

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ

**ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА**

В. В. ГРАНКІНА

Конспект лекцій

з дисципліни

«ВЕНТИЛЯЦІЯ»

*(для студентів 4 курсу заочної форми навчання напрямку 0921 (6.060101)
“Будівництво”, спеціальності “Теплогазопостачання і вентиляція”
та слухачів другої вищої освіти)*

**Харків
ХНАМГ
2011**

Гранкіна В. В. Конспект лекцій з дисципліни «Вентиляція» (для студентів 4 курсу заочної форми навчання напряму 0921 (6.060101) “Будівництво”, спеціальності “Теплогазопостачання і вентиляція” та слухачів другої вищої освіти) / В. В. Гранкіна; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2011. – 123 с.

Автор: В. В. Гранкіна

Конспект лекцій побудовано за вимогами кредитно-модульної системи організації навчального процесу та узгоджена з орієнтовною структурою змісту навчальної дисципліни, рекомендованою Європейською Кредитно-Трансферною Системою (ECTS).

Рекомендовано для студентів будівельних спеціальностей.

Рецензент: доцент кафедри експлуатації газових і теплових систем Харківської національної академії міського господарства, кандидат технічних наук, О. В. Ромашко.

Затверджено на засіданні кафедри експлуатації газових і теплових систем, протокол № 10 від 27.10.2010 р.

Зміст

ЗМ 1.1 Санітарно-гігієнічні й фізіологічні основи вентиляції	4
Тема 1. Склад і фізичні властивості повітря. I-D діаграма вологого повітря ..	4
Тема 2. Санітарно-гігієнічні й фізіологічні основи вентиляції	20
Тема 3. Тепловий режим приміщень	27
Тема 4. Надходження вологи в повітря приміщення	28
Тема 5. Надходження газів і пилу в повітря приміщення	31
ЗМ 1.2. Фізичні основи вентиляції	34
Тема 6. Організація повітрообміну в приміщенні	34
Тема 7. Класифікація систем вентиляції	35
ЗМ 1.3. Технічні основи вентиляції	53
Тема 8. Конструктивне виконання вентиляційних систем у житлових і громадських будинках	53
Тема 9. Очищення припливного повітря від пилу	71
Тема 10. Нагрівання припливного повітря	83
Тема 11. Вентиляторні агрегати	93
Тема 12. Повітророзподільники й обладнання повітровидалення	102
Тема 13. Регенерація теплоти у вентиляції	104
Тема 14. Повітропроводи, вентиляційні канали	105
Тема 15. Аеродинамічний розрахунок вентиляційних систем	107
Тема 16. Боротьба із шумом і вібрацією у вентиляційних системах	108
Тема 17. Професійні програми систем опалення й вентиляції на ПЕОМ ...	113
Тема 18. Основні елементи автоматики систем вентиляції	115
Тема 19. Випробування й налагодження систем вентиляції	116
Тема 20. Вимоги до графічного оформлення креслень (робочих проектів) систем опалення й вентиляції	118
Список джерел.....	122

МОДУЛЬ 1. Вентиляція громадських будівель

ЗМ 1.1 Санітарно-гігієнічні й фізіологічні основи вентиляції

Тема 1. Склад і фізичні властивості повітря. I-D діаграма вологого повітря

Склад повітря

Головними складовими частинами повітря є азот — 78,08 % об'єму, кисень — 20,96 % об'єму та інертні гази — 0,94 % об'єму, у тому числі аргон — близько 0,9 % об'єму. Кількість цих газів у повітрі не змінюється, тому їх називають постійними складовими частинами повітря.

До складу повітря входять також: діоксид вуглецю CO₂ (вуглекислий газ) — близько 0,03 % об'єму і водяна пара 0,1—2,8 % об'єму. Однак їхня кількість залежно від умов може сильно змінюватись, тому їх називають змінними складовими частинами повітря.

Крім того, в повітрі можуть бути різні випадкові домішки, наприклад водень H₂, аміак NH₃, озон O₃, сірководень H₂S, метан CH₄, діоксид сірки SO₂ (сульфітний ангідрид) та інші гази, які потрапляють у повітря внаслідок гниття органічних залишків, виверження вулканів, роботи хімічних заводів тощо. Серед випадкових домішок у повітрі також нерідко зустрічаються найдрібніші частинки сажі та мінеральних речовин, а також різні мікроорганізми.

Фізичні властивості

Очищене від сторонніх домішок, водяної пари і вуглекислого газу повітря зовсім безбарвне і прозоре. Воно не має ні запаху, ні смаку. Маса 1 дм³ повітря за температури 0 °С та атмосферного тиску 760 мм. рт. ст. дорівнює 1,293 г. Його середня молярна маса $22,4 \text{ дм}^3/\text{моль} \times 1,293 \text{ г/дм}^3 = 28,96 \text{ г/моль}$.

Повітря утворює газову оболонку навколо земної кулі товщиною понад 1000 км. Із збільшенням висоти розрідженість повітря безперервно збільшується, а тиск постійно зменшується. Склад повітря на різних висотах теж змінюється. При температурі $-140,7^{\circ}\text{C}$ і тиску близько 40 атм повітря скраплюється в безбарвну легкорухливу рідину з густиною $0,9 \text{ г/см}^3$.

Суміш сухого повітря з водяною парою називається вологим повітрям. Атмосферне повітря, що складається з кисню, азоту, вуглекислоти й невеликої кількості інертних газів, завжди містить деяку кількість водяної пари.

Згідно із законом Дальтона сума парціальних тисків газових компонентів дорівнює повному тиску суміші. Якщо розглядати вологе повітря як бінарну суміш сухого повітря і водяної пари, можна записати

$$P_{\text{б}} = P_{\text{пов}} + P_{\text{п}},$$

де $P_{\text{б}}$ - барометричний тиск вологого повітря, Па;

$P_{\text{пов}}$ – тиск сухого повітря, Па;

$P_{\text{п}}$ - тиск водяної пари, Па.

Відносна вологість повітря, яка є одним з основних метеорологічних параметрів, визначається за залежністю

$$\varphi = \frac{P_{\text{п}}}{P_{\text{нп}}} \cdot 100\%,$$

де $P_{\text{нп}}$ - парціальний тиск насиченої пари.

Відносна вологість повітря визначається як подане у частках одиниці або % відношення парціального тиску водяної пари повітря даного стану до парціального тиску насиченої водяної пари при тих самих температурі й барометричному тиску.

Вологовміст вологого повітря даного стану d визначається як кількість узятій у грамах маси водяної пари, що припадає на 1 кг сухого повітря.

Вологовміст можна визначити за формулою

$$d = 622 \frac{P_p}{P_b - P_p}, \text{ г/кг.с.п.}$$

Температура повітря вимірюється в $^{\circ}\text{C}$, якщо не позначена інша шкала (наприклад, K).

Ентальпія вологого повітря визначається за формулою:

$$I_{в.п.} = I_{с.п.} + I_p, \text{ кДж/кг с.п.}$$

де $I_{с.п.} = C_{с.п.} t$ - ентальпія сухого повітря, кДж/кг с.п.

$C_{с.п.}$ - питома масова теплоємність сухого повітря, кДж/(кг $^{\circ}\text{C}$);

$I_p = (r_{t=0} + C_p t) d 10^{-3}$ - ентальпія водяної пари, кДж/кг с.п.;

$r_{t=0}$ - теплота пароутворення, кДж/кг води;

C_p - питома масова теплоємність водяної пари, кДж/(кг $^{\circ}\text{C}$).

Ентальпія вологого повітря може бути також подана у вигляді

$$I_{в.п.} = 1,005t + (2500 + 1.8t)d 10^{-3} \text{ кДж/кг с.п.}$$

Процеси зміни тепловологісного стану повітря

На тепловологісний стан повітря впливають багато зовнішніх і внутрішніх чинників, що зумовлюють зміну цього стану. Розрахунки процесів зручно виконувати графоаналітичним методом за допомогою I-d діаграми.

Побудова I-d діаграми вологого повітря здійснюється так:

а) на осі ординат відкладаємо в обраному масштабі від вільно обраної точки нульову температуру вологого повітря t , °C, її позитивні й негативні значення;

б) вісь абсцис розташовуємо у верхній частині шкали температур і наносимо на неї значення вологовмісту повітря d , г/кг с.п. Точка перетину осей має $d = 0$. тобто на температурній шкалі знаходиться абсолютно сухе повітря;

в) ентальпія абсолютно сухого повітря визначається формулою:

$$I_{\text{ст}}=1,005t, \text{ кДж/кг с.п.}$$

Отже, з точністю до постійної ентальпія сухого повітря дорівнює його температурі й шкала температури може бути використана як шкала ентальпії;

г) звернемося до формули ентальпії вологого повітря, згідно з якою ентальпія вологого повітря є функцією незалежних змінних - температури та вологовмісту. Нехай лінії постійного значення вологовмісту будуть спрямовані паралельно осі ординат, а ізотерми орієнтовані в напрямку, паралельному осі абсцис. Тоді лінії постійної ентальпії, починаючись на температурній шкалі (яка також є шкалою ентальпії), повинні бути спрямовані зліва направо і зверху донизу. Дійсно, при русі зліва направо ентальпія вологого повітря буде збільшуватися за рахунок зростання "d", а постійною вона може залишатись лише в тому випадку, якщо при цьому буде відповідним чином падати температура повітрянопарової суміші.

Строго кажучи, лінія постійної ентальпії є кривою другого порядку, але практичного значення це не має - ізоентальпія в I-d діаграмі зображене прямою лінією;

д) криві постійної відносної вологості "d" будуюмо в наступному порядку:

- призначаємо барометричний тиск, для якого будуюмо I-d діаграму;
- домовляємося, яку криву відносної вологості будуватимемо, наприклад, $\varphi=1$);
- призначаємо ряд температур насиченої повітряно-парової суміші й визначаємо відповідний ряд $P_{\text{нп}}$;
- використовуючи відомі $P_{\text{б}}$, φ , $P_{\text{нп}}$, за формулою обчислюємо d;

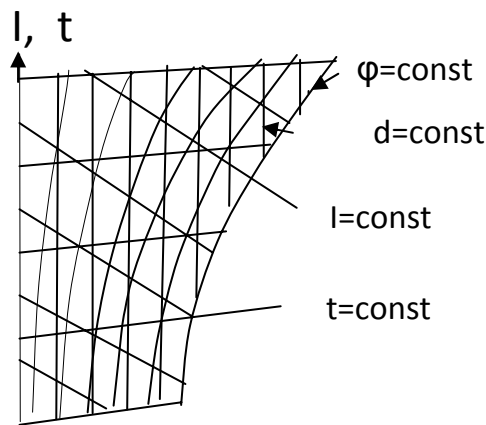


Рис. 1 - Основні лінії I-d діаграми

- для ряду обчислених значень d та відповідних значень $t = t_m$ у I-d діаграмі наносимо точки й з'єднуємо плавною кривою. Отримуємо криву постійної відносної вологості зі значенням $\varphi = 1$ (або $\varphi=100\%$).

Таким чином будуюмо й криві іншої відносної вологості повітря.

Отже, для кожної точки I-d діаграми тепер можна визначити величини t , φ , I , d .

Температура мокрого термометра є одним з важливих параметрів вологого повітря. Температурою мокрого термометра ($t_{\text{м1}}$) повітря даного

стану називається температура насиченого вологою повітря, одержана за умовою $I = \text{const}$.

Температура мокрого термометра повітря t_{m1} точки 1 визначається ізотермою точки перетину ізоентальпи з кривою відносної вологості $\varphi = 100\%$. Прилад, за допомогою якого визначається t_m , - психрометр, має два термометри, один - для вимірювання температури повітря t_c , другий - для вимірювання температури t_m , який забезпечується просоченою водою батистовою "панчохою", надягнутою на термобалон цього термометра. Знаючи t_c та t_m , можна визначити всі параметри повітря даного стану.

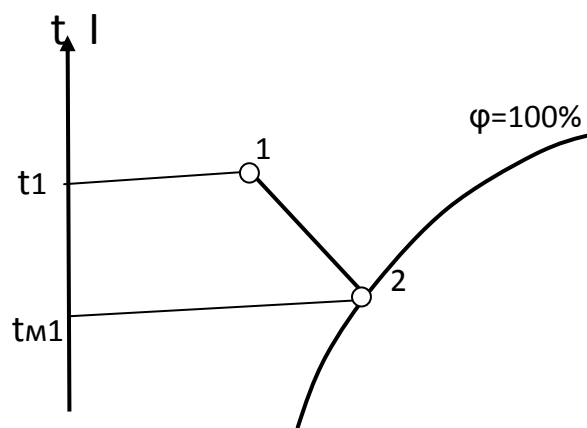


Рис. 2 - Температура мокрого термометра

Температура точки роси. Температурою точки роси повітря даного стану (t_{p1}) називається температура насиченого повітря при постійному d_1 .

Температура точки роси t_{p1} повітря стану точки 1 визначається ізотермою точки перетину лінії постійного вологовмісту d_1 з кривою відносної вологості $\varphi = 100\%$.

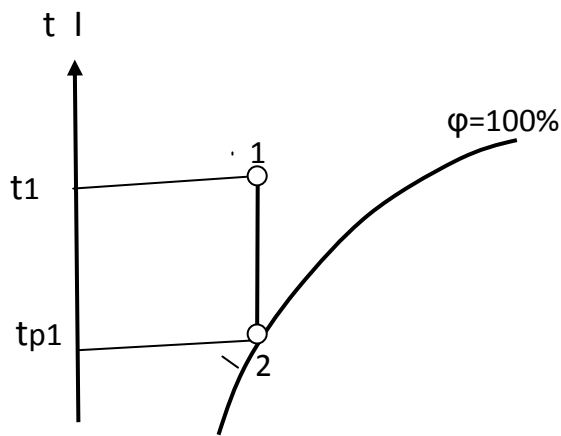


Рис. 3 - Температура точки роси

Температура tp_1 визначається за допомогою гігрометра. Основним елементом приладу є спеціальним чином охолоджена пластина, на поверхні якої конденсується волога з повітря даного стану. Знижуючи температуру поверхні пластини, можна визначити початок конденсації водяної пари. Температура, яка відповідає цьому, буде tp .

Парціальний тиск водяної пари. Використовують у практичних розрахунках систем вентиляції та кондиціонування повітря. I-d діаграму вологого повітря зручно доповнити кривою парціального тиску водяної пари, побудованою на той самий тиск, що й діаграма.

Побудова кривої парціальних тисків водяної пари:

1. Через обрану максимальну температуру насиченого вологою повітря t_n проводимо лінію паралельно осі ординат. На цій лінії в обраному лінійному масштабі відкладаємо значення парціального тиску водяної пари від 0 до значення $P_{пн}$, відповідного обраній t_n .

2. Крізь крапки перетину вертикальних ліній t_n з горизонтальними лініями відповідних їм значень $P_{пн}$ проводимо криву парціальних тисків водяної пари.

Тепер вертикальна лінія, проведена через будь-яку точку в I-d діаграмі, при перетині з цією кривою дозволить визначити парціальний тиск водяної пари в повітрі даного стану.

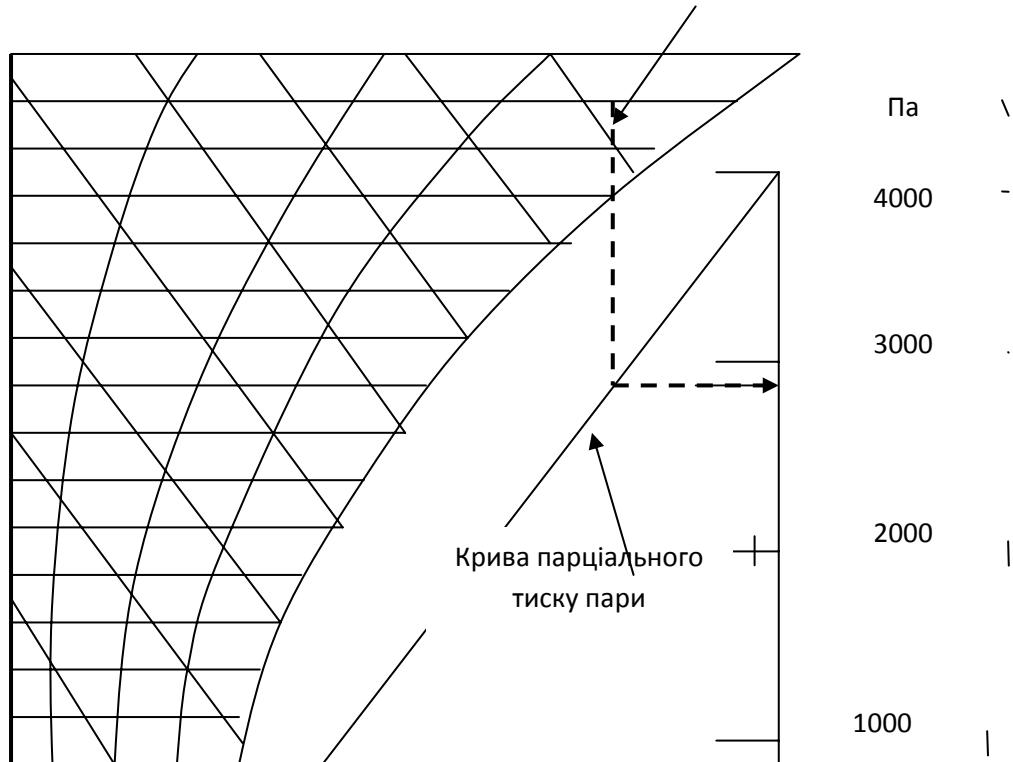


Рис. 4 - I-d діаграма з кривою парціального тиску водяної пари

Таким чином, за допомогою I-d діаграми можна встановити наступні параметри вологого повітря:

- температура t , °C;
- відносна вологість ϕ , %;
- ентальпія I , кДж/кг сухого повітря;
- вологовміст d , г/кг сухого повітря;
- парціальний тиск водяної пари $P_{в.п.}$, Па;
- температура мокрого термометра t_m , °C;
- температура точки роси t_p , °C.

Якщо маємо будь-які два з перерахованих вище, решту параметрів можна визначити за I-d діаграмою.

Процеси зміни тепловологісного стану повітря в I-d діаграмі

Сукупність станів вологого повітря, які змінюються, називається процесом. Початковий і кінцевий стани повітря можуть позначатися цифрами або літерами.

Елементарним слід вважати процес, що відбувається в будь-якому одному апараті або пристрої. Проміжні стани повітря при відображенні даного процесу в I-d діаграмі вважаються лежачими на прямій, що з'єднує точки початку (параметри входу повітря в апарат) і кінця (параметри виходу) процесу.

Комплексним називається процес обробки повітря, що складається із ряду послідовно здійснених елементарних процесів при використанні послідовно встановлених апаратів або пристроїв. Кінець попереднього елементарного процесу є початком наступного. Комплексний процес відображається в I-d діаграмі ламаною лінією.

Процеси нагріву і охолодження повітря при постійному волог вмісті

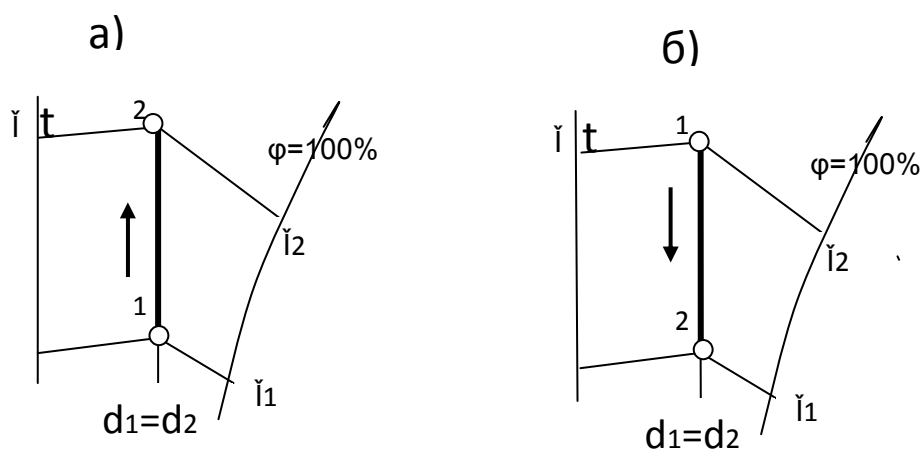


Рис. 5 - Процеси: а) нагріву і б) охолодження повітря при постійному вологовмісті

а. Нагрів повітря в системах вентиляції частіше здійснюється в холодний період року, коли тепловитрати приміщення перевищують надходження теплоти або коли необхідно поповнити обсяг видаляемого повітря зовнішнім, а без підігріву це зробити неможливо. На рис. 5 а) представлений процес нагріву повітря від початкового 1 до кінцевого 2 стану. При цьому спостерігаємо зміну стану повітря, що характеризується параметрами:

- температура збільшується від t_1 до t_2 ;
- ентальпія збільшується від I_1 до I_2 ;
- вологовміст $d_1 = d_2 = \text{const}$;
- відносна вологість зменшується від φ_1 до φ_2 .

Досить цікавим є визначення витрати теплоти на нагрів повітря. Це можна зробити за формулою:

$$Q = m_v(I_2 - I_1),$$

де m_v - кількість повітря, що нагрівається.

б. Процес охолодження повітря частіше здійснюється в теплий період. Охолодження при постійному вологовмісті відбувається тоді, коли температура охолодженої поверхні $t_{\text{пов}}$ знаходиться в діапазоні $t_1 > t_{\text{пов}} > t_{p1}$.

У даному процесі спостерігаємо:

- зменшення температури повітря від t_1 до t_2 ;
- зменшення ентальпії від I_1 до I_2 ;
- збільшення відносної вологості від φ_1 до φ_2 ;
- постійний вологовміст $d_1 = d_2 = \text{const}$.

Процеси охолодження повітря при зміні вологовмісту

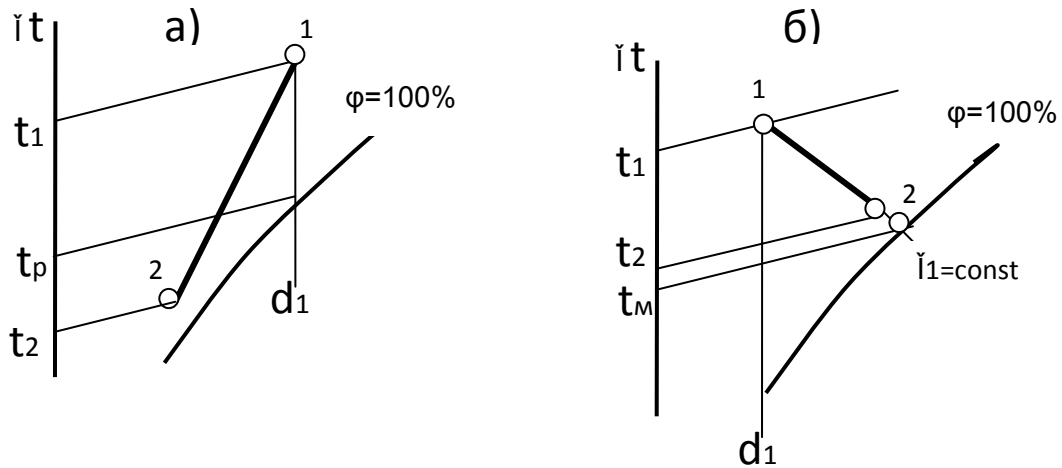


Рис. 6 - Процеси охолодження повітря із зміною вологовмісту:
 а) охолодження зі зменшенням вологовмісту повітря; б) випарне охолодження і зволоження повітря

а. Охолодження зі зменшенням вологовмісту повітря. Необхідною умовою (рис.6 а.) здійснення процесу є

$$t_{\text{пов}} < t_{\text{р1}}$$

Співвідношення параметрів повітря у початковому і кінцевому його стані таке саме, як і на рис.6 б., але при цьому $d_2 < d_1$, тобто відбувається не тільки охолодження, але й осушення повітря.

Саме такий процес охолодження є переважним при необхідності забезпечити задані параметри температури й відносної вологості повітря приміщення.

б. Випарне охолодження і зволоження повітря. Якщо ненасичене повітря пропускати крізь розвинуту поверхню плівок або крапель води, то вода буде випаровуватися, повітря буде насичуватися вологою, а його температура буде знижуватися. Зниження температури повітря зумовлене тим, що на випарування води теплота відбирається з повітря, яке зволожується.

Відбувається така зміна параметрів повітря:

- зменшення температури повітря, $t_1 > t_2$;
- збільшення вологовмісту, $d_2 > d_1$;
- збільшення відносної вологості , $\phi_1 < \phi_2$;
- практично постійне значення ентальпії, $I_1 = I_2$.

Постійність ентальпії повітря у даному процесі дозволяє назвати його адиабатним (ізоентальпійним). Для здійснення такого процесу не потрібне джерело холоду.

Процеси нагріву і зволоження повітря, що відбуваються одночасно

Такі процеси мають місце, наприклад, у тих приміщеннях, де знаходяться люди (кінотеатри, театри, зали нарад та ін.). В I-d діаграмі процес представлений лінією 1-2 (рис. 7). Умовно його можна поділити на два послідовних у часі процеси 1-1' та 1'-2.

Лінія 1-1' характеризує умовний процес нагріву повітря з постійним вологовмістом. Приріст ентальпії в цьому процесі називається явною теплотою.

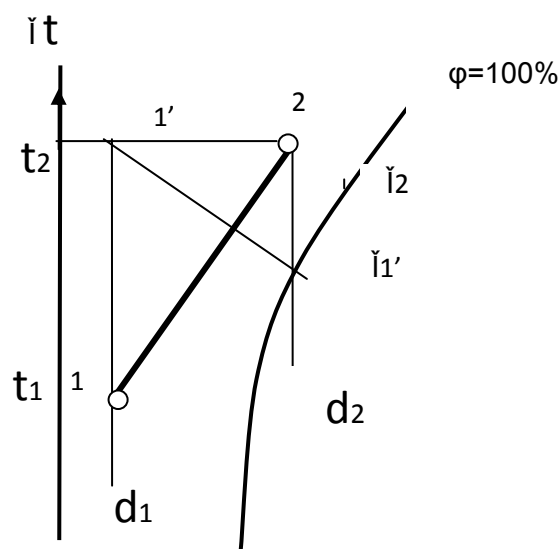


Рис. 7 - Процес нагріву повітря з одночасним його зволоженням

Її величина зумовлена виключно збільшенням температури повітряно-парової суміші.

Лінія 1'-2 співпадає з ізотермою t_2 і показує ту частину загального приросту ентальпії, що зумовлена збільшенням вологовмісту: $\Delta I_{\text{пр}} = I_2 - I_1$. Цей приріст називається прихованою теплотою, оскільки на зміну цієї теплоти не реагує термометр.

Очевидно, що

$$\Delta I_{\text{я}} + \Delta I_{\text{пр}} = I_2 - I_1 = \Delta I_{\text{п}},$$

де $\Delta I_{\text{п}}$ - повний приріст ентальпії в процесі 1-2.

*Кутовий коефіцієнт і кутовий масштаб процесів зміни
стану вологого повітря*

Залежно від співвідношення явної і прихованої теплоти змінюється напрям променя процесу 1-2. Цей напрям прийнято характеризувати співвідношенням

$$\varepsilon = \frac{I_2 - I_1}{\frac{d_2 - d_1}{10^3}}$$

і позначати ε - кутовим коефіцієнтом процесу (рис. 8).

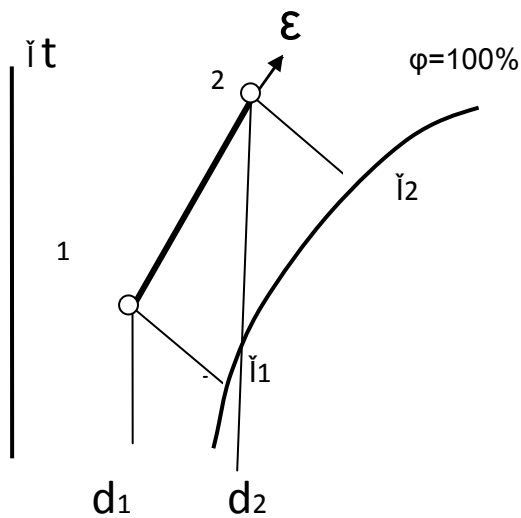


Рис. 8 - Кутовий коефіцієнт процесу

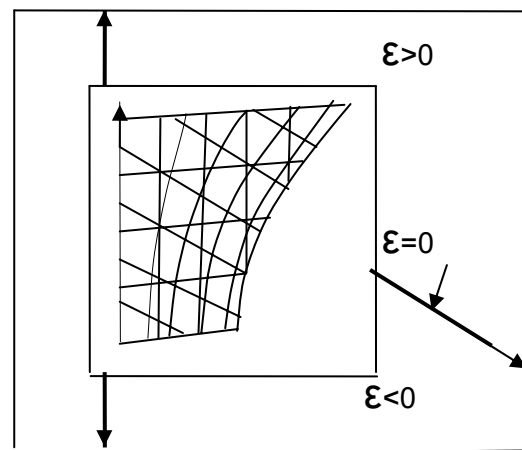


Рис. 9 - Схема \dot{I} - d діаграми з кутовим масштабом

Якщо $\varepsilon' = \varepsilon$, то промені процесів, які вони характеризують, паралельні між собою, звідси робимо висновок: значення коефіцієнта ε визначає його напрям в I - d діаграмі. Тому можна раніше побудувати промені процесів для дискретного ряду значень кутового коефіцієнта ε . Це називається кутовим масштабом. Кутовий коефіцієнт ε може набувати значення від $+\infty$ до $-\infty$. В I - d діаграмі значення ε нанесені відповідно до наведеної схеми (рис. 9).

I - d діаграма наочно представляє процеси зміни стану повітря, дає при цьому їх кількісну і якісну характеристики, а кутовий масштаб спрощує розрахунки.

Зволоження повітря парою

Розглянемо на конкретному прикладі закономірності, пов'язані зі зволоженням повітря парою. Нехай треба в повітря початкового стану I_1, d_1 з витратою m_v (кг/с) підмішувати G_1 (кг/с) водяної пари і визначити кінцевий стан повітряно-парової суміші I_2, d_2 .

Визначимо приріст ентальпії та вологовмісту повітря після його зволоження:

$$I_2 - I_1 = \frac{G \cdot I_{\text{п}}}{m_{\text{в}}},$$

$$\frac{d_2 - d_1}{1000} = \frac{G}{m_{\text{в}}},$$

$$\frac{I_2 - I_1}{\frac{d_2 - d_1}{1000}} = i_{\text{п}} = \varepsilon$$

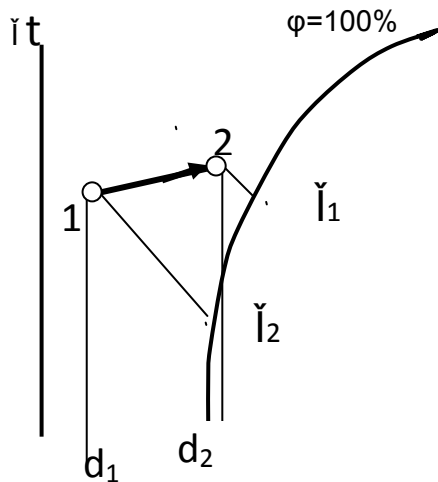


Рис. 10 - Процес зволоження повітря парою

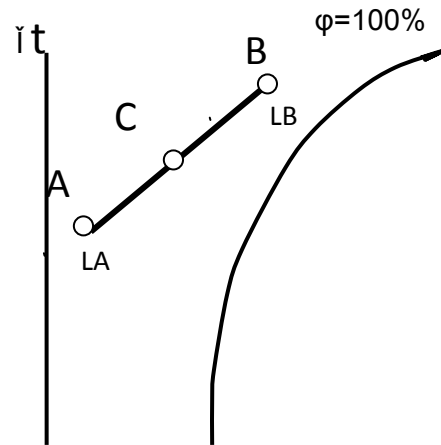


Рис. 11 - Змішування повітря різних обсягів та стану

Приймаючи температуру пари $t_{\text{п}} = 100^{\circ}\text{C}$ і використовуючи вираз для $I_{\text{п}}$, отримуємо $\varepsilon = i_{\text{п}} = 2680$ кДж/кг. Нанесемо промінь процесу на I-d діаграму і побачимо, що він практично співпадає з ізотермою точки I. Таким чином, при зволоженні повітря водою, що в ньому випаровується, процес йде за $I = \text{const}$ ($\varepsilon = 0$), а при зволоженні парою - за ізотермою ($\varepsilon = i$).

Для того, щоб визначення кінцевий стан повітря потрібно:

а) знайти кінцевий вологовміст суміші за формулою:

$$d_2 = d_1 + \frac{G10^3}{m_B}, \text{ г/кг с.п.}$$

б) знайти в I-d діаграмі точку перетину лінії постійного вологовмісту d_2 з ізотермою t_1 . Ця точка визначить ентальпію повітря кінцевого стану I_2 .

Зміна стану повітря при змішуванні різних його обсягів та станів

Нехай є об'єми повітря L_A і L_B , стани яких визначені положенням в I-d діаграмі точками А і В. Необхідно знайти в I-d діаграмі деяку точку суміші С, параметри якої відповідають вихідним даним.

Складаємо рівняння балансу:

за теплою: $L_A I_A + L_B I_B = (L_A + L_B) I_C$,

за вологою: $L_A d_A + L_B d_B = (L_A + L_B) d_C$,

або

$$I_C = \frac{L_A I_A + L_B I_B}{L_A + L_B};$$

$$d_C = \frac{L_A d_A + L_B d_B}{L_A + L_B}.$$

Позначимо $L_A/L_B = n$ і поділимо на L_B

Маємо

$$I_C = \frac{nI_A + I_B}{n+1}; d = \frac{nd_A + d_B}{n+1}.$$

Після елементарного перетворювання отримаємо рівняння прямої, яка проходить крізь точки А, В, С:

$$n = \frac{I_B - I_C}{I_C - I_A} = \frac{d_B - d_A}{d_C - d_A}$$

Висновок: точка суміші С лежить на прямій, що з'єднує точки А і В.

Таким чином, можна записати

$$\frac{d_B - d_C}{d_C - d_A} = \frac{BC}{CA} = n = \frac{L_A}{L_B}.$$

Загальний висновок: точка суміші С лежить на прямій, що з'єднує точки А і В, і поділяє відрізок прямої АВ на частини, протилежно пропорційні об'ємам повітря, що змушують (рис.11).

Тема 2. Санітарно-гігієнічні й фізіологічні основи вентиляції

Фізіологічний вплив на організм людини навколишнього середовища

Людина знаходиться в безперервній взаємодії з навколишнім середовищем. По-перше, людина дихає оточуючим її повітрям. За добу в середньому через легені проходить 15 кг повітря. По-друге, повітря омиває тіло людини і перебуває з ним у тепловому контакті.

Тому для життєдіяльності організму людини важливі такі параметри повітря:

- метеорологічні (температура, відносна вологість, швидкість руху);
- хімічний склад повітря (відсотковий вміст кисню, вуглекислоти, наявність шкідливих парів та газів);
- запиленість повітря (пил органічний, мінеральний, кварцовий, азбестовий).

Надлишок (або нестача) теплоти й вологи, наявність шкідливих парів, газів і пилу в повітрі визначають негативний вплив середовища на людину і називаються шкідливостями.

Завданням системи вентиляції та кондиціонування повітря є боротьба зі шкідливостями. Найрозповсюдженими шкідливостями, що потребують залучення економічних та технічних засобів, є теплота і волога.

Теплообмін людини і навколишнього середовища. Організм людини виділяє теплоту, кількість якої залежить від характеру роботи, що виконується, метеорологічних параметрів навколишнього середовища.

Тепловіддача організму людини здійснюється конвекцією, випаруванням з поверхні шкіри та випромінюванням.

Конвективний теплообмін організму людини з навколишнім середовищем збільшується при зниженні температури повітря та підвищенні швидкості його пересування відносно поверхні тіла. Конвективний теплообмін зменшується до нуля, якщо температура поверхні тіла дорівнює температурі навколишнього середовища. У цьому випадку теплота віддається за рахунок випарування рідини з поверхні тіла. Чим вища температура навколишнього середовища, тим більша частка теплоти, що віддається шляхом випарування. Цю закономірність забезпечує система терморегуляції організму людини. Вона самостійно обирає оптимальний спосіб тепловіддачі та підтримує постійною температуру тіла.

Можливість віддачі теплоти за рахунок випарування рідини визначається ступенем насиченості повітря вологою. Процес інтенсифікується при збільшенні швидкості пересування повітря відносно поверхні тіла. Випарування вологи в насичене повітря неможливе при будь-якій швидкості повітря. Тут теплообмін випарування закінчується. Якщо при цьому температура навколишнього середовища дорівнює або вища температур поверхні тіла людини, настає перегрів організму, порушення

системи терморегуляції, підвищення температури тіла – все це разом діагностується як "тепловий удар". Якщо не перешкоджати тепловому впливу на організм людини, це може призвести до її смерті.

Як правило, при підвищених (порівняно з комфортним рівнем) параметрах зовнішнього середовища щодо температури повітря та відносної вологості променистий теплообмін організму людини з навколишнім середовищем також буде не на його користь: тепловипромінюючі поверхні мають більш високу температуру, ніж поверхня тіла.

Променистий теплообмін можна використати при панельному опаленні житлових приміщень у холодний період року. Так, при температурі стін 24 °С комфортний стан людини можливий уже при температурі внутрішнього повітря приміщення 10 °С.

Променистий теплообмін є визначальним у теплообміні організму людини, яка перебуває під впливом сонячних променів або у виробничому приміщенні, де є обладнання з високотемпературними поверхнями.

У більшості випадків тепловий стан людини визначається процесами конвективного теплообміну та теплообміну при випаруванні рідини з поверхні шкіри. Взаємодію процесів, що керуються системою терморегуляції організму наведено у табл.1 дослідних даних за кількістю тепла й вологи, які виділяються дорослою людиною при легкій праці. Окремо при температурі навколишнього середовища $t_n \leq 20$ °С людина віддає тепла більше ніж це необхідно. Потім при підвищенні температури, тепловіддача стабілізується на необхідному рівні. При температурі рівній і більшій за 35 °С теплообмін здійснюється на 96 % за рахунок випарування рідини з поверхні тіла. Тривала дія високої температури призводить до великої напруги терморегуляції організму, підвищеного навантаження на серце та зневоднення організму.

Таблиця 1 - Кількість тепла й вологи, що виділяються дорослими людьми (чоловіками)

Температура навколишнього середовища, °С	10	20	25	30	35
Повна теплота, Вт	180	150	145	145	145
У тому числі:					
теплота, що віддається випаровуванням, Вт	30	52	81	105	140
теплота, що віддається конвекцією, Вт	150	98	64	40	5
Відношення теплоти, що віддається випаровуванням, до повної теплоти, %	20	35	60	72	96

Таким чином, системи вентиляції можуть значно полегшити виконання життєво важливих функцій організму людини. Підтриманням засобами вентиляції та кондиціонування повітря параметрів середовища, близьких до оптимальних, забезпечується висока працездатність людини та її гарне самопочуття.

Вміст пилу в повітрі приміщення. Пил - це сукупність часток твердих або рідких речовин у повітрі. Звішені в повітрі частки називаються аерозолем.

Пил буває:

а) за походженням: мінеральний та органічний (рослинного і тваринного походження);

б) за впливом на людину: нейтральний, токсичний (отруйні речовини), кремнієвий, азбестовий (канцероген);

в) за дисперсністю:

- великий, більше 50 мкм (легко затримується верхніми дихальними шляхами);

- середньої дисперсності, від 50 до 10 мкм (глибоко проникає у дихальні шляхи і частково в легені);

- дрібнодисперсний, менше 10 мкм (глибоко проникає в легені). Його найважче затримувати фільтрами, він є найнебезпечнішим.

Шкідливі випари й газу в повітрі приміщення. За класами небезпечності шкідливі пари й газу поділяються на:

I клас - надзвичайно небезпечні;

II клас - дуже небезпечні;

III клас - помірно небезпечні;

IV клас - майже небезпечні.

За характером дії умовно поділяються на:

1) ті, які призводять до задухи та шкодять органам дихання (синильна кислота);

2) подразнюючі (хлор, аміак), що подразнюють поверхню слизових оболонок;

3) наркотичні (ацетон, бензин), що спричиняють нервові розлади;

4) отруйні (окис вуглецю), що впливають на організм у цілому.

У повітря приміщення і, як наслідок, до органів дихання людини шкідливі випари й газу потрапляють частіше у виробничих приміщеннях при виконанні технологічних процесів.

Оскільки зовсім уникнути трапляння шкідливих випарів і газів у повітря приміщення неможливо, їх вміст у повітрі визначається допустимими концентраціями (МДК), що виражаються в г/м^3 , мг/м^3 .

Величина МДК залежить від шкідливості речовини. Для шкідливих речовин, що впливають на людину односпрямовано необхідно щоб реалізовувалась наступна умова, повинна реалізуватися умова.

$$\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{МДК}_i} \leq I,$$

де C_i - концентрація i -го компонента, г/м^3 ;

МДК – гранично допустима концентрація цього компонента, г/м^3 ;

i - порядковий номер компонента;

n - кількість односпрямовано діючих компонентів, шт.

Для зменшення шкідливого впливу до МДК система вентиляції повинна подати до приміщення певний об'єм свіжого повітря, який визначають рівнянням:

$$L = \frac{C}{\text{МДК} - C_{\text{гр}}}, \text{ м}^3/\text{год},$$

де C - кількість шкідливості, що надходить до приміщення, г/год ;

МДК, $C_{\text{гр}}$ - відповідно МДК даної шкідливості та концентрація у припливному повітрі, г/м^3 .

Чинними нормами заборонено використання припливного повітря, в якому міститься більше 0,3 МДК шкідливості.

Герметизація обсягів повітря, в яких знаходяться шкідливі пари й гази, а також локалізація шкідливостей у місцях найбільших концентрацій

засобами витяжної вентиляції дозволяють значно зменшити об'єм повітря, що вентилюється, і знизити собівартість системи вентиляції.

Отже, завданням вентиляції є боротьба зі шкідливостями, що надходять до приміщення.

Шкідливостями є надлишки (а також нестача) теплоти й вологи, пил, шкідливі випари й газу. Шкідливості до приміщення можуть надходити при виконанні технологічного процесу від обладнання, а також з навколишнього середовища (пил, тепло, волога). Найбільш розповсюдженими шкідливостями є надлишки тепла й вологи у теплу пору року.

Теплообмін людини з навколишнім середовищем відбувається, зокрема, конвекцією та випаровуванням рідини з поверхні шкіри. Теплообмін інтенсифікується при зниженні температури й відносної вологості повітря, а також при збільшенні швидкості повітряного потоку.

Параметри зовнішнього повітря залежать від кліматичного району, в якому розташований географічний пункт, пори року, а також категорії параметрів (А або Б), що беруть до уваги залежно від характеру об'єкта і типу системи повітрообміну (припливно-витяжна вентиляція, системи кондиціонування I, II або III класу). Роль розрахункових параметрів зовнішнього повітря полягає в тому, що вони визначають необхідну потужність систем, яка повинна забезпечувати задані параметри внутрішнього клімату при певних розрахункових параметрах зовнішнього повітря.

Відповідно до СНіП 2.04.05-91 застосовують наступні категорії зовнішніх параметрів повітря:

а) при розрахунку на теплий період

категорія А - всі системи вентиляції,

- система кондиціонування повітря III класу,

категорія Б - система кондиціонування повітря I класу,
- система кондиціонування повітря II класу з коректуванням розрахункових значень температури і ентальпії;

б) при розрахунках на холодний період

- категорія Б - практично всі системи вентиляції та системи кондиціонування повітря.

Тема 3. Тепловий режим приміщень

Висока температура повітря в робочих приміщеннях може зумовлюватися характером технологічного процесу. При дослідженні мікроклімату в цехах металургійних заводів встановлено, що близько 30-40 % теплоти, яка потрібна за технологією виробництва, надходить у повітря виробничих приміщень. Оскільки повністю видалити надлишки теплоти, особливо влітку дуже важко, температура повітря в робочій зоні може досягати 30-40 °С і вище. Окремі короткочасні трудові операції потребують температури повітря 60-90 °С і вище. Наприклад, на цукрових заводах, згідно з технологією, під час сушіння рафінаду температуру повітря підтримують щонайменше 42 °С.

Висока температура повітря на окремих виробництвах поєднується з високою вологістю та інтенсивним інфрачервоним випромінюванням. Наприклад, у вугільних шахтах на глибині 800 м температура повітря досягає 30-32 °С при відносній вологості 89-95 %; на глибині понад 2000 м — 42-50 °С при такому самому рівні відносної вологості. На робочих місцях у доменному, мартенівському та прокатному цехах температура влітку часто перевищує 40 °С.

Отже, на виробництві причини високої температури повітря на робочих місцях можуть бути такі:

- нагрівання повітря в результаті контакту з технологічним обладнанням, призначеним для плавлення, нагрівання, сушіння, випалу різних матеріалів, а також з нагрітими до високої температури виробами та оброблюваними матеріалами (розплавлені метали, шлак, прокат чорних і кольорових металів тощо);
- теплота, що утворюється під час екзотермічних хімічних реакцій і виділяється крізь нещільності в обладнанні, трубопроводах у вигляді гарячої пари, нагрітих газів або в результаті перетворення електричної та механічної енергії;
- нагрівання повітря до температури гірничої маси у глибоких підземних виробках (вугільна, гірничорудна промисловість). Низька температура повітря у виробничих приміщеннях, так само, як і висока, зумовлюється характером технологічного процесу (холодильні камери, текстильне виробництво тощо) або внаслідок відсутності опалення в холодну пору року. При виконанні робіт на свіжому повітрі його температура залежить від метеорологічних умов певної місцевості.

Тема 4. Надходження газів і пилу в повітря приміщення

Найпоширенішими речовинами, що забруднюють атмосферу є оксид вуглецю (CO), двоокис вуглецю (CO₂) і сірки (SO₂), оксиди азоту (NO_x), летючі вуглеводи, пил. Різні заводи викидають пари кислот, лугів, органічних розчинників, ртуть і тощо.

Ливарні цехи містять в основному електродугові і індукційні печі та інше устаткування. Це найбільші джерела пилогазовиділення.

Термічні цехи обладнані нагрівальними печами на рідкому і газоподібному паливі. Вентиляційне повітря у цих цехах містить пари , аміаку, ціаністого водню та інших шкідливих речовин.

Зварювальні прокатні та ковальсько-пресовані цехи при обробці металу виділяють багато пилу, туману, кислот і мастил, токсичних газів. При зварюванні утворюється дрібнодисперстний пил, який на до 90% складається з субмікронних частинок. Для видалення окалини з поверхні гарячекатаної смуги застосовують сірчану і соляну кислоти. При цьому середній вміст кислоти в повітрі, що видаляється, досягає 3 г/м^3 . Газове і плазмове різання металів супроводжується виділенням дрібнодисперстного пилу CO , NO_x .

Гальванічні цехи та цеха механічної обробки металів використовують розчини сірчаної, соляної, азотної і плавикової (HF) кислот. Можливе виділення особливо токсичної пари ціаністих солей, хромової і азотної кислот та ін.

Лакофарбні цехи і цехи з виробництва неметалічних виробів зі склопластику, пластмаси, полімерів і при нанесенні фарби на поверхні виробів значно забруднюють навколишнє середовище. В цьому випадку в атмосферу з викидами потрапляють випари розчинників, фарб, SO , H_2S , CO , пари бензину, толуолу, ксилолу, пил і тощо. Особливо багато шкідливих речовин виділяється при виробництві пластмас синтаксичних волокон.

Викиди енергетичних установок ТЕЦ, котельних, автотранспорту і інших транспортних засобів визначаються видом використовуваного палива і режимами роботи агрегатів. При спалюванні органічного палива утворюється CO_2 і водяна пара. Але в атмосферу разом з ними потрапляють і домішки палива, продукти неповного згорання палива, оксид вуглецю, сажа, вуглеводні, бенз(о)пирен $\text{C}_{20}\text{H}_{12}$, оксиди сірки, азоту, свинцю PbO , а також урану і торію.

Автотранспорт викидає нетоксичні випари (N_2 , O_2 , H_2O (пара), H_2) і токсичні речовини (C_nH_m , NO_x , альдегіди, сажа, бенз(о)пропилен, свинець при використанні етилированого бензину).

Шкідливі речовини, що виділяються в атмосферу, можна розділити на наступні групи: тверді частинки і аерозолі; кислі компоненти SO_2 , SO_3 , H_2S , CO_2 , оксиди азоту галогени і їх сполуки; фосфор і його сполуки; аміак і інші азотні з'єднання; ртуть і інші метали і їх з'єднання; летючі розчинники. У атомній і деяких інших галузях промисловості трапляються викиди радіоактивних речовин.

Утворення пилу може відбуватися:

1. В результаті механічного подрібнення твердих тіл (при дробленні, розмелюванні, перемішуванні, стиранні, пересипці, транспортуванні).
2. При горінні палива (зольний залишок).
3. При конденсації пари (наприклад, при газів, що містять пари металів або інших речовин до температури конденсації цих речовин).
4. При хімічній взаємодії двох газів з утворенням твердого продукту.

Пил, що утворюється в результаті механічного подрібнення, зазвичай складається з діаметром від 5 до 50 мкм і більше. Пил створюючий при конденсації пари і хімічній взаємодії газів складаються з до 3 мкм. Пил утворений в результаті горіння, складаються в основному з діаметром від 5-70 мкм.

Пил – це найдрібніші частинки твердих або рідких речовин, які розсіяні в повітрі. Найдрібніші частинки твердої або рідкої речовини, які розсіяні в повітрі, також називають *дисперсною системою*. При цьому, повітря або газ називають *дисперсним середовищем*, а зважені частинки – *дисперсною фазою або аерозолем*. Частинки, що випали з повітря, називають *эрогелями*.

Розміри дисперсної фази виражаються в мікрометрах (мікронах) і позначаються - мкм. Дисперсний склад пилу визначають експериментально,

для цього найчастіше використовують прилади, які називають імпакторами. За дисперсністю пил класифікують на 5 груп:

I – дуже крупнодисперсний пил, $dm > 140$ мкм;

II - крупнодисперсний пил, $dm = 40 - 140$ мкм;

III- середньодисперсний пил, $dm = 10 - 40$ мкм;

IV - дрібнодисперсний пил, $dm = 1-10$ мкм;

V – дуже дрібнодисперсний пил, $dm < 1$ мкм;

Для цехів, де виділяються шкідливі речовини, повітрообмін визначають за кількістю шкідливих газів, парів, пилу, що надходять в робочу зону, з метою розчинення їх приливним повітрям до гранично допустимих концентрацій.

$$L = \frac{U}{k_1 - k_2},$$

де U — кількість шкідливих викидів в цеху, мг/год;

k_1 — гранично допустима концентрація шкідливих викидів в повітрі цеху, мг/м³;

k_2 — концентрація шкідливих речовин в припливному повітрі, мг/м³. Для цехів з виділенням надлишкового тепла кількість припливного повітря визначається з умови асиміляції цього тепла.

Тема 5. Надходження газів і пилу в повітря приміщення

Експерти Всесвітньої організації охорони здоров'я прийшли до однозначного висновку, що забруднення повітря житлових і службових приміщень є головним чинником ризику для здоров'я населення. За даними вчених, повітря в приміщеннях офісів і квартир в 4-6 разів брудніше і в 8-10 разів більш токсичне.

У повітрі приміщень містяться як природні алергени (пилкові, грибкові, бактеріальні і особливо небезпечні продукти життєдіяльності домашніх кліщів і тварин), так і хімічні агенти (тютюновий дим, органічні, неорганічні речовини та ін.).

Існує пряма залежність між якістю повітряного середовища проживання людей і кількістю легеневих захворювань. Разом з тим, міський житель змушений проводити в приміщенні близько 80% свого часу.

Забруднення повітря всередині приміщень пов'язують з цілою низкою негативних наслідків для здоров'я. У недавньому систематичному огляді ці зв'язки були кваліфіковані на основі наявних даних як значні, помірні і приблизні. У вище згаданій оцінці враховувалися тільки ті наслідки для здоров'я, зв'язок яких із забрудненням повітря всередині приміщень був кваліфікований як значний. Є переконливі докази того, що забруднення повітря всередині приміщень підвищує ризик розвитку пневмонії у дітей у віці до п'яти років, а також хронічних захворювань дихальних шляхів і раку легенів (при використанні вугілля) у людей старше 30 років. Зв'язок раку легенів, астми, катаракти та туберкульозу з впливом диму в результаті спалювання палива з біомаси був визнаний помірним. На основі обмеженої кількості досліджень можна припустити зв'язок між забрудненням повітря всередині приміщень і несприятливими наслідками вагітності, зокрема, народженням дітей з низькою вагою, ішемічною хворобою серця, а також із раком носоглотки і гортані.

У той час як точний механізм розвитку хвороб в результаті впливу забрудненого повітря досі не ясний, відомо, що дрібні частинки і деякі інші забруднювачі, що містяться в задимленому повітрі усередині приміщень, викликають запалення дихальних шляхів і легенів, а також послабляють імунну реакцію організму. Чадний газ також надає систематичний негативний вплив шляхом зниження здатності крові переносити кисень.

Гази та пари шкідливих речовин надходять у повітря приміщені, при технологічних процесах, при диханні людини та при випаровуванні з поверхні тіла організму. Фізіологічна дія різних газів та пару залежить від їх токсичності, концентрації у повітрі, а також від часу перебування людини у забрудненій атмосфері. *Концентрація шкідливої речовини* - це її маса в одиниці об'єму (мг/м ; г/м³; кг/м³).

До окремої групи шкідливостей відноситься *пил*, який є матеріальною системою малих частинок твердої чи рідкої речовини. Пил утворюється при помолі, дробленні, стиранні чи механічній обробці поверхонь тощо. За походженням пил буває органічним, неорганічним або змішаним. Запиленість вимірюється масою пилу в одиниці об'єму (мг/м³), або числом частинок у 1 м³ повітря.

ЗМ 1.2. Фізичні основи вентиляції

Тема 6. Організація повітрообміну в приміщенні

Вентиляція - це організований повітрообмін, що здійснюється з метою створення у приміщенні допустимих параметрів повітряного середовища.

Кондиціювання повітря є вищим ступенем організації системи вентиляції, основною метою якого є створення та автоматичне підтримання у приміщенні оптимальних параметрів повітряного середовища.

Повітрообміном називається заміна забрудненого повітря, яке знаходиться в приміщенні, на чисте повітря.

Допустимими називають параметри повітряного середовища, які при тривалому й систематичному впливі на людину можуть викликати зміну теплового стану організму, що супроводжується перенапругою механізмів терморегуляції, зниженням працездатності, але не виводить організм людини за межі фізіологічних пристосувальних можливостей. При цьому, можуть спостерігатися дискомфортні тепловідчуття, погіршення самопочуття, але не порушується стан здоров'я людини.

Оптимальними називаються параметри повітряного середовища, які при тривалому й систематичному впливі на людину забезпечують збереження нормального теплового стану організму без напруження реакції терморегуляції. Вони забезпечують почуття теплового комфорту і створюють умову для високої працездатності.

Метеорологічні параметри:

температура, t , °C (K);

відносна вологість, φ , %;

швидкість повітря, v , м/с.

Робоча зона (зона обслуговування) - це простір, обмежений за висотою 2 м над рівнем підлоги, на якому знаходяться місця постійного (непостійного) перебування людей.

Мікроклімат приміщення - це метеорологічні умови внутрішнього середовища приміщення, що визначаються поєднанням сполученнями температури, відносної вологості, швидкості пересування повітря і теплового випромінювання, які впливають на людину.

Теплий період року характеризується режимом роботи системи припливної вентиляції без підігріву повітря.

Холодний період року характеризується такими параметрами зовнішнього повітря, при яких системи вентиляції або системи кондиціонування повітря даного об'єкта потребують підігріву повітря.

Таким чином, теплий і холодний періоди року визначаються характеристикою тепловологісного режиму об'єкта та особливостями систем вентиляції.

Тема 7. Класифікація систем вентиляції

Системи вентиляції класифікуються:

- за призначенням:

припливна, витяжна, припливно-витяжна;

- за принципом організації повітрообміну:

загальнообмінна, місцева припливна, місцева витяжна;

- за способом спонукання повітря до руху:

природна, механічна;

- за конструктивними особливостями:

канальна, безканальна.

Завданням припливної вентиляції є подача в приміщення повітря, яке забезпечує потрібні метеорологічні умови.

Завданням витяжної вентиляції є видалення забрудненого повітря із приміщення.

Припливно-витяжною називається система вентиляції, що здійснює для даного приміщення приплив і видалення повітря, при цьому обсяги припливу й витяжки певним чином збалансовані між собою.

Можлива самостійна робота припливної або витяжної системи у приміщенні. При цьому, видалення повітря здійснюється природною вентиляцією через витяжні канали або нещільності огорож, а приплив - через нещільності огорож.

Загальнообмінна вентиляція передбачає видалення повітря з усього приміщення і використовується у випадках:

- відсутності фіксованих місць виділення шкідливостей;
- визначення необхідного повітрообміну за умови розчину шкідливостей до допустимих концентрацій;
- при здійсненні вентиляції по всій площі зони обслуговування.

При загальнообмінній вентиляції можливий оптимальний вибір взаємного розташування місць подачі та видалення повітря з приміщення.

Місцеву припливну вентиляцію встановлюють для створення заданих метеоумов в обмеженому просторі приміщення або здійснення “бар’єрної” функції для небажаних пересувань повітря (створення повітряного оазису, повітряного душу для обслуговування людей, які працюють біля поверхонь з

високою температурою, повітряної завіси, що заважає прориву холодного повітря через періодично або постійно відкриті двері або транспортні ворота).

Місцеву витяжну вентиляцію облаштовують з метою видалення шкідливостей в місцях їх найбільших концентрацій. Це дозволяє обмежитися мінімальним обсягом витяжки й забезпечити мінімум експлуатаційних витрат.

Перевагами механічної вентиляції порівняно з природною є:

- повітрообмін, який здійснюється незалежно від зовнішніх метеорологічних умов;
- забезпечення подачі повітря у заданій кількості й до заданого місця зони обслуговування;
- можливість очищення від пилу та тепловологісна обробка повітря до заданих параметрів перед його подачею до приміщення.

Цей перелік не містить усіх позитивних характеристик механічної вентиляції, але слід назвати її суттєвий недолік - великі капітальні й експлуатаційні витрати. Остання обставина й визначила практику, що склалася: намагатися вирішити поставлені завдання найперше засобами природної вентиляції.

Припливні й витяжні системи механічної вентиляції відрізняються одна від одної складом технологічних блоків.

Припливні системи складаються з таких блоків:

- повітроприймального пристрою, через який припливне повітря надходить у припливну камеру (рис. 12);
- фільтра повітряного, що забезпечує очищення припливного повітря від атмосферного пилу;

- повітрянагрівача, який забезпечує підігрів припливного повітря в холодний період року;

- вентилятора, за допомогою якого забезпечується подача заданого обсягу повітря та подолання аеродинамічного опору технологічних блоків у повітророзподільній мережі;

- повітроводів з приладами регулювання і подачі повітря до приміщення, що обслуговується.

Фільтри, повітрянагрівачі й вентиляторні установки припливних вентиляційних систем прийнято компонувати в окремому будівельному обсязі, що називається припливною камерою. Припливна камера з'єднується повітроводами з припливною шахтою.

Системи витяжної вентиляції, завданням яких є видалення забрудненого повітря, простіші за складом обладнання. Вони включають мережі повітроводів з регульованими приладами, які забезпечують видалення заданого обсягу повітря з приміщення при загальнообмінній витяжній вентиляції, або задану швидкість забрудненого повітря в повітроприймальних насадках місцевої витяжної вентиляції. Очищення вентиляційних викидів в системах витяжної вентиляції громадських і адміністративно-побутових будівель не потрібне.

У деяких випадках склад обладнання припливної і витяжної систем вентиляції може відрізнятися від вищепереліченого.

При проектуванні систем механічної вентиляції треба керуватися положеннями.

Згідно з нормами, механічну вентиляцію слід передбачати у випадках:

- коли метеорологічні умови і чистота повітря не можуть бути забезпечені природною вентиляцією;

- для приміщень і зон приміщень, в яких неможлива природна вентиляція.

Можливе застосування змішаної вентиляції з частковим використанням природного припливу або вилучення повітря.

Очищення повітря від пилу в системах механічної вентиляції треба проектувати так, щоб вміст пилу в припливному повітрі не перевищував:

- МДК для атмосферного повітря населених пунктів при подачі повітря до приміщень житлових і громадських будівель;

30% МДК у повітрі робочої зони - при подачі його до приміщень виробничих і адміністративно-побутових будівель.

Штучна (механічна) вентиляція, на відміну від природної, дає можливість очищувати повітря перед його викидом в атмосферу, уловлювати шкідливі речовини безпосередньо біля місць їх утворення, обробляти припливне повітря (очищувати, підігрівати, зволожувати), більш цілеспрямовано подавати повітря до робочої зони. Окрім того, механічна вентиляція дає можливість організувати повітрозабір в найбільш чистій зоні території підприємства і навіть за її межами.

Системи припливної вентиляції житлових, громадських і адміністративно-побутових приміщень, сумісні з повітряним опаленням, треба проектувати з резервним вентилятором або проектувати не менш двох систем. При перебоях у роботі вентилятора дозволяється зниження температури повітря в приміщенні нижче від норми, але не менше ніж на 5⁰С. При цьому, до обслуговуваних приміщень, треба подавати повітря з розрахунку 60 м³/год на одну людину, якщо це приміщення не має природної вентиляції. Щодо приміщень, в яких люди знаходяться до трьох годин безперервно, можна обмежитися нормою 20 м³/год на одну людину.

Залежно від схеми постачання припливного повітря до приміщення застосовують конкретні схеми пристроїв для розподілу повітря в приміщенні.

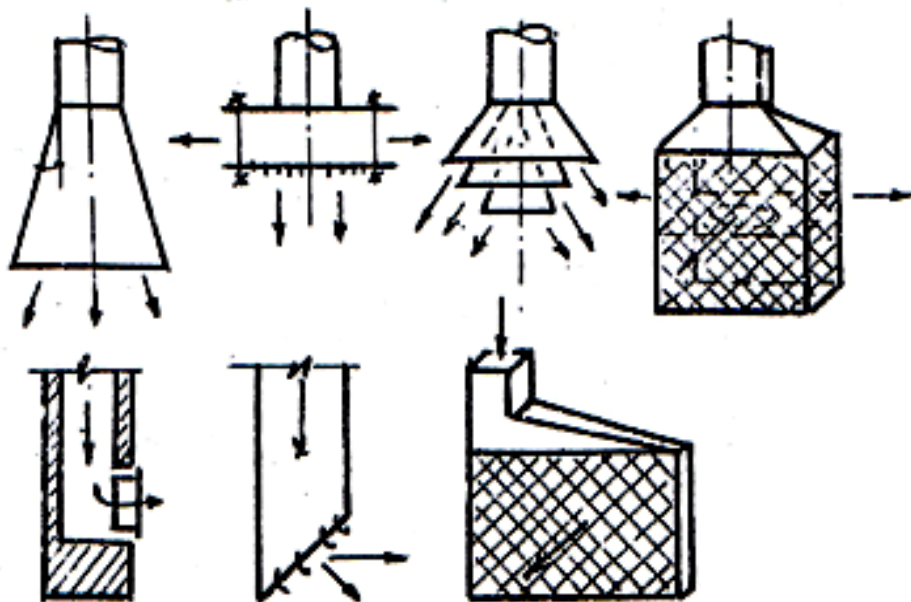


Рис. 13- Пристрої для розподілу припливного повітря у приміщеннях

Загальнообмінна вентиляція забезпечує створення необхідного мікроклімату та чистоту повітряного середовища на всій площі робочої зони приміщення. Її встановлюють для видалення надлишкового тепла при відсутності токсичних виділень, а також у випадках, коли характер технологічного процесу та особливості виробничого устаткування передбачає можливість використання місцевої витяжної вентиляції.

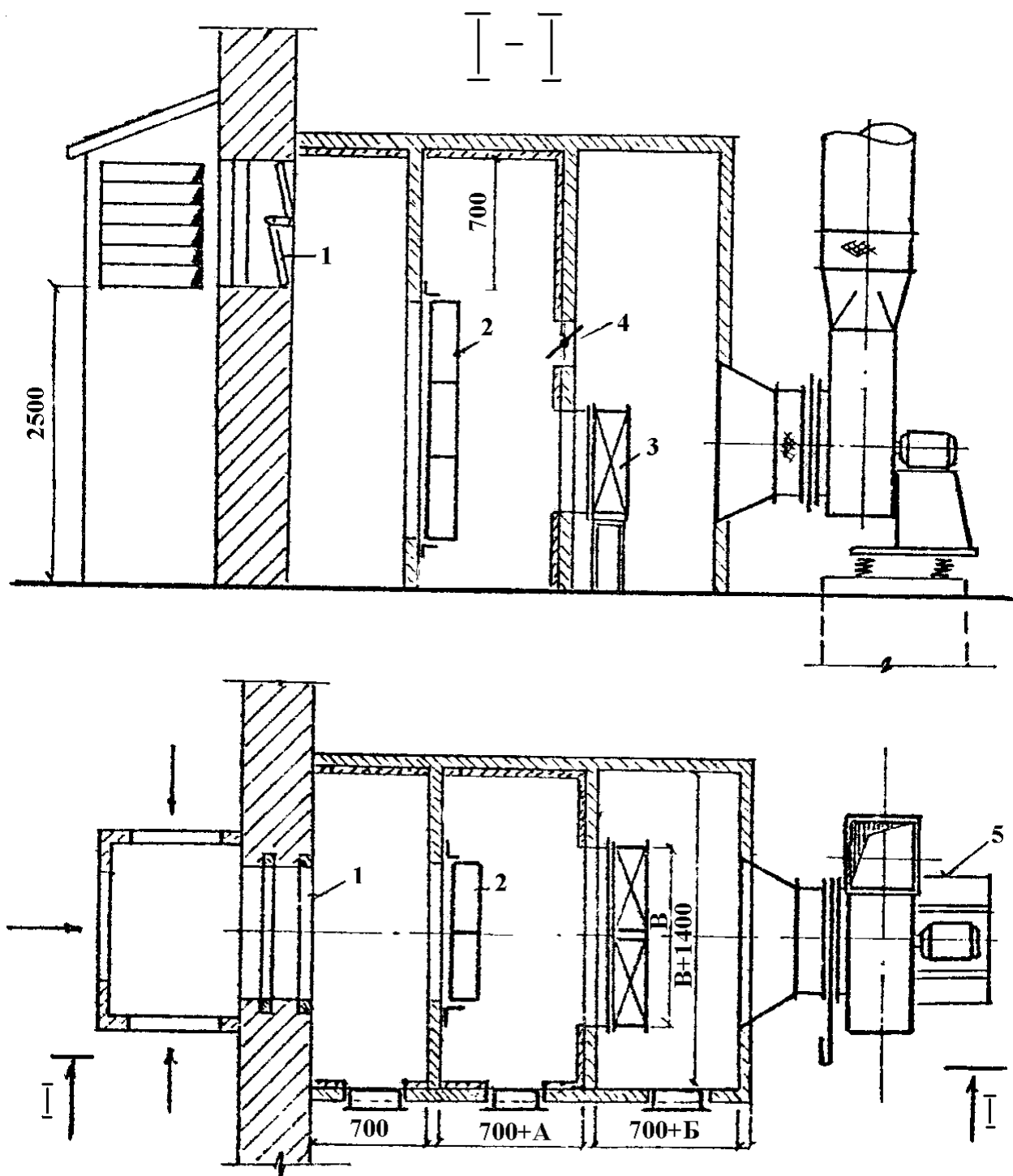


Рис. 12 - Припливна камера:

1 - клапан теплий; 2 - фільтр повітря; 3 - повітрянагрівач;

4 - клапан обводу; 5 - вентилятор

Розрізняють чотири основні схеми організації повітрообміну при загальнообмінній вентиляції: зверху вниз, зверху вверх, знизу вверх, знизу вниз (рис. 14).

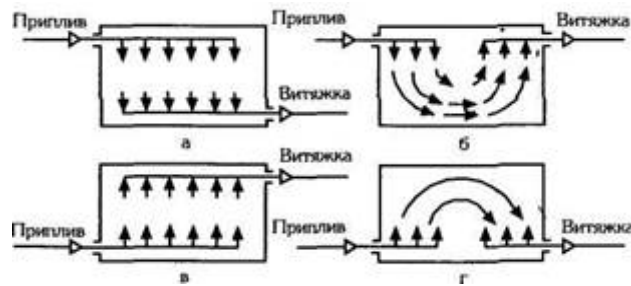


Рис. 14 - Схема організації повітрообміну при загальнообмінній вентиляції

Схеми зверху вниз (рис. 14 а) та зверху вверх (рис. 14 б) доцільно застосовувати у випадку, коли припливне повітря в холодну пору року має температуру нижчу ніж температура приміщення. Припливне повітря перш ніж досягти робочої зони нагрівається за рахунок повітря приміщення. Інші дві схеми (рис. 14 в та 14 г) рекомендується використовувати тоді, коли припливне повітря в холодний період року підігрівається і його температура вища ніж температура внутрішнього повітря.

Якщо у виробничих приміщеннях виділяються гази та пари з густиною, що перевищує густину повітря (наприклад, пари кислот, бензину, гасу), то загальнообмінна вентиляція має забезпечувати видалення 60% повітря з нижньої зони приміщення та 40% — з верхньої.

Якщо густина газів менша за густину повітря, то видалення забрудненого повітря відбувається у верхній зоні.

Схема припливної механічної вентиляції (рис.15) включає: повітрозабірний пристрій -1; фільтр для очищення повітря - 2; повітронагрівач (калорифер) - 3; вентилятор - 5; мереж повітроводів - 4 та припливні патрубки з насадками - 6. Якщо нема необхідності підігрівати

припливне повітря, то його пропускають безпосередньо у виробничі приміщення через обвідний канал - 7.

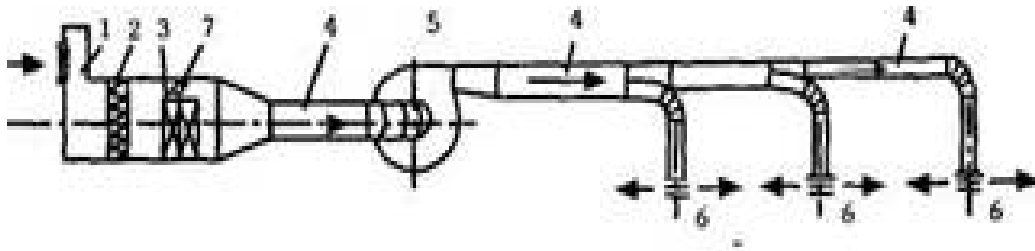


Рис. 15 - Схема припливної вентиляції.

Повітрязбірні пристрої необхідно розташовувати в місцях, де повітря не забруднене пилом та газами. Вони повинні знаходитись і нижче 2 м від рівня землі, а від викидних каналів витяжної вентиляції по вертикалі — нижче 6 м і по горизонталі — не ближче 25 м.

Припливне повітря подають до приміщення, як правило, розсіяним потоком, для цього використовують спеціальні насадки.

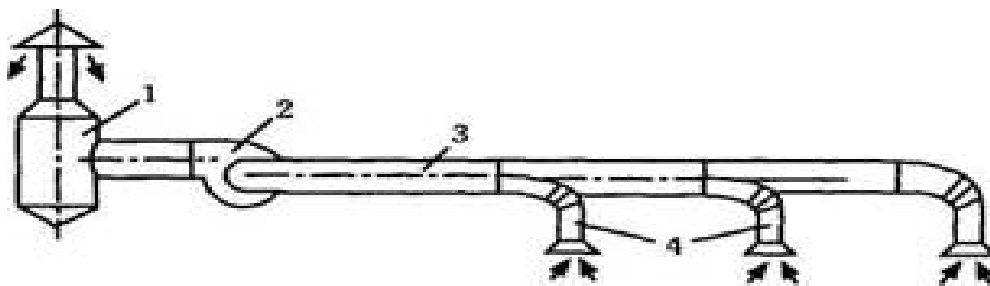


Рис. 16 - Схема витяжної вентиляції

Витяжна вентиляція (рис. 16) складається із очисного пристрою - 1, вентилятора - 2, центрального та відсмоктуючих повітроводів – 3,4.

Повітря після очищення необхідно викидати на висоті не менше ніж 1 м над гребенем даху. Забороняється робити викидні отвори безпосередньо у вікнах.

В умовах промислового виробництва найбільш поширеною є припливно-витяжна система вентиляції із загальним припливом у робочу зону та місцевою витяжкою шкідливих речовин безпосередньо з місць їх утворення.

У виробничих приміщеннях, де виділяється значна кількість шкідливих газів, парів, пилу витяжка повинна бути на 10% більшою ніж приплив, щоб шкідливі речовини не витіснялись у суміжні приміщення з меншою шкідливістю.

В системі припливно-витяжної вентиляції можливе використання не лише зовнішнього повітря, але й повітря самих приміщень після його очищення. Таке повторне використання повітря приміщень називається рециркуляцією і здійснюється в холодний період року для економії тепла витраченого на підігрівання припливного повітря. Однак можливість рециркуляції зумовлена цілою низкою санітарно-гігієнічних та протипожежних вимог.

Місцеву припливну вентиляцію, при якій відбувається концентроване подання припливного повітря заданих параметрів (температури, вологості, швидкості руху), виконують у вигляді повітряних душів, повітряних та повітряно-теплових завіс.

Повітряні душі використовують для запобігання перегріванню робітників у гарячих цехах, а також для утворення так званих повітряних оазисів (ділянок виробничої зони, які значно відрізняються своїми фізико-хімічними характеристиками від решти площі приміщення).

Повітряні та повітряно-теплові завіси призначені для запобігання надходження до приміщення значних мас холодного зовнішнього повітря при необхідності частого відкривання дверей чи воріт. Повітряну завісу створюють струменем повітря, що подається з вузької довгої щілини, під деяким кутом назустріч потоку холодного повітря. Канал зі щілиною розміщують збоку чи зверху воріт (дверей).

Місцеву витяжну вентиляцію облаштовують за допомогою місцевих витяжних зонтів, всмоктуючих панелей, витяжних шаф, бортових відсмоктувачів (рис. 17).

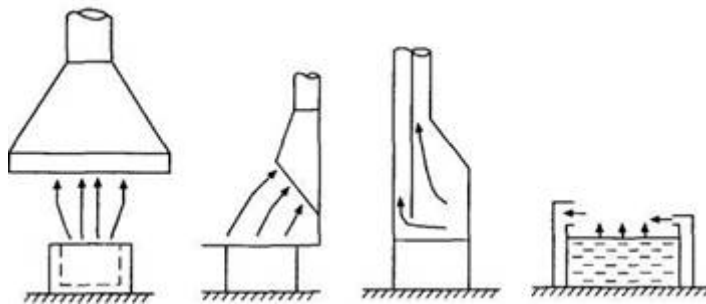


Рис. 17 - Приклади місцевої витяжної вентиляції:

а — витяжна парасоля, б — всмоктувальна панель, в — витяжна шафа з комбінованою витяжкою, г — бортовий відсмоктувач з передувом

Конструкція місцевої витяжки повинна забезпечити максимальне вловлювання шкідливих виділень при мінімальній кількості вилученого повітря. Крім того, вона не має бути громіздкою та заважати обслуговуючому персоналу працювати і спостерігати за технологічним процесом.

Основними чинниками при виборі типу місцевої витяжки є характеристики шкідливих виділень (температура, густина парів, токсичність), положення робітника при виконанні роботи, особливості технологічного процесу та устаткування.

У випадках, коли джерело виробничих шкідливостей можна розмістити всередині простору, обмеженого стінками, місцеву витяжну вентиляцію облаштовують у вигляді витяжних шаф, кожухів, вітринних відсмоктувачів. Якщо за умовами технології або обслуговування джерело шкідливостей не можна ізолювати, тоді встановлюють витяжну парасоль або всмоктувальну панель. При цьому, потік повітря, що видаляється, не повинен проходити через зону дихання робітника.

Окремим випадком місцевої витяжної вентиляції є бортові відсмоктувачі, якими обладнують ванни (гальванічні, травильні) чи інші ємкості з токсичними рідинами, оскільки необхідність використовувати при їх завантаженні підйимально-транспортного обладнання робить неможливим використання витяжних парасоль та всмоктувальних панелей. При ширині ванни 1 м і більше необхідно встановлювати бортовий відсмоктувач з передувом (рис. 17 г), у якого з одного боку ванни повітря відсмоктується, а з іншого — надходить. До того ж, рухоме повітря ніби екранує поверхню випаровування токсичних рідких продуктів.

Припливна природна вентиляція може відбуватися під впливом тепловиділень у приміщенні й вітрового тиску зовнішнього повітря. Спеціальним чином регульована припливна природна вентиляція називається аерацією.

Витяжна природна канална вентиляція застосовується в житлових, громадських та адміністративно-побутових будинках для видалення забрудненого повітря.

При природній вентиляції повітрообмін здійснюється за рахунок різниці щільності зовнішнього і внутрішнього повітря приміщення, а також за рахунок дії вітру.

Різниця щільності повітря зумовлена різницею його температур, а дія вітру на огорожі будівель створює надлишковий тиск з навітряного боку будівлі, що дозволяє повітрю проникати всередину будівлі через вентиляційні отвори (фрамуги) або нещільності огорожі.

Регульований повітрообмін при природній вентиляції називається **аерацією**. Аерація, що здійснюється під дією різниці щільності повітря, можлива в будівлях будь-якого призначення. Аерацію застосовують, як правило, в цехах зі значними тепловиділеннями, якщо концентрація пилу і шкідливих газів у припливному повітрі не перевищує 30% МДК робочої зони. У цьому випадку великі обсяги повітря, що надходять природним шляхом до будівлі й асимілюють надлишки теплоти або інші шкідливості, роблять аерацію найбільш економічним і ефективним засобом повітрообміну.

Однак аерація має і суттєві недоліки:

- відсутність можливості надійного регулювання температури на площі робочої зони;
- не можна застосовувати попереднє очищення повітря від пилу.

Проблеми аерації досить актуальні для вентиляції багатопрольотних цехів.

Циркуляція потоків повітря загальною визначається наступними факторами:

- місцезоташуванням джерела теплоти за висотою приміщення;
- інтенсивністю джерела теплоти;
- відношенням площі джерела теплоти і приміщення.

При аерації немає можливості ефективного регулювання повітрообміну. Причина в тому, що, хоча вітер є завжди, швидкість і напрям руху повітряних мас при вітрі суттєво змінні.

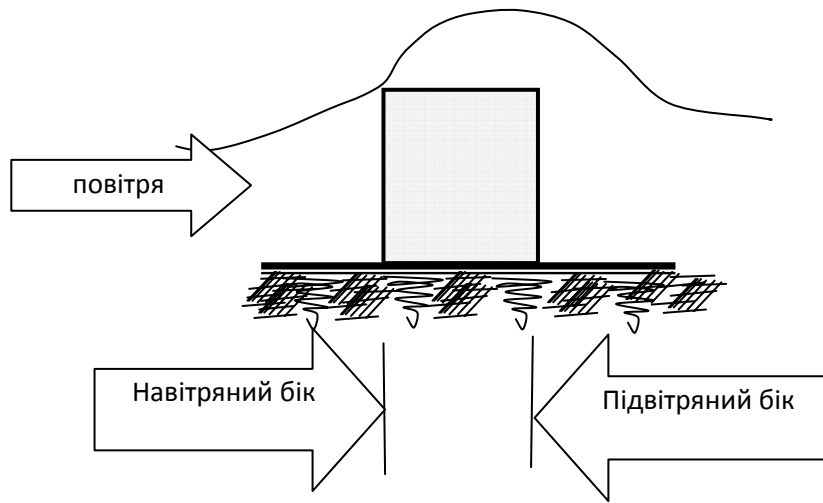


Рис.18 - Схема обтікання будівлі потоком повітря

Схема обтікання будівлі потоком повітря подана на рис.18. При взаємодії потоку з навітряним боком будівлі змінюються напрямок і швидкість потоку. З навітряного боку формується надлишковий тиск, а з підвітряного-негативний. Величини цих тисків залежать від швидкості вітру, конфігурації будівлі, кута між напрямком швидкості потоку й стіною будівлі.

Вітровий тиск (динамічний тиск) на поверхню огорожень визначається за формулою:

$$P_0 = K \frac{\rho \cdot v^2}{2},$$

де K - безрозмірний аеродинамічний коефіцієнт;

v - швидкість вітрового потоку в незбуреному перерізі, м/с.

Величину K визначають шляхом продувки моделей будівлі в аеродинамічній трубці.

Розподіл тисків зусіх боків будівлі простішої форми при зміні кута вітрового потоку показано на рис. 19

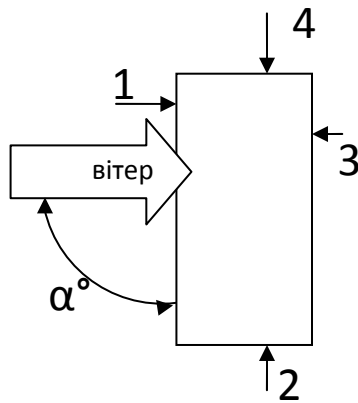


Рис. 19 - Схема дії вітрового потоку на будівлю

α° ,	Бік з $K>0$	Бік з $K<0$
90-60	1	2; 3; 4
45-30	1; 2	3; 4
15-0	2	1; 3; 4

Дані таблиці дозволяють визначити, через які приміщення будівлі відбувається надходження припливного повітря, а через які найдоцільніше видаляти повітря. Отже, враховуючи домінуючі напрямки вітру в даній місцевості, слід визначити призначення приміщень.

Нижче наведені загальні положення для розрахунку аерації з використанням вітрового тиску. Цей вид аерації можна успішно застосовуватися в житлових, громадських і адміністративно-побутових будівлях протягом теплої пори року. Рекомендується наступний порядок виконання розрахунку:

1. Відповідно для даного географічного пункту визначають швидкість вітру v протягом теплої пори року. Дані місцевої метеослужби про домінуючі напрямки вітру накладають на орієнтований по сторонах світу план

приміщень, які вентилюються, та роблять висновок про доцільність використання аерації в конкретному випадку.

2. Визначають динамічний тиск вітру визначають за формулою викладеною вище.

3. Знаходять тиск в площині фрамуг $P_{\text{нав}}$ і $P_{\text{підв}}$ відповідно з навітряного й підвітряного боку будівлі:

$$P_{\text{нав}} = K_{\text{нав}} P_d, \text{ Па};$$

$$P_{\text{підв}} = K_{\text{підв}} P_d, \text{ Па},$$

де $K_{\text{нав}}$, $K_{\text{підв}}$ - відповідно аеродинамічні коефіцієнти навітряного та підвітряного боку будівлі. При їх відсутності для орієнтовних розрахунків будівель простої форми можуть бути використані значення: $K_{\text{нав}} = 0,6$; $K_{\text{підв}} = 0,3$.

4. У кожному вентилюємому приміщенні, є припливні й витяжні фрамуги, в кожній з яких буде витрачена частина тиску $P_{\text{розп}}$:

$$P_{\text{розп}} = \Delta P_{\text{пр}} + \Delta P_{\text{рух}}, \text{ Па} ,$$

де $\Delta P_{\text{пр}}$, $\Delta P_{\text{рух}}$ - тиск, що витрачається в припливних та витяжних фрамугах, Па.

Якщо всередині приміщення встановити деякий тиск $P_{\text{п}}$, тоді

$$\Delta P_{\text{пр}} = P_{\text{нав}} - P_{\text{п}};$$

$$\Delta P_{\text{рух}} = P_{\text{п}} - P_{\text{підв}}.$$

Природня канална витяжна вентиляція широко застосовується в житлових, громадських та адміністративно-побутових будівлях. Вентиляція працює під дією гравітаційних сил, зумовлених різницею температур

внутрішнього і зовнішнього повітря. Гравітаційний тиск визначають за формулою:

$$P_{гр} = g H (\rho_з - \rho_{вн}), \text{ Па,}$$

де H - різниця позначок центра повітроприймальної решітки і гирла шахти, м

$\rho_з, \rho_{вн}$ - відповідно щільності зовнішнього і внутрішнього повітря, кг/м^3 .

Механізм дії такої системи у своїй основі аналогічний аерації під дією надлишків теплоти.

При розрахунках систем щільність зовнішнього повітря - при температурі $t_з = 5 \text{ }^\circ\text{C}$, а щільність внутрішнього повітря визначається при розрахунковій температурі холодного періоду.

Витяжні вертикальні канали в житлових та громадських будівлях обладнують усередені внутрішніх цегляних стін або приєднують до перегородок у вигляді вентиляційних блоків, рис. 21, виготовлених на заводі з шлако- або вапногіпсових плит. Кожне приміщення, що вентилюється, обладнують індивідуальним витяжним каналом.

Витяжні вертикальні канали природної вентиляції об'єднують розташованим на горищі (або в підшивці до сумісного покриття безгорищної будівлі) збірним вентиляційним коробом, рис.22. Такий короб з'єднує канали лише функціонально однотипних приміщень. Витяг із санвузлів у всіх випадках об'єднуються у самостійну систему. Збірні короби монтують з пустотних плит (шлакогіпсових плит та інших матеріалів), які забезпечують теплоізоляцію внутрішньої поверхні каналу і герметичність конструкції.

Витяжну шахту виготовляють з легкого бетону. Її висоту визначають розрахунком необхідного тиску для верхніх поверхів будівлі, які знаходяться в найбільш несприятливих умовах.

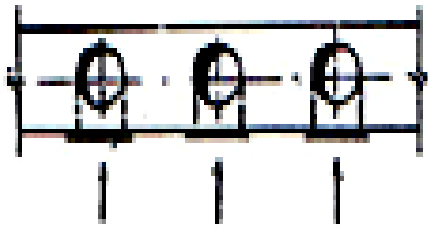


Рис. 21 - Розташування каналів збірних у вентиляційному блоці

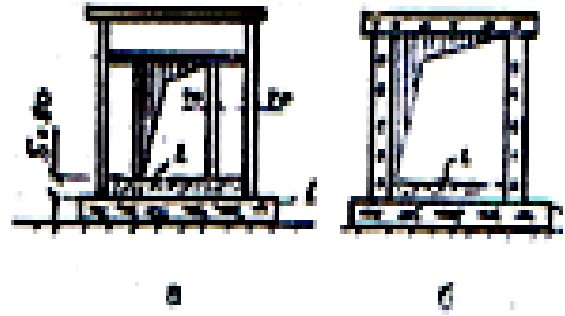


Рис. 22 - Улаштування короба на горищі

а) із шлагогіпсових плит;

б) із порожніх плит;

1 - дошка (товщина 40 мм);

2 – гіпс

Витяжна шахта закінчується оголовком, що запобігає потраплянню атмосферних опадів усередину шахти, або дефлектором. На житлових будівлях встановлювати дефлектори не рекомендується.

Швидкість повітря у вертикальних каналах верхніх поверхів будівлі слід приймати 0,6 м/с. Для кожного поверху, розташованого нижче, необхідно збільшувати швидкість на 0,1 м/с, але не більше 1 м/с.

ЗМ1.3. Технічні основи вентиляції

Тема 8. Конструктивне виконання вентиляційних систем у житлових і громадських будинках

Вибір системи вентиляції залежить від призначення будинку, його площі, характеру виділяємих шкідливостей та вимог, які висувають до системи вентиляції. Кількість вентиляційного повітря визначають згідно норм повітрообміну в приміщеннях на основі розрахунків.

Для систем загальобмінної вентиляції, а також у приміщеннях з місцевими відсмоктувачами, температуру повітря розраховують відповідно до параметрів А. Для систем вентиляції лабораторій обладнують витяжку з навчальних майстерень і приміщень з місцевими відсмоктувачами, що не допускає зниження повітрообміну в приміщенні, припливні системи визначаються відповідно параметрів Б.

Будинки гуртожитків

Гуртожитки необхідно забезпечити витяжною природною каналною вентиляцією в спальних кімнатах і у всіх допоміжних приміщеннях, за винятком вестибюлю. Штучну припливно-витяжну вентиляцію облаштовують у пральній, гладильній, сушильній для одягу і взуття кімнатах. Кількість повітря, що видаляється, у цих приміщеннях має бути більше припливного на 1/3. Вентиляція ізоляторів проектується витяжна, природна з відособленою системою.

Готелі

Готелі проектують, як правило, з природною витяжкою в номерах. В IV будівельно-кліматичній зоні допускається штучна вентиляція. У районах із зовнішньою температурою повітря (найбільш холодної п'ятиденки) 40°C і нижче варто передбачати штучну припливну вентиляцію з нагріванням повітря, а при необхідності, зі зволоженням зовнішнього повітря, що подають у холодний і перехідний періоди року. При наявності в номерах

санітарних вузлів витяжку з житлової частини номерів проектуєть через санітарні вузли. У районах із зовнішньою температурою повітря (найбільш холодної п'ятденки) 15 °С і нижче в тамбурах головних входів до готелів і ресторанів облаштовуються повітряно-теплові завіси з забором теплового повітря з вестибюлів.

Адміністративні установи і проектні організації

Адміністративні установи і проектні організації проектуєть з припливно-витяжною механічною вентиляцією. У будинках де працюють 600 чоловік і більше, а також у будинках заввишки понад десять поверхів у кліматичних районах з розрахунковою зовнішньою температурою 15 °С і нижче (параметр Б) біля головних входів облаштовують повітряно-теплову завісу з забором повітря з верхній зони вестибюлю. Усі приміщення будинку, за винятком конференц-залів, приміщень громадського харчування і кіноапаратного комплексу варто забезпечити єдиною системою припливної вентиляції. Подача припливного повітря передбачаєть тільки до приміщень основного призначення (конференц-залу, обідні зали, кухні (з балансу але не менш 30 %) і вестибюлі. У системах припливної вентиляції, як правило, встановлюють системи очищення, а взимку також нагрівання та зволоження повітря.

Самостійні системи штучної вентиляції встановлюють для санітарних вузлів, холів, коридорів, кімнат для курців, приміщень громадського харчування, копіювальних-монтажних служб, акумуляторних кінопроекційних. Для конференц-залів передбачаєть самостійна система природної вентиляції з пристроями для перекиду тяги.

Санаторії

Санаторії обладнують припливно-витяжною вентиляцією. Припливне повітря потрібно подавати в наступні приміщення: водогрязьолікувальні, загальні роздягальні біля душових у кабінети парафіноозокеритолікувальні,

інгаляції, електросвітлолікувальна, рентгенівські кабінети, обідні та глядацьки зали, кіноапаратні. В інші приміщення повітря подають через коридори, а біля дверей, на стінах і перегородках прилаштовують отвори з решітками. У рентгенівському кабінеті приплив повітря проектують у верхній зоні, витяжка - 80 % з нижньої зони і 20 % - з верхньої зони.

У спальних кімнатах де є санітарний вузол, витяжку облаштовують через санітарний вузол.

При розташуванні обіднього залу поряд з варильним залом, приплив повітря проектують до обіднього залу, а витяжку з варильного залу. Над плитою встановлюють кільцевий витяжний повітропровід. Витяжку над плитою проектують з розрахунку видалення 60 % тепла плити, інші 40 % видаляють за допомогою загальобмінної вентиляції.

Лікарні та поліклініки

Лікарні та поліклініки обладнують штучною припливно-витяжною вентиляцією, за винятком інфекційних відділень, де витяжна вентиляція допускається тільки природна (з дефлекторами) і окрема для кожного боксу чи напівбоксу. Встановлення фільтрів у припливних системах обов'язкова. Бактеріологічні фільтри встановлюють у припливних системах операційних, наркозних, пологових, реанімаційних, післяопераційних, палатах інтенсивної терапії, одноліжкових двомісних палатах для хворих з опіками шкіри. Кондиціонування повітря необхідне в операційних, наркозних пологових, післяопераційних, реанімаційних палатах інтенсивної терапії, одноліжкових і двомісних палатах хворих з опіками шкіри, для 50 % ліжок у відділеннях для грудних і новонароджених дітей, 40 % ліжок у відділеннях недоношених і травмованих дітей 60 - 70 % ліжок. Окремі системи вентиляції проектують для: операційних блоків, реанімаційних, пологових, лабораторій, рентгенівських, грязьолікувальних і водолікувальних кабінетів, приміщень

сірководневих і радонових ванн, лабораторій для приготування розчинів радону, санітарних вузлів, холодильних камер, боксів.

Дитячі садки

Дитячі садки і яслі обладнуються природною витяжною вентиляцією у всіх основних приміщеннях. Штучну припливну-витяжну вентиляцію проектують в кухнях, вбиральнях і пральних приміщеннях. У шафах для сушіння верхнього одягу дітей встановлюють витяжну вентиляцію з витратою повітря 10 м³/год на кожну шафу.

Загальноосвітні школи і школи інтернати

Загальноосвітні школи і школи інтернати обладнують припливно-витяжною вентиляцією.

Приплив повітря до навчальних й вчительських приміщень штучний. Витяжка з навчальних і вчительських приміщень природня. Механічну витяжну вентиляцію облаштовують у санітарних вузлах і в приміщеннях з місцевими відсмоктувачами: хімічної лабораторії з витяжною шафою, майстерень з відсмоктувачем від верстатів та ін. При суміжному розташуванні вбиральні й умивальної кімнат витяжку роблять тільки з убиральні. У душових - тільки в кабінах. Якщо душових сіток 5 і більше приплив повітря проектують у роздягальні приміщення. У приміщеннях кухні, мийної і убиралень облаштовують самостійні системи вентиляції. Вентиляцію їдальні і буфету проектують згідно з нормами підприємств громадського харчування. Вентиляція навчальних приміщень і вчительських розрахована на асиміляцію надлишкового тепловиділення, вологовиділення і вуглекислого газу для того, щоб температура внутрішнього повітря коливалася в межах 16 - 22° С, вологість 30-60%, вміст CO₂ до 1 л/м³.

Середні спеціальні установи

Середні спеціальні навчальні заклади обладнують вентиляцією, проєктованої за нормами для ВНЗ. У районах з розрахунковою температурою зовнішнього повітря в холодний період – 15 °С і нижче, біля входів у вестибюль при проходженні понад 400 осіб/год передбачають повітряні теплові завіси.

Вищі навчальні заклади

Вищі навчальні заклади обладнують вентиляцією аналогічно професійно-технічним училищам. Коефіцієнти одномірності роботи прорізів витяжних шаф у лабораторіях приймають: до 3 прорізів - 1; 3-6 прорізів - 1- 0,7, понад 6 - 0,7-0,5. Повітря, що видаляється з лабораторій, забороняється транспортувати по цегельним каналам. Ці коефіцієнти рекомендують уточнювати за завданням. Приплив зовнішнього непідігрітого повітря, розрахований на асиміляцію надлишків тепла, дозволяється для групових аудиторій, навчальних кабінетів і лабораторій (без місцевих відсмоктувачів і витяжних шаф) у районах із зовнішньою температурою вище - 16 °С. Узимку для лабораторій і виробничих приміщень передбачається зволоження припливного повітря до 40-60% при подачі більше 20 м³/год повітря на одного працюючого.

Спортивні спорудження

Спортивні споруди обладнують припливно-витяжними системами вентиляції, самостійними для спортивних залів, залів підготовчих занять у басейнах, залів-ванн, душових, убиралень, роздягальних і адміністративно-господарських приміщень, хлораторних і складів хлору, технологічних служб (насосних, бойлерних та ін). Видалення повітря зі спортивних залів природне за рахунок тиску припливного повітря.

Повітряно-теплові завіси передбачають для вестибюлів спортивних залів басейнів, які відвідують протягом усього року при температурах зовнішнього повітря - 15°C і нижче. Швидкість руху повітря в зонах, де знаходяться учні, не має перевищувати: у спортивних залах для боротьби і настільного тенісу - 0,25; у залах ванн критих басейнів – 0,2, у душових, роздягальнях, масажних кімнатах і лазнях - 0,15; в інших приміщеннях - 0,5 м/с. Відносна вологість повітря має становити: в спортивних залах для підготовчих занять у басейнах 35- 40 %, у залах ванн басейнів - 50-60 %. При сполученні курильної кімнати із санітарними вузлами витяжку у санітарному вузлі роблять десятикратною.

Клуби

Клуби обладнують припливно-витяжними системами вентиляції, самостійними для приміщень зорової і клубної частин з обслуговуючими й адміністративними приміщеннями.

У глядацькій залі проектують припливну механічну вентиляцію з для глядацькій залі (з рециркуляцією повітря), а також фойє, обслуговуючих глядацьку залу приміщень (кулуарів, кімнат для гостей, буфету, вестибюлю й ін.) і штучну витяжну вентиляцію з курильних, убиралень, кіноапаратної, кімнат для артистів, акумуляторних і кислотних. Природна витяжна вентиляція передбачається у глядацькій залі, на сцені, а також з окремих чи відособлених адміністративно-господарських приміщень.

У клубній частині облаштовують наступну вентиляцію:

1. Штучна припливна у всіх кімнатах для занять гуртків, віталень, виставкових залах, приміщеннях дитячого сектора, бібліотеках і вестибюлі;
2. Окрема штучна припливна для спортивної зали, що може бути об'єднана з повітряним опаленням. Дозволяється рециркуляція. При близькому розташуванні спортивного і малого залів доцільно поєднувати припливну вентиляцію для обох приміщень в одну загальну систему;

3. Природна витяжна для всіх приміщень;

4. Штучна витяжна для вбиралень і душових.

У глядацьких залах, залежно від їхньої місткості, конфігурації та способів розміщення зорових місць допускаються наступні схеми вентиляції: у глядацьких залах без балконів місткістю до 400 глядачів подача припливного повітря проектується через отвори у верхній середній зоні приміщення з боку кінопроекційної; у глядацьких залах місткістю 400 глядачів припливне повітря може подаватися через припливні решітки у верхню зону задньої торцевої стіни концентрованим припливом, крізь припливні решітки в стелі з напрямком струменя у бік, сцени і естакади крізь анемостати, встановлені в стелі; при наявності в глядацькій залі балкона припливне повітря подається також під стелею балкона крізь решітки в задній стіні залу; місця під балконом забезпечуються припливним повітрям в обсязі, що відповідає кількості місць; витяжні отвори розстановлюють на стелі у верхній зоні в порталі чи стіні перед антрактовою завісою естради; рециркуляційні отвори можуть бути загальними чи з окремою витяжкою, розташованими в середній чи верхній зоні стін зали; витяжні та рециркуляційні отвори не можна розташовувати під балконом і над балконом.

Відстань від стелі до низу припливних отворів у задній стіні балкона підбалконного простору має бути не менше 2,1 м. Припливний факел необхідно спрямувати паралельно стелі чи на стелю.

Засоби подачі припливного повітря і розміщення припливних отворів у глядацькій залі повинні виключати можливість утворення застійних зон і неприємного для глядачів відчуття дуття. Засіб подачі повітря обирають з урахуванням геометричної форми залу, планування місць, наявності балконів і глибини підвіконного простору. Рухливість повітря в зоні глядачів, тобто на

висоті 2 м від підлоги, у залежності від температури і вологості повітря не має перевищувати 0,3 м/с.

У глядацьких залах без систем кондиціонування повітря застосовують прямооточну схему вентиляції без рециркуляції.

У фойє і кулуарах проектують тільки припливну вентиляцію. Обсяг припливного повітря, що подають до фойє, має перевищувати на 10 % сумарний обсяг витяжки з приміщень буфету, убиралень, курильних, гардероба і плюс двократний обсяг припливу до вестибюлю. Для курильних і убиралень проектується загальна витяжна система вентиляції. У малому залі аудиторії проектують штучний приплив повітря і природну витяжку.

Припливні вентиляційні камери проектують, як правило, у підвалі на першому поверсі. Не можна розташовувати пристрій вентиляційних камер з механічним приводом над і під глядацькими місцями зоровим, фойє і малим залом-аудиторією. Вентиляцію курильних, кінопроекційних, акумуляторних та інших приміщень виконується аналогічно відповідним приміщенням кінотеатрів.

Театри

Театри обладнують штучними припливно-витяжними системами вентиляції, самостійними для приміщень глядацького і сценічного комплексів, курильних, санітарних вузлів, акумуляторних, підсобних при буфетах, світлопроекційних (при дугових проекторах) і трюму сцени. Вентиляцію курильних і санітарних вузлів можна поєднувати в одну систему. У глядацьких залах театрів стан повітряного середовища в зонах розміщення глядачів необхідно забезпечити окремою системою чи вентиляції кондиціонування повітря згідно з вимогами. У глядацькій залі театру з колосниковою сценою кількість повітря, що видаляється, має складати 90 % припливного, у тому числі крізь сцену що видаляється 17 % повітря.

У репетиційній залі, групових приміщеннях для артистів, виробничих майстернях, апаратній звукофікації, радіомовлення, звукозапису, телебачення і кабінеті директора приплив і витяжка роблять безпосередньо з приміщень. У лужних акумуляторах витяжні отвори розташовують під стелями, у кислотних з двох боків: з нижнього - на висоті 0,2 м від підлоги, і з верхнього - під стелею. Від клеєварок облаштовуються місцеві відсмоктувачі.

У приміщеннях пральні, для фарбування і просочення декорацій облаштовують штучну припливно-витяжну вентиляцію з місцевими відсмоктувачами. Умивальні при вбиральнях вентиляються за рахунок витяжки з убиралень. Системи вентиляції та кондиціонування повітря можуть мати: пристрої шумопоглинання; автоматичне регулювання; та дистанційний і місцевий контроль і сигналізацію.

Кінотеатри

Кінотеатри обладнують припливно-витяжними системами вентиляції; приплив штучний з підігрівом повітря.

У залах кінотеатрів подається припливне повітря скупченими струменями у верхній зоні приміщення від стіни, що розташована протилежно екрану

Житлові будинки

Розрахункові температури повітря і вимоги до повітрообміну в приміщеннях слід приймати згідно з таблицею 1.

Таблиця 1 - Розрахункові температури повітря і вимоги до повітрообміну в приміщеннях

Приміщення	темпе-ратури а взимку, °С	Вимоги до повітрообміну	
		Приплив	Витяжка
Загальна кімната, спальня, кабінет	20	1-кратн.	-
Кухня	18	-	за
Кухня-їдальня	20	1-кратн.	повітряним
Ванна	25	-	балансом
Вбиральня	20	-	квартири,
Суміщений санвузол	25	-	50
Басейн	25	За розрахунком	
Приміщення для пральної машини в квартирі	18	-	0,5-кратн.
Гардеробна для чищення і прасування одягу	18	-	1,5-кратн.
Вестибюль, загальний коридор, сходові клітки, передпокій квартири	16	-	-
Приміщення чергового персоналу	18	1-кратн.	-
Незадимлювана сходові клітка типу Н1	14 ³⁾	-	-
Машинне приміщення ліфтів	5 ⁴⁾	-	0,5-кратн.

Витяжну вентиляцію потрібно проектувати з природним або з механічним спонуканням.

Не можна проектувати систему витяжної вентиляції з механічним спонуканням у будинках з квартирними теплогенераторами, що використовують для горіння палива повітря приміщень.

Витяжні канали треба розміщувати у внутрішніх стінах будинків або так, щоб вони примикали до них. Ділянки витяжних каналів, що прокладають над покрівлею, на горищі, а також неподолік охолоджуваної поверхні зовнішніх стін, повинні проектуватися з тепловою ізоляцією, що запобігає випаданню конденсату при відносній вологості витяжного повітря до 70 %.

З кожної кухні, санітарного вузла необхідно проектувати індивідуальний вертикальний витяжний канал з випуском повітря до атмосфери або в збірну вентиляційну шахту. Вентиляційні канали однієї квартири допускається приєднувати до збірної вентиляційної шахти вище витяжних ґрат не менше ніж на 2 м.

На рис. 20 показана схема витяжної, каналної системи вентиляції з природним спонуканням, розташування збірного повітропроводу на даху.

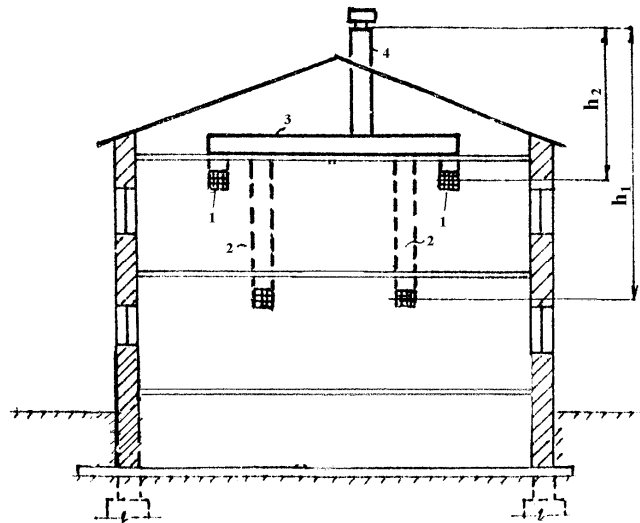


Рис. 20 - Схема будівлі з каналною вентиляцією для витягу повітря з приміщень:

- 1 - решітка для витягу повітря; 2 - канал; 3 - збірний короб;
- 4 - шахта вентиляційна

Витяжні вентиляційні системи з природним спонуканням потрібно проектувати з викидом повітря над покрівлею у місцях, де немає зон виникнення вітрового підпору.

Вентиляція вбудованих нежитлових приміщень має бути автономною. Витяжну вентиляцію приміщень, що розташовані у межах однієї квартири, в яких відсутні пожежо-небезпечні речовини і токсичні викиди, дозволяється приєднувати до загальної витяжної системи житлового будинку.

Не можна розташовувати витяжні шахти для викиду повітря з вбудованих приміщень перед вікнами квартир, а також прокладати повітроводи витяжної вентиляції вбудованих приміщень вздовж фасадів житлового будинку.

Місцеві витяжні вентилятори у системах з природним спонуканням дозволяється встановлювати у кухнях і санвузлах при викиді повітря з індивідуальних витяжних каналів цих приміщень безпосередньо в атмосферу, а також у випадку їх приєднання до збірної шахти через канал-супутник за умови, що питомий опір тертя при русі повітря у збірній шахті під час роботи усіх приєднаних до неї місцевих вентиляторів не перевищуватиме 0,65 Па/м.

При проектуванні центральних систем витяжної вентиляції з механічним спонуканням слід застосовувати вентилятори і шумопоглинаюче обладнання з характеристиками, що запобігають проникненню до житлових приміщень шуму, який перевищує встановлений чинними нормами допустимий для нічного часу рівень. Витяжні вентилятори (робочий і резервний) центральних систем потрібно встановлювати на рівні верхнього технічного поверху і проектувати для безперервної цілодобової роботи з автоматичним перемиканням і автоматичним вмиканням резерву. Повітроводи центральних систем витяжної вентиляції з механічним спонуканням необхідно проектуватися з пристроями для гідравлічного балансування системи.

Системи природної вентиляції можуть бути з видаленням витяжного повітря через тепле горище шахти на покрівлі. У цьому випадку не слід застосовувати їх у будинках нижче шисті поверхів. При проектуванні систем вентиляції в будинках з теплим горищем необхідно встановлювати одну витяжну шахту на весь будинок - чи вежу на секцію будівлі за умови герметичного поділу секцій між собою. Витяжна шахта зі співвідношенням сторін не більш як 1:2 з відкритим наконечником повинна мати висоту не менш 4,5 м від поверхні перекриття над останнім поверхом. Для збору

атмосферних опадів на підлозі горища розміщують піддон завглибшки 250 мм. У розрахункових умовах температура горища повинна бути не нижче 14 °С. У будинках без теплого горища витяжні шахти на покрівлі варт обладнати дефлекторами для збільшення тяги у системі.

Якщо в будинку цегельні стіни, то вентиляційні канали облаштовують у товщі стін борознах, які зашпаровують плитами. Мінімально припустимий розмір вентиляційних каналів у цегельних стінах - 140 x 140 мм, мінімальна відстань між такими каналами - 140 мм. У зовнішніх стінах канали не роблять. Якщо немає внутрішніх цегляних стін, облаштовують приставні канали розміром 100 x 150 мм, мінімальна відстань між ними - 150 мм. Приставні повітропроводи, як правило, влаштовуються юля внутрішніх будівельних конструкцій.

Розмір горизонтальних збірних повітропроводів, розташованих на горищах, варто приймати не менше 200 x 200 мм, а їхня довжина в системі природної системи вентиляції не повинна перевищувати 8 м.

У бездахових будинках канали можна об'єднувати в збірний повітропровід, встановлюючи його понад стелею коридора, сходових кліток та інших допоміжних приміщень. Іноді передбачають підшивну стелю.

Витяжні отвори влаштовують максимально близько до місць забруднення повітря на відстані 0,35 м від перекриття для житлових будинків. У витяжних отворах передбачають сітки, решітки. У випадку використання збірного, вертикального каналу витяжні пристрої з кухні, ванної кімнати і туалету треба приєднувати через окремі супутники.

Витяжні шахти для природної витяжної системи вентиляції мабуть бути виведені вище гребня даху не менше 0,5 м і до 3 м від гребеня; не нижче гребеня при розташуванні шахти на відстані від 1,5 м до 3 м до гребеня, не нижче лінії, проведеної від гребеня вниз під кутом 10° до обрїю, при розташуванні шахти на відстані більше 3 м від гребеня.

При проектуванні рекомендується з метою забезпечення енергозбереження обладнати системи вентиляції установками для утилізації тепла витяжного повітря для підігріву припливного повітря. Системи вентиляції можуть бути обладнані пристроями для охолодження і зволоження повітря. Повітророзподільники для подачі припливного повітря встановлюються у житлових приміщеннях, витяжні пристрої в підсобних (у кухнях, ваннах, туалетах і т.д)

Така система проектується з центральним витяжним вентилятором чи індивідуальними витяжними вентиляторами. Приплив повітря відбуваються так само, як і для природної витяжної системи. Систему проектують з загальними чи роздільними вертикальними збірними каналами для кухонь, ванних кімнат і туалетів. Індивідуальні витяжні вентилятори повинні мати зворотний клапан, що запобігає перетіканню повітря між квартирами крізь збірний канал.

Системи вентиляції житлових квартир рекомендується проектувати з можливістю індивідуального регулювання обсягів повітрообміну. Вентилятори центральних систем повинні мати регульований привід і забезпечувати можливість зміни повітрообміну в приміщенні. Мінімальний повітрообмін у квартирі має бути не менше 25 % від розрахункового.

Енергоефективність систем вентиляції забезпечується скороченням повітрообміну залежно від інтенсивності експлуатації окремих приміщень і квартири загалом, використанням тепла витяжного повітря для підігріву припливного (у системах припливно-витяжної механічної вентиляції).

Розміри, кількість і розміщення припливних пристроїв мають забезпечувати необхідні параметри повітря в зоні приміщень, що обслуговуються, при розрахункових витратах зовнішнього повітря. Варто пам'ятати, що в системах з природним припливом повітря, температура і швидкість повітря при вході припливних струменів у обслуговувану зону, не повинна

перевищувати припустимих величин при розрахункових для проектування системи опалення значеннях температури зовнішнього повітря.

У кухнях-їдальнях витрата припливного повітря має становити не більше 50 % витрати витяжного повітря. Двері кухонь, ванн, туалетів і підсобних приміщень повинні мати підрізи чи переточні ґрати для надходження повітря з житлових кімнат.

У системах вентиляції з утилізацією тепла витяжного повітря в межах однієї квартири можна застосовувати регенеративні та рекупіративні утилізатори. Для систем з центральною утилізацією тепла припустимі тільки рекупіративні, у тому числі з проміжним теплоносієм. Системи з локальною витяжною вентиляцією повинні мати окремий збірний канал для їхнього підключення.

Системи припливної вентиляції житлових, громадських і адміністративно-побутових приміщень, сумісні з повітряним опаленням, неюхідно проектувати з резервним вентилятором або систем має бути не менш двох. При відмові вентилятора дозволяється зниження температури повітря в приміщенні нижче від норми, але не менше ніж 5⁰С. При цьому в обслуговуєму приміщенні, треба подавати повітря з розрахунку 60 м³/год на одну людину, якщо це приміщення не має природної вентиляції. Щодо приміщень, в яких люди знаходяться до трьох годин безперервно, можна обмежитися нормою 20 м³/год на одну людину.

Обчислена кількість припливного повітря може мати у своєму складі рециркуляційне повітря з приміщень, що обслуговуються. Кількість рециркуляційного повітря слід змінювати залежно від параметрів зовнішнього повітря. Якщо параметри зовнішнього повітря наближаються до параметрів припливного, кількість рециркуляційного повітря в суміші треба зменшувати.

Рециркуляція повітря може ефективно використовуватися при вентиляції громадських та адміністративно-побутових споруд. При цьому слід пам'ятати, що рециркуляцію заборонено з приміщень, звідки можливе надходження інфекційно-забрудненого повітря. Рециркуляція повітря квартир та готельних номерів обмежується однією квартирою та номером готелю.

Схеми вентиляції приміщень можуть бути різними залежно від призначення приміщень.

У житлових будівлях, гуртожитках, готелях вилучення повітря проводиться каналною вентиляцією з верхньої зони приміщень - кухонь, санвузлів, ванних кімнат. Припливне повітря надходить у приміщення через нещільності вікон.

Розрахунок повітрообміну приміщень

Розрахунок повітрообміну - одне із головних завдань організації вентиляції у приміщеннях.

Розрахунок повітрообміну за кратністю використовують при наданні кратності повітрообміну в приміщеннях згідно нормам. Для визначення необхідної кількості повітря для подачі або вилучення користуються формулою:

$$L = k \cdot V,$$

де V – об'єм приміщення, м^3 ;

k – коефіцієнт кратності, який характеризує, скільки раз зміниться об'єм повітря в приміщенні за одиницю часу.

Для зручності показники розрахунків заносять у таблицю.

Кількість тепла розраховують за формулою:

$$Q_{np} = Q_y \cdot n,$$

де Q_{np} - кількість явного тепла від однієї людини, ккал/год ;

n – кількість людей, які присутні у приміщенні.

Кількість вуглекислого газу знаходять за формулою:

$$G_{np} = G_{co2} \cdot n,$$

де G_{co2} – виділення CO_2 від однієї людини в спокійному стані.

Кількість вологи в повітрі знаходять за формулою:

$$D_{np} = G_w \cdot n,$$

де G_w – вологовиділення від однієї людини, яка перебуває в спокійному стані, г/год

Розрахунок сонячної радіації виконують за всі години присутності людей в приміщенні.

Потрапляння тепла крізь вікна сумується з потраплянням тепла крізь покриття з врахуванням амплітуди затухання теплового потоку крізь покриття. Також враховують коефіцієнт акумуляції теплоти внутрішніми поверхнями.

Розрахунок сонячної радіації (ккал/год) виконують за спрощеною формулою:

$$Q_{c.p}^{max} = (q_n^{cp} \cdot F_n + q_p^{cp} \cdot F_p) \cdot K_1 \cdot K_2,$$

де q_n^{cp} та q_p^{cp} – находження прямої та розсіяної сонячної радіації відповідно, ккал/год.

Коефіцієнт K_1 враховує затінення засклених світлових отворів та забруднення атмосфери.

Шкідливий повітрообмін визначають за формулою:

$$\text{При газовиділеннях } L_{co_2} = \frac{G_{np}}{вк - вн}, \text{ м}^3/\text{год}$$

$$\text{При виділенні вологи } L_w = \frac{D_{np}}{(dy - dн)\gamma}, \text{ м}^3/\text{год}$$

$$\text{При тепловиділеннях } L_Q = \frac{D_{np}}{(ty - tn)\gamma \cdot c}, \text{ м}^3/\text{год},$$

де $вк$ – гранично допустимий вміст газу в повітрі, л/м³;

$вн$ – вміст газу у припливному повітрі, л/м³;

dy та $dн$ – вологовміст виділеного і припливного повітря, г/кг;

ty та tn – температура припливного та видаляемого повітря, °С.

Повітрообмін при теплонадходженнях враховує кількість сонячної радіації:

$$L_Q = \frac{Q_{np} + Q_{cp}^{max}}{c \cdot \gamma \cdot (t_s - t_n)},$$

де Q_{np} - променеве тепло надходження, кДж;

Q_{cp}^{max} - надлишок тепла, к Дж;

c — питома теплоємність повітря при постійному тиску, ще дорівнює 1 кДж/кгК;

γ — густина припливного повітря, кг/м³;

t_s — температура повітря, що виходить з приміщення;

t_n — температура припливного повітря.

Тема 9. Очищення припливного повітря від пилу

Фільтри повітряні призначені для очищення припливного повітря від пилу перед подачею повітря до приміщення. Вони мусять:

а) зменшувати вміст пилу у повітрі, що подають до приміщення системами припливної вентиляції, якщо середньодобова або максимальна концентрація пилу в районі розміщення будівлі або біля місця забирання повітря систематично перевищує встановлену санітарними нормами;

б) забезпечувати захист теплообмінників та іншого обладнання припливних вентиляційних камер та кондиціонерів від забруднення пилом, що знижує теплотехнічні показники і підвищує аеродинамічний опір;

в) забезпечувати захист внутрішнього оздоблення приміщень та їх обладнання від дрібнодисперсного пилу, що міститься у припливному повітрі;

г) підтримання в „чистих приміщеннях” виробничих підприємств різних галузей чистоти повітря, яка потрібна згідно з технологічними нормами чистоти повітря;

д) зменшення пиловмісту в припливному повітрі, що надходять у шлеми та інші пристрої, призначені для захисту обличчя робітників.

Процес очищення повітря від пилу завжди пов'язаний і значними витратами коштів на придбання й монтаж фільтрів, їх подальше обслуговування, зміну фільтруючого матеріалу та ін. Тому рішення відносно необхідності фільтрації повітря та типу фільтра, що використовуватиметься, мусить бути обґрунтованим.

Параметри повітряних фільтрів

Вибір фільтрів базується на відповідності ефективності фільтрів заданому стану чистоти повітря у приміщенні, що обслуговується. Також

слід брати до уваги початковий пиловміст повітря, зміну аеродинамічного опору фільтра при його запыленні, конструктивні та експлуатаційні особливості фільтрів. Сфери застосування фільтрів та їх розподіл на класи й підкласи, наведені у табл. 1.

Основними споживчими параметрами фільтрів вважають ефективність очищення від пилу, пилоємність і аеродинамічний опір.

Ефективність очищення від пилу визначають за формулою:

$$E = \frac{G_f}{G_{\Pi}}, \%$$

де G_f - кількість пилу, затримана фільтром, мг/год;

G_{Π} – кількість пилу в повітрі до фільтра, мг/год.

Ефективність повітряних фільтрів залежить від умов, у яких вони використовуються, у першу чергу від характеристик дисперсності пилу, що знаходиться у повітрі, а згодом фільтрується. За ефективністю й дисперсністю пилу, який застосовують у тестових експериментах, фільтри поділяються на три класи: перший, другий і третій.

Фільтри першого класу уловлюють частинки всіх розмірів, навіть ті, розмір яких наближений до мікрона. Більш крупні частинки пилу теж легко затримуються густим сплетінням тонких волокон фільтрувальної поверхні цих фільтрів.

Волокнисті фільтри другого класу, фільтрувальна поверхня яких утворена з більш товстих волокон, мають гірші фільтрувальні показники - далеко не всі частинки, розмір яких наближений до мікрона, вони уловлюють. Ці фільтри найбільш поширені у вентиляції за своїми фільтрувальними властивостями та економічними показниками.

Фільтри третього класу мають ще рідкішу структуру фільтрувальної поверхні, ніж фільтри другого класу, і призначені для уловлювання з повітря частинок, які за розміром 10 мкм і більші.

Таким чином, тільки фільтри першого класу уловлюють з повітря всі або майже всі, частинки, що до них надходять. Фільтри другого й третього класів призначені для уловлювання з повітря частинок певної дисперсності.

Умовні позначення класів і підкласів фільтрів у стандартах різних країн різні. У табл.1 наведено позначення російських стандартів EN 779, EN 1882 і європейського стандарту EUROVENT 4/5. Різні літери використовують і для позначення ефективності фільтрів, що вказує на різні характеристики пилу, який узяли для визначення цієї ефективності.

Конструкція повітряних фільтрів

Різні вимоги до ефективності фільтрів і умов їх експлуатації сприяли поширенню конструкцій фільтрів, що використовують у системах вентиляції. До цього слід додати, що існують різноманітні конструкції повітряних фільтрів у зв'язку з чисельністю фірм, які виготовляють і поставляють на ринок обладнання. Тому можна розглянути тільки основні схеми повітряних фільтрів.

Мастильні повітряні фільтри

Ефективність фільтрів цього типу досягається завдяки покриттям фільтрувальної поверхні тонким шаром в'язкої рідини, яка майже не випаровується у повітря при температурах, що характерні для повітря в системах вентиляції. Найчастіше такою рідиною є звичайне мастило, рекомендовані типи якого зазначені в інструкціях заводів-виробників фільтрів.

Таблиця 1 – Характеристики фільтрів.

Області застосування	Категорія очищення	Клас очищення			Ефективність фільтра
		EN 779	EURO-VENT 4/5	EN 1882	
СВ та СКП із невеликими вимогами до чистоти повітря	Грубе очищення	G1	EU1		A %
		G2	EU2		65
		G3	EU3		80
		G4	EU4		90
Другий ступінь очищення повітря з помірними й високими вимогами до чистоти повітря. Лікарні, лабораторії продуктів харчування, фармако-логічні підприємства	Помірне й тонке очищення	F5	EU5		E %
		F6	EU6		60
		F7	EU7		80
		F8	EU8		90
		F9	EU9		95
Особливо тонке очищення повітря стосовно вимог технології „чистих приміщень”	Особливо тонке очищення	-	-	EU10	C %
		-	-	EU11	97
		-	-	EU13	99
		-	-	EU14	99,99

Фільтрувальна поверхня може формуватися зі спеціальної гнучкої сітки з дроту яка закріплена в перерізі потоку повітря. Найкраще, коли забезпечується постійний рух сітки та її періодичне промивання у мастилі. Схема мастильного фільтра зображена на рис.25. У цьому фільтрі фільтруюча поверхня утворена двома фільтруючими сітками 1, рух яких забезпечується ведучими валами 2. Оpozитні вали 3 забезпечують натяг полотна сіток, вони рухаються разом із сітками і розташовані під рівнем мастила в мастильному баці 4. Обертання ведучих валів забезпечується електродвигуном 5. Фільтр комплектується насосною установкою, яка подає

мастило на фільтрувальні сітки й забезпечує відмивання частинок пилу від сітки (на схемі умовно не показано). Деякі конструкції фільтрів обладнані підігрівачем мастила, що підтримує оптимальну густоту мастила в умовах низької температури повітря.

Фільтр працює таким чином: повітря проходить крізь чотири полотна фільтрувальних сіток, пил налипає на вкриту мастилом сітку, очищений від пилу повітряний потік залишає фільтр, а сітка омивається від пилу в мастильній ванні. Далі процес повторюється.

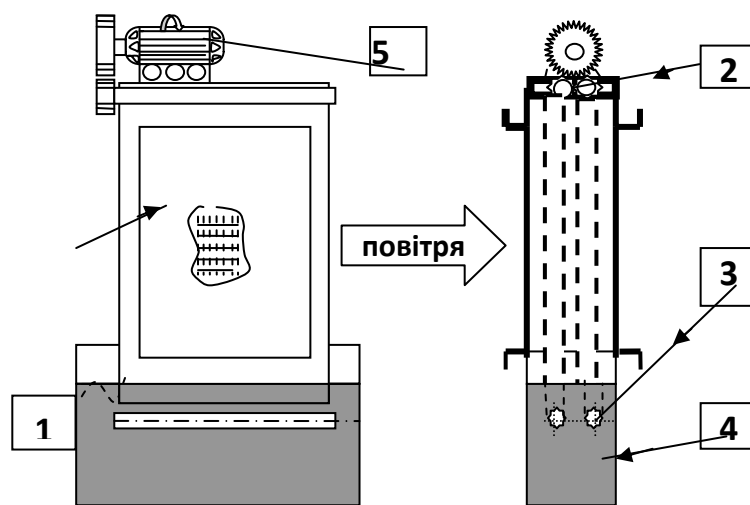


Рис. 25 - Схема мастильного фільтра:

1-сітки; 2-ведучі вали; 3-опозитні вали; 4-бак; 5- електродвигун приводу сіток

До переваг цього фільтра слід віднести:

- постійний аеродинамічний опір фільтра, оскільки пил не накопичується на поверхні сіток і не заважає фільтруванню повітря;
- у порівнянні з іншими конструкціями фільтрів відносно малий аеродинамічний опір фільтра;
- невисока ціна матеріалу, що витрачається при роботі фільтра;

- можливість ефективної роботи фільтра при довготривалій його роботі його в умовах значної запиленості повітря (до 10 мг/ м^3).

Суттєвим дефектом мастильного фільтра є надходження у повітря дрібних частинок та пари мастила. Ця вада виключає можливість застосування фільтра на об'єктах систем вентиляції, де існують жорсткі вимоги до чистоти повітря („чисті приміщення”, обчислювальні центри, лікарні та ін.).

Фільтри панельні з сухим фільтруючим матеріалом

Схема фільтра наведена на рис. 26 . Фільтр призначений для очищення повітря від пилу при пиловмістку від 1 до 10 мг/ м^3 . Фільтруючий матеріал розміщують на перетині потоку повітря зигзагоподібно, при цьому площа фільтрування потоку майже у шість разів перевищує площу перерізу фільтра. Аеродинамічний опір фільтра дорівнює 55 Па в початковому стані та 300 Па при граничній кількості пилу на фільтруючій поверхні. Залежно від типу фільтруючого матеріалу ефективність фільтра знаходиться в діапазоні $88\text{...}90\%$ і фільтр відносять до другого класу.

До переваг фільтра слід віднести доволі велику пилоємність (майже до 9500 г/ м^2) при вказаній вище ефективності пилоочистки, що дозволяє продовжити середній термін експлуатації фільтра до 100 діб без заміни фільтруючого матеріалу. Відсутність деталей, що рухаються, забезпечує стабільність показників та надійність експлуатації.

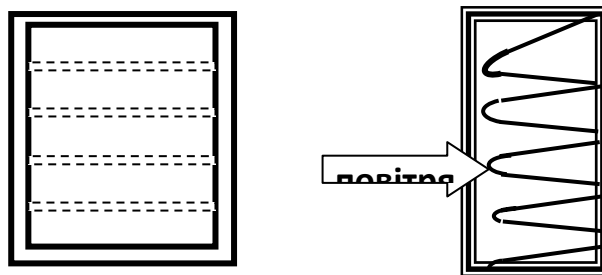


Рис. 26 - Панельний фільтр з сухим фільтруючим матеріалом

Дефекти цього фільтра - занадто великий аеродинамічний опір і труднощі заміни фільтруючого матеріалу, пов'язані з його надмірними площею та масою.

Фільтри чарункові різних модифікацій не мають такої вади. Чарунки мають стандартизовані фронтальні перерізи, а великі фронтальні розміри можуть перекриватися потрібною кількістю чарунок.

Однією з поширених модифікацій чарункових фільтрів є фільтри кишенькові, які призначені для грубої, середньої та тонкої очистки повітря від пилу. Їх можна застосовувати як при самостійній роботі, так і в складі фільтрувального комплексу при багатоступеневому очищенні повітря в системах припливної вентиляції та кондиціонування повітря у громадських та адміністративних будівлях.

Схема фільтра зображена на рис.27. Конструкція фільтрів кишенькових проста і надійна в експлуатації. Кишені мають форму клину. Їх виготовляють із синтетичного нетканого матеріалу. На вході повітря фільтри розкріплюються у швелероподібних рамках, які служать для швидкого й надійного монтажу кишенькових елементів фільтра в панелі. Габарити панелі дорівнюють 592 x 592мм. Ефективність цього типу фільтрів, згідно з класифікацією, яка наведена у табл.2, знаходиться в діапазоні 60...90% .

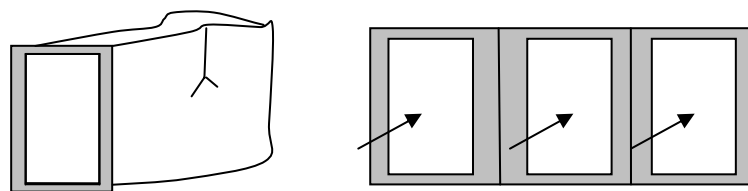


Рис. 27 - Фільтруючий елемент і фронтальний переріз кишенькового фільтра

До переваг кишенькових фільтрів слід віднести зручний монтаж (на відміну від панельних фільтрів), невеликий аеродинамічний опір,

задовільний діапазон ефективності очистки від пилу, значний пиловміст. До їх дефектів треба віднести високу ціну фільтруючого матеріалу і менші порівняно з панельними фільтрами строки заміни матеріалу.

Чарункові складчасті фільтри

Фільтри цього типу реалізують ідею розвинення фільтрувального поверхні шляхом формування вигинів фільтруючого матеріалу. Це забезпечує технологічність виготовлення, збільшення поверхні фільтрації й малу швидкість повітря у перетині цієї поверхні. При таких умовах можна застосувати ефективні фільтруючі матеріали й одержати прийнятний рівень аеродинамічного опору та значно підвищену ефективність фільтрації. Тому складчасті фільтри задовольняють високі вимоги до ефективності фільтрації повітря. Залежно від типу застосованого матеріалу (найчастіше це модифікації спеціальної тканини типу ФПП) ефективність фільтрації може відповідати класам EU10...EU11. Фільтри уловлюють всі види пилу органічного та мінерального походження, рідкі аерозолі та тумани, бактерії, дими (в тому числі тютюновий) і радіонукліди (обмежено).

Складчасті фільтри мають всі переваги чарункових фільтрів, а щодо дефектів, то їх єдиний недолік вони дорогі. Такі фільтри слід застосовувати тільки як вищий ступінь при багатоступеневому очищенні повітря.

Для розрахунку пиловидалення необхідно мати наступні дані:

- фізико-хімічні властивості пилу (хімічний склад, щільність, зволоження, біологічна активність, вибухонебезпечність, електропровідність і т.д.);
- дисперсність і фракційний склад пилу;
- витрата очищуємого повітря;
- концентрацію пилу в повітрі, що очищується;

мінімальний ступінь очищення;

мінімальний тиск перед пиловловлювачем.

Проектування пиловловлювачів полягає головним чином у розрахунку загального коефіцієнта очищення і гідравлічного опору, виборі вентиляційного устаткування, компонованні системи загалом, визначенні витрат на очищення.

Повітряні фільтри в системах вентиляції, повітряного опалення і кондиціонування забезпечують:

- зменшення концентрації пилу в приміщеннях, якщо вміст пилу в зовнішньому повітрі перевищує гранично припустимі значення;

- захист вентиляційного устаткування (калорифери, поверхневі повітроохолоджувачі тощо) від забруднення, яке призводить до зниження його теплотехнічних й аеродинамічних показників;

- підтримка у виробничих приміщеннях заданої чистоти повітря — технологічне кондиціонування повітря. Повітряні фільтри прийнято класифікувати за їхньою ефективністю.

Таблиця 2- Ефективність фільтрів

Клас фільтрів	Пилі частки, що затримуються ефективно	Нижні межі ефективності, %
<i>I</i>	Частки всіх розмірів	99
<i>II</i>	Частки розміром більш 1 мкм	85
<i>III</i>	Те ж, від 10 до 50 мкм	60

Фільтри II і III класів застосовують для попереднього очищення повітря (перший ступінь очищення) перед фільтрами I класу.

Підбір повітряних фільтрів виконують у наступному порядку: виходячи з поставлених задач обирають клас фільтра; з огляду на

конструктивні особливості припливної вентиляційної установки, вибирають тип фільтра, приймають повітряне навантаження і визначають тип і розмір фільтра чи площу фільтруючої поверхні та його початковий гідравлічний опір; беручи до уваги початковий пиловміст й ефективність фільтра обчислюють кількість зібраного пилю; визначають період роботи фільтра між зміною фільтруючого матеріалу чи його регенерацію шляхом заміни олії в самоочисних фільтрах; розраховують витрати на очищення.

Розрахунок рукавних фільтрів

Рукавні тканинні фільтри з періодичним чи безперервним видаленням пилю на тканині широко застосовують у промисловості для очищення технологічних газів, вентиляційного й аспіраційного повітря.

Ефективність роботи рукавного фільтра багато в чому залежить від правильного вибору фільтруючої тканини і режиму його експлуатації. Найбільш ефективними є рукавні фільтри з автоматичною регенерацією рукавів шляхом їхнього струшування і зворотної продувки чистим зовнішнім, підігрітим у холодний період, повітрям.

Коефіцієнт очищення рукавних фільтрів дуже високий, досягає 98%, але це значення може знижуватися внаслідок негерметичності трубних грат, зносу тканини і т.д. Крім того, ефективність очищення значною мірою зумовлена просоченням пилю в періоди, наступні за періодами регенерації тканини, тому при інженерних розрахунках коефіцієнт очищення рукавного фільтра не визначають, а знаходять загальну площу фільтрації, число рукавів чи секцій, гідравлічний опір запиленої тканини, визначають час між періодами регенерації тканини.

Необхідна площа фільтрації рукавного фільтра F , м^2 , дорівнює

$$F = F_{\text{роб}} + F_{\text{рег}} = L/V_{\text{ф}} + F_{\text{рег}};$$

де $F_{\text{роб}}$ — площа фільтрації в одночасно працюючих секціях, м^2 ;

$F_{\text{рег}}$ — площа рукавів у регенеративній (непрацюючій) секції, м^2 ;

L — витрата повітря, що очищується, з урахуванням його підсмоктування (10-30%) через негерметичність корпусу фільтра, $\text{м}^3/\text{год}$;

$\nu_{\text{ф}}$ — питоме повітряне навантаження (швидкість фільтрації).

Циклони

Для очищення повітря від пилу II і III групи дисперсності застосовують циклони. Їхня перевага в порівнянні з іншими сухими пилозбирачами полягає в тому, що вони мають, як правило, більш просту конструкцію, володіють великою пропускнуою здатністю, зручні в експлуатації.

З циклонів інших типів знайшли застосування конічні циклони Свердловського інституту охорони праці — СИОТ, Ленінградського інституту охорони праці — ЛІОТ, циклони Всесоюзного науково-дослідного інституту охорони праці — ВЦНІІОТ зі зворотним конусом, циклони Клайпедського ОЗКДМ і ін.

Для забезпечення нормальної роботи циклона застосовують герметичні бункери.

При розрахунку циклона визначають його діаметр, гідравлічний опір, коефіцієнт очищення і загальні розміри.

Загальний гідравлічний опір циклона складається з наступних втрат: тиску на вході в циклон, кінетичної енергії при обертальному русі повітря, під час тертя об стінки циклона і на виході повітря з циклона. Практично гідравлічний опір циклона оцінюється коефіцієнтом місцевого опору, що залежить від діаметра циклона, способу його приєднання до мережі, компонування циклонів при груповій установці та запиленості повітря.

Коефіцієнт ефективності циклона можна розрахувати, використовуючи теоретичні залежності. Однак для цього в кожному конкретному випадку необхідно знати фракційний склад пилу, побудувати інтегрально-функціональний розподіл пилу за розмірами у ймовірносно-логарифмічній системі координат і визначати медіанний розмір частки і середньоквадратичне відхилення функції розподілу, тому в інженерних розрахунках користуються графіком функціональної ефективності циклонів обраного діаметра, випробуваних у стандартних умовах.

Мокре очищення

Процес мокрого пилозбирання заснований на контакті запиленого газового потоку з рідиною, осаді частинок пилу на поверхню рідини (краплин чи плівки) і винесенні їх з апарату у вигляді шламу. Осад частинок пилу на рідину відбувається під дією сил інерції та броунівського руху.

Сили інерції діють на частинки пилу і краплини рідини при їх зближенні. Ці сили залежать від маси краплин і частинок, а також від швидкості їх руху. Частинки пилу малого розміру (менше 1 мкм) не мають достатньої кінетичної енергії, тому при зближенні оминають краплини і не затримуються рідиною. Броунівський рух характерний для частинок малого розміру. Для досягнення високої ефективності очищення газів від частинок домішок за рахунок броунівського руху необхідно зменшити швидкість руху газового потоку в апараті. Крім цих основних сил на процес осад впливають: турбулентна дифузія, взаємодія електричне заряджених частинок, процеси конденсації, випаровування тощо. У всіх випадках очищення газів у мокрих пиловловлювачах важливим фактором є змочуваність частинок рідиною (чим краще зволоження, тим ефективніший процес очищення).

У вітчизняній техніці пилоочищення апарати мокрого пиловловлювання мають назву мокрих фільтрів, мокрих газопромивачів, мокрих пиловловлювачів, в зарубіжній техніці вони відомі під назвою

мокрих скрубєрів. Мокрі пиловловлювачі мають ряд переваг і недоліків порівняно з апаратами інших типів.

Основними перевагами мокрих пиловловлювачів є: висока ціна і краща ефективність; можливість використання для очищення газів від частинок розміром до 0,1 мкм; можливість очищення газів при високій температурі та підвищеній вологості, а також при небезпеці загорянь і вибухів очищених газів і затриманого пилу; можливість окрім пилу одночасно затримувати пароподібні та газоподібні компоненти.

До недоліків мокрих пиловловлювачів відносять: виділення затриманого пилу у вигляді шлаку, що пов'язане з необхідністю оброблення стічних вод, тобто з подорожчанням процесу; можливість виносу краплин рідини і осад їх з пилом в газоходах та димотягах; в разі очищення агресивних газів виникає необхідність захищати апаратуру і комунікації антикорозійними матеріалами. В мокрих пиловловлювачах в якості зрошувальної рідини найчастіше використовують воду.

Тема 10. Нагрівання припливного повітря

Повітронагрівачі класифікують:

- за типом теплоносія: водяні, парові;
- за конструкцією теплообмінної поверхні з боку повітря: трубки гладенькі, трубки порєбрені;
- за характером руху теплоносія у трубках: одноходові, багатходові;
- за матеріалом трубок і порєбрення: сталеві, мідні, алюмінієві та їх суміші;
- за типом порєбрення трубок поверхні теплообміну: плитковє, спіральнo-навівне, спіральнo-накатне та ін.;
- за числом рядів трубок у напрямі руху повітря: однорядні, багаторядні.

Зазначимо, що наведена класифікація повітронагрівачів не містить їх усіх можливих конструктивних ознак. Майже кожна галузь промисловості висуває свої вимоги до характеристик теплообмінників. Це вимоги компактності, хімістійкості, надійності та ін. Але не треба перейматися ідеями конструювання теплообмінників, які створені за специфікою інших галузей промисловості. Техніка вентиляції та кондиціювання повітря звичайних об'єктів господарства має свою шкалу цінностей. Наприклад, у більшості випадків не треба застосовувати дорогі мідні теплообмінники для підігріву повітря, бо звичайні сталеві повітронагрівачі виконують це завдання не гірше, але значно дешевші. Техніка вентиляції й кондиціювання повітря мусить задовольняти такі вимоги:

- забезпечувати технологічність виготовлення, надійність та ремонтпридатність обладнання;
- мати помірні капітальні й експлуатаційні витрати.

Конструкції повітронагрівачів

Розглянемо типові конструкції повітронагрівачів, що поширені у системах вентиляції та кондиціювання повітря. Схема однорядного багатогодового повітронагрівача, що живиться перегрітою водою, наведена на рис. 28.

Теплоносій від подавального трубопроводу теплової мережі надходить до патрубку "1", далі у виділену перегородкою частину колектора "2" і пучок теплообмінних трубок "3" (на схемі умовно показана тільки одна з трубок пучка), потім подається до колектора "4", після чого знову надходить у теплообмінні трубки, знову до колектора "2" і так далі до виходу теплоносія з повітронагрівача у зворотний трубопровід теплової мережі. На схемі показано, що теплоносій чотири рази проходить відстань між колекторами "2" і "4". Такий теплообмінник називається чотириходовим.

Зазначимо, що патрубки входу й виходу теплоносія розміщені з одного боку теплообмінника. Цей його бік під час монтажу слід орієнтувати в зону обслуговування обладнання припливної камери або кондиціонера, що монтується.

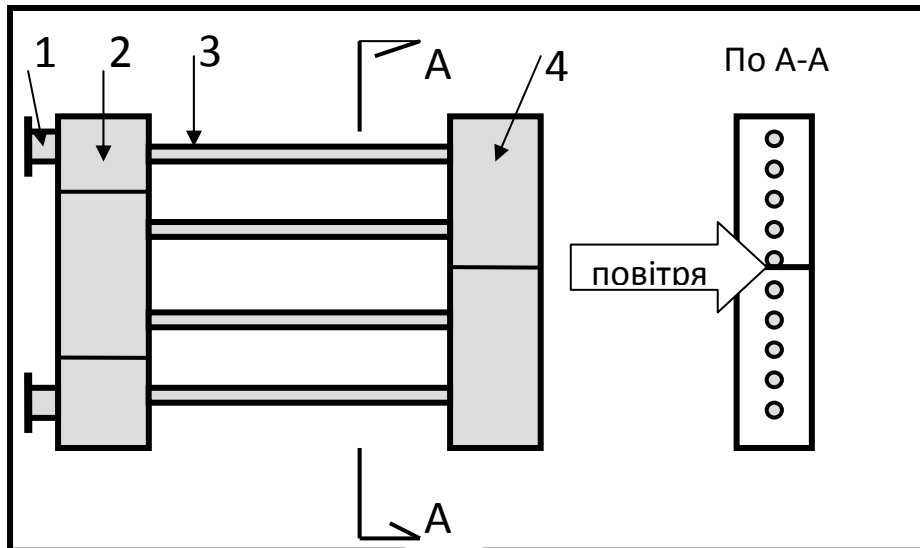


Рис. 28 - Схема однорядного повітрянагрівача:

1 - патрубок входу теплоносія; 2,4 - колектор; 3 - трубка повітрянагрівача;
А – переріз

Повітря проходить між трубками теплообмінника і нагрівається. Площа перерізу, через яку проходить повітря, називається "живим перерізом теплообмінника по повітрю", а загальна площа трубок, обчислена зі внутрішнім діаметром трубки, - "живим перерізом теплообмінника по теплоносію". Площі "живого перерізу" визначають швидкості руху повітря й теплоносія, які, в свою чергу, визначають ефективність процесу теплообміну, що відбувається в повітрянагрівачі.

На схемі рис. 29 показано повітрянагрівач, що живиться парою. Ця конструкція теплообмінника має такі особливості:

- колектори повітрянагрівача розташовані горизонтально, а теплообмінні трубки - вертикально, що сприяє відводу конденсату з поверхні теплообміну;

- пара мусить подаватися у верхній колектор, а відведення конденсату слід робити з нижнього;

- колектори не мають перегородок, що формує одноходовий рух теплоносія крізь поверхню теплообміну;

- регулювання кількості теплоти, що мусить передаватися повітрянагрівачем, відбувається за допомогою перенесення частини повітря попри повітрянагрівача через обвідний канал.

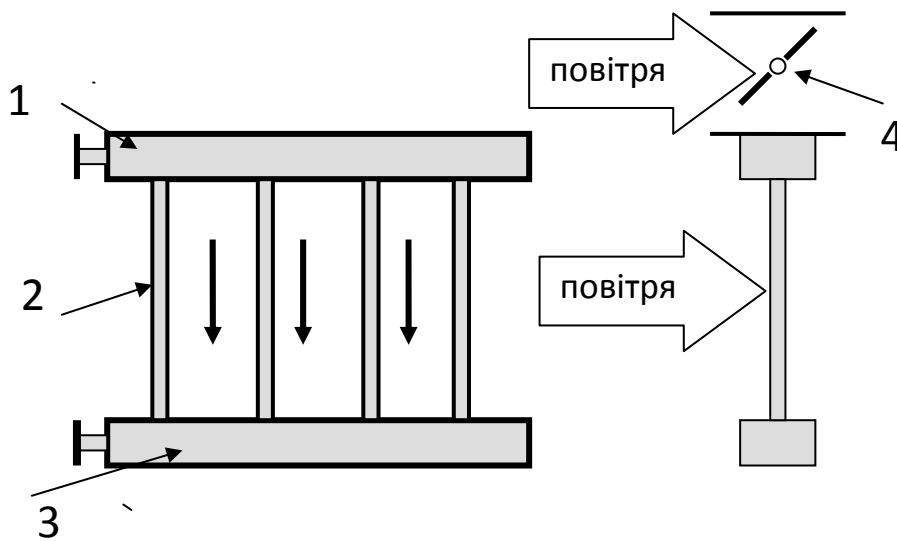


Рис. 29 - Схема парового повітрянагрівача:

1 - колектор; 2 - трубки; 3 - колектор; 4 - клапан обвідного каналу

Основою найбільш поширених теплообмінних елементів є трубка. Згідно з наведеною класифікацією трубки можуть бути гладенькі й поребрені. При виготовленні обладнання для систем вентиляції гладенькі трубки застосовують дуже рідко. Наприклад, такі трубки використовують у водоводяному теплообміннику камери зрошування типа ОКС центральних кондиціонерів КТЦ 3. Для повітрянагрівачів, де має бути контакт з повітрям, поверхню теплообмінника, що контактує з повітрям, треба збільшувати шляхом поребрення. Це необхідно тому, що коефіцієнт віддачі теплоти із зовнішньої поверхні трубки для повітря набагато менший ніж від теплоносія

до внутрішньої поверхні тієї ж трубки. Інтенсивність теплообміну повітрянагрівача, таким чином, визначається віддачею теплоти від трубки у повітря і залежить від конструкції поребріння та компонування пучка поребраних трубок.

Види поребріння трубок повітрянагрівачів різні, визначаються умовами роботи теплообмінника і технологічними можливостями виробника. Техніка систем вентиляції використовує види поребріння, наведені на схемах рис.30. Платівкове поребріння трубок теплообмінників зображено на схемі 1. Платівку з тонколистового матеріалу (сталь, мідь, алюмінієві сплави та ін.) одночасно надягають на декілька трубок, що утворюють пучок. Ця операція досить технологічна, але необхідні спеціальні заходи для забезпечення задовільного термічного контакту між платівкою і трубою. При поребрінні сталевих трубок сталевими платівками застосовують подальше цинкування теплообмінника.

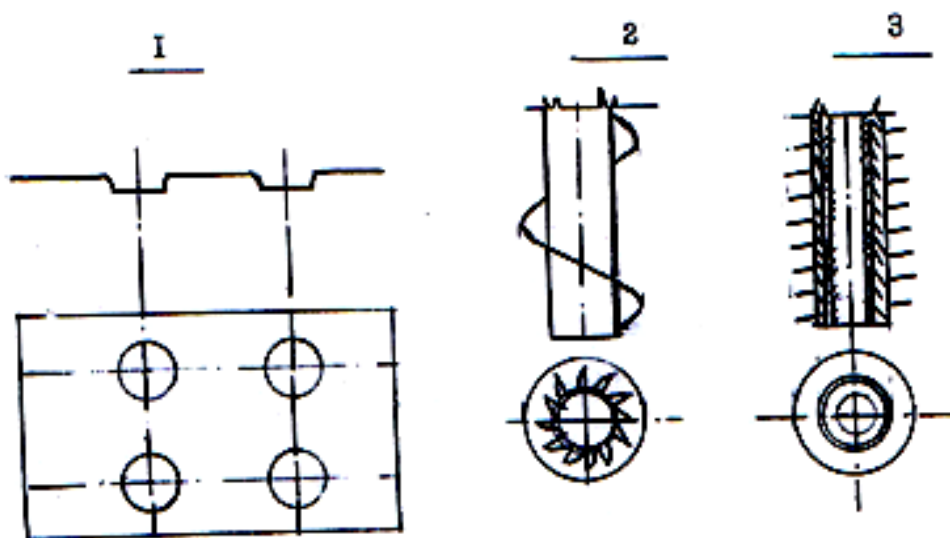


Рис. 30 - Види поребріння поверхні теплообміну:

1 - платівкове; 2 - спірально-навівне; 3 - спірально-накатне

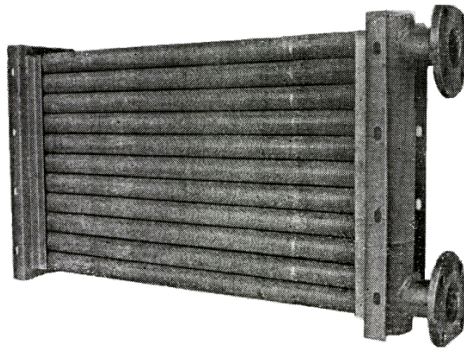


Рис. 31 - Загальний вигляд повітронагрівача

У теплообмінниках, що виготовляють з міді і сплавів алюмінію термоконттакт може забезпечуватися спеціальною конструкцією "комірця" там де платівка контактує з трубою.

Схеми обв'язки повітронагрівачів по теплоносію й повітря

При конструюванні припливних венткамер з повітронагрівачами, що мусять забезпечувати задану температуру певної кількості повітря, обирають компонування теплообмінників за фронтом та глибиною. Їх можна встановлювати паралельно й послідовно відносно потоку повітря, що нагрівається. У такий спосіб можна вибирати швидкість потоку повітря в «живому перерізі» теплообмінників по повітряю. Швидкість визначає аеродинамічний опір і кількість теплоти, що віддана повітряю. Приклади компонувань наведено на рис. 32.

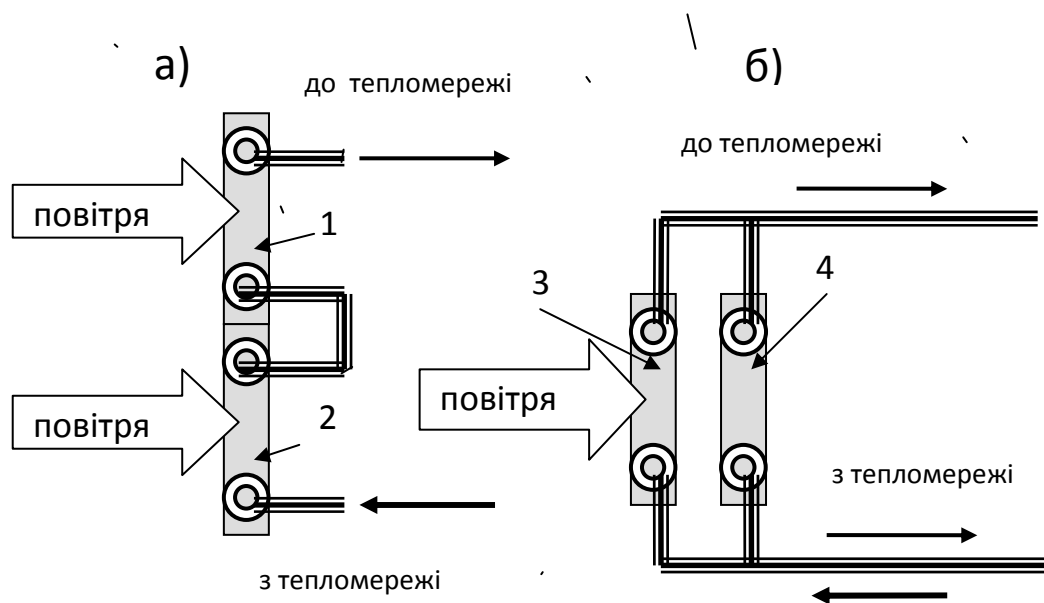


Рис. 32 - Схеми обв'язки повітрянагрівачів за повітрям і теплоносієм:

- а) паралельна обв'язка за повітрям і послідовна за теплоносієм;
- б) послідовна обв'язка за повітрям і паралельна за теплоносієм

На схемі (а) зображені два теплообмінники, змонтовані один над одним. На кожний з теплообмінників 1 і 2 одночасно надходять два паралельні потоки повітря. За схемою (б) теплообмінники 3 і 4 встановлені послідовно за потоком повітря. Якщо всі теплообмінники однакові та за схемами (а) і (б) обробляється однакова кількість повітря, то для схеми (б) швидкість повітря в «живому перерізі» теплообмінників буде вдвічі більшою, ніж для схеми (а). При цьому, аеродинамічний опір і кількість одержаної теплоти теж будуть більші для повітрянагрівачів, що змонтовані за схемою (б).

Теплообмінники 1 і 2 за теплоносієм обв'язані послідовно, а теплообмінники 3 і 4 - паралельно.

Спосіб обв'язки повітрянагрівачів за повітрям й теплоносієм треба обирати залежно від потрібного режиму процесу теплообміну та конкретних умов.

Розрахунок повітрянагрівачів

Метою розрахунку повітрянагрівача є визначення розміру теплообмінної поверхні, що забезпечує потрібну продуктивність тепла.

Початкові й кінцеві параметри температури повітря і теплоносія, а також кількість повітря, що нагрівається, заздалегідь відомі.

При конструюванні припливних вентиляційних камер тип, габаритні розміри та площа фронтального перерізу можуть бути визначені довільно. Їх також можна змінювати для одержання потрібної кількості рядів трубок повітрянагрівача.

Метою розрахунку повітрянагрівачів центральних кондиціонерів є визначення кількості рядів повітрянагрівача за рухом повітря. Запас поверхні теплообміну може бути надлишковим за результатами розрахунків. Як не дивно, запас поверхні теплообміну може призвести до зниження надійності роботи повітрянагрівача. Дійсно, якщо є такий запас, температура повітря після повітрянагрівача буде вище заданої та її доведеться знижувати шляхом зменшення подачі теплоносія до теплообмінника. А при цьому ймовірно виникнення застійних зон у трубках теплообмінника, тоді швидкість руху теплоносія буде мінімальною, що може спричинити заморожування льодових пробок і повне припинення циркуляції теплоносія у трубці. Внаслідок такого процесу відбудеться розрив льодом трубок і його вихід теплообмінника з ладу. Як свідчить досвід експлуатації, ризик такого пошкодження обладнання систем кондиціонування повітря збільшується при температурах зовнішнього повітря, близьких до 0°C бо при цьому є найбільшою глибина регулювання кількості теплоносія, що подається на повітрянагрівач і зумовлене цим зниження швидкості руху теплоносія в трубках. Іноді треба зменшити поверхню теплообміну відносно того, що одержано згідно з розрахунком. Наприклад, одержали 2,5-рядний повітрянагрівач, а дозволяють до застосування 2-х рядний, а не 3-х рядний, як це роблять зазвичай. Приймаючи таке рішення, слід брати до уваги, чи додержуються в тепломережі графіка якісного регулювання температури теплоносія.

Розрахунок рекомендують виконувати у такому порядку:

1. Задаємо значення масової швидкості повітря $v\rho$ у «живому перерізі» повітрянагрівача й знаходимо приблизну площу «живого перерізу»:

$$f = m_v / (3600 \cdot v\rho), \text{ м}^2,$$

де m_v - кількість повітря, що нагрівається, кг/год .

2. Виходячи з площі «живого перерізу» f , типу та моделі обраного повітрянагрівача, визначаємо кількість встановлених паралельно за повітрям повітрянагрівачів. Це дозволяє визначити дійсну площу «живого перерізу» за повітрям f_d і масову швидкість руху повітря:

$$v\rho = m_v / (3600 f_d) \text{ , кг/(м}^2\text{с)}.$$

3. Визначають кількість теплоносія, що проходить через кожний повітрянагрівач:

$$W = Q / (c_w \rho_w (t_n - t_0) n) \text{ м}^3\text{/с},$$

де Q - витрата теплоти на підігрів повітря, кВт ;

c_w - питома масова теплоємність теплоносія, кДж/(кг °С);

ρ_w - щільність води, кг/м³;

n - кількість повітрянагрівачів, що паралельно підключені за теплоносієм, шт.

4. Знаходимо швидкість теплоносія у трубках:

$$\omega = W / f_{\text{тр}}, \text{ м/с},$$

де $f_{\text{тр}}$ – «живий переріз» трубок повітрянагрівача за теплоносієм, м².

5. Коефіцієнт теплопередачі повітрянагрівача залежить від його конструкції та гідродинамічного режиму роботи, що визначається швидкістю повітря і теплоносія у «живих перерізах» повітрянагрівача. Ця залежність

була визначена при теплотехнічних випробуваннях даного повітрянагрівача і далі застосовують при розрахунках у конкретних умовах використання. Вона має вигляд:

$$k = A(v\rho)^m \omega^n, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}),$$

де А - числовий коефіцієнт.

Маючи залежність такого типу для обраного повітрянагрівача, обчислюють коефіцієнт К.

6. Необхідну поверхню теплообміну всієї повітрянагрівальної установки визначаємо за формулою:

$$F_y = \frac{2Q}{k((t_n + t_0) - (t_h + t_b))}, \text{ м}^2.$$

7. Знаходимо загальну кількість повітрянагрівачів, що встановлюються:

$$n_1 = F_y / F ,$$

де F - теплообмінна поверхня одного повітрянагрівача, м².

8. Число повітрянагрівачів приймаємо "n_к" - кратним їх кількості у першому ряді установки. У загальному випадку n₁ не дорівнює n_к, і тому потрібні подальші обчислення.

9. Обчислюємо дійсну величину поверхні теплообміну:

$$F_{уд} = F \cdot n_k, \text{ м}^2 .$$

10. Обчислюємо запас поверхні теплообміну:

$$(F_{уд} - F_y) \cdot 100/F_y, \text{ } \%.$$

Якщо запас поверхні перевищує 15%, слід повторити розрахунки, обираючи новий тип повітрянагрівачів.

Аеродинамічний і гідравлічний опір установки визначають за даними заводу-виробника теплообмінника.

Методика розрахунку повітрянагрівачів центральних кондиціонерів відрізняється від наведеної, бо мусить враховувати фіксованість габаритів фронтального перерізу кожного з типорозмірів кондиціонерів. Розрахунки треба проводити за рекомендаціями.

Тема 11. Вентиляторні агрегати. Вентилятори. Обладнання систем вентиляції

Вентилятор - це лопаткова машина, що може підвищити тиск потоку повітря до 15 кПа. У техніці вентиляції і кондиціонування повітря використовують переважно два типи вентиляторів - радіальні (відцентрові) й аксіальні (осьові).

У радіальному вентиляторі повітря підводиться в напрямку осі робочого колеса і під дією лопаток робочого колеса, що обертаються, відхиляється від початкового напрямку на 90° .

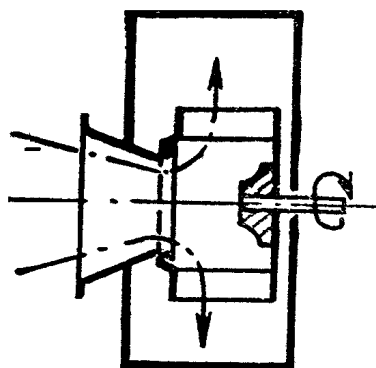


Рис. 33 - Радіальний вентилятор

В аксіальному вентиляторі повітря проходить робоче колесо, не змінюючи напрямку свого руху. Радіальні й аксіальні вентилятори суттєво відрізняються конструкцією і аеродинамічними характеристиками.

Загальний вигляд радіального вентилятора зображено на рис. 33,34.

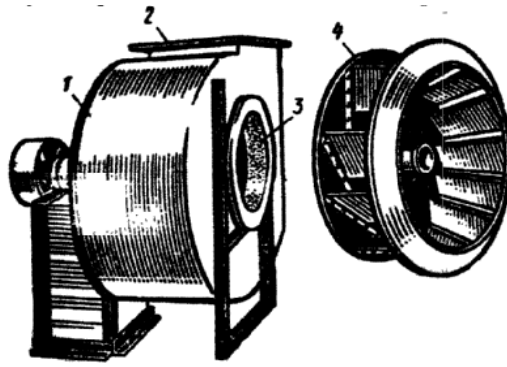


Рис. 34 - Радіальний вентилятор

1 - корпус; 2 - вихідний патрубок; 3 - вхідний патрубок; 4 - робоче колесо

Класифікація радіальних вентиляторів

За призначенням радіальні вентилятори бувають:

а) загального призначення - для пересування повітря і неагресивних газів температурою до 80°C , які містять пил не більше $100\text{мг}/\text{м}^3$, не містять липких речовин. Серії вентиляторів загального призначення: Ц4-75, Ц4-76, Ц4-70 та ін.;

б) спеціального призначення – для виконання спеціальних функцій, наприклад, для пересування повітря, яке містить тирсу, формотворну землю та ін. Серії вентиляторів: Ц і ЦП;

в) іскрозахищеного виконання - призначені для пересування вибухонебезпечних і агресивних газових сумішей. Такі вентилятори чітко спеціалізовані за характером середовища і використовують лише відповідно до інструкцій заводу - виробника.

За тиском радіальні вентилятори поділяються на:

а) низького тиску - до 1 кПа; б) середнього тиску - від 1 до 3 кПа;

в) високого тиску - більше 3 кПа.

За напрямком обертання радіальні вентилятори бувають:

а) правого обертання - якщо з боку вхідного патрубка обертання робочого колеса вентилятора відбувається в напрямку годинникової стрілки;

б) лівого обертання - якщо з боку вхідного патрубка обертання робочого колеса вентилятора відбувається проти годинникової стрілки.

За напрямком виходу повітря з вентилятора можливі різні варіанти залежно від спрямованості вихідного патрубка.

Позначення показані на схемах для вентиляторів правого і лівого обертання.

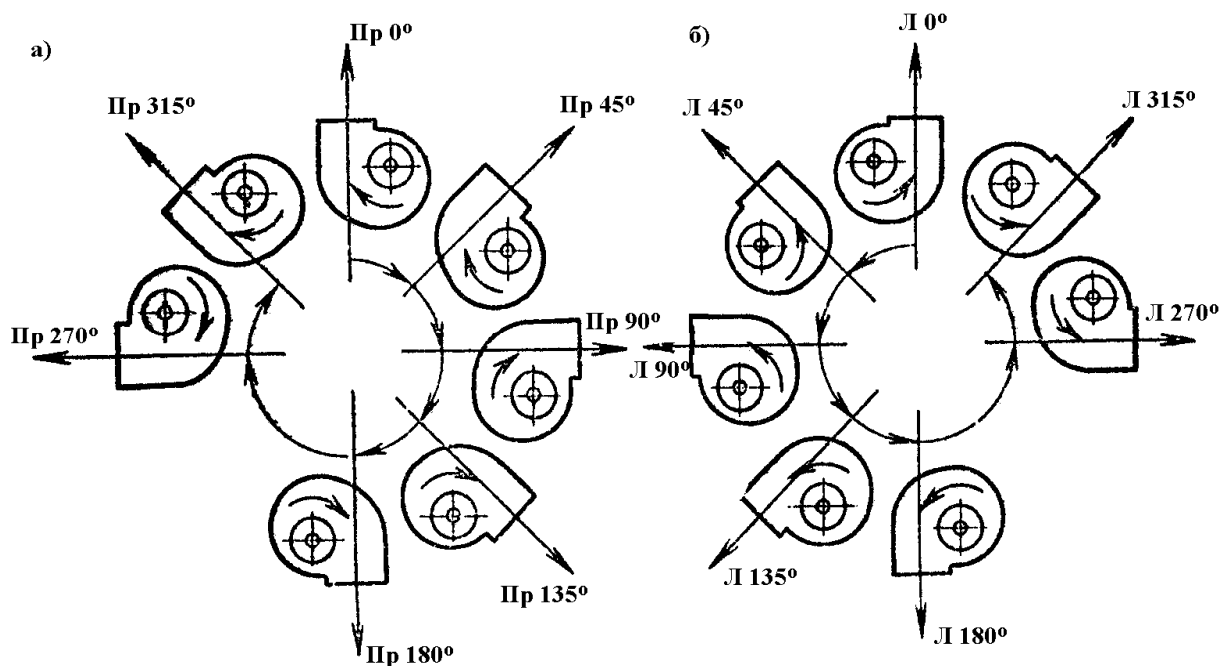


Рис. 35 - Можливі положення вихідного патрубка радіального вентилятора:

а - правого обертання; б - лівого обертання

Схеми виконання, що визначаються конструкцією вузла вала і способом з'єднання валів двигуна і вентилятора, наведені на рис. 35. Найбільш просте виконання коли робоче колесо вентилятора насаджене на вал електродвигуна. Переваги цього рішення - простота конструкції та

мінімальні габарити виробу, недолік - збільшене вібраційне навантаження на ротор двигуна, прискорений знос підшипників електродвигуна.

Всі інші варіанти виконання (рис.3б) спрямовані на усунення недоліків, тобто забезпечити задану частоту обертання робочого колеса вентилятора при фіксованій частоті обертання ротора електродвигуна. Це досягається шляхом з'єднання валів клиноременною передачею (схеми виконання 4, 6, 7). Слід зазначити, що схеми 5 і 7 використовують вентилятори двобічного входу повітря, що дозволяє збільшити подачу (продуктивність за повітрям) вентиляторів при одночасному зменшенні габаритів установки.

Показники радіального вентилятора містять таку інформацію:

- буквене позначення (одна, дві букви) дає інформацію про аеродинамічну схему вентилятора;
- цифра, що характеризує коефіцієнт повного тиску;
- критерій швидкохідності;
- номер вентилятора, що відповідає діаметру робочого колеса в дециметрах.

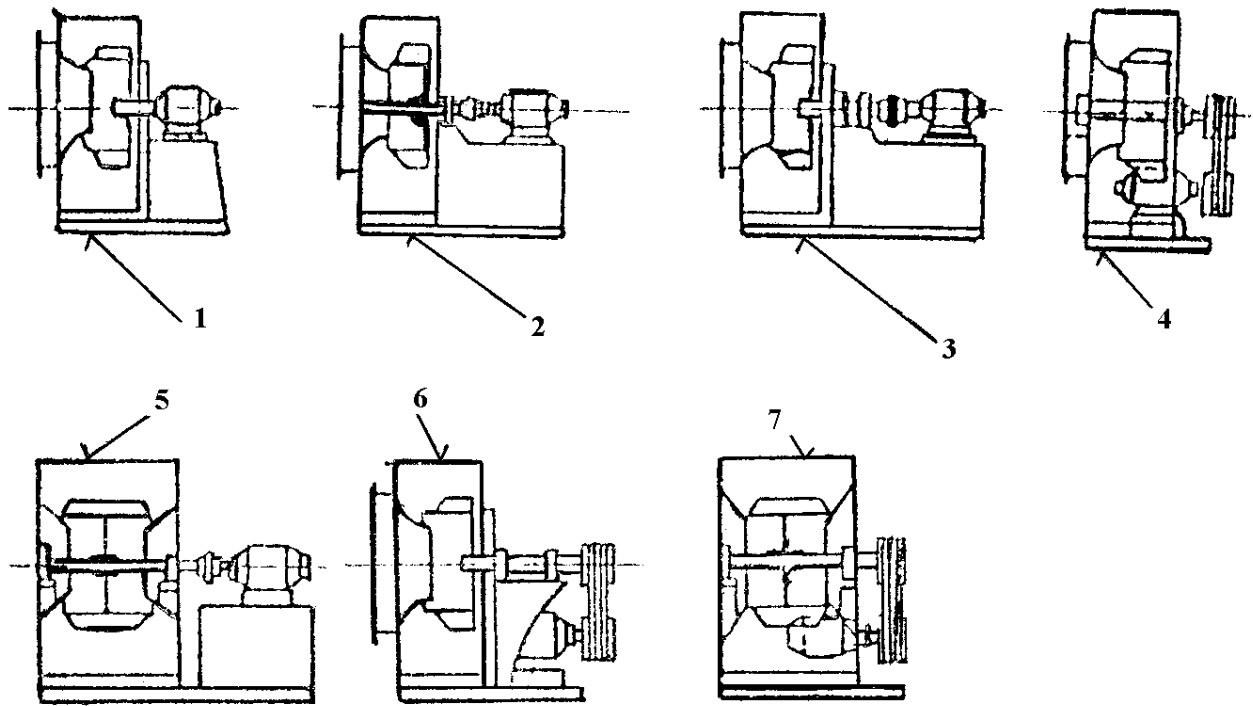


Рис. 36 - Схеми виконання радіальних вентиляторів

Тиск, який створює вентилятор, зумовлений передачею енергії потоку повітря від робочого колеса, що обертається. В основі розрахунку всіх лопаткових машин лежить рівняння Ейлера, що визначає теоретичну величину повного тиску вентилятора.

Вибір вентиляторів

Індивідуальні характеристики вентилятора, побудовані для постійної частоти обертання робочого колеса, зручно використовувати для аналізу аеродинамічних показників радіальних вентиляторів в широкому діапазоні. Коли ж вирішують практичне завдання підбору вентилятора щодо визначених розрахунком параметрів вентиляційної системи, треба мати характеристики вентилятора в достатньому діапазоні зміни частот обертання робочого колеса. Такі характеристики називають універсальними, їх будують у логарифмічному масштабі, вони компактні й зручні у використанні, містять інформацію про параметри вентилятора лише в межах робочої ділянки його характеристики (в інтервалі значень $\text{ККД} = 0,9 \eta_{\text{мак}}$).

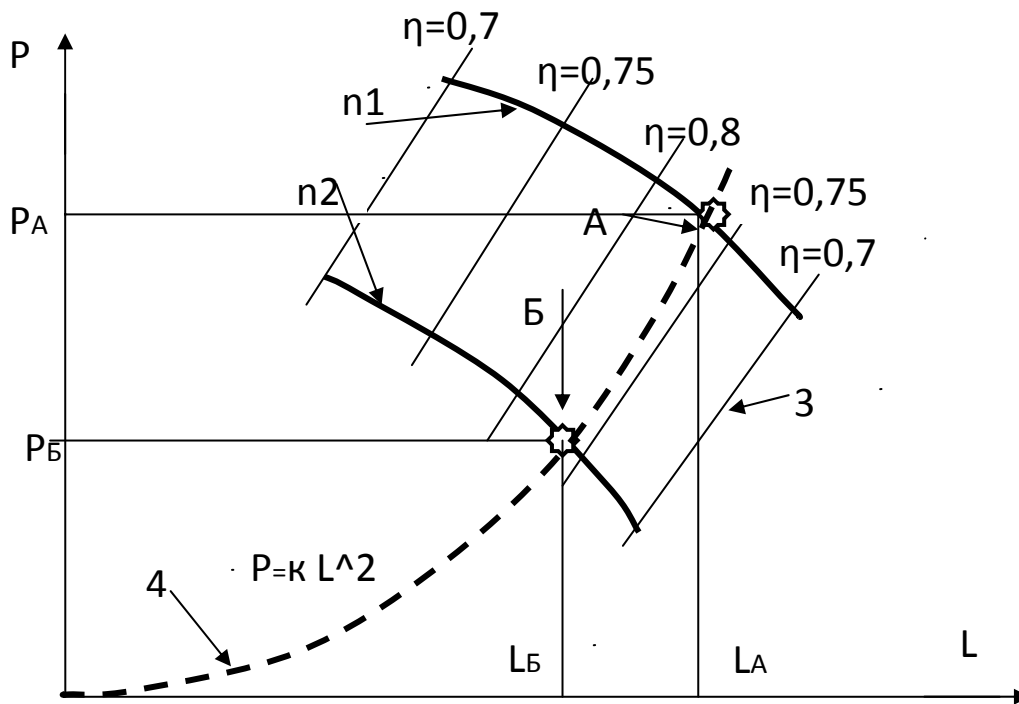


Рис. 37 - Вибір вентилятора згідно з заданими параметрами:

1,2 - частотні характеристики вентилятора; 3 - лінія постійного ККД вентилятора $\eta=0,7$; 4- характеристика вентмережі

Універсальні характеристики вентилятора наведено на рис.37. Криві $P - L$ вентилятора для частот обертання n перетинаються лініями постійних значень ККД. При виборі вентилятора можливі такі варіанти:

1. Потрібне знайти значення подачі вентилятора і повний тиск, необхідний для подолання опору мережі, визначають на даному графіку точку, що лежить на одній з частотних кривих в області прийнятних значень ККД. У цьому випадку вентилятор з даною частотою обертання робочого колеса можна використовувати для вентсистеми, що проектується.

2. Параметри вентсистеми наносимо на криву $P - L$, але у межах недостатніх значень ККД. Якщо немає будь-яких особливих обставин треба розглянути можливість використання вентилятора іншого типорозміру,

оскільки в протилежному випадку доведеться суттєво переробити вентсистему, що проектується.

3. Параметри вентсистеми суттєво відрізняються від частотних кривих даного типорозміру вентилятора, або в потрібній точці недопустимо низький ККД, або через якусь причину недоцільно розглядати питання заміни типорозміру вентилятора. У будь-якому з цих випадків необхідно переглянути параметри вентсистеми, що спроектована. Необхідно застосувати наступну методику:

а) за залежністю $P=kL^2$ для характеристики вентмережі обчислюємо постійну мережі “к”, для чого використовуємо встановлені при проектуванні величини P і L ;

б) узявши кілька довільних значень L , за обчисленим раніше значенням постійної мережі “к” знаходимо втрату тиску вентмережі та на характеристиці вентилятора будуємо графік характеристики мережі;

в) перетин кривої характеристики мережі з частотними кривими вентилятора визначить можливі “робочі” точки. Робочою називається точка, що визначає параметри роботи даного вентилятора у мережі при перетині характеристик вентилятора і мережі;

г) розглядаємо здобуті варіанти робочих точок і обираємо найбільш доцільний варіант. Відповідно до рис.37 робоча точка ”А” забезпечить при частоті n_1 сильнішу подачу і вищий тиск, ніж це потрібно за розрахунком, а при частоті n_2 в точці “Б” не забезпечується подача, визначена розрахунком. Який з варіантів обрати, вирішує проектант, керуючись своїми міркуваннями. Так, можна зупинитися на варіанті “А”, маючи на увазі подальше збільшення продуктивності мережі і можливість дроселювання подачі.

Можна вважати, що пов'язані з варіантом „А” надлишкові витрати енергії дуже великі. Тоді слід реалізувати варіант “Б”, зменшивши необхідну витрату повітря, наприклад, за рахунок удосконалення конструкції місцевих повітроприймальних пристроїв (якщо це система місцевої витяжної вентиляції) або знизити аеродинамічний опір мережі за рахунок, наприклад, збільшення її діаметра.

Аксіальні вентилятори

Аксіальні вентилятори - це розміщене в циліндричному корпусі лопаткове колесо, при обертанні якого через вхідний отвір повітря надходить і переміщується в напрямку осі обертання між лопатками колеса. Цей рух повітря пов'язаний зі зростанням його тиску, а зростання тиску, в свою чергу, пов'язане із взаємодією лопаток робочого колеса та потоку повітря. Далі потік повітря надходить до вихідного отвору, за яким іноді розміщують дифузор.

Найбільш спрощені конструкції аксіальних вентиляторів містять у собі лише лопаткове колесо й корпус. Серед них поширені конструкції, в яких робоче колесо вентилятора закріплене безпосередньо на валу електродвигуна. Внутрішні діаметри корпусів мусять забезпечувати обертання колеса з мінімальним проміжком між кінцем лопатки й корпусом.

Лопатки робочого колеса можуть бути симетричного й несиметричного профілю. Більш прості симетричні, бо їх виготовляють штампуванням. Це досить технологічна операція, тому виготовлення таких лопаток є економічно ефективним. Крім того, симетричні лопатки забезпечують зберігання коефіцієнта корисної дії при зміні напрямку обертання робочого колеса. Такі лопатки називаються реверсивними. Ці особливості симетричних лопаток зумовили їх широке застосування в конструкціях аксіальних вентиляторів. Проте, вентилятори з симетричними лопатками мають суттєво менший максимальний коефіцієнт корисної дії ніж

вентилятори з профільованими лопатками, які в аеродинамічному сенсі більш досконалі.

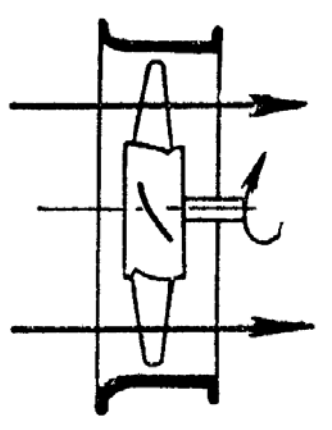


Рис. 38 - Аксіальний вентилятор

Найчастіше лопатки приварюють до маточини робочого колеса. При виготовленні спеціальних конструкцій вентиляторів забезпечують таке закріплення, при якому лопатка може змінювати кут відносно площини обертання. При цьому забезпечується можливість зміни аеродинамічних характеристик вентиляторів.

Треба зазначити, що аксіальні вентилятори є такими ж лопатковими машинами, як і радіальні вентилятори. Тому вони характеризуються такою ж сукупністю показників. Але значення цих показників в обох типах вентиляторів подекуди дуже різні, що й визначає різницю умов і сфер їх використання.

По-перше, розглянемо основну споживчу характеристику вентилятора: $P-L$. Радіальні вентилятори слід використовувати при подаванні повітря в до систем вентиляції зі значним аеродинамічним опором, аксіальні – в системах, що характеризуються невеликим аеродинамічним опором при потужній подачі повітря. Таким чином, у складних за схемою і розгалужених мережах вентиляції та кондиціонування повітря мають застосовувати радіальні вентилятори. Аксіальні вентилятори треба використовувати для коротких мереж з малим аеродинамічним опором, при цьому подача повітря може

бути потужною. Загальновідомим прикладом такого використання аксіального вентилятора є його розташування у світловому отворі: власне мережа відсутня, аеродинамічний опір мінімальний, можливе реверсування подачі.

По-друге, слід мати на увазі, що робота вентиляторів всіх типів супроводжується акустичним забрудненням навколишнього середовища. Загроза зростає при обертанні робочого колеса з коловою швидкістю більше 25 м/с. Тому цю межу не можна перевищувати, якщо система розташована в житлових приміщеннях, школах, лікарнях та ін. При такій коловій швидкості обертання робочого колеса радіальний вентилятор може забезпечити тиск до 350 Па, аксіальний до 100 Па. При проектуванні систем це треба враховувати.

Не слід вважати, що аксіальні вентилятори за всіма показниками гірші за радіальні. Аксіальні вентилятори у порівнянні з радіальними мають більший максимальний ККД, можливість реверсивної подачі повітря, спрощений монтаж і меншу матеріалоемність. Треба правильно визначити сферу застосування кожного типу вентиляторів згідно з його конкретними показниками.

Тема 12. Повітророзподільники й обладнання повітроводалення

Подача (видалення) повітря в приміщення будівель відбувається через вхідні (вихідні) отвори відповідних вентиляційних систем. Пристрої, через які повітря надходить у приміщення із припливних вентиляційних систем, називаються *повітророзподільниками*. Пристрої для видалення повітря - це приймальні отвори витяжного і рециркуляційного повітря, які обладнуються витяжними елементами.

За конструктивним виконанням повітророзподільники і пристрої для видалення повітря різноманітні: решітки типу Р і РР, плафони, повітропроводи рівномірної подачі та видалення повітря, перфоровані повітропроводи і панелі, панелі з направляючими елементами тощо.

Розподільники повітря бувають припливними і витяжними, регульовані і нерегульовані. Можуть бути круглої, квадратної і прямокутної форми, металеві (сталеві, алюмінієві) і пластмасові. Залежно від конструкції грати можуть створювати компактні, пласкі, неповні, віялові струмені та ін.

Швидкості руху повітря в припливних та витяжних пристроях рекомендується брати: для витяжних решіток при механічній вентиляції в межах 1,5+3,0 м/с, при природній вентиляції- 0,5+1,0 м/с, для припливних решіток біля стелі при механічній вентиляції 1,0-4-3,0 м/с, біля підлоги - 0,2+0,5 м/с, при природній вентиляції для припливних решіток біля стелі в межах 0,5+1,0 м/с, біля підлоги -0,2+0,5 м/с.

Кількість пристроїв розраховують за формулою:

$$N = \frac{L}{3600 \cdot (a \cdot b) \cdot V \cdot 0,6},$$

де L- витрати повітря на повітрообмін, м³/год;

V- швидкість повітря, м/с;

a,b –повітропроводів, м.

Площа «живого перерізу» пристрою визначають за формулою:

$$F_{\text{ж.р}} = \frac{L}{3600 \cdot V},$$

Потім знаходять кількість пристроїв:

$$N = \frac{F_{\text{ж.р}}}{f_{\text{ж.р}}},$$

Тема 13. Регенерація теплоти у вентиляції

Витрата не поновлюваних видів сировини підвищується, тому проблема енергозбереження стає з кожним роком все більш актуальною. Ефективне використання енергетичних і матеріальних ресурсів стає основним завданням будь-якої галузі господарської діяльності людини. Зазвичай вентиляція в будівлі складається з припливних і витяжних систем. Прямоточні системи вентиляції споживають 50-60 % всієї електроенергії будівлі. У зв'язку з цим необхідно шукати способи економії теплової енергії в системах вентиляції і кондиціонування будівель різного призначення. Одним з напрямів вдосконалення і скорочення енергоємності систем вентиляції є використання для нагріву припливного повітря вторинних енергоресурсів (ВЕР). Як теплоносій ВЕР можна використовувати теплоту: повітря, що видаляється системами загальнообмінної вентиляції та місцевих відсмоктувачів; газоповітряна суміш, що залишається від технологічного устаткування. Доцільність використання ВЕР для вентиляції, вибір схем утилізації теплоти (холоду), теплоутилізаційного устаткування мають бути обґрунтовані техніко-економічними вимогами з урахуванням нерівномірності ВЕР і теплоспоживання в системах. При однаковій економічності проектних рішень (у межах $\pm 5\%$ за наведеними витратами) слід приймати рішення, що забезпечує значну економію палива. Широко застосовують системи утилізації з повітряними теплоутилізаторами (регенеративними і рекуперативними). Якщо утилізованої теплоти, недостатньо для забезпечення заданої температури припливного повітря, проектують додаткові повітропідігрівачі. Площу нагрівальної поверхні додаткових повітропідігрівачів визначають з врахуванням нерівномірності їх теплового навантаження в різних експлуатаційних режимах (для захисту від обмерзання теплоутилізаційного устаткування, при зміні параметрів і витрат теплоносіїв ВЕР тощо). Як правило, розрахунок теплоутилізаційного устаткування виконують для холодного періоду року. Можливу економію холоду для обробки припливного повітря в теплий період року визначають у

цьому випадку з врахуванням площі теплообмінної поверхні обраного теплоутилізаційного устаткування (ТУ). При проектуванні систем утилізації ВЕР необхідно враховувати, що не можна використовувати носії ВЕР, що містять речовини, здатні завдати устаткуванню шкоду. При використанні теплоти (холоду) вентиляційного повітря, що містить пил і аерозолі, слід передбачати очищення повітря до концентрацій, допустимих за технічними умовами для теплоутилізаційного устаткування, а також очищення теплообмінних поверхонь від забруднення.

Тема 14. Повітропроводи, вентиляційні канали

Повітропровід - пристрій у формі труби, який використовують для транспортування повітря з природним або механічним імпульсом.

Матеріал, розміри та форма повітропроводів залежать від призначення і схеми вентиляційних систем, а також від властивостей і параметрів повітря, яке рухається по повітропроводах. Залежно від матеріалів, із яких виготовляються повітропроводи, вони діляться на *металеві, металопластикові і неметалеві*. Крім цього, повітропроводи можуть бути гнучкі, напівгнучкі і такі, що виконують роль шумоглушника.

За конструкцією поділяють на прямошовні та спіральні. За способом з'єднання на фланцеві, безфланцеві та зварні.

Основні характеристики повітропроводів - це площа «живого перетину», форма (кругла або прямокутна) і жорсткість (жорсткі, напівгнучкі, гнучкі). Жорсткі виготовляють з оцинкованої сталі, вони можуть мати прямокутну або круглу форму. В окремих випадках виготовляють з нержавіючої сталі.

Металеві повітропроводи виготовляють із листової оцинкованої або неіржавіючої сталі. В поперечному перерізі вони бувають круглі і

прямокутні. Із всіх конструкцій круглих повітропроводів найбільш і розповсюджені прямошовні із сталевих листів. Виконують повітропроводи круглого перерізу також із стрічки - спіральні - навивні.

Металопластикові повітропроводи виготовляють із листових панелей, які мають наступну конструкцію: між двома зовнішніми стінками з термообробленого гофрованого алюмінію товщиною 80мкм наповнено шар жорсткого спіненого пластика товщиною 20мм. Листові панелі мають розміри 4000x1200x21мм, питому масу панелі 1,4 кг/м², максимальну температуру повітря, яке може транспортуватися по повітропроводу, 110°C, коефіцієнт теплопередачі 0,888 Втм²/ °С. Перевагами металопластикових повітропроводів є їх легкість та висока міцність.

Напівгнучкі та гнучкі мають круглу форму і переважно виготовлені з багат шарової алюмінієвої фольги. Недоліком таких повітропроводів є високий аеродинамічний опір, тому їх використовують на невеликих ділянках.

Пластикові повітропроводи - часто застосовують для систем вентиляції з невеликою витратою потоку повітря; повітропроводи сталеві - вентиляційні канали з оцинкованої або нержавіючої сталі для великих промислових систем вентиляції будівель, у тому числі зовнішнього виконання; повітропроводи гнучкі - вентиляційні канали з алюмінію (повітропроводи напівжорсткі алюмінієві або гнучкі алюмінієві повітропроводи) або зі спеціального матеріалу (гофрований повітропровід), який дозволяє надавати будь-яку зручну для прокладання повітропроводів форму.

Тема 15. Аеродинамічний розрахунок вентиляційних систем

Основним завданням розрахунку систем вентиляції з механічним спонуканням є визначення витрат тиску в повітропроводах і підбір вентиляторів, а для природної визначити витрати тиску та природній розташований тиск.

Загальні витрати тиску визначають за формулою:

$$\Delta P = R \cdot l \cdot m \cdot n + Z,$$

де R – втрати тиску на 1 м повітропроводу, Па/м;

l – довжина повітропроводу, м;

m – поправочний коефіцієнт, який враховує розміри повітропроводу;

n – коефіцієнт шорсткості повітропроводу;

Z - сума коефіцієнтів місцевих опорів, яка визначається

$$Z = \sum \xi \cdot P_d,$$

де $\sum \xi$ - сума коефіцієнтів в місцевих опорах на ділянках;

P_d – динамічний тиск, Па.

Нев'язка втрат тиску не повинна перевищувати 15 %, у випадку перевищення рекомендують встановити діафрагму. Діафрагму встановлюють на ділянці з меншими витратами тиску.

Нев'язка для механічної системи вентиляції розраховується за формулою:

$$\Delta = \frac{P_b - P_m}{P_b} \cdot 100\%,$$

де P_b, P_m – втрати тиску у більшому та меншому відгалудженні.

Тема 16. Боротьба з шумом і вібрацією у вентиляційних системах

Основним джерелом шуму в механічних системах вентиляції є вентиляторна установка, при роботі якої виникають два види шуму: аеродинамічний і механічний.

Аеродинамічний шум утворюється внаслідок вихору в лопатках колеса і кожуха вентилятора, головним чином на вході і виході, а також періодичних пульсацій повітря.

Механічний шум утворюється від вібрації лопаткового колеса, кожуха й електродвигуна, а також від підшипників, передачі й інших елементів вентиляторної установки.

Сильна вібрація вентиляторної установки не тільки негативно впливає на самопочуття людини, а й нерідко заважає в технологічному процесу виробництва. У багатьох випадках вібрація може бути причиною передчасного зносу і навіть руйнування будівельних конструкцій будинку.

Аеродинамічний і механічний шум, що виникає при роботі вентиляторної установки, поширюється повітрям, переміщуваним у каналах і повітроводах, їхніми стінками чи масивом, у якому вони прокладені. Крім того, шум поширюється через основу і фундамент вентиляторної установки конструкціями будинку, що огорожують, через які проникає в приміщення, іноді досить далеко розташовані від вентиляційної камери.

Для боротьби з шумом вентиляторних установок зменшують окружну швидкість робочого колеса вентилятора, швидкість руху повітря у повітроводах й інших елементах системи вентиляції, а також проводять конструктивні та монтажні заходи.

За умовами відносної безшумності рекомендуються наступні окружні швидкості робочого колеса вентилятора: для осьових вентиляторів,

встановлюють у житлових і громадських будинках, не вище 35 м/с, а для відцентрових 25—30 м/с. У виробничих будинках окружні швидкості приймають з урахуванням шуму від інших джерел, але не вище 50 м/с.

Для забезпечення заданого тиску при невеликій окружній швидкості робочого колеса вентилятора доцільно обладнати багатоступінчасту схему робочого колеса з двох ступенів і більше.

Конструктивні та монтажні заходи, що знижують рівень шуму, потрібно ретельно розробляти в процесі проектування системи вентиляції будинку і впроваджувати під час монтажу її до здачі в експлуатацію.

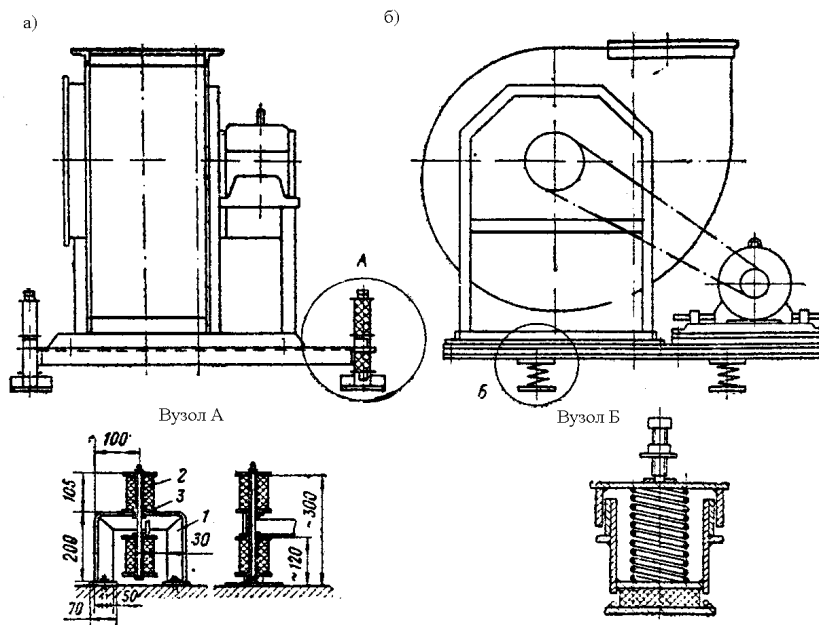


Рис. 39 - Встановлення вентиляторів на віброізолюючих основах і типи амортизаторів:

1 – опорна конструкція; 2 – гумові циліндри; 3 – металеві шайби

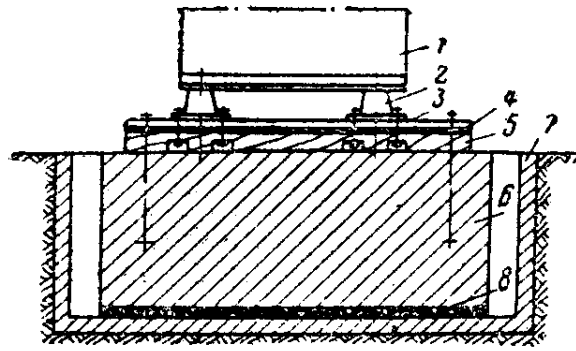


Рис. 40 - Встановлення вентилятора на віброізолюючому фундаменті:

1 – станина вентилятора; 2 – пружинний амортизатор; 3 – дошка; 4 – гума;
5 – брус; 6 – фундамент; 7 – прямок; 8 – звукоізолююча прокладка

Для того, щоб знизити рівень шуму необхідно:

1. Приміщення, для яких рівень шуму строго регламентований, розташовувати якнайдалі від припливних і витяжних камер. Поблизу вентиляційних камер не має бути приміщень з малим рівнем власного шуму.

2. Витяжні камери розташовувати над допоміжними приміщеннями (сходи, санвузли і т.п.).

3. Внутрішні поверхні вентиляційних камер покривати звукоізолюючою штукатуркою чи оббивати матеріалами, що добре поглинають звуки різної висоти.

4. Для підвищення звукоізолюючої здатності дверей застосовують диски завтовшки 40—50 мм, встановлюють подвійні двері та забезпечують максимальну щільність отворів.

5. Не можна кріпити безпосередньо до каркаса і огорожуючих конструкцій будинків, мотори, вентилятори й інше устаткування, що викликає вібрацію.

6. У повітроводах встановлювати спеціальні шумоглушники.

7. Вентилятори з електродвигуном з'єднувати за допомогою еластичної муфти чи застосовувати клиноподібну передачу.

8. Вентилятор приєднувати до повітроводу м'якими вставками з прогумованої тканини.

9. Вхідний отвір вентилятора має бути плавним.

10. Застосовувати вібро – та звукоізолюючі основи.

11. Металеві поверхні для зменшення виробленого ними шуму покривати спеціальною мастикою (суміш синтетичних смол і наповнювача).

12. Ретельно балансувати робоче колесо вентилятора.

На рис.39,40 зображена установка електровентилятора типу Ц4-70 №8 і вентилятора з клиноремінною передачею типу Ц4-70 №12 на віброізолюючих основах з гумовими і пружинними віброізоляторами.

У деяких випадках, коли потрібно максимально зменшити шум вентиляторних установок, розташованих на першому поверсі чи в підвалі, фундамент зводять з використанням декількох видів вібро- та звукоізолюючих матеріалів.

Для глушіння шуму, що передається повітроводом, застосовують трубчасті, пластинчасті та стільникові шумоглушники, рис. 41.

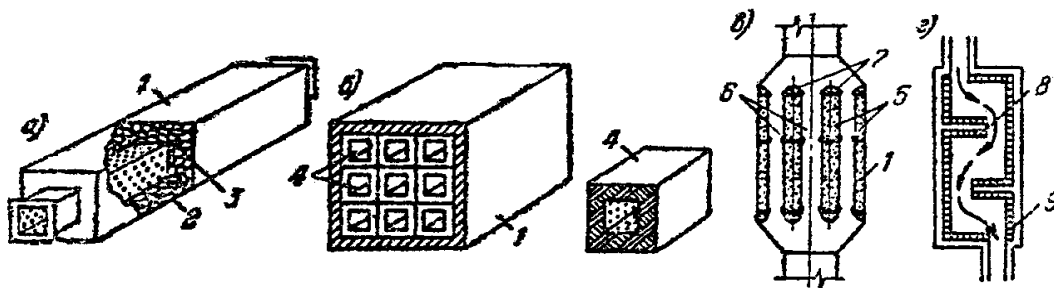


Рис. 41 - Вентиляційні шумоглушники:

а – трубчастий; б – стільниковий; в – пластинчастий; г – камерний;

1 – зовнішній кожух; 2 – перфорований повітропровід; 3 – звукопоглинаючий матеріал; 4 – звукопоглинаючі осередки; 5 – звукопоглинаючі пластини;

6 – канал для повітря; 7 – обтічники; 8 – поперечні перегородки;

9 – облицювання

У якості звукопоглинаючого матеріалу в шумоглушниках для припливних систем вентиляції рекомендується застосовувати м'які полотна щільністю 15 кг/м^3 з супертонкого скловолокна (СТВ). Як виняток можна застосовувати капронове волокно, але обов'язково згідно з протипожежними вимогами.

Для витяжних систем варто застосовувати також ефективні звукопоглинаючі, але значно дешевші матеріали: плити зі скловолокна марки ЦФД щільністю $30\text{—}40 \text{ кг/м}^3$, мінераловатні плити марки ПМ щільністю 65 кг/м^3 .

При наповненні шумоглушників іншими, менш ефективними матеріалами, необхідно збільшувати довжину глушника.

Для трубчастих глушників усіх типорозмірів звукопоглинаюче облицювання роблять завтовшки 100 м і завдовжки не менше 1 м .

У пластинчастих звукоглушниках товщину крайніх звукопоглинаючих пластин роблять 100 і 200 мм , а товщину середніх— у 2 рази більшу. Пластинчасті звукоглушники виготовляють одне-, дво- і триканальними з різними розмірами прохідного перетину.

При виборі матеріалу для облицювання камер і повітроводов варто віддавати перевагу пористому матеріалу з наскрізними порами: матеріали з замкнутими порами (губки, пінопласт) мають низький коефіцієнт звукопоглинання.

Припустимі рівні гучності повітряного шуму для приміщень різного призначення наведені в довідковій літературі. Вважається, що шум, гучність якого коливається в межах $35\text{—}40$ бел, не завдає шкоди організму людини.

Тема 17. Професійні програми систем опалення й вентиляції на ПЕОМ

Програма Vent-calc створена для розрахунку і проектування систем вентиляції. В основі програми лежить методика гідравлічного розрахунку повітропроводів за формулою Альтшуля, що наведена в "Довіднику проектувальника" к.т.н. І.Г. Староверова.

Програма здійснює:

1. Підбір повітропроводів для заданих умов (витрата, температура і допустима швидкість руху повітря).
2. Гідравлічний розрахунок повітропроводу.
3. На підставі формул з нормативного документа ВСН 353-86 програма здійснює підбір і розрахунок елементів вентиляційних систем (відгалужень, звужень і розширень каналу), тобто "місцевих опорів", розраховуючи і коефіцієнти місцевих опорів, і фактичні втрати тиску.
4. Розрахунок системи природної вентиляції, тобто підбирає перетин вентканалу так, щоб тяга в каналі була вища, ніж його опір при заданій витраті повітря.
5. Розрахунок теплової потужності калорифера (повітропідігрівача).

Сучасна програма - комплекс Терлоов дозволяє проводити розрахунки в системах вентиляції. Комплекс Терлоов VSV - програма призначена для розрахунку припливних і витяжних систем вентиляції, аспірації та пневмотранспорту, розрахунок повітропроводів круглого і прямокутного перетину, складної конфігурації з одним або двома вентиляторами. У програмі можна розрахувати ділянки, що складаються з різних типів повітропроводів, матеріалів тощо. Для опису складних систем передбачений

розподіл на декілька підсистем з використанням загального номера ділянки. Натиск вентилятора розраховують або задають вручну.

KALOR - програма призначена для розрахунку калориферних і повітрянагрівальних установок, для підбору секцій підігрівання, секцій зрошування, теплових завіс і пропарювальних камер. У програмі накопичуються кліматичні дані місць забудови, а також допоміжна інформація про параметри повітря. Розрахунком визначають кількість рядів по повітрю і теплоносію, швидкість теплоносія, площу поверхні нагріву, кінцеву температуру і опір повітря.

STOL - програма призначена для розрахунку параметрів припливного повітря підприємств громадського харчування з врахуванням встановленого устаткування, а також виконують розрахунок і підбір систем кондиціонування повітря. У програмі накопичуються кліматичні дані місць забудови, а також допоміжна інформація про параметри повітря. Передбачена можливість підбору устаткування з врахуванням тепло – вологопостачання до приміщення.

VIBROS - програма призначена для розрахунку концентрації шкідливих викидів від котельних установок, що мають один або декілька димарів. Розрахунком визначають обсяг шкідливих речовин, що потрапляють в атмосферу при спалюванні палива, попередній підбір діаметра і висоти димарів, а також здійснюють перевірочний розрахунок димаря. У програмі накопичується і зберігається інформація щодо видів палива.

Proclim - програма для розрахунку обсягу теплонадлишків.

Програмний пакет «Ерпак (Airpak)», спеціально адаптований для розрахунку систем вентиляції та кондиціонування повітря приміщень.

Для підбору обладнання систем вентиляції (вентилятор, фільтр, припливно-витяжна камера) існують програми фірм-виконавців, наприклад, програма Systemair CAD, Systemair SP 2.1.022, WinClim I, WinClim II, Haier.

Тема 18. Основні елементи автоматики систем вентиляції

Проста система управління складається лише з вимикача з індикатором, що дозволяє включати і вимикати вентилятор. Але найчастіше використовують систему управління з елементами автоматики, яка керує повітряним клапаном, стежить за чистотою фільтра, включає калорифер при пониженні температури припливного повітря тощо. Для системи управління як датчики використовують термостати, гігростати, датчики тиску і т.п.

Стандартна комплектація щитів управління: мікропроцесорний контролер, запірні і регулюючі арматури, температурні датчики, сервопривід повітряного клапана, термостат проти замерзання водного калорифера, термостат перегріву електрокалорифера, диференціальний датчик перепадів тиску.

Датчики температури призначені для виміру температури теплоносія в системі вентиляції. Як правило, температурні датчики працюють спільно з регулювальниками температури. Залежно від конструкції та призначення температурні датчики встановлюють безпосередньо у повітропроводі, на зовнішніх стінах будівель або у водяних колекторах.

Контролери призначені для управління роботою системи вентиляції. Це прилад для налаштування режимів роботи і параметрів системи вентиляції за допомогою меню або введення коду. Різні моделі контролерів можуть контролювати і регулювати температуру, тиск і вологість повітря, а також керувати роботою вентиляторів. Основна інформація про роботу

системи вентиляції висвічується на дисплеї. До контролера можна підключати відразу декілька датчиків температури різного призначення.

Необхідною складовою роботи вентилятора є регулювальники швидкості вентилятора. У трансформаторних регулювальниках обертання двигунів, призначених для управління продуктивністю вентилятора, здійснюють автотрансформаторне управління вихідною напругою. У електронних регулювальниках потенціометром або зовнішніми сигналами.

Для запуску і захисту трифазних двигунів з вбудованими термоконтактами призначені захисні реле. Вони обладнані тепловим і електромагнітним захистом від короткого замикання. Якщо температура або струм двигуна перевищують допустимі значення, то живлення автоматично вимикається.

Щити управління вентиляторами призначені для пуску і захисту (у тому числі від короткого замикання) трифазних вентиляторів, неоснащених термоконтактами. Вони, як правило, обладнані пристроєм плавного пуску двигуна. Блоки управління використовують для комплексного управління системою вентиляції. Їх встановлюють усередині приміщень, в незапорошеному, сухому середовищі без хімічних домішок.

Тема 19. Випробування й налагодження систем вентиляції

Процедури випробування систем вентиляції виконують згідно з нормативним документом ДСТУ EN 12599:2006 (Системи вентиляції та кондиціонування повітря). Процедури випробування та методи вимірювання під час здавання в експлуатацію систем вентиляції та кондиціонування повітря згідно з ДСТУ EN 1886:2005(Системи вентиляції та кондиціонування повітря. Кондиціонери повітря центральні. Механічні характеристики. Випробування).

Випробування і налагодження систем вентиляції та кондиціонування повітря здійснюють при їх прийманні й в процесі експлуатації. Під час приймання випробування проводять після закінчення монтажних-будівельних робіт до встановлення технологічного устаткування або при його частковому завантаженні. Перед технічним випробуванням перевіряють відповідність проекту: продуктивність і повний тиск вентилятора кожної вентиляційної установки; об'ємної витрати повітря, що проходить через окремі повітроприймальні та повітровипускні пристрої; теплопродуктивність калориферних установок; режиму роботи насосів зрошувальних камер; параметрів припливного повітря, що потрапляє в приміщення. Для оцінки ефективності вентиляції в процесі експлуатації системи проводять технічне і

При санітарно-гігієнічному випробуванні вентиляційних установок, що проводять для оцінки ефективності системи вентиляції з точки зору створення нормальних санітарно-гігієнічних умов в приміщеннях громадських та промислових будівель з'ясовують, чи забезпечує вентиляційна система: а) задані значення температури, відносної вологості, швидкості руху повітря як в робочій зоні приміщення, так і на робочих місцях; б) необхідну чистоту повітря в приміщенні як відносно вмісту пилу, так і відносно вмісту газів і пари шкідливих речовин, а також вологи; в) необхідну чистоту, температуру і відносну вологість припливного повітря, що поступає до приміщення; г) задані значення температури, відносної вологості і допустимого запилення та загазованості повітря, що видаляється з приміщення в атмосферу. Перевірка санітарно-гігієнічної ефективності повинна проводитися як в теплу пору року, так і в холодну, оскільки вона у великій мірі залежить від зовнішніх метеорологічних умов.

Тема 20. Вимоги до графічного оформлення креслень (робочих проектів) систем опалення й вентиляції

Робочі креслення опалювання, вентиляції і кондиціонування повітря виконують відповідно до вимог ДСТУ Б А.2.4-41:2009 інших стандартів СПДС.

Кожній системі привласнюють позначення, що складається з марки і порядкового номера системи в межах марки (наприклад, П1, П2). Установкам систем привласнюють ті ж позначення, що і системам, до яких вони входять:

Найменування систем і установок систем	Марка
З механічним спонуканням: припливні системи, установки систем	П
витяжні системи, установки систем	В
повітряні завіси	У
агрегати опалювальні	А
системи кондиціонування	К
димовидалення	Д
підпір	ПД
З природним спонуканням: припливні системи	ПП
витяжні системи	ВП

На схемах систем вентиляції та кондиціонування повітря вказують: повітропроводи, їх діаметри (перетини) і кількість прохідного повітря м³/год (рис. 42); відмітки рівня осі круглих і низу прямокутних повітропроводів; устаткування вентиляційних установок, контури технологічного

устаткування, що має місцеві відсмоктувачі (у складних системах); лючки для вимірів параметрів повітря і очищення повітропроводів, марки лючків і найменування документа (рис. 43); місцеві відсмоктувачі, їх позначення і назви документів.

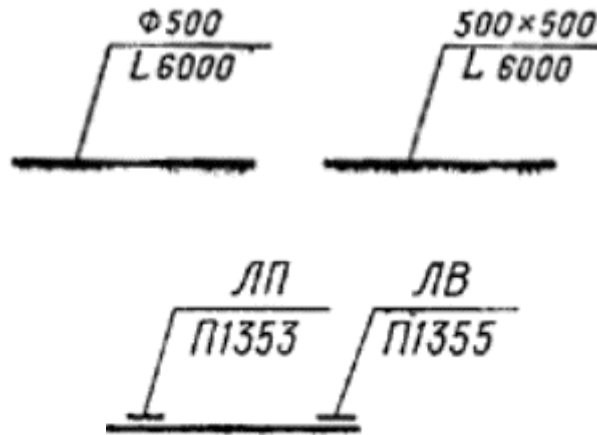


Рис. 42 - Приклад оформлення позначень повітропроводів без лючків та лючками

Для вбудованих (поставляють комплектно з технологічним устаткуванням) місцевих відсмоктувачів позначення його і документа не вказують; регулюючі пристрої, розподільники повітря, нетипові кріплення (опори) та інші елементи систем з вказівкою на полиці лінії-винесення позначення елемента системи і під полицею — позначення документа. Приклади оформлення схем систем вентиляції наведені на рис. 43.

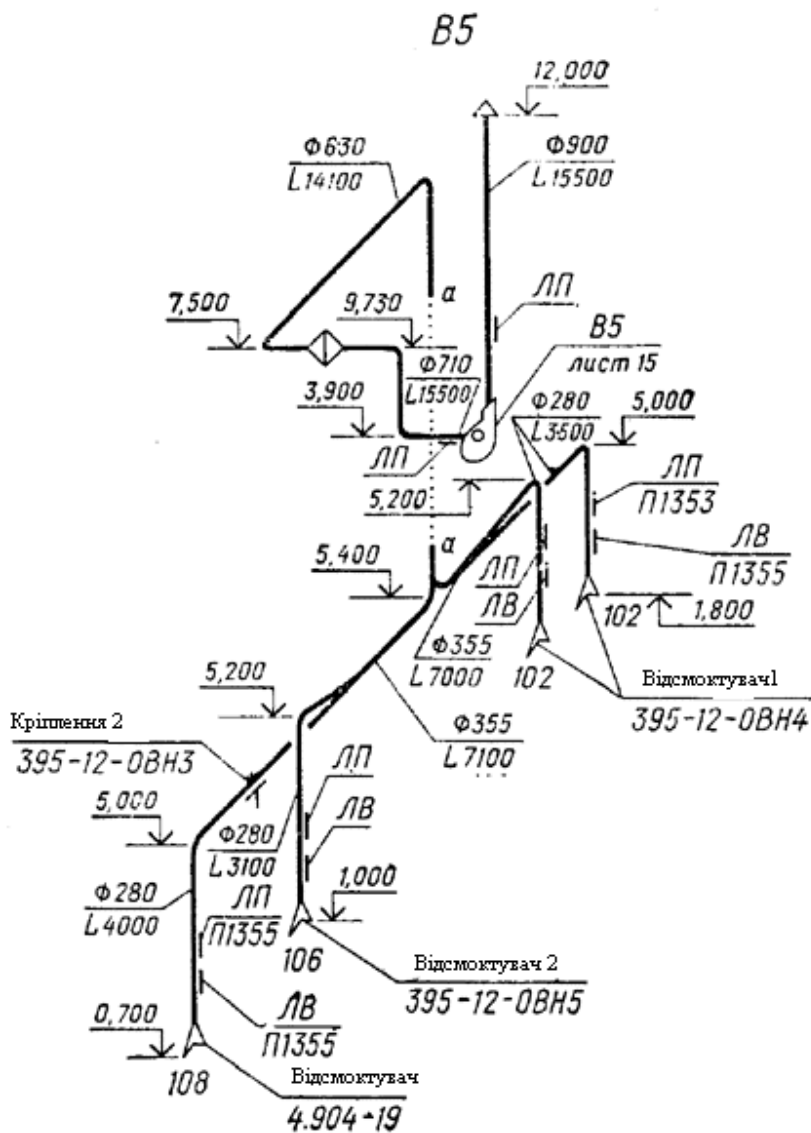
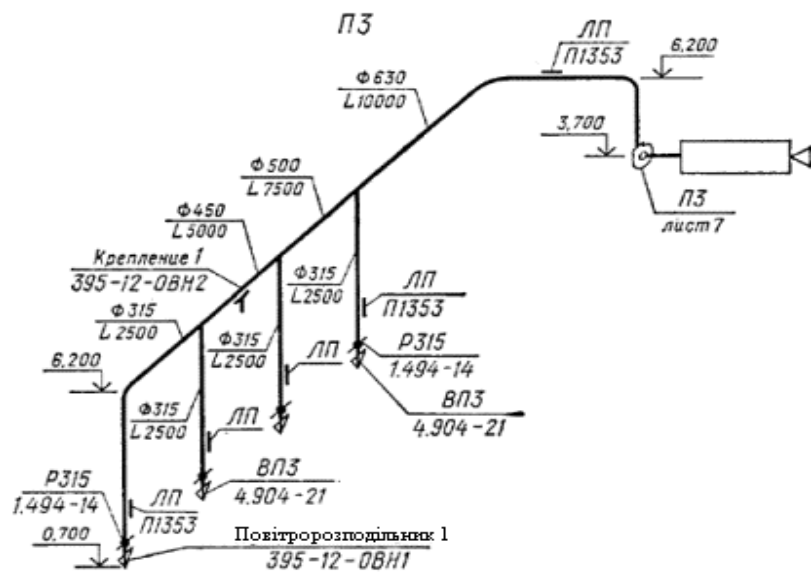


Рис. 43 - Приклад оформлення схеми системи вентиляції

Специфікацію установок систем розміщують, як правило, на кресленні планів установок. Оформлення специфікації установок систем виконують згідно з таблицею 3.

Таблиця 3 - Специфікація

Марка, позначка	Позначка	Найменування	Кількість	Маса, кг	Примітка
П1.1	RP 60-35/31-4D	Канальний радіальний вентилятор			
		Vento RP N=2,464 кВт, n=1384 об/хв,			
		P = 557 Па	1	38,9	Компл.
П1.2		Патрубок 600x350l = 100 мм	1	-	шт.
П1.3	LKS 60-35/230	Заслінка з сервоприводом LM 230	1	-	»
П1.4	VFK 60-35	Фільтр касетний з фільтром-вставкою			
		VF3 60-35	1	-	»
П1.5	DV 60-35	Гнучка вставка	2	-	»
П1.6	VO 60-35/2R	Водяний підігрівач	1	-	»
П1.7	TKU 60-35	Шумоглушник колісний	1		»
П1.8		Коробка зі сталі оцинкованої			
		600 мм × 350 мм × 1000 мм	2	-	»

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Полушкин В.И., Анисимов С.М., Васильев В. Вентиляция. Учебное пособие для ВУЗов Издательство: ИЦ Академия, 2008г., - 414 с.
2. СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика. - М.: Стройиздат, 1983. - 136 с.
3. СНиП 2.04.05-91. Отопление, вентиляция и кондиционирование./Госстрой СРСР. – М.: Стройиздат, 1992.- 64 с.
4. СНиП 11-3-79. Нормы проектирования. Строительная теплотехника. - М.: Стройиздат, 1986.
5. СНиП 3.05.01-85 Внутренние санитарно-технические Госстрой СРСР. – М.: Стройиздат, 198.
6. ДБН Д.2.2-20-99 Сборник 20. Вентиляция и кондиционирование воздуха.
7. Руководящий материал по центральным кондиционерам КТЦЗ. Ч.1. - Харьков, 1987.
8. Справочник проектировщика. Вентиляция и кондиционирование воздуха/Под общ. ред. И.Г.Староверова. - М.: Стройиздат, 1978.
9. Тихомиров К.В., Сергиенко Э.С. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция. - М.: Стройиздат, 1991. -480 с.
10. Баркалов Б.В., Карпис Е.Е. Кондиционирование воздуха в промышленных, общественных и жилых зданиях. - М.: Стройиздат, 1982.
11. Кокорин О.Я. , Дерипасов А.М. Отечественное оборудование для создания систем вентиляции и кондиционирования воздуха. - М., ИКФ „КАТАЛОГ”, 2002.
12. Зінич. П.Л. Вентиляція громадських будівель. Навчальний посібник. – К .:КНУБА,2002.- 256 с.
13. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика. Евроклимат, 2000.
14. ДСТУ Б А.2.4-41:2009 Опалення, вентиляція і кондиціонування повітря.Робочі креслення. Київ. Мінрегіонбуд України, 2009.- 32 с.

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

ГРАНКІНА Вікторія Вікторівна

Конспект лекцій
з дисципліни

«ВЕНТИЛЯЦІЯ»

(для студентів 4 курсу заочної форми навчання напряму 0921 (6.060101)
“Будівництво”, спеціальності “Теплогазопостачання і вентиляція” та
слухачів другої вищої освіти).

Відповідальний за випуск *О. В. Ромашко*
Редактор *Д. Ф. Курильченко*
Комп’ютерний набір *В. В. Гранкіна*
Комп’ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2010, поз. 207 Л

Підп. до друку 14.12.2010 р.
Друк на ризографі.
Тираж 50 пр.

Формат 60x84 /16
Ум. друк. арк. 5,1
Зам. №

Видавець і виготовлювач:
Харківська національна академія міського господарства,
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua
Свідоцтво суб’єкта видавничої справи:
ДК № 731 від 19.12.2001