



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторного заняття **«Визначення повітрообміну у виробничих приміщеннях для забезпечення оптимальних умов праці»** для студентів усіх спеціальностей та форм навчання

Методичні вказівки до лабораторного заняття «Визначення повітрообміну у виробничих приміщеннях для забезпечення оптимальних умов праці»: для студентів усіх спеціальностей та форм навчання. / Укл. : О. Л. Скуйбіда, О. В. Нестеров. – Запоріжжя : Каф. ОП і НС, НУ «Запорізька політехніка», 2026. – 31 с.

Укладачі: О. Л. Скуйбіда, доцент, к.т.н.
О. В. Нестеров, доцент, к.т.н.

Рецензенти: В. І. Шмирко, доцент, к.т.н.
О. В. Коробко, ст. викл.

Відповідальний за випуск: Ю. І. Троян, асистент

Затверджено
на засіданні кафедри охорони праці і
навколишнього середовища
Протокол № 10 від 14.05.2026 р.

Рекомендовано до видання
НМК факультету будівництва,
архітектури та дизайну
Протокол № 5 від 19.05.2026 р.

ЗМІСТ

1 Мета заняття.....	4
2 Загальні відомості.....	5
2.1 Основні терміни та визначення.....	5
2.2 Санітарно-гігієнічні фактори виробничого середовища: мікроклімат і запиленість повітря.....	6
2.3 Вентиляція виробничих приміщень.....	9
3 Завдання на підготовку до лабораторного заняття.....	15
4 Контрольні питання.....	16
5 Опис приладів.....	18
5.1 Опис приладів для вимірювання температури повітря.....	18
5.2 Опис приладів для вимірювання запиленості повітряного середовища.....	19
6 Вказівки з техніки безпеки.....	21
7 Порядок виконання лабораторного заняття.....	22
8 Зміст звіту.....	25
Перелік джерел посилання.....	26
Додаток А Оптимальні величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень.....	28
Додаток Б Допустимі величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень (на постійних робочих місцях).....	29
Додаток В Гранично-допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони.....	30
Додаток Г Зразок титульного аркуша до звіту з лабораторного заняття.....	31

1 МЕТА ЗАНЯТТЯ

При виконанні лабораторного заняття необхідно:

- ознайомитись із основними характеристиками повітряного середовища у виробничих приміщеннях та способами нормалізації його стану;

- ознайомитись з будовою, принципом дії та особливостями різних видів / типів вентиляційних технічних систем, а також схемами організації повітрообміну;

- опанувати ваговий метод дослідження рівня запиленості повітряного середовища; засвоїти методику визначення необхідного повітрообміну у виробничих приміщеннях різного призначення.

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

2.1 Основні терміни та визначення

Розглянемо терміни та визначення основних понять [1-3], які необхідні для виконання даного лабораторного заняття.

Безпечні умови праці – стан умов праці, за якого вплив на працівників шкідливих та небезпечних виробничих факторів усунуто або їх рівні не перевищують граничнодопустимих значень.

Вентиляція – створення обміну повітря в приміщеннях для видалення надлишкової теплоти, вологи, шкідливих та інших речовин з метою забезпечення допустимих метеорологічних, санітарно-гігієнічних та технологічних умов.

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.

Граничнодопустима концентрація шкідливої речовини у повітрі робочої зони (ГДКр.з.) – концентрація речовини, яка за умов регламентованої тривалості її щоденної дії при 8-годинній роботі (але не більше ніж 40 годин протягом тижня) не повинна викликати захворювань або відхилень у стані здоров'я, які можуть бути діагностовані сучасними методами досліджень протягом трудового стажу працівників.

Граничнодопустима максимальна разова концентрація шкідливої речовини у повітрі робочої зони (ГДКр.з.м.р.) – максимальне регламентоване значення концентрації речовини у повітрі робочої зони для будь-якого 15-хвилинного (30-хвилинного для аерозолів речовин переважно фіброгенної дії) відрізка часу робочої зміни. Концентрація речовини, що дорівнює ГДКр.з.м.р., не повинна діяти безперервно більше 15 хвилин та повторюватись на цьому рівні протягом робочої зміни більше ніж 4 рази з інтервалами не менше 1 години.

Граничнодопустима середньозмінна концентрація шкідливої речовини у повітрі робочої зони (ГДКр.з.сз.) – регламентоване значення концентрації шкідливої речовини у повітрі робочої зони для відрізка часу, що дорівнює 75% робочої зміни (але не більше ніж 8 годин), за умов дотримання ГДКр.з.м.р. ГДКр.з.сз. встановлюється

для речовин, для яких характерні кумулятивні властивості.

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 відчуття та зниження працездатності.

Мікроклімат виробничих приміщень – умови внутрішнього середовища цих приміщень, що впливають на тепловий обмін працюючих з оточенням шляхом конвекції, кондукції, теплового випромінювання та випаровування вологи. Ці умови визначаються поєднанням температури, відносної вологості та швидкості руху повітря, температури оточуючих людину поверхонь та інтенсивністю теплового (інфрачервоного) опромінення.

Оптимальні мікрокліматичні умови – поєднання параметрів мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливі на людину забезпечують зберігання нормального теплового стану організму без активізації механізмів терморегуляції. Вони забезпечують відчуття теплового комфорту та створюють передумови для високого рівня працездатності.

Робоча зона – простір, в якому знаходяться робочі місця постійного або непостійного (тимчасового) перебування працівників.

Шкідлива речовина – речовина, що, контактуючи з організмом людини, може спричинити захворювання чи відхилення у стані здоров'я як під час впливу речовини, так і в подальший період життя теперішнього й наступного покоління.

Умови праці – сукупність факторів виробничого середовища і трудового процесу, які впливають на здоров'я і працездатність людини під час виконання нею трудових обов'язків.

2.2 Санітарно-гігієнічні фактори виробничого середовища: мікроклімат і запиленість повітря

Суттєвий вплив на самопочуття, працездатність та здоров'я працівників здійснює **мікроклімат (метеорологічні умови)** у виробничих приміщеннях. До параметрів мікроклімату належать

температура, вологість і швидкість руху повітря, а також інтенсивність теплового випромінювання та температура поверхонь, які оточують людину [2].

Норми метеорологічних умов на виробництві регламентуються ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень». В нормах [2] приводяться як оптимальні (Додаток А), так і допустимі метеорологічні умови (Додаток Б). Допустимі величини параметрів мікроклімату встановлюються тоді, коли на робочих місцях внаслідок технологічних вимог виробництва, технічної недосяжності та економічної недоцільності неможливо забезпечити оптимальних умов мікроклімату. При виконанні робіт операторського типу, пов'язаних з нервово-емоційним напруженням, в кабінетах, пультах і постах керування, в залах обчислювальної техніки повинні дотримуватися оптимальні умови мікроклімату [2].

При нормування враховують теплий та холодний періоди року, тяжкість виконуваної роботи та характеристику приміщень за надлишками теплоти. Період року визначається за середньодобовою температурою зовнішнього середовища. Так, якщо температура зовнішнього середовища дорівнює або нижча ніж $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ – це *холодний період року*, якщо вище ніж $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ – *теплий період року*. Вищій температурі повітря відповідає більша швидкість його руху, а вищій відносній вологості повітря – менша температура. Параметри мікроклімату нормуються для робочої зони.

Категорія робіт розмежовується за важкістю на основі загальних енерговитрат організму.

Для нормалізації мікроклімату повітряного середовища застосовують наступні заходи:

- улаштування систем вентиляції, опалення та кондиціонування повітря;

- удосконалення технологій та устаткування (наприклад, у виробничих приміщеннях – заміна гарячого способу обробки металу холодним; в адміністративних та офісних приміщеннях – раціональне поєднання видів організації повітрообміну);

- раціональне розміщення технологічного устаткування (наприклад, розташування джерел теплоти під аераційним ліхтарем або біля зовнішніх стін будівлі);

- автоматизація та дистанційне керування технологічними процесами;

- раціоналізація режимів праці і відпочинку (наприклад, скорочення тривалості робочої зміни та додаткові перерви в роботі);
- застосування захисних екранів для огороження джерела теплового випромінювання від робочих місць;
- використання засобів індивідуального захисту (спецодяг, каски, окуляри, маски, плащі, гумові чоботи і т.п.) [4].

Для створення нормальних умов праці на виробництві необхідно забезпечити не лише комфортні метеорологічні умови, але і чистоту повітря. В технологічних процесах використовуються різні **шкідливі речовини**, які забруднюють повітряне середовище, а при контакті з організмом людини можуть викликати професійні захворювання або відхилення в стані здоров'я як під час впливу речовини, так і в подальший період життя теперішнього й наступного поколінь [1]. Основним шляхом, яким найчастіше потрапляють шкідливі речовини в організм людини є дихальні шляхи. Шкідливі речовини, що потрапили в організм, спричинюють порушення здоров'я у тому випадку, коли їх кількість у повітрі перевищує граничну величину (Додаток В) [4]. Шкідливі речовини можуть мати різний негативний вплив на організм людини – подразнення, захворювання шкіри і слизових оболонок, захворювання органів дихання, отруєння, фіброгенний вплив, мутагенну дію, а також викликати алергічні реакції [5] та зумовлювати утворення пухлин [6].

Виробничий пил є досить поширеним шкідливим чинником. **Запиленість повітряного середовища** виробничих приміщень характерна для гірничодобувної промисловості, машинобудування, металургії, сільського господарства, будівництва, текстильної промисловості тощо. При користуванні комп'ютерною технікою наявні статична електрика «притягує» пилові частинки, тим самим утворюючи підвищену концентрацію пилу.

Шкідливість виробничого пилу зумовлена його здатністю викликати професійні захворювання легень, передусім **пневмоконіози** [7]. Пневмоконіози отримують назву в залежності від виду пилу, що їх викликав (силікоз, мангаконіоз, сидероз, антракоз, цементоз тощо).

Негативна дія пилу визначається його токсичністю та особливістю дії на організм людини, концентрацією, розміром частинок пилу, їх формою, твердістю, волокнистістю та питомою поверхнею.

В санітарно-гігієнічній практиці України найбільш поширеним є **ваговий метод** дослідження запиленості повітря. При його використанні зважують спеціальний фільтр до і після протягування через нього певного об'єму запиленого повітря, а потім вираховують вагу пилу в міліграмах на кубічний метр повітря.

Для **захисту від пилу** здійснюють вентиляцію (місцеву і загальнообмінну), герметизацію джерел пилу разом з аспірацією (місцеве відсмоктування, зволоження пилоподібних матеріалів, а також використовують засоби індивідуального захисту (респіратори, протигази, захисні окуляри, комбінезони тощо) [4, 8].

2.3 Вентиляція виробничих приміщень

Для забезпечення сприятливих параметрів мікроклімату та видалення шкідливих речовин, які використовуються в технологічних процесах, у виробничих приміщеннях використовують **вентиляцію** [9]. Основна мета системи вентиляції – створення повітряної якості, що відповідає нормам гігієни та технологічним вимогам. Це досягається шляхом контролю таких параметрів, як вміст кисню та вуглекислого газу, вміст шкідливих речовин і пилу, вологість, температура та рух повітря. Система вентиляції має забезпечувати приплив свіжого повітря та видалення відпрацьованого, забрудненого повітря з приміщень. Недостатня вентиляція може призводити до неприємних відчуттів, зниження працездатності та навіть шкідливого впливу на здоров'я людини. Важливо враховувати баланс припливу та витягу повітря, а також встановлення додаткових пристроїв для компенсації природного припливу повітря. Оптимальний об'єм вентиляційного повітря визначається для кожного приміщення окремо, з урахуванням його особливостей та вимог до якості повітря.

Система вентиляції повинна створювати в приміщенні повітряне середовище, яке задовольняє встановлені гігієнічні норми й технологічні вимоги. Вентиляція передбачає приплив зовнішнього чистого повітря та витяжку відпрацьованого, забрудненого, вологого або нагрітого повітря [10]. За відсутності або недостатнього припливу зовнішнього повітря в приміщенні зменшується вміст кисню, підвищуються вологість та запиленість. Якщо в приміщенні відсутня витяжка, тоді не видаляються забруднене повітря, запахи, вологість та шкідливі речовини. Неправильний приплив повітря призводить до

проникнення пилу, шкідливих речовин, виникнення протягів.

Вентиляція класифікується за наступними ознаками [4]:

- за способом переміщення повітря: природна, штучна, сумішена;
- за напрямком потоку повітря: припливна, витяжна, припливно-витяжна;
- за місцем дії: загальнообмінна, місцева, комбінована;
- за призначенням: робоча, аварійна.

Природну вентиляцію використовують для нормалізації мікроклімату у виробничих приміщеннях без виділення шкідливих речовин. Природна вентиляція є дешевою та простою в експлуатації, проте повітря надходить у приміщення без попереднього очищення, а видалене відпрацьоване повітря також не очищується і забруднює навколишнє середовище.

Природна вентиляція відбувається внаслідок теплового та вітрового напорів. Тепловий напір обумовлюється різницею температур та, відповідно, густиною внутрішнього і зовнішнього повітря. При обдуванні вітром будівлі, з її навітряної сторони утворюється підвищений тиск, з підвітряної – розріджений, що обумовлює вітровий напір. Природними джерелами припливу повітря для компенсації того, що видаляється з приміщення, можуть бути встановлені вентиляційні решітки, стінові або віконні провітрювачі, відчинені квартирки, вікна. Ці функції може виконувати система примусової вентиляції, коли повітря надходить централізовано.

Природна вентиляція може бути неорганізованою та організованою. *Неорганізована вентиляція* включає інфільтрацію повітря через нещільності у вікнах, дверях, перекриттях тощо та провітрювання шляхом відкривання вікон та квартирок. При цьому невідомі об'єми повітря, що надходять та вилучаються із приміщення, а повітрообмін залежить від ряду випадкових чинників – різниці температур внутрішнього та зовнішнього повітря, напрямку та сили вітру та ін.. При *організованій природній вентиляції (аерації)* виробничих приміщень свіже повітря надходить через спеціальні нижні пройми, які розташовують на невеликій висоті від підлоги (1-1,5 м), а відпрацьоване повітря видаляється через пройми в верхній частині будівлі або через спеціальні пристрої (ліхтарі).

Вибір типу природної вентиляції – неорганізованої або організованої, залежить від значення **коефіцієнту кратності повітрообміну**. Кратність повітрообміну показує скільки разів

протягом години необхідно замінити весь об'єм повітря в даному приміщенні для створення нормальних умов повітряного середовища.

Коефіцієнт кратності повітрообміну розраховують як відношення величини необхідного об'єму свіжого повітря, яке необхідно щогодини подавати у виробниче приміщення, до вільного від обладнання об'єму приміщення, за формулою [4]:

$$k = \frac{L}{V_{n.в.}}, \quad (2.1)$$

де k – коефіцієнт кратності повітрообміну;

L – необхідний повітрообмін, $m^3/год$;

$V_{n.в.}$ – об'єм приміщення, вільний від обладнання, m^3 .

При $k \leq 1$ можна улаштувати неорганізовану природну вентиляцію. При значеннях $1 < k \leq 10$ природна вентиляція має бути організованою. У випадку, коли $k > 10$, загальнообмінна вентиляція є неефективною. Природна вентиляція є дієвою, якщо температура повітря всередині виробничого приміщення на $5-8^\circ C$ вища за температуру припливного повітря. Іншим важливим чинником є наявність та концентрація шкідливих речовин в повітрі робочої зони.

У випадках, коли тепловиділення у виробничому приміщенні недостатні для постійного протягом року використання природної вентиляції, або кількість чи токсичність речовин, які виділяються у повітря приміщення є такими, що викликають необхідність постійного повітрообміну незалежно від метеорологічних умов навколишнього середовища, застосовують штучну механічну вентиляцію. При **штучній вентиляції** повітрообмін здійснюється внаслідок різниці тисків, яка створюється вентилятором. Штучна механічна вентиляція дає можливість очищувати повітря перед його викидом в атмосферу, вловлювати шкідливі речовини безпосередньо біля місць їх утворення, обробляти припливне повітря (очищувати, підігрівати, зволожувати тощо), більш цілеспрямовано подавати повітря в робочу зону.

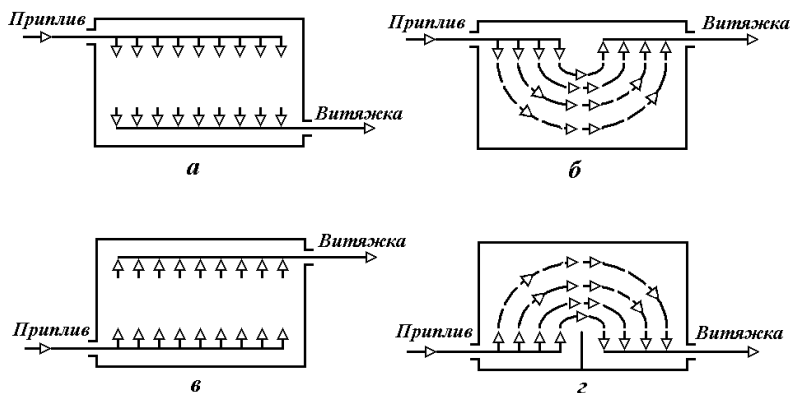
Механічна вентиляція може бути *робочою* та *аварійною*.

Робоча вентиляція, в свою чергу, може бути *загальнообмінною*, *місцевою* або *комбінованою*.

Загальнообмінна вентиляція забезпечує створення необхідного мікроклімату та чистоти повітряного середовища у всьому об'ємі робочої зони приміщення. Вона застосовується для видалення надлишкового тепла при відсутності локальних токсичних

виділень, а також тоді, коли характер технологічного процесу та особливості виробничого устаткування виключають можливість використання місцевої витяжної вентиляції.

Існує чотири основні схеми організації повітрообміну при загальнообмінній механічній вентиляції (рис. 2.1) [4].



а – схема «зверху-вниз»; б – схема «зверху-вверх»; в – схема «знизу-вверх»; г – схема «знизу-вниз»

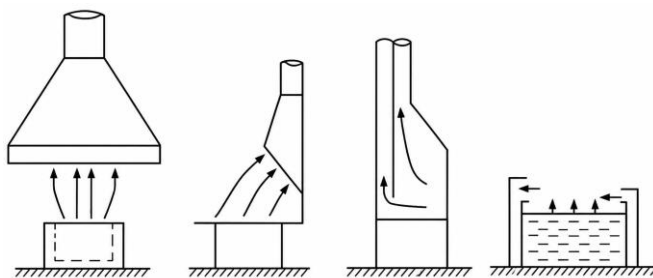
Рисунок 2.1 – Схема організації повітрообміну при загальнообмінній штучній робочій вентиляції

Схеми (а) та (б) застосовують, коли припливне повітря в холодний період року має температуру, нижчу за температуру повітря в приміщенні. Схеми (в) та (г) застосовують, коли припливне повітря в холодний період року підігрівається і його температура вища за температуру повітря всередині приміщення [4].

Припливна загальнообмінна вентиляція застосовується у виробничих приміщеннях із значним тепловиділенням та низькою концентрацією шкідливих речовин. Вона забезпечує подачу чистого зовнішнього повітря в приміщення; видалення забрудненого повітря здійснюється через вентиляційні отвори, фрагмути, дефлектори. *Витяжна загальнообмінна* вентиляція застосовується у виробничих приміщеннях без виділення шкідливих речовин з невеликою необхідною кратністю повітрообміну. *Припливно-витяжну загальнообмінну* вентиляцію використовують у приміщеннях, в яких

необхідно забезпечити підвищений повітрообмін. Якщо відбувається виділення значної кількості шкідливих речовин, то витяжка повинна бути на 10 % більшою, ніж приплив, щоб уникнути витіснення шкідливих речовин у суміжні приміщення.

Місцева вентиляція може бути *припливною* і *витяжною* (рис. 2.2). При *місцевій припливній* вентиляції здійснюється концентрована подача припливного повітря заданої температури, вологості, швидкості руху. Для виконання місцевої припливної вентиляції переважно використовуються повітряні душі, повітряні та повітряно-теплові завіси.



а – витяжний зонт, б – всмоктувальна панель, в – витяжна шафа з комбінованою витяжкою, г – бортовий відсмоктувач з передувом

Рисунок 2.2 – Схеми організації повітрообміну при місцевій штучній вентиляції

Місцева витяжна вентиляція забезпечує вловлювання шкідливих виділень безпосередньо в місцях їх виділення, що запобігає поширенню цих речовин в приміщенні. Місцеву вентиляцію застосовують при виконанні технологічних процесів, з виділенням шкідливих речовин, зокрема при обробці металів різанням, зварювальних, ливарних, ковальських, термічних, фарбувальних, шиноремонтних роботах тощо. Для виконання місцевої витяжної вентиляції застосовуються різноманітні місцеві відсмоктувачі (витяжні зонти, витяжні шафи, витяжні камери, бортові відсмоктувачі, фасонні укриття тощо).

У приміщеннях, де можливе раптове надходження у повітря значної кількості шкідливих речовин повинна передбачатись **аварійна вентиляція** [10]. Аварійна вентиляція повинна вмикатися

автоматично у разі досягнення граничної концентрації шкідливих речовин та забезпечувати швидке їх вилучення із приміщення. Для цього аварійна вентиляція повинна забезпечувати 8-12 кратний повітрообмін за годину у приміщенні.

3 ЗАВДАННЯ НА ПІДГОТОВКУ ДО ЛАБОРАТОРНОГО ЗАНЯТТЯ

В процесі лабораторного заняття студенти повинні:

- ознайомитись із основними термінами та визначеннями;
- ознайомитись із нормуванням параметрів повітряного середовища у виробничих приміщеннях шляхом вентиляції;
- ознайомитись з поняттям вентиляційної технічної системи та типами систем вентиляції;
- ознайомитись із схемою організації повітрообміну при загальнообмінній штучній вентиляції
- засвоїти методику розрахунку повітрообміну за умови виділення шкідливих речовин (газів, парів, аерозолів, пилу), що надходять у робочу зону, з метою розбавлення їх концентрацій до граничнодопустимих рівнів;
- засвоїти основні вимоги щодо техніки безпеки при дослідженні запиленості виробничого середовища.

4 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що таке мікроклімат виробничих приміщень?
2. Які основні параметри мікроклімату?
3. Чим відрізняються оптимальні та допустимі метеорологічні умови?
4. Які основні технічні заходи застосовують для нормалізації мікроклімату?
5. Що таке шкідлива речовина?
6. Яким основним шляхом шкідливі речовини потрапляють в організм людини?
7. Чим небезпечний виробничий пил?
8. Що таке пневмоконіоз? Наведіть приклади.
9. Від яких факторів залежить шкідливість пилу?
10. У чому полягає суть вагового методу визначення запиленості повітряного середовища?
11. Які заходи застосовують для захисту від виробничого пилу?
12. Що таке вентиляція повітря?
13. Для чого використовують вентиляцію у виробничих приміщеннях?
14. Як класифікують вентиляцію за способом переміщення повітря?
15. Як класифікують вентиляцію за напрямком потоку повітря?
16. Як класифікують вентиляцію за місцем дії?
17. Як класифікують вентиляцію за способом переміщення повітря?
18. Як класифікують вентиляцію за призначенням?
19. В чому полягає механізм природної вентиляції?
20. Які переваги та недоліки природної вентиляції?
21. Яким чином здійснюється природна вентиляція (неорганізована, організована)?
22. В чому полягає сутність та як розраховується коефіцієнт кратності повітрообміну?
23. В яких випадках використовують штучну вентиляцію?
24. Які переваги та недоліки штучної вентиляції?
25. Яке призначення загальнообмінної штучної вентиляції?

26. Які існують схеми організації повітрообміну при загальнообмінній механічній вентиляції?

27. Чим обумовлюється вибір виду загальнообмінної вентиляції (припливної, витяжної, припливно-витяжної)?

28. Для чого застосовують місцеву вентиляцію?

29. Якими засобами забезпечується місцева припливна вентиляція?

30. Якими засобами забезпечується місцева витяжна вентиляція?

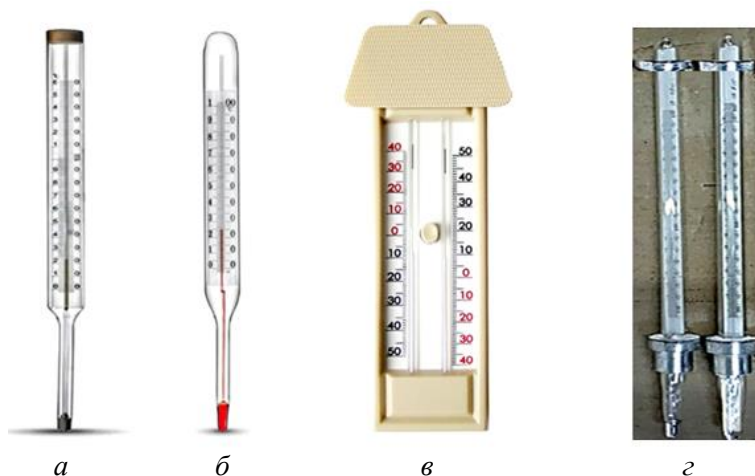
5 ОПИС ПРИЛАДІВ

5.1 Опис приладів для вимірювання температури повітря

Одними із найбільш значущих параметрів повітряного середовища є мікрокліматичні умови та рівень запиленості, що забезпечують коректність подальших розрахунків необхідного об'єму повітря.

Вимірювання температури повітря у виробничих приміщеннях проводиться за допомогою звичайних, парних або максимально-мінімальних термометрів, а також термоанемометрів. Звичайні та максимально-мінімальні термометри застосовують у виробничих приміщеннях, у яких відсутні джерела суттєвого теплового випромінювання. У разі наявності суттєвих теплових випромінювань у приміщенні, для вимірювання температури повітря використовують парний термометр. В Україні прийнята Міжнародна практична температурна шкала (шкала Цельсія), за якою здійснюється відлік температури.

Звичайні рідинні термометри бувають двох типів: ртутні та спиртові (рис. 5.1, а, б).



а – ртутний термометр; б – спиртовий термометр; в – максимально-мінімальний термометр; г – парний термометр

Рисунок 5.1 – Прилади для вимірювання температури повітря

Границі вимірювання ртутних термометрів варіюються від $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+45\text{ }^{\circ}\text{C}$, спиртових – від $-65\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ртутні термометри використовуються переважно для вимірювання температур вище $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ртуть при нагріві розширюється рівномірно, при охолодженні – нерівномірно). Спиртові термометри використовуються переважно для вимірювання температур нижче $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (спирт при охолодженні розширюється рівномірно, при нагріванні – нерівномірно).

Максимально-мінімальні термометри (рис. 5.1, в) використовують для визначення границь коливання температури впродовж визначеного проміжку часу. Конструктивно термометр виконаний у формі U-подібної трубки, заповненої ртуттю та спиртом. Спирт заповнює одне коліно трубки повністю, а інше – до половини розширення, у верхній частині якого розміщені покажчики, які рухаються при підвищенні рівня ртуті та вказують найнижче та найвище значення температури. На початку роботи покажчики термометра встановлюють на рівень ртуті за допомогою магніту. Конструктивно парний термометр складається з двох термометрів (рис. 5.1, г). Резервуар одного термометра містить ртуть і покритий сріблом, що забезпечує відбивання теплового випромінювання; резервуар іншого термометра зачорнений, тому він поглинає випромінювання.

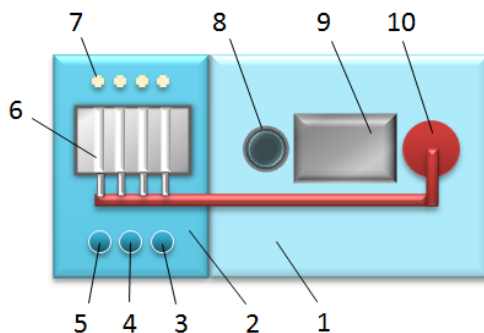
5.2 Опис приладів для вимірювання запиленості повітряного середовища

Загальний вигляд пристрою для вагового визначення концентрації пилу, який знаходиться в повітрі, наведено на рис. 5.2.

Пилова камера 1 імітує виробниче приміщення, в яку за допомогою бункера-дозатора 8 висипають порцію пилу, що розвіюється вентилятором. На передній стінці камери є отвір з алонжем-фільтрутримувачем 10 для закріплення в ньому фільтра для відбору проби пилу. В аспіраторі 2 знаходиться вакуумний насос, за допомогою якого проводиться прокачування запиленого повітря через фільтр.

В умовах виробництва проби повітря беруть, як правило, в зоні дихання працюючого, на висоті 1,3-1,5 м від рівня підлоги, в декількох точках (не менше трьох), в різний час. На робочих місцях, де температура повітря біля підлоги помітно відрізняється від

температури повітря верхньої зони приміщення, вона вимірюється і на рівні ніг (0,2-0,3 м від підлоги).



1 – камера пилова; 2 – аспіратор; 3 – тумблер ввімкнення вентилятора;
 4 – тумблер ввімкнення аспіратора; 5 – тумблер ввімкнення пристрою;
 6 – ротаметр; 7 – вентиль регулювання швидкості потоку повітря; 8 –
 бункер-дозатор; 9 – вікно оглядове; 10 – алонж-фільтроутримувач

Рисунок 5.2 – Схема пристрою для відбору проби пилу

6 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

1. До виконання лабораторного заняття допускаються студенти, які пройшли первинний інструктаж з техніки безпеки та пожежної безпеки при роботі у даній лабораторії.

2. Не починати практичне виконання роботи, не ознайомившись з порядком її виконання.

3. Не включати без дозволу викладача прилади та обладнання, які не мають відношення до виконання роботи, яка виконується.

4. Роботу виконувати під безпосереднім керівництвом викладача.

7 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОГО ЗАНЯТТЯ

1. Виміряти температуру та барометричний тиск за допомогою відповідних приладів.

2. Визначити вміст шкідливих речовин у повітрі дослідної пилової камери. Для цього необхідно:

а) розгорнути пакет з фільтром типу АФА, розкрити захисні кільця і за допомогою пінцету обережно покласти фільтр на чашу електронних аналітичних терез, після чого провести зважування;

б) зважений фільтр пінцетом вкласти в захисні кільця і закріпити у фільтроутримувачі 10;

в) увімкнути тумблером 5 пристрій та аспіратор тумблером 4. Регуляторами потоку повітря 7 встановити швидкість відбору проби повітря на шкалі ротаметрів 6 по верхньому зрізу поплавків після чого вимкнути аспіратор;

г) увімкнути вентилятор тумблером 3 і поворотом ручки 8 бункера-дозатора подати пил у камеру;

д) після утворення в камері достатнього рівня запиленості вимкнути вентилятор, одночасно увімкнувши аспіратор тумблером 4 і напротязі 1...3 хв здійснити відбір проби запиленого повітря (якщо тривалість відбору проби буде більше 1 хв., то ці значення потрібно врахувати у формулі 7.1, інакше концентрація пилу буде завищеною);

є) запилений фільтр за допомогою пінцета обережно витягнути з фільтроутримувача, покласти на терези і зважити.

3. Знаючи об'ємну швидкість та тривалість відбору проби повітря, визначити приведений до нормальних умов об'єм повітря, який пройшов крізь фільтр V_0 , м^3 , за формулою:

$$V_0 = \frac{V_t \cdot 273 \cdot P_t}{(273 + t) \cdot P_0}, \quad (7.1)$$

де V_0 – об'єм повітря, який пройшов крізь фільтр, приведений до нормальних умов, м^3 ;

V_t – об'єм повітря, який пройшов крізь фільтр, при температурі t та тиску P_t , м^3 ;

P_t – барометричний тиск у місці відбору проби, мм рт. ст. ;

P_0 – барометричний тиск за нормальних умов, мм рт. ст. ($P_0 = 760 \text{ мм рт. ст.}$);

t – температура повітря у місці відбору проби, $^{\circ}\text{C}$.

4. Розрахувати масову концентрацію пилу C , $мг/м^3$ за формулою:

$$C = \frac{q_2 - q_1}{V_0}, \quad (7.2)$$

де q_1 – маса фільтру до відбору проби, $мг$;

q_2 – маса фільтру після відбору проби, $мг$.

5. Відповідно до маси затриманого пилу визначити кількість шкідливих речовин, що виділяються у повітря приміщення G , $мг/с$ за формулою:

$$G = \frac{q_2 - q_1}{\tau \times 60}, \quad мг/с \quad (7.3)$$

де q_1 – маса фільтру до відбору проби, $мг$;

q_2 – маса фільтру після відбору проби, $мг$;

τ – тривалість відбору проби, $хв$.

6. Розрахувати необхідний повітрообмін L , $м^3/год$, за умови виділення шкідливої речовини (пилу), що надходить у робочу зону, з метою розбавлення її концентрації до граничнодопустимих рівнів:

$$L = \frac{G}{C_{ГДК} - C_{зовн}} \cdot 3600 \quad (7.4)$$

де L – кількість видаляемого повітря, $м^3/с$;

G – кількість шкідливої речовини, що виділяється у виробничому приміщенні, $мг/с$;

$C_{ГДК}$ – граничнодопустима концентрація шкідливої речовини в повітрі приміщення, $мг/м^3$;

$C_{зовн}$ – концентрація шкідливої речовини в зовнішньому повітрі, що подається в приміщення системою загальнообмінної вентиляції, $мг/м^3$. Вказана величина розраховується за формулою:

$$C_{зовн} = 0,3 \cdot C_{ГДК}, \quad мг/м^3 \quad (7.5)$$

У випадку, якщо концентрація шкідливої речовини в повітрі перевищує граничнодопустиму величину, необхідно (окрім загальнообмінної механічної вентиляції) передбачити інші засоби нормалізації параметрів повітряного середовища: використання місцевої вентиляції, використання засобів індивідуального захисту, удосконалення технологій, автоматизацію, дистанційне керування технологічними процесами, роботизацію тощо.

7. Одержані результати дослідження і розрахункові дані записати у табл. 7.1.

8. Зробити висновки.

Таблиця 7.1 – Підсумки дослідження запиленості

№ п/п	Номер досліджу	
1	Місце відбору проб повітря	
2	Температура повітря у приміщенні t , °C	
3	Барометричний тиск P_t , мм рт. ст.	
4	Маса фільтру до відбору проби q_1 , мг	
5	Маса фільтру після відбору проби q_2 , мг	
6	Маса затриманого пилу, мг	
7	Тривалість відбору проби τ , хв.	
8	Швидкість відбору проби, л/хв.	
9	Об'єм повітря, який пройшов крізь фільтр V_t , м ³	
10	Об'єм повітря, який пройшов крізь фільтр, приведений до нормальних умов V_0 , м ³	
11	Концентрація пилу у повітрі C , мг/м ³	
12	Гранично допустима концентрація пилу за нормами, $C_{ГДК}$ мг/м ³	
13	Концентрація пилу у зовнішньому повітрі, $C_{зовн}$ мг/м ³	
14	Кількість пилу, що виділяється у повітря приміщення G , мг/с	
15	Необхідний повітрообмін L , м ³ /год	

8 ЗМІСТ ЗВІТУ

Звіт повинен містити:

- титульний аркуш до звіту (Додаток Г);
- тему та мету заняття;
- основні пункти загальних теоретичних положень до лабораторного заняття;
- результати лабораторних досліджень та розрахунків;
- висновки.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ДСТУ 2293:2014. Охорона праці. Терміни та визначення основних понять. Чинний від 2015-05-01. Вид. офіц. Київ : Мінекономрозвитку України, 2015.

2 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99 : затв. постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01.12.1999 № 42 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99#Text> (дата звернення: 22.04.2026).

3. Про затвердження Вимог до роботодавців щодо захисту працівників від шкідливого впливу хімічних речовин : наказ МНС України від 22.03.2012 № 627 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0521-12> (дата звернення: 22.04.2026).

4. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці : підручник. 5-те вид., доповн. Київ : Знання, 2014. 375 с.

5. Про затвердження Гігієнічного нормативу «Перелік промислових алергенів» : наказ Міністерства охорони здоров'я України від 02.03.2007 № 99 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0285-07> (дата звернення: 22.04.2026).

6. Про затвердження Гігієнічного нормативу «Перелік речовин, продуктів, виробничих процесів, побутових та природних факторів, канцерогенних для людини» : наказ Міністерства охорони здоров'я України від 20.06.2022 № 1054 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0910-22> (дата звернення: 22.06.2026).

7. НК 025:2021. Класифікатор хвороб та споріднених проблем охорони здоров'я. Київ, 2021. URL: <https://surli.cc/ruzrqj> (дата звернення: 22.04.2026).

8. Виробничий пил, його дія на організм // Охорона праці і пожежна безпека. 2016. URL: <https://oppb.com.ua/articles/vyrobnychuuyul-yogo-diya-na-organizm> (дата звернення: 22.04.2026).

9. Жидецький В. Ц., Джигирей В. С., Сторожук В. М. та ін. Практикум із охорони праці : навч. посіб. / за ред. В. Ц. Жидецького. Львів : Афіша, 2000. 352 с.

10. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2013. 135 с.

Додаток А

Таблиця А.1 – Оптимальні величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху, м/с
Холодний	Легка Іа	22-24	60-40	0,1
	Легка Іб	21-23	60-40	0,1
	Середньої важкості Іа	19-21	60-40	0,2
	Середньої важкості Іб	17-19	60-40	0,2
	Важка ІІІ	16-18	60-40	0,3
Теплий	Легка Іа	23-25	60-40	0,1
	Легка Іб	22-24	60-40	0,2
	Середньої важкості Іа	21-23	60-40	0,3
	Середньої важкості Іб	20-22	60-40	0,3
	Важка ІІІ	18-20	60-40	0,4

Додаток Б

Таблиця Б.1 – Допустимі величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень (на постійних робочих місцях)

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху, м/с
Холодний	Легка Іа	21-25	75	не більше 0,1
	Легка Іб	20-24	75	не більше 0,2
	Середньої важкості Іа	17-23	75	не більше 0,3
	Середньої важкості Іб	15-21	75	не більше 0,4
	Важка ІІІ	13-19	75	не більше 0,5
Теплий	Легка Іа	22-28	55 при 28 °С	0,1-0,2
	Легка Іб	21-28	60 при 27 °С	0,1-0,3
	Середньої важкості Іа	18-27	65 при 26 °С	0,2-0,4
	Середньої важкості Іб	15-27	70 при 25 °С	0,2-0,5
	Важка ІІІ	15-26	75 при 24 °С і нижче	0,5-0,6

Додаток В

Таблиця В.1 – Гранично-допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони

№ з/п	Речовина	ГДК, мг/м ³	Клас шкідливості	Категорія алергенної небезпеки	Дія на організм людини
1.	Пил з вмістом діоксиду кремнію:				Ф
	- діоксиду кремнію менше 2%;	6,0	4	2	
	- діоксиду кремнію від 2% до 10%;	4,0	4	2	
	- діоксиду кремнію більше 10%	2,0	4	2	
2.	Азбест (природний і штучний), суміші азбестопородного пилу:				К
	- вміст азбесту понад 20%;	2,0/0,5	3	—	
	- вміст азбесту менше 20%;	2,0/1,0	3	—	
	- азбоцемент	4,0/2,0	3	—	
3.	Силікати та силікатовмісні пили:				К
	- тальк, слюда-флагоніт, мусковіт;	4,0	3	—	
	- мінеральне і скляне волокно	4,0	3	—	
4.	Мідь	1,0	2	—	
5.	Ртуть металічна	0,1	1	—	
6.	Свинець та його сполуки	0,1	1	1	
7.	Марганець	1,5/0,5	2	2	
8.	Нікелевий концентрат (пил)	0,05	1	1-2	К
9.	Залізо (пил)	4,0	4	—	Ф
10.	Чавун	6,0	3	—	
11.	Вугілля (пил)	10,0	4	—	
12.	Кокс пековий, сланцевий, електродний	6,0	4	—	
13.	Хлор	1,0	2	2	
14.	Луги їдкі	0,5	2	—	П
15.	Кислота соляна (пар)	5,0	2	2	

Примітка: Ф – фіброгенна дія; К – канцерогенна дія; П – подразнювальна дія

Додаток Г**Зразок титульного аркуша до звіту з лабораторного заняття****МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

Національний університет «Запорізька політехніка»

Кафедра охорони праці і
навколишнього середовища**ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ***«Визначення повітрообміну у виробничих приміщеннях для
забезпечення оптимальних умов праці»*Виконав(-ла): *студент(-ка) гр.* __________
(прізвище та ініціали)

Перевірив(-ла):

(прізвище та ініціали)