряному каналі. Розрахунок пристінкових розподільників повітря приведений в [5] і іншій спеціальній літературі.

Порядок проведення роботи

Завдання I. Визначити основні технічні параметри вентиляційної установки: продуктивність вентилятора, L_v , повний натиск вентилятора, P_v при заданій частоті обертання колеса вентилятора n і потужність електродвигуна вентилятора, N . Дані вимірів і обчислень внести до табл.4.

Техніка, послідовність вимірів і обробка отриманих результатів полягає в наступному.

1.1. Закрити заслінки $З_1 - З_6$ і кнопкою "Вкл.", розташованою на пульті управління, включити електродвигун вентилятора.

1.2. Через 1 хв відкрити заслінки $З_1 - З_6$.

1.3. Поворотом "управо" ручки "Л", розташованої на пульті управління, встановити по стрілочному індикатору тахогенератора ТГП максимальні обороти вентилятора :
($n = 8 \text{ ділень} * 200 \text{ об/хв} = 1600 \text{ об/хв}$).

1.4. У мірних перетинах всмоктуючого повітряного каналу 1 ($ЗЛ_2$) і нагнітального повітряного каналу 2 ($ЗЛ_7$) трубкою Піто-Прандтля, встановленою наконечником проти руху потоку повітря в двох точках перетину (див. методику вимірів на плакаті) зміряти повний P , динамічний P_d , статичний P_s тиски і визначити середні значення (P_0, P_d, P_s). Зафіксувати покази водяних манометрів M_1-M_3 мм. вод.ст. (приклад зняття показів з манометрів M_1-M_3 див. на плакаті). Перевести покази манометрів в Па (1 мм вод.ст. = 9,81 Па).

1.5. По формулі: $V = 1,29 \sqrt{P_d}$ визначити швидкість руху повітря, м/с (формула справедлива для щільності повітря $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$).

1.6. Зняти покази вольтметра (U, B) і амперметра (I, A).

1.7. Поворотом "вліво" ручки "Л" понизити обороти вентилятора "О" і кнопкою "Викл." відключити електродвигун і закрити заслінки $З_1 - З_6$.

1.8. Визначити продуктивність вентилятора L_v , $\text{м}^3/\text{г}$ по формулі:

$$L_v = \frac{L_1 + L_2}{2} \quad (22)$$

де, L_1, L_2 - об'ємна витрата повітря відповідно у всмоктуючому і нагнітальному повітряних каналах.

Для визначення P_V використовувати формулу 9 та табл.2.

1.9. Повний тиск P_V Па, що розвивається вентилятором, визначити по формулі 20

$$P_V = P_2 - P_1$$

де, P_1, P_2 - відповідно повний тиск в мірних перетинах 1 (ЗЛ₂) та 2 (ЗЛ₇).

1.10. Визначити споживану електродвигуном потужність, Вт. по формулі

$$N_{e.e} = U * I \quad (23)$$

Дані вимірів і обчислень занести до табл. 4.

Таблиця 4.

№	Місце вимірів	величини параметрів																
		зміряних						Обчислених										
		P_1 , Па	P_2 , Па	P_{d1} , Па	P_{d2} , Па	U, В	I, А	ρ , кг/м ³	V_1 , м/с	V_2 , м/с	F_1 , м ²	F_2 , м ²	L_1 , м ³ /Г	L_2 , м ³ /Г	L_V , м ³ /Г	N, Вт	n, об/хв	P_V , Па
1	Мірний перетин 1 (ЗЛ ₂)		X		X	X	X			X		X		X	X	X	X	X
2	Мірний перетин 2 (ЗЛ ₇)	X		X		X	X		X		X		X		X	X	X	X
3	Вентилятор	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X				

Отримані результати порівняти з каталожною характеристикою вентилятора (див. мал. 6).

1.11. Продуктивність вентилятора L_V , повний тиск P_V і споживану потужність $N_{в.е}$ порівняти з каталожною характеристикою вентилятора (див. мал. 6). (На плакаті наведений приклад користування каталожною характеристикою вентилятора).

Невідповідність фактичних і каталожних даних може бути пов'язана з конструктивними, монтажними і експлуатаційними недоліками вентустановок.

Завдання 3. Побудувати характеристику вентиляційної мережі.

Характеристика вентиляційної мережі є залежністю втрати тиску в мережі від витрати повітря через неї і визначається по формулі, Па:

$$P_M = k \cdot L^n \quad (24)$$

де, k - коефіцієнт, залежний від геометричних розмірів мережі, значення якого тим більше, чим довша і потужніша мережа; L - витрата повітря в мережі, м³/Г, $L = L_V$; n - показник ступеня, для ламінарного протікання $n=1$, для турбулентного $n = 2$; у даній роботі $n = 2$.

За допомогою характеристики вентиляційної мережі полегшується вибір типу і розміру вентилятора для роботи на дану мережу. Наочно і швидко з її допомогою можна визначити витрату повітря через мережу при заданій втраті тиску або, навпаки, втрату тиску при заданій витраті повітря.

Дані вимірів і обчислень внести до таблиці 8.

Техніка, послідовність вимірів і обробка отриманих результатів полягає в наступному:

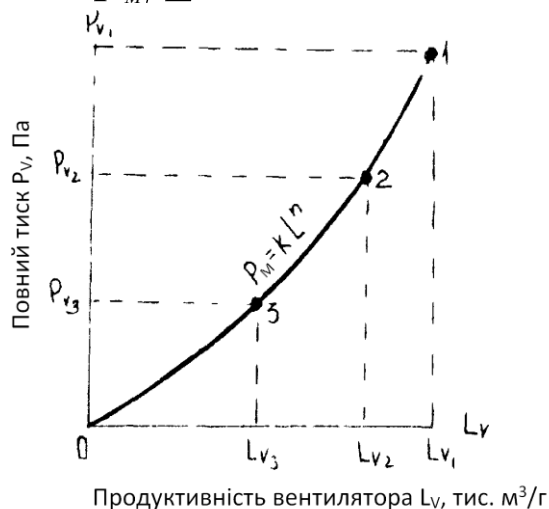
3.1. Згідно п. 1.1-1.9 завдання 1 визначити (або використовувати отримані дані) продуктивність вентилятора L_V і повний тиск, що розвивається ним P_V при максимальній швидкості обертання колеса вентилятора $n_1 = 1600$ об/хв. Повторити вказані виміри і їх

обробку з метою визначення P_V та L_V при швидкостях обертання колеса вентилятора $n_2 = 1200$ об/хв та $n_3 = 800$ об/хв.

3.2. За отриманими даними побудувати характеристику вентиляційної мережі P_M при швидкостях обертання колеса вентилятора $n_1 = 1600$ об/хв (точка 1); $n_2 = 1200$ об/хв (точка 2) та $n_3 = 800$ об/хв (точка 3), (графік P_M на мал. 9), плавно з'єднавши суцільною лінією точки 1-2-3-0.

3.3. Приймаючи значення показника ступеня (при L у формулі рівно 2) обчислити коефіцієнт k для даної вентиляційної мережі по формулі

$$k = P_M / L^2 \quad (25)$$



Мал. 9. Характеристика мережі

3.4. Нанести характеристику вентиляційної мережі на каталожну характеристику вентилятора (див. плакат на стенді) і зробити вивід про економічний (неекономічний) режим роботи вентилятора на дану вентиляційну мережу.

Таблиця 8

Місце вимірів	Швидкість обертання колеса вентилятора, n , об/ хв	Повний тиск			Динамічний тиск		Витрата повітря			k
		P_1 , Па	P_2 , Па	P_v , Па	P_{d1} , Па	P_{d2} , Па	L_1 , м³/г	L_2 , м³/г	L_v , м³/г	
Перед вентилятором Мірний перетин 1 (ЗЛ ₂) всмоктуючого трубопроводу	1600		X	X		X		X	X	X
	1200		X	X		X		X	X	X
	800		X	X		X		X	X	X
За вентилятором Мірний перетин 2 (ЗЛ ₇) нагнітального трубопроводу	1600	X		X	X		X		X	X
	1200	X		X	X		X		X	X
	800	X		X	X		X		X	X
Вентиляційна мережа (вентилятор)	1600	X	X		X	X	X	X		
	1200	X	X		X	X	X	X		
	800	X	X		X	X	X	X		