

## **Лекція № 8**

**Тема лекції:** Метеорологічні умови праці та їх роль у життєдіяльності людини. Вентиляція як технічний засіб нормалізації повітря робочої зони.

### **План лекції**

Вступ.

1. Метеорологічні умови праці, їх визначення, принципи нормування та оцінка.
  2. Вплив виробничого мікроклімату на здоров'я людини. Професійна захворюваність.
  3. Система колективної та індивідуальної профілактики при несприятливому впливу мікроклімату.
  4. Загальні технічні та санітарно-гігієнічні вимоги до вентиляції.
- Заключна частина.

### **Література:**

1. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці.- Київ: Вища освіта в Україні, 2013. – С. 9 – 23.
2. Катренко Л.А., Кіт Ю.В., Пістун І.П. Охорона праці.- Суми.- 2009.- С.6 – 29.
3. Основи охорони праці: Навчальний посібник /За ред. проф. В.В. Березуцького. – Харків: Факт, 2005. 480 с.
4. Закон України ”Про охорону праці” від 21.11.2002 р.
5. Основи охорони праці: навчальний посібник / Голінько В.І.- Д.: НГУ, 2014. – 271с.
6. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – Введен 01.07.89.
7. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. – Київ, 2000.
8. Основи охорони праці: підручник / М.С. Одарченко, А.М. Одарченко, В.І. Степанов, Я.М. Черненко. – Харків: Стиль-Издат. 2017. 334 с.
9. П'ятниця-Горпинченко Н.К. Сучасний стан проблеми оцінки якості повітря робочої зони // Довкілля та здоров'я. – 2015. - №2.

### **Наочні посібники**

Мультимедійний проектор (кадропроектор).  
Слайди для мультимедійного проектору (кадропроектору).

### **Завдання на самостійну роботу**

1. Вивчити прилади щодо моніторингу мікроклімату.
2. Вивчити принципи нормування параметрів мікроклімату.
2. Вивчити формули щодо оцінки ефективності вентиляції на виробництві.

## **Вступ**

Під виробничим мікрокліматом розуміють поєднання температури, вологості, швидкості руху повітря, температури оточуючих людину поверхонь та інфрачервоного теплового випромінювання в робочій зоні. Він значною мірою залежить від метеорологічних або кліматопогодних умов даного регіону, а при певних видах робіт (на відкритому повітрі) може бути повністю зумовлений ними. Крім того, мікроклімат виробничих приміщень залежить від характеру технологічного процесу, умов повітрообміну та інших факторів.

Комплексна дія мікрокліматичних параметрів на працівника несприятливо впливає на систему терморегуляції організму людини і може формувати патологічні зміни у вигляді професійної захворюваності (гіпо- або гіпертермія, тепловий шок, судова хвороба, сонячний удар, катаракта, облітеруючий ендартеріт тощо).

*Для профілактики несприятливої дії виробничого мікроклімату на організм людини необхідно навчитися: 1) вимірювати температуру, вологість та швидкість руху повітря, а також інтенсивність інфрачервоного випромінювання; 2) порівнювати з нормативними значеннями (Нормативний документ: ДСН 3.3.6.042 -99 "Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень») фактичні значення параметрів мікроклімату, тобто давати гігієнічну оцінку мікроклімату на виробництві; 3) прогнозувати дію мікроклімату на організм працівника; 4) розробляти профілактичні заходи захисту.*

## **1. Метеорологічні умови праці, їх визначення, принципи нормування та оцінка**

*Виробниче приміщення* – замкнутий простір в спеціально призначених будинках та спорудах, в яких постійно (по змінах) або періодично (протягом частини робочого дня) здійснюється трудова діяльність людей.

*Робоча зона* – це простір, в якому знаходяться робочі місця постійного або непостійного (тимчасового) перебування працюючого в процесі трудової діяльності.

Метеорологічні умови або мікроклімат у виробничих приміщень – умови внутрішнього середовища приміщення, які впливають на тепловий обмін працюючих з оточуючим середовищем і визначаються діючими на організм людини поєднанням температури, відносної вологості, швидкості руху повітря. На мікроклімат впливає також температура оточуючих поверхонь та інфрачервоне випромінювання.

Коротко охарактеризуємо основні параметри метеорологічних умов.

*Температура* ( $t$ , °C) є одним з основних параметрів повітря, що характеризує його тепловий стан, тобто кінетичну енергію молекулярних рухів повітря. Температура тіла людини залежить від часу доби: найвища у 16-18 годин, найменша – у 3-4 години ранку, різниця становить до 0,5 °C. Сама низька температура на обличчі та в області мошонки (~ 24 °C), сама висока – в області печінки (~38 °C).

*Вологовміст повітря* у виробничому приміщенні оцінюється відносною вологістю ( $\phi$ , %), що являє собою відношення абсолютної вологості до максимально можливої при даній температурі.

*Швидкість руху повітря* ( $V$ , м/с) оцінюється вектором усередненої швидкості переміщення повітряних потоків (струменів) під дією різних сил, що їх викликають.

В приміщеннях, що мають надлишки зайвого тепла необхідно враховувати такий показник, як *інтенсивність теплового опромінення від нагрітих поверхонь* ( $E$ , Вт/м<sup>2</sup>).

### **1.1. Вимірювання та розрахунки температурно-вологісного режиму робочої зони та інших мікрокліматичних показників**

Для повної характеристики температурно-вологісного режиму виробничих приміщень заміри температури проводяться на висоті 0,5 -1,0 м від підлоги – при роботі сидячи, 1,5 м від підлоги – при роботі стоячи. Можливе використання тижневих і добових термографів і гігрографів.

Температура поверхонь огорожуючих конструкцій (стін, стелі, підлоги) або обладнань (екранів та ін.), зовнішніх поверхонь технологічного устаткування вимірюються приладами, що діють за принципом термоелектричного ефекту.

**Абсолютну вологість** повітря вимірюють психрометром Ассмана і розраховують за формулою Шпрунга:

$$A = F_v - 0,5 \cdot (t - t_1) \frac{B}{755},$$

де  $A$  – абсолютна вологість повітря, мм рт.ст ;

$F_v$  – максимальний тиск водяної пари при температурі вологого термометра (знаходять в таблиці насичених водяних парів);

0,5 – постійний психрометричний коефіцієнт;

$t$  – температура сухого термометра;

$t_1$  – температура вологого термометра;

$B$  – барометричний тиск в момент визначення, мм рт.ст.

**Відносну вологість** визначають за формулою:

$$W = \frac{A}{F_c} \times 100,$$

де:  $W$  – відносна вологість повітря, %;

$A$  – абсолютна вологість, мм рт.ст.;

$F_c$  – максимальна вологість при температурі сухого термометра, мм рт.ст.

Високі рівні *інфрачервоного випромінювання* в гарячих цехах підприємств вимірюють за допомогою *актинометрів*. Вимір щільності потоку випромінювання виражають в мкал/см<sup>2</sup>·хв.

*Швидкість руху повітря робочої зони* (а також руху повітря у вентиляційних отворах) визначають за допомогою *анемометрів*: чашкового (при швидкостях від 1 до 50 м/с) і крильчастого (0,5 – 10 м/с).

Малі величини швидкості руху повітря (менше 0,3 м/сек), особливо при наявності різноспрямованих потоків вимірюються *кататермометром*. Прилад

представляє собою спиртовий термометр з циліндричним або кульовим резервуаром. Шкала циліндричного кататермометра градуйована в межах від 35 до 38° С, кульового – від 33 до 40°С. Принцип роботи кататермометра полягає в тому, що попередньо нагрітий, він втрачає тепло не лише під дією температури повітря та радіаційної температури, але і під дією руху повітря, пропорційно його швидкості.

Таким чином, до параметрів мікроклімату виробничих приміщень належать:

- температура повітря,
- відносна вологість повітря,
- швидкість руху повітря,
- інтенсивність теплового (інфрачервоного) опромінення,
- температура нагрітої поверхні.

### ***1.2. Нормування параметрів мікроклімату***

Параметри мікроклімату нормуються згідно до вимог ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ (“Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны”) та ДСН 3.3.6.042-99, які встановлюють *оптимальні або допустимі* температури повітря, відносної вологості, швидкості руху повітря для робочої зони виробничих приміщень з урахуванням постійних і непостійних робочих місць. Нормується й інфрачервоне випромінювання.

Норми враховують наступні параметри.

#### ***1) Пору року:***

- холодний період (сезон) з середньодобовою температурою зовнішнього повітря нижче +10 °С;
- теплий період із середньодобовою температурою +10 °С і вище.

2) ***Категорію робіт***, яку встановлюють в залежності від загальних енерговитрат організму при виконанні різних по важкості робіт. Енерговитрати визначають *засобом непрямой колориметрії* по кількості кисню, що вдихає людина, та кількості CO<sub>2</sub>, яку видихає. Відомо, що кількість тепла, що виділяється організмом, залежить від кількості споживаного кисню, яка, у свою чергу, визначається фізичною активністю людини. Людина, що спокійно сидить, споживає 0,2-0,25 л кисню в хвилину; виконуючи роботу середньої важкості – 0,5-1 л; при важкій фізичній роботі – до 2,5 л кисню в хвилину. Робота особливої фізичної інтенсивності вимагає ще більше кисню. У середньому людина споживає за добу понад 500 л кисню, пропускаючи через легені більше 10 тис. л повітря, або ~12 кг (порівняйте з 1,5-2 кг води та їжі на добу), а за рік – більше ніж 1 т повітря.

Параметри сприятливих метеорологічних умов є різними для різних рівнів фізіологічного навантаження організму. Усі роботи поділяються за витратами енергії на наступні три категорії (категорування робіт за ступенем важкості).

#### ***А. Легкі фізичні роботи (категорії Іа, Іб):***

Іа – легкі фізичні роботи, при яких витрати енергії не перевищують 139 Вт. До них відносять роботи, що виконуються сидячи і супроводжуються незначним фізичним напруженням (робота за комп'ютером, основні процеси точного приладобудування і машинобудування, на годинниковому, швейному виробництвах, у галузі управління та ін.);

Іб – легкі фізичні роботи, при яких енерговитрати становлять 140-174 Вт. До них належать роботи, які виконуються сидячи або стоячи, з незначною ходьбою і які супроводжуються деяким фізичним напруженням (ряд професій у поліграфічній промисловості, на підприємствах зв'язку, контролери, майстри в різних видах виробництва та ін.).

### **Б. Фізичні роботи середньої важкості (категорії Па, Пб)**

Па – при яких витрати енергії становлять 175-232 Вт. До них відносять роботи, що пов'язані з постійною ходьбою, виконуються сидячи або стоячи, але не потребують переміщення вантажів (механіко-складальні цехи машинобудівних підприємств, прядильно-ткацьке виробництво тощо.)

Пб – при яких витрати енергії становлять 233-290 Вт. До них належать роботи, що пов'язані з ходьбою і перенесенням невеликих (до 10 кг) вантажів (механізовані ливарні, ковальські, термічні, зварювальні цехи машинобудівних заводів і металургійних підприємств).

**В. Категорія важких фізичних робіт (категорія ІІІ)** охоплює види діяльності, при яких витрата енергії перевищує 290 Вт. До категорії ІІІ відносяться роботи, пов'язані із систематичним фізичним напруженням, а також з постійними пересуваннями і перенесенням значних (понад 10 кг) вантажів (основні процеси мартенівського, ливарного, прокатного, ковальського – з ручним куванням, термічного виробництва та ін.).

Для нормування є значення визначення поняття робочого місця. *Робоче місце* - місце постійного або тимчасового перебування працюючого в процесі трудової діяльності. *Постійне робоче місце* - місце, на якому працюючий знаходиться понад 50 % робочого часу або більше 2-х годин безперервно. Якщо при цьому робота здійснюється в різних пунктах робочої зони, то вся ця зона вважається постійним робочим місцем. *Непостійне робоче місце* - місце, на якому працюючий знаходиться менше 50 % робочого часу або менше 2-х годин безперервно.

Як зазначалося вище, ГОСТ 12.1.005-88, ДСН 3.3.6.042-99 передбачають оптимальні та допустимі метеорологічні умови.

**Оптимальні мікрокліматичні умови** – поєднання параметрів мікроклімату, які при тривалому і систематичному впливі на людину забезпечують збереження нормального функціонального і теплового стану організму без напруження реакцій терморегуляції. Вони забезпечують відчуття теплового комфорту і створюють передумови для високого рівня працездатності.

Оптимальні умови мікроклімату встановлюються для постійних робочих місць.

*При виконанні робіт операторського типу, пов'язаних з нервово-емоційним напруженням в кабінетах, пультах і постах керування технологічними процесами, в залах обчислювальної техніки та інших приміщеннях повинні дотримуватися оптимальні умови мікроклімату (температура повітря 22 – 24 град. С, відносна вологість 60-40 %, швидкість руху повітря не більш 0,1 м/сек.*

**Допустимі мікрокліматичні умови** - поєднання параметрів мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливі на людину можуть викликати зміни теплового стану організму, що швидко минають і нормалізуються та супроводжуються напруженням механізмів терморегуляції в межах фізіологічної

адаптації. При цьому не виникає ушкоджень або порушень стану здоров'я, але можуть спостерігатися дискомфортні тепловідчуття, погіршення самопочуття та зниження працездатності.

Допустимі параметри мікрокліматичних умов встановлюються у випадках, коли на робочих місцях не можна забезпечити оптимальні величини мікроклімату за технологічними вимогами виробництва, технічною недосяжністю та економічно обґрунтованою недоцільністю. Величини показників, які характеризують допустимі мікрокліматичні умови, встановлюються для постійних і непостійних робочих місць.

**Температура внутрішніх поверхонь** приміщень (стіни, підлога, стеля), а також температура зовнішніх поверхонь технологічного устаткування або його захисних обладнань (екранів і ін.) не повинна виходити за межі допустимих величин температури повітря для даної категорії робіт.

**Інтенсивність теплового опромінення працюючих** від нагрітих поверхонь технологічного устаткування, освітлювальних приладів, інсоляція від застелених огорожень не повинна перевищувати 35,0 Вт/м<sup>2</sup> – при опроміненні 50% та більше поверхні тіла, 70 Вт/м<sup>2</sup> – при величині опромінюваної поверхні від 25 до 50%, та 100 Вт/м<sup>2</sup> – при опроміненні не більше 25% поверхні тіла працюючого.

При наявності джерел з інтенсивністю 35,0 Вт/м<sup>2</sup> і більше температура повітря на постійних робочих місцях не повинна перевищувати верхніх меж оптимальних значень для теплого періоду року, на непостійних - верхніх меж допустимих значень для постійних робочих місць.

При наявності відкритих джерел випромінювання (нагрітий метал, скло, відкрите полум'я) допускається інтенсивність опромінення до 140,0 Вт/м<sup>2</sup>. Величина опромінюваної площі не повинна перевищувати 25 % поверхні тіла працюючого при обов'язковому використанні індивідуальних засобів захисту (спецодяг, окуляри, щитки).

У виробничих приміщеннях, в яких не можна встановити допустимі величини мікроклімату через технологічні вимоги до виробничого процесу, технічну недосяжність або економічно обґрунтовану недоцільність *передбачаються заходи щодо захисту від можливого перегрівання та охолодження.*

Таблиця 1

**Межі зміни параметрів метеорологічних умов у виробничих приміщеннях**

Параметр	Значення параметрів	
	оптимальні	допустимі
Температура повітря, °С	16-25	13-29
Відносна вологість, %	60-40	до 75
Швидкість руху повітря, м/с	0,1-0,4	0,1-0,6

**1.3. Гігієнічна оцінка виробничого мікроклімату.**

Фактичні рівні мікрокліматичних умов (температура, відносна вологість,

швидкість руху повітря, температура поверхні, інтенсивність інфрачервоного випромінювання) порівнюються з нормативними рівнями та дається оцінка їх шкідливості або небезпечності для працівників.

Згідно Наказу МОЗ №248 від 08.04.2014 р. «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» спрямована на гігієнічну оцінку умов та характеру праці на робочих місцях працівників та застосовується на всіх підприємствах, в установах та організаціях усіх форм власності.

Аналіз існуючого стану виробничого середовища виконуться з метою:

-контролю умов праці працівників на відповідність діючим санітарним правилам і нормам, гігієнічним нормативам та видачі відповідного гігієнічного висновку;

-атестації робочих місць та складання санітарно-гігієнічної характеристики умов праці;

-встановлення пріоритетності в проведенні оздоровчих заходів;

-розробки рекомендацій для профвідбору, профпридатності;

-санітарно-гігієнічної експертизи та паспортизації виробничих об'єктів;

-вивчення зв'язку стану здоров'я працюючого з умовами його праці;

-розслідування випадків професійних захворювань;

-встановлення рівнів професійного ризику для розробки профілактичних заходів та обґрунтування заходів соціального захисту працюючих.

*Для видів робіт, для яких регламентований оптимальний мікроклімат, клас шкідливості визначається відносно оптимальних параметрів.*

## **2. Вплив виробничого мікроклімату на здоров'я людини. Професійна захворюваність.**

По спрямованості впливання на організм людини несприятливий (шкідливий або небезпечний) мікроклімат може бути **нагріваючим або охолоджуючим, або змінним.**

Температура тіла людини залежить від процесів, що відбуваються у організмі і теплообміну між тілом та оточуючим середовищем. Людина постійно знаходиться в процесі теплової взаємодії з оточуючим середовищем.

Терморегуляція – сукупність фізіологічних процесів, що забезпечують при зміні мікроклімату сталість температури тіла людини (температурний гомеостаз).

Фізіологічний рівень функціонування системи терморегуляції – це, не зважаючи на мінливі мікрокліматичні умови, підтримка нормальної температури тіла людини.

Пусковим механізмом реакцій фізичної і хімічної терморегуляції в організмі є термічне подразнення шкірних і судинних терморецепторів з наступною відповідною реакцією на це центру терморегуляції.

Терморецептори бувають двох видів:

1) такі, що можуть сприйняти холод, їх 250 тисяч і вони залягають на глибині 0,17 мм;

2) такі, що можуть сприймати тепло, їх 30 тисяч і вони залягають на глибині 0,3 мм.

Сигнали, що надходять до головного мозку активують якість з двох ядер гіпоталамусу (одне відповідає за активацію теплотворення, друге – за тепловіддачу).

Процеси терморегуляції здійснюються наступними шляхами:

1) біохімічним (теплотворення) – за рахунок зміни інтенсивності процесів окислення та теплоутворення в організмі людини. Джерела енергії – їжа, скорочення м'язів при виконанні роботи та інтенсивних рухах, мимовільне скорочення м'язів у разі сильного охолодження – дрижання (теплоутворення зростає на 200 %), теплопродукція печінки та бурого жиру;

2) фізичним (теповіддача) – за рахунок звуження та розширення судин та зміни кровопостачання шкіри. При підвищенні температури судини розширюються, до поверхні тіла притікає більше крові, більше тепла віддається у оточуюче середовище. Кров'яне депо – печінка. При зниженні температури судини звужуються, зменшується притік крові до шкіри, менше віддається тепла. Кров приливає до нирок, спостерігається посилене сечовиділення. Кровопостачання може змінюватися у 30 разів, а у кінцях пальців – до 600 разів.

Тобто, фізична терморегуляція – тепловіддача, яка може збільшуватись, або навпаки, зменшуватись. Хімічна терморегуляція – теплотворення, яке теж може збільшуватись або зменшуватись залежно від сигналів, що надходять з периферійних рецепторів у відповідне ядро гіпоталамусу.

Рівняння теплового балансу організму людини можна представити такими формулами:

$$t_{\text{const}} = \pm Q_{\text{теплотворення}} \pm Q_{\text{теповіддача}}$$

де:  $t_{\text{const}}$  – температурна константа тіла людини.

Частина тепла, що виробляється в організмі, через так зване метаболічне тепло (метаболізм від грецького μεταβολε – зміна, обмін речовин в організмі), витрачається на здійснення життєдіяльності (дихання, серцева діяльність, рухи людини), фізичної та розумової роботи, а частина підлягає відведенню в оточуюче середовище.

Якщо людину, яка знаходиться у стані спокою, теплоізолювати - через годину температура його тіла підвищиться на 1,5 °С. Відведення тепла організмом людини в оточуюче середовище залежить від охолоджуючої здатності цього середовища, тобто параметрів мікроклімату, і теплоємності середовища. У воді тіло охолоджується у 14 разів сильніше ніж у повітрі, тому що теплоємність води більша (температура води 28 °С відчувається як прохолодна).

Тепловідведення (фізичний процес) відбувається тими ж шляхами, що і будь-якого нагрітого тіла – *конвекцією, тепловипромінюванням, теплопровідністю через одяг або кондукцією, випаровуванням.*

$$t_{\text{const}} = \pm Q_{\text{теплотворення}} \pm Q_{\text{випромінювання}} \pm Q_{\text{конвекція}} \pm Q_{\text{кондукція}} - Q_{\text{випаровування}}$$

де Q вимірюється у Вт.

*Конвективний* теплообмін у тіла людини здійснюється за рахунок різниці температур відкритих поверхонь тіла і одягу людини та оточуючого повітря і залежить від температури оточуючого повітря та швидкості його руху.



Тепло, що віддається організмом за рахунок *випаровування* вологи з поверхні тіла, залежить від температури, відносної вологості, швидкості руху повітря та виду одягу. Тепловіддача випаровуванням зростає зі збільшенням температури повітря і збільшенням руху повітря. За добу випаровується 0,5 л вологи зі шкіри, 0,35 л – з легенів. На це витрачається 500 кКал теплоти. Чим вище вологість повітря, тим менше випаровування.

При оптимальному (комфортному) мікрокліматі механізми терморегуляції функціонують без фізіологічного напруження. Комфортне теплове самопочуття забезпечуються дотриманням рівнянь *теплого балансу*, внаслідок чого температура тіла людини залишається постійною і такою, що дорівнює приблизно  $36,6\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Тепловіддача здійснюється через дихання – 12 – 15 % (на нагрівання вдихуваного повітря та випаровування вологи з поверхні легень і слизових оболонок) та через шкіру – 45 – 47 % радіацією, 28 – 30 % - проведенням (конвекцією і кондукцією), 15 – 18 % - випаровуванням поту з поверхні шкіри). Зверніть увагу: «+» при тепловіддачі показує, що організм може сприйняти тепло з повітряного середовища за допомогою конвекції, кондукції та радіації. Але випаровування – це завжди мінус тепло з організму.

Значне відхилення параметрів мікроклімату від оптимальних або допустимих може спричинитися до ряду фізіологічних порушень в організмі людини, до різкого зниження її працездатності і навіть до професійних захворювань. А саме: функція системи терморегуляції виходить за межі фізіологічного рівня та не спроможна підтримувати температурний гомеостаз.

Наприклад, під впливом високих температур можливий перегрів організму – стан, який характеризується підвищенням кількості теплоти в організмі. Перегрів виникає під впливом високої температури навколишнього виробничого середовища, а також за наявності факторів, які перешкоджають виведенню теплоти в зовнішнє середовище. Перегрів спостерігається на виробництвах з високою температурою повітряного середовища (доменні, мартенівські, прокатні цехи, вугільні шахти з глибоким заляганням вугілля), а також у кліматичних районах з жарким кліматом. Перегріву сприяє зростання теплопродукції, що виникає в разі виконання тяжкої фізичної роботи, особливо в непроникній для парів води одязі, висока вологість і нерухомість повітря.

Механізм дії на організм різних видів теплоти (конвекційна, кондукційна, радіаційна) не однаковий. Конвекційна і кондукційна теплота, передаючись від молекули до молекули, викликає нагрівання поверхні тканин і крові, що в них циркулює. Ця кров переносить теплоту і в більш глибокі тканини та органи. Радіаційна (інфрачервона) теплота може проникати глибоко в тканини людини.

При значному перегріві зміна фізіологічних функцій виникає не тільки через рецептори шкіри, а також внаслідок дії нагрітої крові на центральну нервову систему (ЦНС). Кровоносні судини шкіри розширюються, наповнення їх кров'ю збільшується, підвищується температура шкіри. У разі підвищення температури навколишнього середовища зменшується тепловіддача радіацією, конвекцією, кондукцією і збільшується тепловіддача випаровуванням вологи з поверхні тіла. Так, вважається, що при підвищенні температури повітря від 16 до 30°C і роботі середнього ступеня важкості у вдягненої людини доля тепловіддачі конвекцією і

радіацією знижується з 73 до 8% від загальної тепловіддачі, а тепловіддача випаровуванням вологи збільшується з 27 до 92%. З потом виділяється значна кількість солей, мікроелементів, вітамінів. Звідси, значно зростає потреба організму у додаткових кількостях води (до 5 – 12 і більше літрів на добу) та названих речовин. Віддача же теплоти з поверхні тіла конвекцією і радіацією завжди припиняється при температурі повітряного середовища близько 33°C.

Виділяють чотири ступені перегріву. **Гіпертермія** як перша ступінь перегріву характеризується підвищенням температури тіла до 37,5 °С. Перегрів другого ступеня – температура тіла досягає 38,5 °С, суттєво зменшується артеріальний тиск та частішає пульс. Гіпертермія третього ступеня – температура тіла 40 °С, 160 уд/хв та систолічний АТ знижується на 30 – 40 мм. рт. ст.

**Тепловий шок (тепловий удар)** – це перегрів четвертого ступеня – характеризується порушенням діяльності серцево-судинної і центральної нервової системи. Летальність досягає 20 – 30%. Обличчя спочатку гіпереміроване, у подальшому стає блідо-ціанотичним. Шкіра суха, гаряча або вкривається липким потом; температура піднімається до 41 – 42°C; зменшується діурез. Дихання часте, поверхневе, пульс частий, малий ніткоподібний. Свідомість змінюється від легких ступенів до коми, психомоторне збудження, часто марення, галюцінації.

Внаслідок перегрівання організму і втрати великої кількості рідини з потом можливо порушення водно-електролітного обміну, яке проявляється **судомною хворобою**. Поряд с явищами, характерними для теплового удару, спостерігаються виражені титанічні судоми, які розповсюджуються на різні групи м'язів, особливо ікроножних, стегон плечей, передпліч, і різка болісність їх під час руху.

**Сонячний удар** є наслідком впливу інфрачервоного випромінювання (ІЧВ) на центральну нервову систему (ЦНС). Тяжкість протікання сонячного удару обумовлена ступенем ураження оболонок мозку та інших структур ЦНС. Проникаючи на значну глибину (2 – 3 см) у тканини головного мозку ІЧВ може сформувати симптоми менінгіту і енцефаліту. Безпосередня дія сонячного випромінювання може спричинитися на будівельників, робітників кар'єрів та сільського господарства, в умовах виробництва така патологія не розвивається.

Інфрачервоне випромінювання при тривалій дії може привести до помутніння христалика ока і розвитку професійного захворювання – **виробничої катаракти**.

Тривалий вплив низьких температур може викликати **місцеве та загальне охолодження організму**. Переохолодження скоріше настає в умовах високої вологості або сильного вітру. Низкі температури повітря зустрічаються у приміщеннях, де це зумовлено технологічним процесом (холодильні камери, текстильне виробництво тощо), або в холодну пору року при відсутності опалення.

Охолодження – є наслідком порушення теплового балансу, коли в організмі тепловіддача перевищує теплопродукцію. У компенсаторній фазі організм зменшує тепловіддачу (досягається припиненням відділенням поту, рефлекторним спазмом кровоносних судин шкіри і м'язів, зменшенням кровотоку в них) та збільшує теплопродукцію (за рахунок підвищення обміну речовин). У фазі декомпенсації переважає тепловіддача, при цьому має місце нестача кисню (гіпоксія) в тканинах, зниження тонуусу судин, порушення дихання, кровообігу,

реологічних властивостей крові. Морфологічні зміни в органах характеризуються осередковими некрозами у внутрішніх органах та набряком легенів.

У компенсаторній стадії потерпілі збуджені, вони скаржаться на озноб. Губи ціанотичні, шкірні покриви бліді, холодні, відмічається тремтіння м'язів, задишка, тахікардія (підвищення частоти серцевих скорочень), підвищення артеріального тиску, почастищення сечовипускання.

В динамічній стадії свідомість не втрачається, однак потерпілий загальмований, іноді ейфорійний, скаржиться на головний біль, запамарочення, слабкість. Пульс нормальний або сповільнений до 40 уд/хв, артеріальний тиск суттєво не змінюється. У сопорозній та коматозній стадіях артеріальний тиск знижений, а пульс досягає до 20 уд/хв.

**Облітеруючий ендартерійт** виникає при тривалому охолодженні кінцівок і зустрічається головним чином у рибалок, працівників на розробці торфу, обслуговуючого персоналу холодильних установок. Ознаками профзахворювання є: побіління шкіри пальців ніг, зниження шкірної чутливості, парестезії (поколювання), затруднення руху кінцівок і ослаблення пульсації на периферичних судинах. Форми пошкодження бувають різні: спастичні (ангіоспазми), ішемічні (загроза утворення в судинах тромбів), некротичні (утворення виразок) та гангренозні (розвиток гангрен).

**Відмороження** характеризується також локальним ушкодженням тканин організму. I ступінь - з'являється відчуття свербіжжю, поколювання, а також спостерігається побіління уражених ділянок тіла, яке пізніше переходить у почервоніння; II ступінь - побіління і набряк уражених ділянок; III ступінь - розвивається гангрена. Відмороження скоріше розвивається в разі поєднання дії холодного фактора з підвищеною вологістю, гіподинамією, місцевими порушеннями в кровопостачанні тканин через тісне взуття або одяг.

Ускладнення при охолодженні спричиняються різким зниженням імунологічної реактивності організму, через що згодом з'являється загроза розвитку запальних захворювань – пневмонії, плевриту, гострих респіраторних захворювань.

### **3. Система колективної та індивідуальної профілактики при несприятливому впливу мікроклімату**

Створення оптимальних метеорологічних умов і безпеки діяльності працюючих у виробничих приміщеннях є складним завданням, розв'язання якого здійснюється у наступних напрямках.

Оптимальні мікрокліматичні умови на робочих місцях повинні бути досягнені, в першу чергу, за рахунок **раціонального планування** виробничих приміщень і **оптимального розміщення в них устаткування** з тепло- холодо- та вологовиділеннями. Гарячі цехи розміщують по можливості в одно- і двоповерхових будинках. За наявності більше двох, гарячі прольоти чергуються з холодними. Внутрішні двори будинків II та III-подібної форми розташовують паралельно або під кутом від 0 до 45° до напрямку переважаючих вітрів, причому відкрита частина двору повинна бути повернена на підвітряну сторону.

**Технологічні та інженерно-технічні заходи.** Для зменшення термічних

навантажень на працюючих передбачається максимальна механізація, автоматизація, дистанційне управління технологічними процесами і устаткуванням.

*Конструктивні заходи.* Застосовують: теплову ізоляцію, екрани, герметизацію обладнання.

Для теплової ізоляції застосовують різні матеріали: азбест, азбоцемент, слюду, пінобетон, мінеральну вату та ін. Печі екранують з внутрішньої або зовнішньої сторони. Використовують екрани з цегли, листового заліза з азбестовим картоном, білої жерсті, алюмінію та інших матеріалів. Екрани можуть бути одно- і багатошаровими, а також з повітряним прошарком. У нагрівальних печах застосовують водяні екрани і металеві екрани з водяним охолодженням.

Для поліпшення герметичності печей зовні їх обкладають листами алюмінію або оцинкованого заліза. Для зменшення теплових втрат площу робочих вікон печей роблять мінімально необхідною; крім того, важливо забезпечити щільне прилягання кришок, що закривають вікна.

В залежності від принципу дії *теплозахисні засоби* поділяються на:

- теповідбивні – металеві листи (сталь, залізо, алюміній, цинк, поліровані або покриті білою фарбою тощо) одинарні або подвійні; загартоване скло з плівковим покриттям; металізовані тканини; склотканини; плівковий матеріал;

- теповбираючі – сталеві або алюмінієві листи або коробки з теплоізоляцією з азбестового картону, шамотної цегли, повсті, меркулітових плит; сталева сітка, загартоване силікатне органічне скло та ін.

- теповідвідні – екрани водоохолоджувальні (з металевого листа або сітки з водою, що стікає), водяні завіси та ін.;

- комбіновані.

В залежності від особливостей технологічних процесів застосовують прозорі, напівпрозорі екрани.

*Автоматизація, механізація, дистанційне управління виробничими процесами, роботизація.* Ці заходи радикально вирішують питання нормалізації мікроклімату.

У гарячих цехах механізація трудомістких робіт має особливе значення, тому що в цих умовах важка фізична праця підсилює напруження механізму терморегуляції організму. Механізації потребують: розливання металу, заповнення плавильних агрегатів і нагрівальних печей, ковальські роботи, гаряче штампування тощо. Дистанційне управління дістає усе більшого поширення, у першу чергу, для управління кранами в гарячих цехах, а також при транспортуванні речовин і матеріалів на будівництвах та ін.

*Впровадження більш раціональних технологічних процесів і обладнання.* При ньому здійснюється заміна гарячого способу обробки металу холодним, нагрівання полум'ям – індукційним, кільцевих печей у виробництві цегли – тунельними тощо.

У виробничих приміщеннях з надлишком (явного) тепла використовують природну *вентиляцію* (аерацію). У разі неефективності аерації встановлюють механічну загальнообмінну вентиляцію. При наявності одиничних джерел тепловиділень оснащують обладнання місцевою витяжною вентиляцією у вигляді локальних відсмоктувачів, витяжних зонтів та ін.

При неможливості технічними засобами забезпечити допустимі гігієнічні нормативи мікрокліматичних умов на робочих місцях використовуються **засоби індивідуального захисту (ЗІЗ)** – спецодяг, спецвзуття, ЗІЗ для захисту голови, очей, обличчя, рук.

В залежності від призначення передбачають такі ЗІЗ:

-для постійної роботи в гарячих цехах – спецодяг (костюм чоловічий повстяний), а при ремонті гарячих печей та агрегатів – автономна система індивідуального охолодження); при аварійних роботах – тепловідбиваючий комплект з металізованої тканини;

-для захисту ніг від теплового випромінення, іскор і бризок розплавленого металу, контакту з нагрітими поверхнями – взуття шкіряне спеціальне для працюючих в гарячих цехах;

-для захисту рук від опіків – рукавиці суконні, брезентові, комбіновані з надолонниками з шкіри та спилку;

-для захисту голови від теплових опромінь, іскор та бризок металу – повстяний капелюх, захисна каска з підшоломником, каски текстолітові або з полікарбонату;

-для захисту очей та обличчя – щиток теплозахисний сталевара з приладнаними для нього захисними окулярами із світлофільтрами, маски захисні з прозорим екраном, окуляри захисні, козиркові з світлофільтрами.

У виробничих приміщеннях, в яких на робочих місцях неможливо встановити регламентовані інтенсивності теплового опромінення працюючих через технологічні вимоги, технічну недосяжність або економічно обгрунтовану недоцільність, використовуються **обдування, душування, водоповітряне душування** і ін.

Одночасно з використанням ЗІЗ треба дотримуватись необхідної регламентації часу роботи в несприятливому середовищі, а також загального **режиму праці та відпочинку**, затвердженого відповідним підприємством і територіальним центром санепіднагляду.

Таблиця 2

**Допустима тривалість періодів праці та відпочинку при проведенні ремонтних робіт виробничого устаткування (витяг з ДСН 3.3.6.042-99)**

Показник мікроклімату	Тривалість періодів (хв.)	
	праця	відпочинок
<b>ІЧ - опромінення:</b>		
350 Вт/м <sup>2</sup>	20	8
700 Вт/м <sup>2</sup>	15	10
2100 Вт/м <sup>2</sup>	5	15
<b>Температура повітря:</b>		
28 град. С	36	24
36 град. С	28	28
40 град. С	24	30

Також має бути обладнано приміщення в робочій зоні з оптимальним

мікрокліматом (кімнати, кабіни, бокси з кондиціонерами та обладнанням радіаційного охолодження) для відпочинку на час регламентованих перерв.

Для попередження можливого *переохолодження* працюючих в холодний період в приміщеннях, де на робочих місцях мікрокліматичні умови нижче допустимих величин, влаштовують повітряні або повітряно-теплові завіси біля воріт, технологічних та ін. отворів у зовнішніх стінах, а також тамбури-шлюзи:

-виділяють спеціальні місця для обігріву, встановлюють засоби для швидкого та ефективного обігрівання верхніх і нижніх кінцівок (локальний променево-контактний обігрів);

-встановлюють внутрішньозмінний режим праці та відпочинку, що передбачає можливість перерв для обігріву;

-забезпечують працюючих ЗІЗ (одяг, взуття, рукавиці).

Головним в нормалізації охолоджуючого мікроклімату є посилення **опалення** виробничих приміщень. За видом теплоносія розрізняють системи водяного, парового і повітряного опалення.

Системи водяного опалення поділяються на системи:

а) з нормальною нагрітою водою – до 100°C (70 - 95°C);

б) з перегрітою водою – вище 100°C;

Системи парового опалення залежно від тиску можуть бути:

а) низького тиску – до 0,7 кг/см<sup>2</sup>;

б) високого тиску – понад 0,7 кг/см<sup>2</sup>.

Повітряні системи опалення можуть бути з вогняними, паровими, водяними та електричними повітропідігрівачами (калориферами).

***Лікувально-профілактичні заходи профілактики теплової патології:***

- для профілактики порушень водно-сольового балансу тих, хто працює в умовах *нагріваючого* мікроклімату, забезпечують компенсацію рідини, солей (натрій, калій, кальцій та ін.), мікроелементів (магній, мідь, цинк, йод та ін.), розчинних в рідині вітамінів, які виділяються з організму потом; організуються установки з газованою підсоленою (0,5 % кухонної солі) водою (передбачено з розрахунку 4-5 дм<sup>3</sup> на людину в зміну; воду газують вуглекислотою);

- повинні проводитись попередні (при прийомі на роботу) та періодичні медичні огляди (один раз на 2 роки) в процесі роботи, відповідно з діючим наказом МОЗ України, за участю терапевта, невропатолога, офтальмолога.

- в тих випадках, коли після перенесеного профзахворювання, яке сформувалося під впливанням несприятливого мікроклімату, залишаються стійкі функціональні порушення, подальша робота у визначених умовах, протипоказана. У разі повної непрацездатності хворих направляють на МСЕК для визначення групи інвалідності.

#### **4. Загальні технічні та санітарно-гігієнічні вимоги до вентиляції**

Вентиляція є одним з найважливіших санітарно-технічних заходів, що забезпечують нормалізацію (мікрокліматичну, хімічну, бактеріологічну) повітряного середовища робочої зони. Відповідно до СНіП 2.04.05-91 у всіх виробничих приміщеннях має бути передбачена система вентиляції.

**Вентиляція** – це організований, тобто такий, що розраховується та регулюється, повітрообмін у приміщеннях (житлових, промислових і громадських будівель).

*Неорганізоване* надходження і видалення повітря відбувається через щілини і пори зовнішніх огорож (*інфільтрація*), через вікна, отвори (*провітрювання*).

**Завдання вентиляції** – забезпечення чистоти повітряного середовища і передбачених нормами параметрів мікроклімату.

*Аеродинамічна сутність вентиляції* полягає у розв'язанні завдань *внутрішнього* (протікання повітря по трубах і каналах) і *зовнішнього* (вивчення закономірностей поширення вільних струменів у приміщенні та спектрів усмоктування, а також обтікання вітром будинку) плану.

Вентиляція *досягається* шляхом видалення забрудненого або нагрітого повітря з приміщення та подачею в нього свіжого повітря.

#### **4.1. Види вентиляції**

**За функціональним призначенням** вентиляція буває:

- *робоча*;
- *аварійна* (при виробничих неполадках і аваріях).

**За місцем дії** (охопленням приміщення):

- *загальнообмінна*;
- *місцева*;
- *комбінована*.

**За способом переміщення повітря:**

- *природна*;
- *механічна*;
- *змішана*.

**Загальнообмінна** вентиляція здійснює обмін повітря в усьому приміщенні. Цю систему вентиляції застосовують у тих випадках, коли шкідливі речовини, тепло, волога виділяються рівномірно по всьому об'єму приміщення.

**Місцева вентиляція** застосовується для видалення забрудненого повітря безпосередньо з місця видалення шкідливих речовин і не допускає їх поширення по всьому приміщенні. Але щодо нормалізації мікроклімату вона буває не тільки витяжною, а й припливною.

Місцева *припливна* вентиляція служить для подачі повітря на визначені робочі місця. Найбільш поширені види такої місцевої вентиляції: *повітряне душування*, *повітряно-теплова завіса* біля воріт, *повітряні оазиси*.

**Повітряні душі** – спрямований зі швидкістю 1-3,5 м/с потік повітря на робочі місця в гарячих цехах. Його дія сприяє збільшенню віддачі тепла організмом людини шляхом конвекції та випарювання.

**Повітряно-теплова завіса** (рис. 1) біля воріт служить для запобігання надходженню холодного зовнішнього повітря у виробниче приміщення. Її робота заснована на подаванні підігрітого повітря до воріт з невеликими швидкостями через щілиноподібні повітроводи (частіше по висоті воріт). Це забезпечує захист людей від охолодження.

**Повітряні оазиси** призначені для забезпечення необхідних метеорологічних умов відповідно до ГОСТ 12.1.005-88 на обмеженій площі

приміщення, яка відділяється з усіх боків легкими пересувними перегородками і заповнюється повітрям з певними параметрами.

Місцева **витяжна** вентиляція застосовується в тому випадку, якщо шкідливі речовини можна уловити безпосередньо в місцях їх утворення, не допускаючи їх поширення по приміщенню.

Найпоширенішими видами витяжних пристроїв є: **витяжні шафи** (тип повного укриття), **витяжні парасолі** над джерелами тепло- і газовиділень; **бортові відсмоктувачі** від ванн у гальванічних цехах, **захисно-знепилюючі кожухи**, якими обладнуються шліфувальні, обдирні, заточувальні верстати.

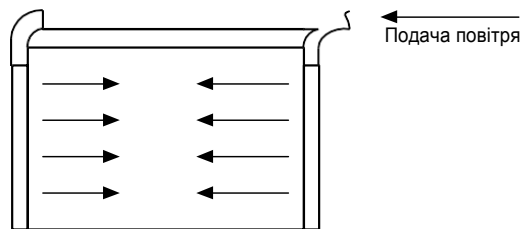


Рис. 1. – Схема повітряно-теплової завіси

Перевага місцевої вентиляції порівняно із загальнообмінною полягає в значно менших витратах на обладнання та експлуатацію.

**Комбінована вентиляція** – це поєднання місцевої та загальнообмінної. Такий вид вентиляції знайшов найбільшого поширення у виробничих приміщеннях.

**Аварійна вентиляція** – це спеціальна система витяжної вентиляції, яка призначена для швидкого видалення небезпечної речовини, що проникає у приміщення з апаратів при виробничих неполадках та аваріях.

#### 4.2. Основні показники систем вентиляції.

До основних показників вентиляції відносять такі:

1) **Баланс повітряного середовища** – це є співвідношення об'ємів повітря, яке подається до виробничого приміщення і повітря, яке видаляється з цього приміщення.

Кількість припливного повітря  $L_{\text{пр}}$ , м<sup>3</sup>/год, повинна відповідати, як правило, кількості того повітря, що видаляється (**врівноважений баланс**),  $L_{\text{вид}}$ , м<sup>3</sup>/год:

$$L_{\text{пр}} = L_{\text{вид}} = L. \quad (1)$$

У деяких випадках вимагається, щоб  $L_{\text{пр}}$  було менше або більше від  $L_{\text{вид}}$ . Наприклад, при вентиляції двох суміжних приміщень, в одному з яких виділяються шкідливі речовини, для запобігання проникнення цих речовин у друге приміщення створюють розрідження (**негативний баланс**), забезпечуючи  $L_{\text{пр}} < L_{\text{вид}}$ . І, якщо в сусідньому приміщенні мають місце виділення шкідливих, токсичних речовин, то в данному приміщенні треба створити певний надлишковий тиск повітря, тобто в цьому приміщенні баланс повітряного середовища повинен бути **позитивним**  $L_{\text{пр}} > L_{\text{вид}}$ .

Припливне повітря необхідно подавати у ті частини приміщення, де кількість шкідливих речовин, що виділяються, є мінімальною ("чиста зона"), а видаляти із зони максимальної концентрації шкідливих речовин та надлишків тепла ("забруднена зона"). Місцезнаходження "чистої зони" визначає місце подачі



припливного повітря – у робочу, верхню та нижню зони приміщення.

Місце для забору свіжого повітря вибирають, враховуючи напрямок вітру – з навітряного боку відносно джерел викидів, на віддаленні від місць забруднення.

Система вентиляції не повинна створювати шум на робочих місцях, який би перевищував гранично допустимі рівні.

## 2) Продуктивність вентиляції

**Визначення продуктивності загальнообмінної вентиляції.**

Продуктивність загальнообмінної вентиляції або кількість повітря, поданого у приміщення,  $L$ , м<sup>3</sup>/год, визначається різними методами залежно від призначення приміщення та видів шкідливих речовин, що виділяються. За відсутності у приміщенні шкідливих речовин (адміністративні та навчальні будівлі) продуктивність загальнообмінної вентиляції обчислюється за формулою

$$L = n \cdot L', \quad (2)$$

де  $n$  – кількість працівників;  $L'$  – витрата повітря, м<sup>3</sup>/год, прийнята за санітарними нормами (СН 245-71) залежно від об'єму приміщення  $V$ , м<sup>3</sup>, що припадає на одного працівника:

$$\begin{aligned} \text{при } \frac{V}{n} < 20 & \quad L' = 30; \\ \text{при } 40 > \frac{V}{n} > 20 & \quad L' = 20. \end{aligned}$$

При виділенні шкідливих речовин та тепла кількість повітря розраховується з умов матеріального балансу шкідливих речовин, що надходять у приміщення та видаляються з нього, і вологи або теплового балансу при виділенні тепла.

а) При виділенні парів та газів:

$$G + L_{\text{пр}} q_{\text{пр}} = L_{\text{вид}} q_{\text{вид}}, \quad (3)$$

де  $G$  – кількість шкідливих речовин, що надходять у приміщення, мг/год, внаслідок витоків, нещільностей в устаткуванні (приймається за даними технологічної частини проекту або з дослідних даних, отриманих на однотипових підприємствах);  $L_{\text{пр}}$ ,  $L_{\text{вид}}$  – відповідно, кількість припливного та що видаляється повітря, м<sup>3</sup>/год;  $q_{\text{пр}}$ ,  $q_{\text{вид}}$  – відповідно, концентрація шкідливих речовин у припливному повітрі і в тому, яке видаляється, мг/м<sup>3</sup>;  $L_{\text{пр}} q_{\text{пр}}$  – кількість шкідливих речовин, що надходять у приміщення з припливним повітрям;  $L_{\text{вид}} q_{\text{вид}}$  – кількість шкідливих речовин, що видаляються з приміщення.

З рівняння (1), приймаючи  $L_{\text{пр}} = L_{\text{вид}} = L$ , маємо:

$$L = G / (q_{\text{вид}} - q_{\text{пр}}). \quad (4)$$

Згідно з ГОСТ 12.1.005-88  $C_{\text{вид}} \leq \text{ГДК}$ , тоді рівняння (2) приймає вигляд:

$$L = G / (\text{ГДК} - q_{\text{пр}}). \quad (5)$$

б) При виділенні зайвого (явного) тепла:

$$L = Q_3^{\text{я}} / (c \rho_{\text{пр}} (T_{\text{вид}} - T_{\text{пр}})), \quad (6)$$

де  $Q_3^{\text{я}}$  – зайве виділення явної теплоти, кДж/год;  $c$  – питома теплоємність повітря при сталому тиску, кДж/кг·К;  $\rho_{\text{пр}}$  – густина припливного повітря, кг/м<sup>3</sup>;  $T_{\text{вид}}$ ,  $T_{\text{пр}}$  – відповідно, температура повітря, що видаляється, та припливного, К.

в) При виділенні зайвої вологи:

$$L = G_{\text{в.п}} / \rho_{\text{вид}} (d_{\text{вид}} - d_{\text{пр}}), \quad (7)$$

де  $G_{\text{в.п}}$  – маса водяних парів, що надходять у приміщення, г/год;  $\rho_{\text{вид}}$  – густина водяних парів, що видаляються з приміщення, кг/м<sup>3</sup>;  $d_{\text{вид}}$ ,  $d_{\text{пр}}$  – відповідно, вологовміст повітря, що видаляється, та припливного, г/кг.

У ГОСТі 12.1.005-88 нормується не вологовміст повітря, а його відносна вологість та температура, за якими можна визначити  $d_{\text{вид}}$  та  $d_{\text{пр}}$  за допомогою  $I-d$  діаграми.

г) При виділенні пилу розрахунок продуктивності загальнообмінної вентиляції, як правило, не робиться, оскільки пил поширюється по приміщенню нерівномірно і на деяких ділянках приміщення може спостерігатися збільшення його концентрації. Пил слід уловлювати безпосередньо у місці його виникнення за допомогою місцевих відсмоктувачів. У деяких випадках при незначному та розсіючому пиловиділенні загальнообмінна вентиляція застосовується і для боротьби з пилом (наприклад, у типографіях, на картонних фабриках).

д) При одночасному виділенні шкідливих речовин, тепла та вологи приймають найбільшу кількість повітря, одержану в розрахунках для кожного виду виробничих виділень.

**Визначення необхідної кількості повітря за кратністю повітрообміну:**

$$L = K \cdot V, \quad (8)$$

де  $K$  – кратність повітрообміну, год<sup>-1</sup>.

Кратність  $K$  показує, у скільки разів за годину повітря зміниться у приміщенні ( $V$  – об'єм приміщення). Значення кратності, наведені у довідковій літературі, можуть становити 1 - 10 та вище разів, залежно від призначення приміщення, виду та кількості шкідливих речовин, що виділяються. Метод застосовують для орієнтовних розрахунків, коли невідомі види та кількість шкідливих речовин, що виділяється.

**Визначення продуктивності місцевої витяжної вентиляції.** Розрахунок проводять, виходячи з найменшої витрати вентиляційного повітря, яке забезпечує максимальне надходження шкідливих виділень у місцевий відсмоктувач. Ефект усмоктування характеризується спектрами усмоктування і виявляється на невеликих відстанях від усмоктувальних отворів. Спектром усмоктування називають сімейство кривих, що представляє геометричні місця точок з однаковими швидкостями руху повітря на різних відстанях від отворів (рис. 2).

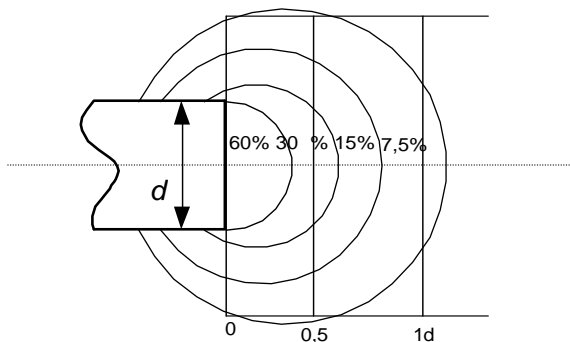


Рис. 2. – Розподіл швидкостей руху повітря у зоні дії усмоктувальних

отворів.

Цифри на кривих позначають частки швидкостей у відсотках від середньої швидкості в усмоктувальному отворі. Відстань від отвору виражається у частках його діаметра. На рис. 2 видно, що на відстані від отвору, яка дорівнює одному діаметру, швидкість усмоктування становить усього 7,5 % від середньої швидкості в усмоктувальному отворі. Зважаючи на загасаючий характер зміни швидкостей усмоктування, місцевий відсмоктувач максимально наближують до джерела шкідливих виділень і розташовують у напрямку їх природного руху. Наприклад, при токарній обробці деталей зі склопластиків ефективне видалення стружки та пилу забезпечується в тому випадку, якщо пилостружкоприймач розташований відносно різця на відстані не більше половини висоти місцевого відсмоктувача.

Існує багато окремих методик з визначення *продуктивності місцевих відсмоктувачів*  $L_{м.в}$ , м<sup>3</sup>/год. Для орієнтовних розрахунків можна використовувати таку формулу:

$$L_{м.в} = F \cdot V \cdot 3600, \quad (9)$$

де  $F$  – площа відкритого отвору місцевого відсмоктувача, м<sup>2</sup>;  $V$  – швидкість повітря у відкритому отворі місцевого відсмоктувача, м/с.

*Швидкість повітря у відкритому отворі* визначається з урахуванням токсичності шкідливих речовин, що виділяються, їх густини, наявності конвекційних потоків, конструкції місцевого відсмоктувача. Рекомендовані швидкості усмоктування повітря для конкретних місцевих відсмоктувачів наводяться у нормативній та довідковій літературі. Приклад рекомендованих швидкостей усмоктування наведені у табл. 3.

Таблиця 3

**Приклади швидкостей усмоктування у відкритих отворах укриття різних типів**

Тип укриття	Вид операції	Шкідливі речовини, що виділяються	Мінімальна розрахункова швидкість усмоктування у отворі укриття, м/с
Витяжна шафа	Пайка оловом	Пари та аерозолі олова	0,5
Витяжна шафа	Роботи з ртуттю	Пари ртуті	1,0
Без нагрівання			
Пилостружкоприймач	Токарна обробка виробів із склопластиків	Стружка, пил	25

**Природна вентиляція.**

Найбільшого поширення на машинобудівних підприємствах отримала аерація та вентиляція за допомогою дефлекторів.

**Аерація** – природна вентиляція, що виконує роль загальнообмінної. На рисунку 3 зображено поперечний розріз будівлі цеху. У зовнішніх стінах будівлі

влаштовують два ряди отворів. Нижній ряд (для теплого періоду року) розташовують на висоті 0,3-1,8 м, а верхній (для холодного та перехідного періодів) – на висоті 3-4 м від рівня землі. Верхня частина будівлі обладнана конструкцією, яка називається *аераційним ліхтарем*. Ліхтарі розташовуються по всій довжині будівлі, в них також передбачаються отвори із *стулками*, що відкриваються.

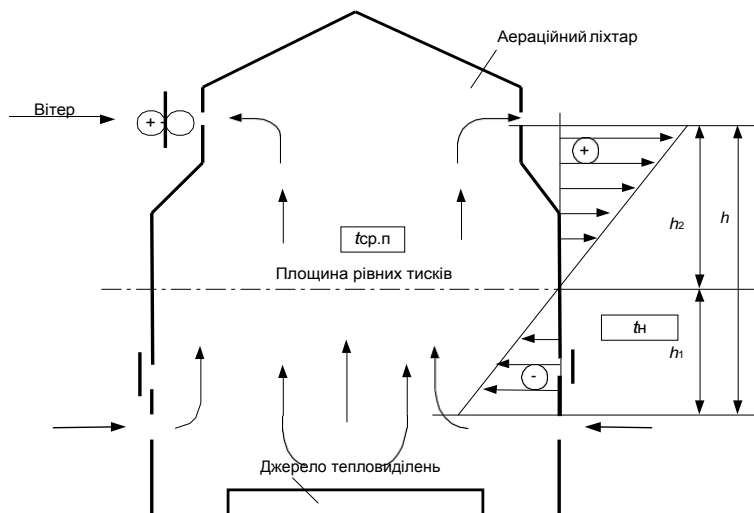


Рис. 3. – Схема аерації однопрогінної будівлі в теплий період року

Повітрообмін при аерації здійснюється внаслідок різниці температур, а отже, різниці густин повітря усередині приміщення  $\rho_{cp.n}$ ,  $кг/м^3$ , та зовні  $\rho_z$ ,  $кг/м^3$ , а також у результаті дії вітру. Холодніше повітря надходить у приміщення через отвори у стінах, а тепліше видаляється через отвори ліхтаря. У теплий період року повітря надходить у робочу зону через нижні отвори, а у холодний – через верхні. Опустившись до робочої зони, холодне повітря нагрівається за рахунок перемішування з теплим повітрям приміщення.

**Тиск**, що зумовлює повітрообмін,  $P$ , Па, визначається як різниця гідростатичних тисків стовпів повітря зовні та усередині приміщення:

$$P = h g \rho_z - h g \rho_{cp.n} = h g (\rho_z - \rho_{cp.n}), \quad (10)$$

де  $h$  – відстань між осями нижніх та верхніх отворів, м.

Цей тиск, названий *гравітаційним*, витрачається на подолання опорів, що зустрічаються на шляху руху повітря від його входу в будівлю до виходу.

Нагріте у джерелах тепловиділень повітря підіймається до перекриття, де створюється *позитивний* тиск, який зумовлює витяжку повітря; у нижній частині будинку тиск *негативний* (розрідження), і свіже повітря надходить до приміщення.

Площина переходу від *негативного* тиску (розрідження) до *позитивного* називається площиною рівних тисків. У цій площині тиск усередині приміщення буде дорівнювати зовнішньому, а різниця тисків дорівнює нулю. Положення цієї площини змінюється залежно від площі перерізу верхніх та нижніх отворів, які відкриваються, а також від густини зовнішнього та внутрішнього повітря і буде розташовуватися на висоті ближче до отворів, які мають більший розріз.

Загальний гравітаційний тиск може бути поданий як сума тисків, що забезпечують приплив та витяжку:

$$P = h_1 g (\rho_3 - \rho_{\text{ср. п}}) + h_2 g (\rho_3 - \rho_{\text{ср. п}}) = \Delta P_1 + \Delta P_2, \quad (11)$$

де  $h_1$  – висота від центра нижніх отворів до площини рівних тисків, м;  $h_2$  – висота від центра верхніх отворів до площини рівних тисків, м;  $g$  – прискорення вільного падіння.

**Розрахунок аерації.** Метою розрахунку є визначення необхідної площі припливних та витяжних отворів. Розрахунок виконують, виходячи з рівняння балансу повітрообміну:

$$L_{\text{пр}} = L_{\text{вид}}, \quad (12)$$

та балансу тепла:

$$Q_3^{\text{я}} = Q_{\text{вид}}. \quad (13)$$

**Розрахунок надходження тепла  $Q_3^{\text{я}}$**  у виробниче приміщення (тепловиділення від людей, від джерел освітлення, від виробничого обладнання, сонячної радіації та ін.) наводиться у довідковій літературі.

**Розрахунок аерації** виконують для теплого періоду року як найбільш несприятливого для аерації.

**Порядок розрахунку аерації наступний:**

**1.** Визначають потрібний повітрообмін  $L$ , м<sup>3</sup>/год, (за теплонадлишками) та загальне значення гравітаційного тиску (за формулами (8, 10)).

**2.** Задавшись площиною припливних отворів  $F_1$ , м<sup>2</sup>/год, знаходять швидкість повітря у нижніх отворах  $V_1$ , м/с:

$$V_1 = L / (\mu F_1 3600), \quad (14)$$

где  $\mu$  – коефіцієнт витрати, що залежить від конструкції стулок та кута їх перекриття ( $\mu = 0,15-0,65$ ).

*Залежність кута відкриття стулок  $\alpha$  від коефіцієнта  $\mu$ :*

Кут відкриття стулок $\alpha$ , град.	90	60	45	30
Коефіцієнт витрати $\mu$	0,65	0,57	0,44	0,32

**3.** Обчислюють складову напору, яка забезпечує приплив повітря, за формулою

$$\Delta P_1 = (V_1^2 \rho_3) / 2. \quad (15)$$

При цьому вважають, що напір втрачається здебільшого при проходженні повітря через отвори, шляхові ж втрати невеликі і ними нехтують.

**4.** Визначають складову гравітаційного тиску, яка забезпечує витяжку:

$$\Delta P_2 = P - \Delta P_1 \quad (16)$$

**5.** Знаходять потрібну площу витяжних отворів:

$$F_2 = L / (\mu V_2 3600) = L / (\mu 3600 \sqrt{2\Delta P_2} / \rho_{\text{ср. п}}). \quad (17)$$

**Аерація при дії вітрового тиску.** Наведений вище розрахунок аерації не враховує тиску вітру на будівлю, який у теплий період року є основним діючим фактором. При обдуванні будівлі вітром з навітряного боку створюється підвищений тиск повітря, а на підвітряному боці – розрідження (рис. 3); значення цих тисків можуть бути розраховані за формулою

$$P_{\text{в}} = a ((V_{\text{в}}^2 \rho) / 2), \quad (18)$$

де  $V_{\text{в}}$  – швидкість вітру, м/с.  $a$  – аеродинамічний коефіцієнт, який залежить від конфігурації будівлі ( $a = 0,7-0,85$  для навітряного боку,  $a = 0,3-0,45$  – для

підвітряного боку).

Дія вітру підсилює повітрообмін, але при задуванні вітру у отвори ліхтаря повітря опускається у робочу зону, змішуючись з пилом та газами. Для виключення цього явища встановлюють незадувні ліхтарі з вітрозахисними щитами. У такому випадку з навітряного боку щита (у отворі) створюється розрідження і ліхтар працює на витяжку при будь-яких напрямках вітру (рис. 3).

Розраховуючи аерацію при спільній дії вітру та теплонадлишків, додатково до тиску повітря, що виникло через різницю температур, додають або віднімають тиск, створений вітром.

#### *Переваги і недоліки аерації.*

**Переваги:** значно менші експлуатаційні витрати порівняно з механічними системами вентиляції, оскільки великі об'єми повітря подаються та видаляються без застосування вентиляторів.

**Недоліки:** у теплий період року ефективність аерації значно падає внаслідок підвищення температури зовнішнього повітря; повітря, що надходить у приміщення, не оброблюється (не очищується, не охолоджується).

#### *Вентиляція за допомогою дефлекторів.*

**Дефлектори** – це спеціальні насадки, які встановлюються на даху будинку, у верхній частині вентиляційних каналів, і призначені для видалення забрудненого або перегрітого повітря з приміщення невеликих розмірів (рис. 4).

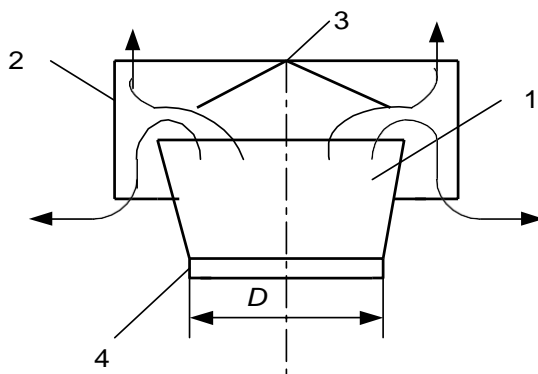


Рисунок 4 – Дефлектор

1 – дифузор; 2 – циліндрична обичайка; 3 – ковпак; 4 – підвідний патрубок

Робота дефлектора ґрунтується на використанні енергії вітру та гравітаційного тиску. Вітер, обдуваючи обичайку, створює з протилежного боку розрідження, внаслідок чого повітря з приміщення виходить назовні.

При орієнтовному підборі дефлектора визначають діаметр підвідного патрубка і, відповідно, конструктивні розміри дефлектора:

$$D = 0,0188 \sqrt{\frac{L_g}{V_g}}, \quad (19)$$

де  $L_g$  – продуктивність дефлектора, м<sup>3</sup>/год;  $V_g$  – швидкість повітря у патрубку дефлектора, м/с, приймається як ½ швидкості вітру ( $V_g = 1,5-2$  м/с). Діаметри патрубоків дефлекторів становлять 0,2-1,0 м.

#### *Механічна вентиляція*

Механічна вентиляція забезпечує підтримання постійного повітрообміну

незалежно від зовнішніх умов. Повітря, яке надходить у приміщення, у разі необхідності може підігріватися або охолоджуватися, зволожуватися, осушуватися або очищатися від пилу. Також забезпечується очищення повітря, яке видаляється назовні.

У системі механічної вентиляції рух повітря здійснюється вентиляторами.

Механічна вентиляція за призначенням може бути *припливною, витяжною і припливно-витяжною*.

Найбільшого поширення на машинобудівних підприємствах здобула комбінована вентиляція: загальнообмінна припливно-витяжна та місцева.

*Припливна вентиляція.* Установка припливної вентиляції (ПУ) складається з таких елементів (рис. 5): повітрязбірного пристрою 1; фільтра для чищення повітря від пилу 2; калориферів 3, де повітря нагрівається; вентилятора 4; повітроводів 5; припливних насадок 6, через які повітря подається у приміщення; регулюючих пристроїв (РУ).

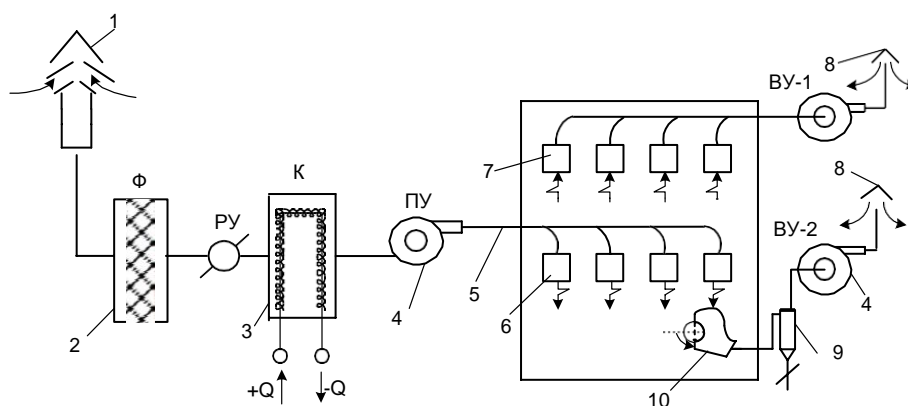


Рис. 5. Схема комбінованої механічної вентиляції

Швидкості випуску повітря з припливних насадок обмежуються допустимим шумом та рухомістю повітря на робочому місці (ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ).

*Витяжна вентиляція.* Установки витяжної вентиляції ВУ-1 та ВУ-2 складаються з витяжних насадок 7 у системі загальнообмінної вентиляції або різного типу повітроприймачів 10 у системі місцевої вентиляції; вентилятора 4; повітроводів 5; пристроїв для очищення повітря від пилу або газів; витяжної шахти 8, яка розташовується на 1-1,5 м вище коника даху.

### Кондиціонування повітря

Кондиціонування повітря – це процес забезпечення та автоматичного підтримування в приміщеннях температури, вологості, швидкості руху і чистоти повітря. Розрізняють *комфортне* та *технологічне кондиціонування*.

*Комфортне кондиціонування* забезпечує допустимі та оптимальні умови середовища, які впливають на інтенсивність праці працюючих. *Технологічне кондиціонування* призначене для підтримування штучних кліматичних умов відповідно до технологічних вимог.

Параметри повітряного середовища в приміщенні встановлюються виходячи з таких умов: якщо кількість і якість продукції залежить від додержання точного режиму технологічного процесу, а не від інтенсивності роботи працюючих, головними є вимоги технологічного процесу; якщо на випуск

продукції впливає інтенсивність роботи – регламентуються комфортні умови.

Кондиціонування повітря здійснюється комплексом технічних засобів, які становлять систему кондиціонування повітря (СКП).

До складу СКП входять технічні засоби приготування, пересування і розподілу повітря, приготування холоду, а також технічні засоби холодо- та тепlopостачання, автоматики, дистанційного керування і контролю. Технічні засоби СКП у сукупності називаються *кондиціонерами*. За способом приготування та розподілу повітря в приміщенні системи кондиціонування повітря поділяються на *центральні* та *місцеві*.

Конструкція *центрального кондиціонера* передбачає приготування повітря за межами обслуговуючого приміщення і його розподіл по системі повітроводів. Центральні кондиціонери застосовують у великих цехах.

У *місцевих кондиціонерах* приготування повітря проходить безпосередньо в обслуговуючих приміщеннях. Повітря знаходить до приміщення без повітроводів (кондиціонери встановлюють у віконних отворах). Місцеві кондиціонери використовують у невеликих приміщеннях (лабораторіях, робочих кабінетах тощо).

Місцеві системи кондиціонування повітря, з яких найпоширенішими є автономні кондиціонери, мають теплообмінники випарювання і холодильні машини. *Недоліками роботи місцевих систем кондиціонування повітря* вважають підвищений шум, а також порівняно з центральними системами кондиціонування повітря невеликий термін служби. Для *зниження шуму* кондиціонери випускають у вигляді двох агрегатів – “внутрішнього” і “зовнішнього”. У “зовнішньому” агрегаті розміщується найбільш шумне обладнання – холодильний компресор і повітряний конденсатор холодоагенту. Автоматизація роботи місцевих систем кондиціонування повітря, у тому числі регульованих повітророзподілювачів забезпечує комфортні умови праці у робочих зонах приміщень та в зонах, що обслуговуються.

Робота кондиціонерів автоматизована. Пристрої-автомати (термо- та вологорегулятори) при зміні заданих параметрів повітря у приміщенні (температури та вологості) пускають у хід клапани, що регулюють змішування зовнішнього повітря та повітря усередині приміщення, нагрівши повітря у калориферах, подачу теплоносія у калорифери, а також холодної води до форсунок. Кондиціонування повітря вимагає (порівняно з вентиляцією) великих одноразових та експлуатаційних витрат, і тому потрібне економічне обґрунтування для застосування кондиціонування. Згідно зі СНиП 2.04.05-92 кондиціонування передбачається:

- у приміщеннях житлових та громадських будинків, а також допоміжних будинків промислових підприємств;

- у виробничих приміщеннях відповідно до технологічних вимог (наприклад, для підтримання умов температури та вологості, що дозволяють виконувати обробку матеріалів і виробів з мінімальними допусками – точне машинобудування та калібрування вимірювального інструменту).

#### *Розрахунок вентиляційної мережі*

Вентилятори служать для переміщення повітря у вентиляційних установках.



За принципом дії вентилятори поділяються на *осьові* та *відцентрові*.

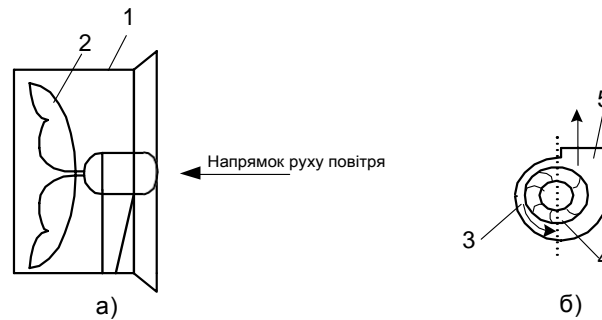


Рисунок 6 – Вентилятори  
а) – осьовий; б) – відцентровий.

*Осьовий вентилятор* (рис. 6а) являє собою розташоване у циліндричному кожусі 1 лопаткове колесо 2, при обертанні якого створюється розрідження у зазорі між колесом та кожухом і потік повітря видаляється (або надходить) із приміщення. *Перевагами осьових вентиляторів* є простота конструкції, можливість ефективного регулювання продуктивності у широких межах за допомогою повороту лопаток колеса, велика продуктивність, реверсивність роботи. *До недоліків* належать невелике значення тиску, що розвивається (у межах 200 Па), а це не дозволяє використовувати даний тип вентиляторів у розгалужених мережах великої довжини.

*Відцентровий вентилятор* (рис. 6б) складається зі спірального кожуха 3 з розміщеним усередині лопатковим колесом 4, при обертанні якого повітря надходить у канали між лопатками, під дією відцентрових сил відкидається у спіральний кожух та викидається через випускний отвір 5.

Залежно від тиску, що розвивається, вентилятори поділяються на три групи: *низького тиску* – до 1 кПа; *середнього тиску* – 1-3 кПа; *високого тиску* – 3-12 кПа.

*Вентилятори низького і середнього тиску* застосовують в установках загальнообмінної, місцевої вентиляції та кондиціонування повітря, а *вентилятори високого тиску* використовують для технічних цілей (наприклад, для дуття у печах).

Вентилятори виготовляють різних типорозмірів. Тип вентилятора (конструктивні особливості, матеріал кожуха і робочого колеса) визначається характером домішок, що переміщуються з повітрям у вигляді пилу, парів кислот та лугів тощо, а також вибухонебезпечних сумішей. Вентилятори одного типу виконуються за однією і тією ж аеродинамічною схемою та мають геометрично подібні розміри. Кожному з вентиляторів відповідає певний номер, що показує довжину діаметра робочого колеса у дециметрах.

*Порядок розрахунку вентиляційної мережі* наступний:

**1.** Вибирають конфігурацію мережі залежно від розміщення приміщень, установок, обладнання.

**2.** Знаючи необхідну кількість повітря на окремих ділянках повітроводів, визначають їх поперечні розміри з урахуванням допустимих швидкостей руху повітря (3-10 м/с).

3. Розраховують опір мережі, приймаючи за розрахункову найбільш протяжну магістраль.

4. Вибирають тип та номер вентилятора за його аеродинамічною схемою.

#### *Безпека устрою та експлуатації вентиляційних систем*

Вентиляційні системи (або системи кондиціонування повітря) у процесі експлуатації *можуть бути джерелами шкідливих та небезпечних факторів* для людини.

Якщо вентиляція виконана з порушенням процесу, норм експлуатації (порушення повітряного та теплового балансу у приміщенні), такими факторами можуть бути:

- *незадовільні параметри мікроклімату*, зокрема, температури і швидкості руху повітря, що може викликати застудні захворювання, переохолодження та перегрів організму людини;

- *нещільності у повітроводах, фланцевих з'єднаннях, несвоєчасне очищення повітроводів*, що транспортують шкідливі пари, гази та пил, спричиняють забруднення повітряного середовища у виробничому приміщенні;

- *аеродинамічний шум*, який створюється працюючими вентиляторами, поширюється по повітроводах і проникає через припливні та витяжні ґрати у приміщення;

- *нерівноважні силові впливи*, які виникають при роботі вентиляторів, поширюються у вигляді пружних коливань по конструктивних елементах будівель, таких, наприклад, як перекриття, що викликає їх вібрацію, яка також шкідливо впливає на людину;

- *вентиляційні системи*, призначені для транспортування горючих газів, парів та пилу, які здатні запалюватись або вибухати та розповсюджувати пожежу по цих системах на весь будинок. Джерелами запалювання можуть бути: іскріння при роботі електродвигунів і при дотику лопаток вентилятора до корпусу, самозапалювання пилу, статична електрика та ін.

*Забезпечення безпечного устрою та експлуатації вентиляційних систем досягається шляхом дотримання вимог, основними з яких є:*

- монтаж вентиляційних систем (обладнання, повітроводи) повинен виконуватись відповідно до проекту вентиляції та виключати нещільності у повітроводах, їх з'єднаннях, перекосях у гнучких вставках тощо;

- до експлуатації допускаються вентиляційні системи, які пройшли передпускові випробування та мають інструкції, технічний паспорт, журнал ремонту та експлуатації;

- вентиляційні системи у комплексі з технологічними заходами мають забезпечувати нормативні параметри мікроклімату та чистоту повітряного середовища у виробничих приміщеннях;

- загальнообмінна вентиляція, а також місцева передбачаються окремо для кожного приміщення, яке належить до категорії вибухопожежонебезпечних;

- системи аварійної витяжної вентиляції обладнуються вентиляторами з електродвигунами у вибухобезпечному виконанні;

- видалення зарядів статичної електрики досягається обладнанням

заземлення вентиляційного обладнання та повітроводів;

- повітря, у якому є вибухонебезпечний пи́л, має проходити очищення до того, як воно надійде у вентилятор;

- захист від поширення вогню вентиляційною системою досягається за допомогою швидкодіючих заслінок, шиберів, відсікачів вогню тощо;

- на випадок виникнення пожежі повинна бути передбачена можливість швидкого відключення вентиляційних систем у приміщеннях або будинках згідно з планом ліквідації аварій.

Зниження шуму та вібрацій вентиляційних агрегатів (вентилятор та електродвигун) досягається жорстким кріпленням їх на металевій рамі та установкою на віброізолятори, покриттям кожухів вентиляторів і повітроводів вібропоглинаючим матеріалом (спеціальні мастики), застосуванням гнучких елементів (м'яких вставок) між елементами вентиляційної мережі, використанням глушників шуму, що обладнуються у повітроводах.

### *Заклучна частина*

Повітряне середовище робочої зони вміщує в себе фізичні, біологічні, хімічні чинники та пи́л. Але основним інженерно-технічним профілактичним засобом, що об'єднує, - є вентиляція, яка віддаляє із зони дихання працівника надлишки температури, вологості, пи́лу, небезпечних шкідливих речовин тощо.