

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

до виконання курсової роботи  
з навчальної дисципліни

**«ВЕНТИЛЯЦІЯ ПРОМИСЛОВОЇ БУДІВЛІ»**

*(для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти всіх форм навчання  
зі спеціальності G 19 – Будівництво та цивільна інженерія)*

**Харків**  
**ХНУМГ ім. О. М. Бекетова**  
**2025**

Методичні рекомендації до виконання курсової роботи з навчальної дисципліни «Вентиляція промислової будівлі» (для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності G 19 – Будівництво та цивільна інженерія / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. Ю. І. Чайка. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2025. – 46 с.

Укладач канд. техн. наук, доц. Ю. І. Чайка

Рецензент

**О. В. Гвоздецький**, кандидат технічних наук, доцент кафедри теплогазопостачання і вентиляції Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова.

*Рекомендовано кафедрою теплогазопостачання і вентиляції, протокол № 1 від 25.08.2025.*

Методичні рекомендації до виконання курсової роботи складено з метою допомогти здобувачам другого (магістерського) рівня вищої освіти будівельних спеціальностей ЗВО у набутті практичних навичок за програмою освітнього компоненту «Спеціальні питання формування мікроклімату приміщень».

## ЗМІСТ

|                                                                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Вступ.....                                                                                                                   | 5  |
| 1 Вибір параметрів зовнішнього повітря .....                                                                                 | 7  |
| 2 Вибір і розрахунок параметрів повітря приміщення .....                                                                     | 7  |
| 3 Розрахунок витрат теплоти .....                                                                                            | 9  |
| 3.1 Компенсація втрат теплоти огорожувальними конструкціями .....                                                            | 9  |
| 3.2 Витрата теплоти на нагрівання повітря, що надходить<br>внаслідок інфільтрації .....                                      | 9  |
| 3.3 Витрата теплоти на нагрівання повітря, що надходить через<br>повітряні завіси зовнішніх воріт .....                      | 9  |
| 3.4 Розрахунок витрат теплоти на нагрівання матеріалів та транспорту,<br>що надходять до приміщення з вулиці .....           | 10 |
| 4 Розрахунок надходження теплоти .....                                                                                       | 11 |
| 4.1 Надходження теплоти від сонячної радіації .....                                                                          | 11 |
| 4.2 Надходження теплоти від технологічного обладнання та процесів .....                                                      | 13 |
| 4.3 Теплові надходження від системи опалення з місцевими<br>опалювальними приладами .....                                    | 16 |
| 5 Складання теплового балансу приміщення .....                                                                               | 17 |
| 6 Вивчення технологічного процесу .....                                                                                      | 17 |
| 7 Розрахунок надходження до приміщення газових, парових та пилових<br>шкідливих речовин .....                                | 17 |
| 8 Розрахунок місцевої витяжної вентиляції .....                                                                              | 20 |
| 9 Розрахунок місцевої припливної вентиляції .....                                                                            | 22 |
| 10 Розрахунок повітрообміну загальнообмінної вентиляції .....                                                                | 23 |
| 11 Розрахунок мінімальної кількості зовнішнього повітря .....                                                                | 25 |
| 12 Вибір розрахункового повітрообміну приміщення .....                                                                       | 26 |
| 13 Повітряний баланс приміщення .....                                                                                        | 26 |
| 14 Розрахунок аерації та природної вентиляції .....                                                                          | 27 |
| 15 Розрахунок повітряних завіс .....                                                                                         | 28 |
| 16 Конструювання систем опалення та вентиляції .....                                                                         | 28 |
| 17 Принципи розробки схем конструктивного рішення та компонування<br>опалення та систем вентиляції для «гарячих» цехів ..... | 29 |
| 18 Розрахунок та вибір пристроїв вентиляції з механічним спонуканням.....                                                    | 33 |
| 18.1 Вентилятори .....                                                                                                       | 33 |
| 18.2 Припливні вентиляційні камери .....                                                                                     | 34 |
| 19 Розрахунок та вибір пристроїв повітророзподілу .....                                                                      | 34 |
| 19.1 Розрахунок повітропроводів .....                                                                                        | 34 |
| 19.2 Розрахунок калориферних установок .....                                                                                 | 34 |
| 19.3 Вибір типу пилогазоуловлювального обладнання, теплоутилізаторів .....                                                   | 35 |

|                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 20 Техніко-економічні показники проєкту .....                                                                      | 36 |
| 21 Оформлення проєкту .....                                                                                        | 37 |
| Список рекомендованих джерел .....                                                                                 | 38 |
| Додаток А Величина коефіцієнта ефективності повітрообміну .....                                                    | 39 |
| Додаток Б Рекомендовані схеми вентиляції, способи подачі та видалення<br>повітря та значення коефіцієнта $m$ ..... | 40 |
| Додаток В Тепловий баланс приміщень .....                                                                          | 44 |
| Додаток Г Таблиця повітряного балансу $L/G$ , $(\text{м}^3/\text{год})/(\text{кг}/\text{год})$ .....               | 45 |

## ВСТУП

Мета курсової роботи – забезпечити систематизацію, розширення, поглиблення та закріплення знань, здобутих студентами при вивченні дисципліни «Спеціальні питання формування мікроклімату приміщень».

В результаті виконання курсової роботи має бути отримано раціональне, економічне та екологічно безпечне рішення вентиляції об'єкта, що обґрунтоване розрахунками та забезпечує умови безпечного виконання монтажу, пожеже- та вибухобезпечної експлуатації та обслуговування опалювально-вентиляційних систем.

Обсяг розрахункової та графічної частин курсової роботи встановлюється керівником проєкту та має бути мінімальним. Усі необхідні пояснення, пов'язані з вибором пристроїв систем вентиляції, доцільно поміщати в пояснювальній записці.

За ухвалені рішення та правильність усіх даних відповідає автор курсової роботи.

Зазначена курсова робота може бути основою майбутньої випускної кваліфікаційної роботи, в якій район будівництва, вид і параметри теплоносія, розташування технологічного обладнання, тип шкідливих речовин, що виділяються, і їх кількість залишають без зміни. На додаток студент-дипломник виконує розділи: наукове дослідження, еколого-економічне обґрунтування прийнятих рішень, автоматизацію систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря, організацію та технологію виробництва та монтажу систем забезпечення мікроклімату, охорону праці та техніку безпеки, використання вторинних енергоресурсів та розробляє інженерно-технічні заходи з охорони праці та ін. розділи кваліфікаційної роботи згідно з завданням.

### Вихідні дані до проєкту

Вихідні дані до проєкту:

- район будівництва та місце розташування об'єкта на ситуаційній карті-схемі промислового підприємства, роза вітрів для найбільш спекотного місяця року, план та розріз виробничої будівлі, розміщення технологічного обладнання та його специфікація, короткий опис технологічного процесу;
- джерело теплопостачання та параметри теплоносія;
- режим роботи об'єкта протягом року;
- категорія тяжкості робіт;
- список забруднювальних речовин, що утворюються.

### Склад проєкту

Курсова робота виконується згідно з завданням та складається з розрахунково-пояснювальної записки обсягом 30–40 сторінок текстового матеріалу та 1–2 аркушів креслень формату А1.

Перелік та послідовність виконання розрахунків

Розрахунки систем вентиляції виробничого будинку є складовою роботи, виходячи з якого розробляється графічний матеріал.

Розрахунки рекомендується проводити в такій послідовності:

1. Вибір розрахункових властивостей зовнішнього повітря.
2. Розрахунок та вибір параметрів повітря приміщення.
3. Розрахунки витрат теплоти:
  - на компенсацію втрат тепла огорожувальними конструкціями приміщення;
  - на нагрівання зовнішнього повітря;
  - на нагрівання повітря, що надходить через ворота;
  - на обігрів транспорту, що надходить у приміщення зовні;
  - на нагрівання матеріалів та деталей, що надходять зовні.
4. Розрахунок надходження теплоти:
  - від сонячної радіації;
  - від технологічного обладнання та процесів;
  - від системи опалення із місцевими опалювальними приладами.
5. Упорядкування теплового балансу приміщення.
6. Вивчення технологічного процесу.
7. Розрахунок надходжень у приміщення шкідливостей від технологічного обладнання, процесів та транспорту.
8. Розрахунок місцевої витяжної вентиляції.
9. Розрахунок місцевої припливної вентиляції.
10. Розрахунок повітрообмінів загальнообмінної вентиляції:
  - на асиміляцію надлишків теплоти чи компенсацію недоліків теплоти;
  - на розведення до гранично-допустимої концентрації (ГДК) шкідливостей.
11. Визначення мінімальної кількості зовнішнього повітря.
12. Вибір розрахункового повітрообміну приміщень для забезпечення санітарно-гігієнічних вимог та норм вибухопожежної безпеки.
13. Упорядкування повітряного балансу приміщень.
14. Розрахунок аерації та природної вентиляції.
15. Розрахунок повітряних завіс.
16. Конструювання систем опалення та вентиляції.
17. Розрахунок повітроводів та вибір обладнання системи припливної вентиляції.
18. Розрахунок повітроводів та вибір обладнання системи витяжної вентиляції.
19. Вибір типу пилогазоуловлювального обладнання, теплоутилізаторів.
20. Техніко-економічні показники проекту.

### Оформлення розрахунків

Зміст розрахунків має бути мінімальним, що дозволяє будувати висновки про правильність рішення пристрою систем вентиляції.

## 1 Вибір параметрів зовнішнього повітря

**Розрахункові параметрів зовнішнього повітря** при розрахунку систем вентиляції, повітряного душування та повітряного опалення залежно від їхнього виду [1] варто приймати за [2]:

Таблиця 1 – Розрахункові характеристики зовнішнього повітря

| Період року     | Температура, $t_z$ °C | Питома ентальпія $I_z$ , кДж/кг | Швидкість вітру $v$ , м/с |
|-----------------|-----------------------|---------------------------------|---------------------------|
| Теплий          |                       |                                 |                           |
| Холодний        |                       |                                 |                           |
| Перехідні умови |                       |                                 |                           |

## 2 Вибір і розрахунок параметрів повітря приміщення

Допустимі метеорологічні умови в робочій зоні виробничих приміщень підприємств потрібно приймати за додатком Е [1].

Оптимальні метеорологічні умови в робочій зоні приміщень виробничих будівель та споруд потрібно приймати за наявності відповідних вимог, а також у випадках, коли забезпечення цих умов не потребує значних додаткових витрат.

При виборі температури повітря приміщення в робочий час доби в холодну пору року рекомендується дотримуватися мінімальних значень при недоліках тепла та максимальних – при надлишках тепла в приміщенні. При розрахунку пристроїв вентиляції у теплий період року температуру повітря у робочій зоні приміщення потрібно приймати максимальну з допустимих температур. Відносна вологість повітря в робочій зоні приміщення повинна визначатися розрахунком, але у всіх випадках вона не повинна перевищувати вимог [1]. Попередню величину відносної вологості повітря в робочій зоні приміщень можна приймати: для термічного, ковальсько-пресового та ливарного виробництва – 45 %, для зварювального, металообробного, складального виробництва – 50 %, для металообробного із застосуванням емульсії, гальванічного – 60 %. Рухливість повітря на постійних робочих місцях при повітряному душуванні повинна відповідати вимогам [1].

У неробочий час доби в виробничих приміщеннях, що опалюються, температура повітря приймається 5 °C.

У таблиці 2 як приклад наведено розрахункові параметри повітря приміщення для термічного та складального цехів.

Таблиця 2 – Допустимі розрахункові параметри повітря в робочій зоні виробничих приміщень

| Категорія робіт        | Теплий період року |            |           | Холодний період року |            |           |
|------------------------|--------------------|------------|-----------|----------------------|------------|-----------|
|                        | $t_b$ , °C         | $\phi$ , % | $v$ , м/с | $t_b$ , °C           | $\phi$ , % | $v$ , м/с |
| Термічний цех          |                    |            |           |                      |            |           |
| Важка-III              | 26                 | 65         | 0,6       | 18                   | 65         | 0,5       |
| Складальний цех        |                    |            |           |                      |            |           |
| Середній тяжкості II а | 27                 | 65         | 0,5       | 17                   | 65         | 0,3       |

Температура повітря у верхній зоні (вона ж температура витяжного повітря) приміщення за наявності надлишків тепла відрізняється від температури повітря робочої зони і визначається у всі періоди року за формулою

$$t_{в.} = t_n + K_L ( t_{p.з.} - t_n ), \quad (1)$$

де  $t_n$  – температура повітря, °С;  $K_L$  – коефіцієнт ефективності повітрообміну (дод. А).

Температура повітря припливу  $t_n$  в першому наближенні визначається наступним чином. Вибирають згідно з додатком Б схему організації повітрообміну та визначають  $t_n$  для холодного та перехідного періоду року за формулою

$$t_n = t_{p.з.} - \Delta t , \quad (2)$$

де  $\Delta t$  – перепад температур, що приймається 3–6 °С при подачі повітря безпосередньо в робочу зону, а також зверху під кутом або вертикально; 6–8 °С при подачі повітря у верхню зону або робочу зону, але на віддаленні від робочих місць.

У разі нестачі теплоти в приміщенні, коли повітря роздається зосередженими струменями, що загасають поза робочою зоною, а вентиляція поєднана з опаленням,  $t_{в.}$  у першому наближенні визначається за формулою

$$t_{в.} = t_{p.з.} + 3. \quad (3)$$

У теплий період року  $t_n$  допускається приймати рівною розрахунковій температурі зовнішнього повітря у теплий період року для найжаркішої доби забезпеченістю 0,95 згідно з ДСТУ-Н Б В.1.1-27, збільшеної не більше ніж на 4 °С та не більше максимально допустимої норми внутрішньої температури повітря.

### 3 РОЗРАХУНОК ВИТРАТ ТЕПЛОТИ

#### 3.1 Компенсація втрат теплоти огорожувальними конструкціями

Розрахунок тепловтрат будівлею допускається визначати за укрупненими показниками за [3].

#### 3.2 Витрата теплоти на нагрівання повітря, що надходить внаслідок інфільтрації

Кількість повітря, що інфільтрується, і витрата тепла на його нагрівання не враховується в повітряному балансі приміщення.

#### 3.3 Витрата теплоти на нагрівання повітря, що надходить через повітряні завіси зовнішніх воріт

Повітряними завісами практично неможливо перешкоджати проникненню зовнішнього повітря через ворота всередину приміщень. Тому в тепловий баланс приміщення вводиться витрата теплоти, Вт, на нагрівання повітря, що надходить через завіси, що визначається за формулою

$$Q_{в.з.} = 0,278 \frac{G_{зав.}}{q} (t_{pz} - t_{см}) \frac{n}{60}, \quad (4)$$

де  $G_{зав.}$  – кількість повітря, що подається у завісу, кг/год;

$q$  – відношення кількості повітря, що подається в завісу  $G_{зав.}$ , до кількості суміші повітря, що проходить в приміщення через отвір воріт  $G_{пр}$  приймається  $q = 0,6-0,7$ ;

$t_{см}$  – температура суміші повітря, що проходить через отвір воріт, яка приймається рівною: 14 °С – при легкій фізичній роботі; 12 °С – під час роботи середньої тяжкості; 8 °С – при важкій роботі;

$n$  – час, на який відкриваються ворота, хв (приймається 5–10 хв/год).

Кількість повітря, кг/год, що подається в завісу, визначається за формулою

$$G_{зав.} = 3600 \cdot q \cdot \mu_{пр} \cdot F_{пр} \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot h (\rho_n - \rho_{р.з}) \cdot \rho_{см}}, \quad (5)$$

де  $\mu_{пр} = 0,25-0,27$  – коефіцієнт витрати отвору воріт;

$F_{пр}$  – площа отвору воріт, м<sup>2</sup>;

$h$  – розрахункова величина, що відповідає відстані від середини отвору воріт до нейтральної зони, м;

$\rho_n$ ,  $\rho_{р.з}$ ,  $\rho_{см}$  – густина повітря відповідно зовнішнього, робочої зони приміщення, району воріт, кг/м<sup>3</sup>.

Відстань, м, від середини отвору воріт до нейтральної зони визначається у приміщеннях, що мають відкриті аераційні отвори,

$$h = 0,5 ( h_{\text{пр}} + h_{\text{вит}} ); \quad (6)$$

при закритих аераційних отворах

$$h = 0,5 h_{\text{вит}} ; \quad (7)$$

за відсутності аераційних отворів

$$h = 0,5 H_{\text{в}}, \quad (8)$$

де  $h_{\text{пр}}$  – відстань від середини отвору воріт до середини припливних отворів, м;

$h_{\text{вит}}$  – відстань від середини отвору воріт до середини витяжних отворів, м;

$H_{\text{в}}$  – висота отвору воріт, м.

Кількість одночасно відкритих дверей або воріт рекомендується приймати: одні – при кількості зовнішніх дверей або воріт до приміщень до трьох, і двох, коли в приміщенні четверо і більше дверей або воріт.

### **3.4 Розрахунок витрат теплоти на нагрівання матеріалів та транспорту, що надходять до приміщення з вулиці**

Кількість теплоти, Вт, по кожному приміщенню, що витрачається на нагрівання матеріалів, деталей, виробів і транспортних засобів, що надходять зовні, визначається так:

$$Q_{\text{мат}} = G_{\text{м}} c ( t_{\text{в}} - t_{\text{м}} ), \quad (9)$$

де  $G_{\text{м}}$  – маса матеріалів, транспортних засобів, що надходять до приміщення з вулиці, кг протягом заданого інтервалу часу;

$c$  – питома масова теплоємність матеріалу Дж/(кг · К), (серед поширених матеріалів теплоємність міді 420; сталі та чавуну 480; більшості будівельних матеріалів 840–880; верхнього вовняного одягу 1 590; виробів з дерева 2 300; води 4 187);

$t_{\text{м}}$  – температура матеріалу, що надійшов, °С;

Коефіцієнт, що виражає середнє зменшення повної різниці температури ( $t_{\text{в}} - t_{\text{м}}$ ) у всьому обсязі матеріалу за інтервал часу з початку нагрівання в приміщенні, приймається за таблицею 3.

Таблиця 3 – Поправочний коефіцієнт

| Тривалість знаходження у приміщенні матеріалу, виробів, одягу та транспортних засобів | Значення коефіцієнта                  |                       |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|-----------|
|                                                                                       | Для несипких матеріалів та транспорту | Для сипких матеріалів | Для одягу |
| Для першої години                                                                     | 0,5                                   | 0,4                   | 0,35      |
| Для другої години                                                                     | 0,3                                   | 0,25                  | 0,2       |
| Для третьої години                                                                    | 0,2                                   | 0,15                  | 0,12      |

Температуру матеріалу, що надходить із одного приміщення до іншого, приймають за даними технологічного проєкту. Температуру виробів та матеріалу, що надходять зовні, приймають: для металу – рівної розрахункової температури зовнішнього повітря  $t_n$  для проєктування опалення; для інших несипких матеріалів – на  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  вище  $t_n$ ; для сипких матеріалів (пісок, руда, вугілля та ін.), а також волокон та одягу – на  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  вище  $t_n$ .

Власну масу транспортних засобів приймають за довідниками. Власна маса сучасних автомобілів, що припадає на  $1\text{ кВт}$  потужності двигуна, становить легкових автомобілів  $20\text{--}22$ , вантажних автомобілів, самоскидів, автобусів  $55\text{--}65\text{ кг}$ .

## 4 РОЗРАХУНОК НАДХОДЖЕННЯ ТЕПЛОТИ

### 4.1 Надходження теплоти від сонячної радіації

Під час проєктування систем вентиляції промислових будівель та споруд варто враховувати надходження тепла до приміщень у теплий період року через світлові отвори та покриття для найбільш спекотної пори року та розрахункової години доби за справжнім сонячним часом.

Надходження тепла завдяки сонячній радіації через світлові отвори визначається без урахування різниці температур зовнішнього та внутрішнього повітря.

Для перехідних умов надходження теплоти від сонячної радіації приймаються за теплим періодом з коефіцієнтом  $0,5$ , а холодний період не враховуються.

При виконанні курсової роботи допускається теплонадходження у приміщення від сонячної радіації визначати за формулами:

для зашкленних поверхонь,  $Q_{\text{рад}}^{\text{спок}}$ , Вт:

$$Q_{\text{рад}}^{\text{ост}} = A_{\text{спок}} q_{\text{спок}} B_{\text{спок}}, \quad (10)$$

для покриттів,  $Q_{\text{рад}}^{\text{ост}}$ , Вт:

$$Q_{\text{рад}}^{\text{ост}} = A_{\text{п}} q_{\text{п}} K_{\text{огр}}, \quad (11)$$

де  $A_{\text{спок}}$  – площа поверхні світлопрозорих огорожувальних конструкцій,  $\text{м}^2$ ;

$A_{\text{п}}$  – площа поверхні покриття,  $\text{м}^2$ ;

$q_{\text{спок}}$  – величина радіації через  $1 \text{ м}^2$  поверхні скління, яка залежить від її орієнтації зі сторін світу (табл. 4);

$q_{\text{п}}$  – величина радіації через  $1 \text{ м}^2$  поверхні покриття (табл. 5);

$B_{\text{спок}}$  – коефіцієнт, що залежить від характеристики скління (табл. 6);

$K_{\text{огр}}$  – коефіцієнт теплопередачі покриття,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ .

При підрахунку теплонадходжень у приміщення від сонячної радіації потрібно прийняти більшу з двох величин: теплонадходження через скління, розташоване в одній стіні, в сумі з теплонадходженням через покриття і ліхтар або теплонадходження через скління, розташоване в двох взаємно-перпендикулярних стінах, з коефіцієнтом 0,7 в сумі з теплонадходженням через покриття і ліхтар.

Таблиця 4 – Питома радіація  $q_{\text{ост}}$  через світлопрозорі поверхні,  $\text{Вт}/\text{м}^2$

| Характеристика світлопрозорої поверхні                                            | Сторони світу та широта |     |     |     |                                   |     |     |     |               |     |     |     |                                   |     |     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----|-----|-----|-----------------------------------|-----|-----|-----|---------------|-----|-----|-----|-----------------------------------|-----|-----|-----|
|                                                                                   | Південь                 |     |     |     | Південний схід та південний захід |     |     |     | Схід та захід |     |     |     | Північний схід та північний захід |     |     |     |
|                                                                                   | 35°                     | 45° | 55° | 65° | 35°                               | 45° | 55° | 65° | 35°           | 45° | 55° | 65° | 35°                               | 45° | 55° | 65° |
| Вікна з подвійним склінням з дерев'яними палітурками                              | 127                     | 145 | 145 | 168 | 98                                | 128 | 145 | 168 | 145           | 145 | 168 | 168 | 75                                | 75  | 75  | 70  |
| Те саме, з металевими палітурками                                                 | 160                     | 186 | 186 | 210 | 130                               | 160 | 210 | 210 | 186           | 186 | 210 | 210 | 90                                | 90  | 90  | 90  |
| Ліхтар з подвійним вертикальним склінням з металевими палітурками                 | 150                     | 185 | 185 | 200 | 130                               | 160 | 200 | 200 | 185           | 185 | 210 | 210 | 100                               | 100 | 100 | 100 |
| Те саме, з дерев'яними палітурками                                                | 140                     | 170 | 170 | 174 | 116                               | 145 | 174 | 174 | 168           | 168 | 185 | 185 | 87                                | 87  | 87  | 87  |
| Примітка. Для зашкленних поверхонь, орієнтованих на північ, $q_{\text{зб}} = 0$ . |                         |     |     |     |                                   |     |     |     |               |     |     |     |                                   |     |     |     |

Таблиця 5 – Теплонадходження через покриття

| Сонячна радіація через покриття        | $q_{\text{п}}$ , $\text{Вт}/\text{м}^2$ |
|----------------------------------------|-----------------------------------------|
| При плоскому (безгорищному) покритті:  |                                         |
| Для широти 35°                         | 20                                      |
| Для широти 45°                         | 18                                      |
| Для широти 55°                         | 15                                      |
| Для широти 65°                         | 12                                      |
| При покритті з горищем, для всіх широт | 5                                       |

Таблиця 6 – Значення коефіцієнта  $B_{ост}$ 

| Скління                                                                       | $B_{ост}$ |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Подвійне скління в одній рамі                                                 | 1,15      |
| Одинарне скління                                                              | 1,45      |
| Звичайне забруднення                                                          | 0,8       |
| Сильне забруднення                                                            | 0,7       |
| Забілювання вікон                                                             | 0,6       |
| Скління з матовим склом                                                       | 0,7       |
| Зовнішнє зашторювання вікон                                                   | 0,25      |
| Примітка. Теплонадходження від сонячної радіації через стіни не враховується. |           |

#### 4.2 Надходження теплоти від технологічного обладнання та процесів

Устаткування з електроприводом. Теплові надходження від різного технологічного обладнання, з електродвигунами, визначаються по [4].

Устаткування, перетворюючу електроенергію. До цього обладнання відносяться трансформатори, мотор-генератори та різні випрямлячі. Теплові надходження від зварювальних трансформаторів, мотор-генераторів та випрямлячів враховуються разом із процесом зварювання та різання. Теплові надходження від мотор-генераторів у гальванічному виробництві визначаються [4].

Обладнання, що обігрівається електрикою. Теплові надходження,  $W_t$ , від електричних нагрівальних печей та сушил визначаються за формулою

$$Q = N \cdot q_{ел.}, \quad (12)$$

де  $N$  – сумарна потужність енергії, що підводиться, кВт;

$q_{ел.}$  – питомі теплові надходження, Вт/кВт (див. табл. 7).

Таблиця 7 – Питомі надходження від обладнання

| Найменування виробництва та обладнання                                        | Теплові надходження, Вт/кВт |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| 1                                                                             | 2                           |
| <b>Зварювальне виробництво:</b>                                               |                             |
| – точкове зварювання;                                                         | 215                         |
| – плазмове зварювання та напилення, електрозварювання дугове, електрорізання; | 645                         |
| – печі відпалу;                                                               | 860                         |
| – електродвигуни приводу                                                      | 130                         |
| <b>Металообробне виробництво:</b>                                             |                             |
| – верстати без охолодження інструменту;                                       | 215                         |
| – верстати з охолодженням інструменту;                                        | 130                         |
| – шліфування з охолодженням кола;                                             | 130                         |
| – шліфування та заточування інструменту без охолодження                       | 215                         |
| <b>Термічне виробництво:</b>                                                  |                             |
| – електропечі та ванни (дрібносерійне виробництво);                           | 320                         |
| – електропечі та ванни (серійне виробництво);                                 | 495                         |

Продовження таблиці 7

| 1                                      | 2   |
|----------------------------------------|-----|
| – установка ТВЧ;                       | 70  |
| – електродвигуни приводу               | 130 |
| <b>Ковальсько-пресове виробництво:</b> |     |
| – печі ковальські;                     | 530 |
| – печі пресові;                        | 530 |
| – електродвигуни приводу;              | 130 |
| – електродвигуни приводу               | 130 |
| <b>Ливарне виробництво:</b>            |     |
| – сушило стрижнів та форм;             | 260 |
| – печі плавки чавуну;                  | 430 |
| – печі плавки сталі;                   | 220 |
| – печі відпалу;                        | 860 |
| – електродвигуни приводу               | 130 |
| <b>Гальванічне виробництво:</b>        |     |
| – мотор-генератори;                    | 100 |
| – випрямлячі;                          | 70  |
| – ванни з обігрівом;                   | 90  |
| – сушильні шафи, ванни                 | 300 |
| <b>Фарбувальне виробництво:</b>        |     |
| – сушило                               | 300 |

Розмір питомих теплонадходжень у таблиці 7 вказаний з урахуванням надходження тепла від нагрітих деталей та виробів, що піддаються обробці.

Обладнання, що обігрівається спалюванням газоподібного, рідкого чи твердого палива

Теплові надходження від обладнання та процесів, в якому та при яких спалюється газоподібне, рідке або тверде паливо, зокрема і ковальські гори, що визначаються за формулою

$$Q = Q_H^p \cdot B \cdot K \cdot \eta, \quad (13)$$

де  $Q_H^p$  – теплотворна здатність палива, кДж/кг або кДж/нм<sup>3</sup>;

$B$  – витрата палива, кг/год або нм<sup>3</sup>/год;

$K$  – частка тепла, що надходить до приміщення (табл. 8);

$\eta$  – коефіцієнт неповноти згоряння палива,  $\eta = 0,95-0,98$ .

Таблиця 8 – Частка теплоти, що надходить до приміщення обладнання

| Найменування виробництва, обладнання | Частка теплоти, що надходить до приміщення |
|--------------------------------------|--------------------------------------------|
| 1                                    | 2                                          |
| <b>Зварювальне виробництво:</b>      |                                            |
| – печі відпалу;                      | 0,35                                       |
| – газове зварювання та різання;      | 1,0                                        |
| <b>Термічне виробництво:</b>         |                                            |
| – печі (дрібносерійне виробництво);  | 0,55                                       |
| – печі (серійне виробництво)         | 0,41                                       |

Продовження таблиці 8

| 1                                                                   | 2    |
|---------------------------------------------------------------------|------|
| – печі під час передачі нагрітих деталей;<br>– до іншого приміщення | 0,25 |
| <b>Ковальсько-пресове виробництво</b>                               |      |
| – печі ковальські;                                                  | 0,53 |
| – печі пресові;                                                     | 0,45 |
| – ковальські гори                                                   | 0,3  |
| <b>Ливарне виробництво</b>                                          |      |
| – сушило піску;                                                     | 0,25 |
| – підсушування форм;                                                | 0,06 |
| – сушило форм;                                                      | 0,30 |
| – вагранки;                                                         | 0,09 |
| – сушило ковшів;                                                    | 0,20 |
| – печі відпалу                                                      | 0,35 |
| <b>Фарбувальне виробництво</b>                                      |      |
| – сушило                                                            | 0,35 |

Теплові надходження від остигання розплавленого металу в ливарному виробництві приймаються у розмірі 300 000 Вт на одну тонну чавуну розплавленого і 350 000 Вт на тонну розплавленої сталі. Тепло виділяється у розмірі 62 % усієї кількості у відділенні заливки; 12 % – у вибивних ґрат; 7 % – на ділянці вистигання виливків; 17 % – на плацу формувального відділення та 2 % – в обрубному відділенні.

Виділення тепла виливками в першу годину охолодження залежить від їх маси і приймається при масі виливків до 200 кг – 100 % загальних тепловиділень, до 500 кг – 87 %, до 2 000 кг – 81 % і більше 2 000 кг – 74 %.

Теплонадходження від джерел штучного освітлення  $Q_{\text{осв}}$ , кВт, якщо відома сумарна потужність джерел освітлення  $N_{\text{осв}}$ , кВт, розташованих у межах приміщення, визначаються за формулою:

$$Q_{\text{осв}} = N_{\text{осв}}. \quad (14)$$

Якщо потужність джерел освітлення невідома, то тепловиділення від штучного освітлення можна визначити за формулою:

$$Q_{\text{св}} = E \cdot F \cdot q_{\text{осв}} \cdot \eta_{\text{осв}}, \quad (15)$$

де  $E$  – освітленість, лк;

$F$  – площа підлоги приміщення, м<sup>2</sup>;

$q_{\text{осв}}$  – питомі тепловиділення, Вт/(м<sup>2</sup> лк);

$\eta_{\text{осв}}$  – частка тепла, що надходить у приміщення.

Тепловиділення від промислових ванн включають тепловиділення від нагрітих поверхонь і поверхні рідини. Питомі тепловиділення від 1 м<sup>2</sup> нагрітої зовнішньої поверхні ванн, трубопроводів та іншого технологічного обладнання  $q$  Вт/м<sup>2</sup> визначаються за формулою

$$q = \Delta t \cdot \alpha \cdot \sqrt[4]{\Delta t + c \cdot [(T_1 / 100)^4 - (T_2 / 100)^4]}, \quad (16)$$

де  $\Delta t$  – різниця температур зовнішньої поверхні апарату та навколишнього повітря, °C;

$\alpha$  – коефіцієнт конвективного теплообміну, Вт/(м<sup>2</sup> °C), приймати:

– для вертикальних поверхонь – 2,5;

– для горизонтальних поверхонь – 3,2;

– для трубопроводів діаметром до 100 мм – 1,4;

– для трубопроводів діаметром понад 100 мм – як для горизонтальних або вертикальних поверхонь;

$C$  – наведений коефіцієнт опромінення – 3,9 Вт/м<sup>2</sup> °C;

$T_1$  – абсолютна температура зовнішньої поверхні, °C;

$T_2$  – абсолютна температура навколишнього повітря, °C.

Явні тепловиділення з відкритої поверхні нагрітої води  $Q_v$  Вт визначаються за формулою:

$$Q_v = (5,7 + 4,1 \cdot V_v)(t_{\text{пов}} - t_v) \cdot F, \quad (17)$$

де  $V_v$  – рухливість повітря у приміщенні, м/с;

$t_{\text{пов}}$ ,  $t_v$  – температура відповідно поверхні води та повітря у приміщенні, °C;

$F$  – площа поверхні рідини, м<sup>2</sup>.

#### **4.3 Теплові надходження від системи опалення з місцевими опалювальними приладами**

Теплові надходження від системи опалення з місцевими опалювальними приладами компенсують теплові втрати конструкціями приміщення, що огорожують, і витрата тепла на нагрівання повітря, що інфільтрується. У великих виробничих приміщеннях, де робочі місця знаходяться ближче за два метри від вікон у зовнішніх стінах, опалювальні прилади компенсують втрати тепла практично лише вікнами.

При влаштуванні систем чергового опалення теплові надходження від неї у робочий час доби визначаються за формулою:

$$Q = Q_g \cdot \frac{t_{np} - t_{pz}}{t_{np} - t_y}, \quad (18)$$

де  $Q_g$  – теплова потужність системи чергового опалення, Вт;

$t_{np}$  – середня температура нагрівального приладу, °C;

$t_{pz}$  – температура повітря в робочій зоні, робочий час доби, °C;

$t_y$  – температура повітря під час роботи чергового опалення, °C.

У неробочий час доби необхідну кількість теплоти для чергового опалення можна визначити за укрупненими показниками.

При цьому температуру повітря приміщення рекомендується приймати в межах 5–8 °С або економічно доцільну температуру.

## **5 СКЛАДАННЯ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСУ ПРИМІЩЕННЯ**

Тепловий баланс приміщення складається на два періоди року – теплий та холодний у робочий час доби. Результати розрахунку зводяться в таблицю (див. дод. Г). Заповнення таблиці здійснюється з урахуванням наступного: теплові надходження від технологічного обладнання та процесів у холодний період року повинні прийматися за мінімального завантаження обладнання, тобто. допускається приймати їх з коефіцієнтом 0,5.

## **6 ВИВЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ**

Використовуючи специфікацію технологічного обладнання (див. завдання на курсовий проєкт), виявляють технологічне обладнання, яке встановлено у кожному цеху і, користуючись технічною та довідковою літературою, зазначеною керівником проєкту, вивчають технологічний процес. Встановлюють характер виділення і шкідливі речовини, що виділяються, визначають необхідні вихідні дані для розрахунку кількості шкідливих речовин, що виділяються, наприклад діаметр шліфувального або абразивного диску при механічній обробці металів, марку і витрата матеріалу, використовуваного при зварювальних роботах і т. ін.

## **7 РОЗРАХУНОК НАДХОДЖЕННЯ ДО ПРИМІЩЕННЯ ГАЗОВИХ, ПАРОВИХ ТА ПИЛОВИХ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН**

Кількість шкідливих речовин, що виділяються, визначають за методиками розрахунку.

При виконанні курсової роботи кількість шкідливих речовин, що виділяються, можна визначити за нижченаведеними рекомендаціями.

Кількість оксиду вуглецю, оксидів азоту, альдегідів та сполук свинцю, що виділяються в повітря приміщення при роботі двигуна автотранспорту, що заїжджає до приміщення, кг/год, визначається за формулами:

**для автомобілів марки ГАЗ:**

$$\text{оксид вуглецю } G_{\text{co}} = 3 \cdot n \cdot \frac{\tau}{60}; \quad (19)$$

$$\text{з'єднання свинцю } G_{\text{св}} = 7 \cdot n \cdot 10^{-5} \cdot \frac{\tau}{60}; \quad (20)$$

**для автомобілів марки ЗІЛ:**

$$\text{оксид вуглецю } G_{\text{co}} = 5 \cdot n \cdot \frac{\tau}{60}; \quad (21)$$

$$\text{з'єднання свинцю } G_{\text{св}} = 12 \cdot n \cdot 10^{-5} \cdot \frac{\tau}{60}; \quad (22)$$

**для автомобілів марки MAN;**

$$\text{оксид вуглецю } G_{\text{co}} = 0,22 \cdot n \cdot \frac{\tau}{60}; \quad (23)$$

$$\text{оксид азоту } G_{\text{N0}} = 0,017 \cdot n \cdot \frac{\tau}{60}; \quad (24)$$

$$\text{альдегіди } G_{\text{алд}} = 0,16 \cdot n \cdot \frac{\tau}{60}, \quad (25)$$

де  $n$  – кількість транспорту, що у приміщенні з працюючим двигуном, приймається за завданням керівника;

$\tau$  – час роботи двигуна автомобіля, хв.

Кількість окису вуглецю або сірчистого газу, що надходить у приміщення від печей та сушив при відведенні продуктів згоряння в димову трубу визначається за формулою

$$G = m \cdot V, \quad (26)$$

де  $m$  – кількість шкідливих речовин, що надходять у приміщення при спалюванні 1 кг або 1 нм<sup>3</sup> палива, кг (табл. 9);

$V$  – витрата палива, що спалюється, кг/год або нм<sup>3</sup>/год;

$G$  – кількість газу, що надходить у приміщення, кг/год.

Таблиця 9 – Кількість шкідливих речовин, що надходять до приміщення при спалюванні палива

| Найменування виробництва, обладнання,<br>палив | Шкідлива речовина, кг |               |
|------------------------------------------------|-----------------------|---------------|
|                                                | окис вуглецю          | сірчистий газ |
| 1                                              | 2                     | 3             |
| Термічне виробництво, нагрівальні печі:        |                       |               |
| – природний газ;                               | 0,003 8               | –             |
| – мазут                                        | 0,004 8               | 0,003 1       |
| Зварювальне виробництво, печі відпалу          |                       |               |
| – природний газ;                               | 0,008 5               | –             |
| – мазут                                        | 0,007 8               | 0,005         |
| Ковальське виробництво, нагрівальні печі:      |                       |               |
| – природний газ;                               | 0,007                 | –             |
| – мазут                                        | 0,007                 | 0,005 2       |
| Пресове виробництво, нагрівальні печі:         |                       |               |
| – природний газ;                               | 0,003                 | –             |
| – мазут                                        | 0,003                 | 0,002 2       |

Продовження таблиці 9

| 1                                      | 2        | 3     |
|----------------------------------------|----------|-------|
| Ливарне виробництво, вагранки, сушила: |          |       |
| – природний газ;                       | 0,001 25 | –     |
| – мазут;                               | 0,002 5  | 0,002 |
| – тверде паливо                        | 0,002 5  | 0,001 |
| Фарбувальне виробництво, сушила:       |          |       |
| – природний газ                        | 0,001 25 | –     |

У термічному виробництві кількість ціаністого водню, що надходить від кожного агрегату ціанування, приймається з розрахунку 0,006 кг/год. У приміщенні для зберігання аміаку надходить  $15\text{--}10^{-6}$  кг/год від кожного балона, а у приміщенні випарників аміаку – 0,027 кг/год від кожного випарника.

У зварювальному виробництві валове виділення шкідливих речовин при різанні та зварюванні приймається в такій кількості:

*газове різання:*

пил металу –  $G = 0,5 \cdot \delta \cdot 10^{-3}$  кг/п. м. шва;

окисли марганцю –  $G = 0,75 \cdot \delta \cdot 10^{-5}$  кг/п. м. шва;

окис вуглецю (з металу) –  $G = 0,6 \cdot \sqrt{\delta} \cdot 10^{-3}$  кг/п. м. шва;

оксиди азоту –  $G = 0,5 \cdot \sqrt{\delta} \cdot 10^{-3}$  кг/ п. м. шва;

окис вуглецю (з газу) –  $G = 0,025 V$ , кг/год;

*ручне зварювання електродами марки УОНИ 13/45:*

пил металу –  $G = 0,016 \cdot V$ , кг/кг,

оксиди марганцю –  $G = 0,000 6 V$ , кг/кг;

оксиди кремнію –  $G = 0,001 4 V$ , кг/кг;

оксиди азоту –  $G = 0,001 5 V$ , кг/кг;

*ручне зварювання електродами марки АНО-3:*

пил металу –  $G = 0,007 V$ , кг/кг;

оксиди марганцю –  $G = 0,000 7 V$ , кг/кг;

*автоматичне зварювання під шаром флюсу ОСЦ-45:*

оксиди марганцю –  $G = 3 \cdot V \cdot 10^{-6}$  кг/кг;

оксиди азоту –  $G = 6 \cdot V \cdot 10^{-6}$  кг/кг;

*напіваавтоматичне зварювання в середовищі вуглекислого газу:*

пил металу –  $G = 0,014 V$ , кг/кг;

оксиди марганцю –  $G = 0,000 8 V$ , кг/кг;

окис вуглецю –  $G = 0,006 V$ , кг/кг;

де  $\delta$  – товщина металу, що розрізається, мм;

$V$  – витрата електродів, кг/год (приймають 0,5–0,6 кг/год).

Кількість окису вуглецю, що виділяється в приміщенні при заливанні у форми розплавленого чавуну та сталі визначається з розрахунку на 1 тону металу: для чавуну – 1,2 кг/год та для сталі – 0,6 кг/год.

Кількість парів розчинників, фарб, лаків, шпаклівок і ґрунтовок, що виділяються в приміщення фарбувального виробництва, визначається за формулою

$$G = B \cdot K_{\text{л}} \cdot K_{\text{р}} (1 - \eta), \quad (27)$$

де  $B$  – витрата фарбувального матеріалу, кг/год;

$K_{\text{л}}$  – частка летючих розчинників у фарбувальному матеріалі (для фарб і лаків  $K_{\text{л}} = 0,3$ ; для шпаклівок  $K_{\text{р}} = 0,2$ ; для ґрунтовок  $K_{\text{л}} = 0,25$ );

$K_{\text{р}}$  – частка розчинника у складі летких (розчинник Р-4 складається з толуолу (62 %), ацетону (26 %), бутилацетату (12 %); а розчинник № 646 – з бутилациту (10 %), ацетону (7 %), толуолу (50 %), бутилового спирту (15 %), етилового спирту (10 %) та етилцелозолу (8 %));

$\eta$  – ефективність місцевого відсмоктування; для фарбувальної камери приймається рівною  $\eta = 0,95$ ; для стенду та решітки  $\eta = 0,6$ ; відкрите фарбування  $\eta = 0$ .

## 8 РОЗРАХУНОК МІСЦЕВОЇ ВИТЯЖНОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ

Продуктивність місцевих відсмоктувачів  $L_{\text{мв}}$ , м<sup>3</sup>/год визначається за формулою

$$L_{\text{мв}} = 3600 \cdot v \cdot A, \quad (28)$$

де  $v$  – середня швидкість повітря у відкритому отворі місцевого відсмоктування, м/с (табл. 10);  $A$  – площа робочого отвору місцевого відсмоктування, м<sup>2</sup>.

Таблиця 10 – Розрахункові швидкості в отворах укриттів

| Найменування обладнання та технологічних операцій | Вид місцевого відсмоктування                                     | Середня швидкість повітря, м/с |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| 1                                                 | 2                                                                | 3                              |
| Стіл для ручного зварювання дрібних виробів       | Витяжна шафа з прорізом 800 × 400                                | 0,5                            |
|                                                   | Ґрати в площині столу з живим перерізом 50 %                     | 0,5                            |
| Стіл або стенд із фіксованими місцями зварювання  | Панель рівномірного всмоктування над столом                      | 3,5                            |
| Електропечі опору у термічному виробництві        | Парасолька-козирок над розвантажувально-завантажувальним отвором | 0,7                            |
| Електропечі азотування, шахтні електропечі        | Кільцеве відсмоктування                                          | 2,7                            |
| Печі термічні, газові                             | Парасолька над піччю                                             | 1                              |
| Агрегат ціанування                                | Загальне укриття з робочим отвором 2 м <sup>2</sup>              | 1,5                            |
| Електрованна шахтна олійна                        | Кільцеве відсмоктування                                          | 4,5                            |
| Електрованна соляна                               | Укриття або бортове відсмоктування                               | 0,6                            |
| Ванна знежирення лугом                            | Бортовий відсмоктувач                                            | 3,5                            |
| Ванна промаслювання                               | Бортовий відсмоктувач                                            | 5,3                            |
| Ванна для загартування в олії                     | Бортовий відсмоктувач                                            | 4-10                           |
| Машина мийна                                      | Укриття                                                          | 0,8                            |

Продовження таблиці 10

| 1                                               | 2                                | 3       |
|-------------------------------------------------|----------------------------------|---------|
| Стенд аміачних балонів                          | Парасолька                       | 0,5     |
| Встановлення полірування                        | Укриття                          | 1       |
| Гартувальні установки струмами високої частоти  | Кільцеве відсмоктування          | 3       |
| Камера дробоструминна, дробометна               | Укриття                          | 5       |
| Устаткування, що виділяє пил                    | Укриття                          | 5       |
| Бак для варіння сульфатного лугу                | Шафа                             | 0,7     |
| Вагранка, місце випуску металу чи шлаків        | Парасолька                       | 1       |
| Пекти дугова плавильна                          | Укриття                          | 1       |
| Індукційна піч для плавки сталі                 | Парасолька                       | 1,5     |
| Заливка металу на конвеєрі                      | Панель рівномірного всмоктування | 7       |
| Охолодження виливків після їх вибивання з вікон | Укриття                          | 4       |
| Вибивна решітка                                 | Укриття                          | 5       |
| Гальванічне свинцювання                         | Шафа, кожух                      | 1,5     |
| Робота з епоксидними смолами з нагріванням      | Шафа, кожух                      | 1,5     |
| Забарвлення кистеве або зануренням              | Шафа, укриття                    | 0,5-0,8 |
| Електростатичне забарвлення                     | Кабіна з прорізами               | 0,7-0,8 |
| Пульверизаційне фарбування                      | Кабіна                           | 1,0-1,2 |

Місцеві відсмоктувачі, що видаляють шкідливі речовини 1 і 2 класу небезпечності, а також вибухонебезпечні речовини, необхідно блокувати з технологічним обладнанням, так, щоб воно не могло працювати при бездіяльності місцевої витяжної системи.

При визначенні продуктивності місцевого відсмоктування швидкості повітря в перерізі відкритого отвору суцільного укриття або зонти можна приймати залежно від гранично допустимої концентрації пари та газів у робочій зоні:

– для суцільних укриттів при гранично допустимій концентрації пари та газів понад  $50 \text{ мг/м}^3$  –  $0,5 \text{ м/с}$ ; більше  $5 \text{ мг}$  до  $50 \text{ мг/м}^3$  –  $0,7 \text{ м/с}$ ; менше  $5 \text{ мг/м}^3$  –  $1,3 \text{ м/с}$ ;

– для зонтів за наявності водяної пари, газів високої температури та газів з питомою вагою меншою, ніж питома вага повітря в робочій зоні –  $1 \text{ м/с}$ , в інших випадках –  $1,3 \text{ м/с}$ .

Результати розрахунків місцевої витяжної вентиляції в кожному приміщенні зводяться до таблиці довільної форми.

Для розрахунку повітрообміну необхідно знати масову кількість повітря,  $\text{кг/год}$ , що визначається за виразом

$$G = L \cdot \rho, \quad (29)$$

де  $L$  – кількість вентиляційного повітря,  $\text{м}^3/\text{год}$ ;

$\rho = 353 / (273 + t)$  – щільність повітря,  $\text{кг/м}^3$ ;

$t$  – температура повітря,  $^{\circ}\text{C}$ .

Для кожухів об'єм повітря, що видаляється  $L_{\text{кож}}$ ,  $\text{м}^3/\text{год}$ , визначається за формулою:

$$L_{\text{кож}} = k \cdot d, \quad (30)$$

де  $d$  – діаметр диска, мм;

$k$  – питома величина відсмоктування повітря  $\text{м}^3/(\text{год мм кола})$ : для абразивних дисків  $k = 2$ ; повстяних – 4; матер'яних – 6.

## 9 РОЗРАХУНОК МІСЦЕВОЇ ПРИПЛИВНОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ

Робочі місця, що опромінюються з інтенсивністю понад  $140 \text{ Вт/м}^2$ , обладнуються повітряними душами. Розрахунок повітряних душів виконується за [4]. Розрахункові параметри повітря на робочих місцях, обладнаних повітряними душами, приймаються за [1].

Інтенсивність опромінення на робочих місцях приймається:

- для печей відпалу (у форсунки)  $350\text{--}700 \text{ Вт/м}^2$ ;
- для масляних гартових баків, шахтних відпускних печах, камерних газових печах з висувним подом, соляних ваннах з газовим нагріванням  $350\text{--}700 \text{ Вт/м}^2$ ;
- для шахтних печей, соляних ванн з електродогріванням, печей тиглів, агрегатів для відпущення –  $700\text{--}1\,400 \text{ Вт/м}^2$ ;
- для печей-ванн з електродно-соляним підігрівом, агрегатів для загартування та ціанування, камерних печей, охолоджувальних печей –  $1\,400\text{--}2\,100 \text{ Вт/м}^2$ ;
- для місць складування поковок –  $350\text{--}700 \text{ Вт/м}^2$ ;
- для пульта керування молотом або пресом, у кабінах керування краном –  $700\text{--}1\,400 \text{ Вт/м}^2$ ;
- для нагрівальних печей, пресів, молотів –  $1\,400\text{--}2\,100 \text{ Вт/м}^2$ ;
- для сушил, вибивних ґрат, тигельних газових печей, електродугових печей, вагранок, у кабінах завантажувального крана ливарного виробництва –  $350\text{--}700 \text{ Вт/м}^2$ ;
- для заливальних контейнерів, місць вибивання стрижнів, нарощування електродів, шлакувальних конвеєрів, завантаження дугових печей ливарного виробництва –  $1\,400\text{--}2\,100 \text{ Вт/м}^2$ ;
- для сушил з газовим нагріванням (форсунки) фарбувального виробництва –  $350\text{--}700 \text{ Вт/м}^2$ .

При розрахунку необхідно попередньо намітити тип установки, що здійснює душування, період його роботи (тільки в теплий час або цілий рік). Вибрати тип насадки, що душує, а також визначити місця розташування насадків і відстані від припливних отворів до робочих місць.

Необхідно також заздалегідь визначити рівень можливого охолодження повітря. Економічно доцільно обмежитися адіабатичним процесом охолодження без витрат холоду.

В результаті розрахунку (прикладі розрахунку повітряного душення для теплого та холодного періодів року наведені в [4]) визначається обсяг повітря, що подається місцевою припливною вентиляцією та його температура.

## 10 РОЗРАХУНОК ПОВІТРООБМІНУ ЗАГАЛЬНООБМІННОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ

Місцева витяжна вентиляція не вловлює всі шкідливості, що утворюються в приміщенні. Тому для асиміляції надлишків теплоти, а також для розведення шкідливих парів та газів до гранично допустимих концентрацій проєктують загальнообмінну вентиляцію. Загальнообмінна вентиляція не відкидає місцевого припливу.

До розрахунку загальнообмінної вентиляції приступають після складання теплового балансу приміщення та визначення продуктивності місцевих відсмоктувачів та місцевої припливної вентиляції, визначення кількості газових, парових та пилових шкідливостей. Розрахунок загальнообмінної вентиляції у курсовій роботі необхідно проводити для теплого та холодного періодів року.

У холодний період кількість підігрітого припливного повітря повинна зазвичай повністю компенсувати місцеву витяжну вентиляцію або різницю вагової кількості повітря, що видаляється місцевими відсмоктувачами та подається місцевою припливною вентиляцією. При негативному тепловому балансі компенсація місцевої витяжної вентиляції є обов'язковою.

Частина шкідливих газів або пари, що не уловлені місцевими відсмоктувачами, проривається в приміщення і завдяки повітряним потокам потрапляє у верхню зону. Тому на додаток до місцевої витяжної вентиляції у приміщеннях з виділенням шкідливих чи горючих газів чи пари необхідно передбачати видалення повітря з верхньої зони. Мінімальний обсяг повітря, що видаляється з верхньої зони під перекриттям приміщення, визначається з розрахунку  $6 \text{ м}^3/\text{год}$  на  $1 \text{ м}^2$  площі підлоги приміщення (для приміщень заввишки більше  $6 \text{ м}$ ; для решти приміщень не менше одноразового повітрообміну в  $1 \text{ год}$ ).

У цехах із значними надлишками явного тепла такою додатковою вентиляцією є аерація. У приміщеннях з нестачею тепла – видалення повітря із верхньої зони потрібно передбачати механічним шляхом.

Розрахунок загальнообмінної вентиляції при надлишках або нестачі теплоти у приміщенні зручно проводити шляхом спільного вирішення рівнянь повітряного та теплового балансів приміщення:

У загальному вигляді рівняння повітряного балансу буде таким:

$$\Sigma G_{\text{вит}} = \Sigma G_{\text{пр}} \quad \text{або} \\ G_{\text{мв}} + G_{\text{вит мех}} + G_{\text{вит прир}} = G_{\text{м.п.}} + G_{\text{пр мех}} + G_{\text{пр прир}}, \quad (31)$$

а рівняння теплового балансу

$$0,278 \cdot c \cdot G_{\text{мв}} \cdot t_{\text{рз}} + 0,278 \cdot c \cdot G_{\text{вит}}^{\text{мех}} \cdot t_{\text{в.з}} + 0,278 \cdot c \cdot G_{\text{вит}}^{\text{прир}} \cdot t_{\text{вз}} = \\ = 0,278 \cdot c \cdot G_{\text{мп}} \cdot t_{\text{мп}} + 0,278 \cdot c \cdot G_{\text{пр}}^{\text{мех}} \cdot t_{\text{пр}}^{\text{мех}} + 0,278 \cdot c \cdot G_{\text{пр}}^{\text{прир}} \cdot t_{\text{пр}}^{\text{прир}} \pm Q, \quad (32)$$

де  $G_{\text{мв}}$  – сумарна витрата повітря, що видаляється місцевими відсмоктувачами, кг/год;

$G_{\text{вит}}^{\text{мех}}$  – те ж, що видаляється з верхньої зони приміщення загальнообмінною механічною вентиляцією, кг/год;

$G_{\text{вит}}^{\text{прир}}$  – те ж, що видаляється з верхньої зони приміщення загальнообмінною природною вентиляцією, кг/год;

$G_{\text{мп}}$  – сумарна витрата повітря, що подається в приміщення місцевою вентиляцією припливу, кг/ч;

$G_{\text{пр}}^{\text{мех}}$  – те, що подається в приміщення загальнообмінної механічної вентиляцією, кг/год;

$G_{\text{пр}}^{\text{прир}}$  – те, що подається в приміщення загальнообмінної природною вентиляцією, кг/ч;

$c$  – питома теплоємність повітря, що дорівнює 1,005 кДж/(кг °С);

$t_{\text{рз}}, t_{\text{в.з}}, t_{\text{мп}}, t_{\text{пр}}^{\text{мех}}, t_{\text{пр}}^{\text{прир}}$  – температура повітря відповідно робочої зони, верхньої зони місцевого припливу, механічного припливу та температура зовнішнього повітря, °С (при природному припливі температура повітря дорівнює температурі зовнішнього повітря);

$Q$  – надлишки або недоліки теплоти, Вт (зі знаком «плюс» надлишки теплоти, зі знаком «мінус» недоліки).

У багатьох випадках рівняння (31) та (32) значно спрощуються після введення граничних умов, що залежать від технологічного процесу (виду виробництва). Граничні умови визначають виходячи з даних, наведених у додатку Б. Наприклад, для цеху холодної обробки металів рекомендується видалення повітря здійснювати за допомогою місцевих відсмоктувачів (місцева витяжна вентиляція) та з верхньої зони приміщення (загальнообмінна витяжна вентиляція). Припливна вентиляція для холодної пори року (при недоліках теплоти) передбачається з механічним спонуканням; формули (31) та (32) записуються

$$G_{\text{мо}} + G_{\text{вит}}^{\text{мех}} = G_{\text{пр}}^{\text{мех}} \quad (32)$$

$$0,278 \cdot c \cdot G_{\text{мв}} \cdot t_{\text{рз}} + 0,278 \cdot c \cdot G_{\text{вит}}^{\text{мех}} \cdot t_{\text{в.з}} = 0,278 \cdot c \cdot G_{\text{пр}}^{\text{мех}} \cdot t_{\text{пр}}^{\text{мех}} - Q_{\text{нестача}} \quad (33)$$

Вирішуючи спільно ці рівняння визначають  $G_{\text{пр}}^{\text{мех}}$  і  $t_{\text{пр}}^{\text{мех}}$ .

Для теплого періоду року за наявності надлишків теплоти спільно вирішуються рівняння (32) та рівняння (33), яке записується у вигляді

$$0,278 \cdot G_{\text{мв}} \cdot t_{\text{рз}} + 0,278 \cdot c \cdot G_{\text{вит}}^{\text{мех}} \cdot t_{\text{в.з}} = 0,278 \cdot c \cdot G_{\text{пр}}^{\text{мех}} \cdot t_{\text{пр}}^{\text{мех}} + Q_{\text{надлишки}} \quad (34)$$

При цьому величини  $G_{\text{мв}}$ ,  $G_{\text{вит}}^{\text{мех}}$ ,  $G_{\text{пр}}^{\text{мех}}$ , що входять до формули (32), приймаються за теплим періодом. Якщо проведені розрахунки покажуть, що  $t_{\text{рз}}$ , виявиться вище встановленої [1], доцільно припливне повітря  $G_{\text{пр}}^{\text{мех}}$  охолодити у припливній камері (наприклад, в зрошувальній камері, здійснивши адіабатний процес).

Якщо виявиться, що  $t_{\text{рз}}$  дорівнює або нижче за рекомендовану [1], то розрахунок вважається закінченим. Якщо ж  $t_{\text{рз}}$ , знову виявиться вище рекомендованої [1], необхідно передбачити додатковий природний приплив і додаткову природну витяжку; при цьому рівняння матеріального балансу матиме такий вигляд:

$$G_{\text{мо}} + G_{\text{вит}}^{\text{мех}} + G_{\text{вит}}^{\text{прир}} = G_{\text{пр}}^{\text{мех}} + G_{\text{пр}} \quad (35)$$

при цьому  $G_{\text{вит}}^{\text{прир}} = G_{\text{пр}}^{\text{прир}}$ .

Для економії електричної енергії видалення повітря в кількості  $G_{\text{вит}}^{\text{мех}}$  можна здійснити також природним шляхом (через стулки світлоаераційних ліхтарів або витяжні шихти), тоді рівняння (35) можна записати:

$$G_{\text{мв}} + G_{\text{вит}}^{\text{прир}} = G_{\text{пр}}^{\text{мех}} + G_{\text{пр}}^{\text{прир}} \quad (36)$$

Для інших цехів зазначені рівняння складаються аналогічно з урахуванням рекомендацій, викладених у додатку Б.

Для визначення повітрообміну при одночасному надходженні тепла та вологи користуються графоаналітичним методом із застосуванням I-d діаграми.

При надходженні в приміщення шкідливих парів і газів загальнообмінна вентиляція влаштовується в тих випадках, коли місцеву або зональну вентиляцію здійснити неможливо, а також на додаток до неї для видалення шкідливих речовин, що прорвалися через укриття. У цьому випадку кількість повітря загальнообмінної вентиляції визначається за величиною шкідливих речовин, що виділяються або прориваються з-під укриттів з розрахунку їх розведення до гранично допустимої концентрації.

При визначенні кількості повітря, необхідного для видалення з цеху надлишкового тепла, невідомою величиною є температура повітря, що йде з приміщення,  $t_{\text{yx}}$  (температура у верхній зоні приміщення). Ця температура визначається за формулами наведеними раніше.

## 11 РОЗРАХУНОК МІНІМАЛЬНОЇ КІЛЬКОСТІ ЗОВНІШНЬОГО ПОВІТРЯ

Мінімальна кількість зовнішнього повітря, що подається у приміщення системами вентиляції, визначається за додатком X [1].

При надходженні в приміщення газів, пари та пилу, які можуть утворювати з повітрям вибухонебезпечні суміші, потрібно проводити перевірочний розрахунок мінімальної кількості зовнішнього повітря для того, щоб концентрація цих газів, пари та пилу в повітрі приміщення не перевищувала 0,1 % нижньої межі вибуховості.

Мінімальна кількість зовнішнього повітря для розведення вибухонебезпечних сумішей  $L_{\min}$ , м<sup>3</sup>/год визначається за формулою

$$L_{\min} = 1\,000 \cdot G / 0,05 \cdot G_{\text{нм}}, \quad (37)$$

де  $G$  – кількість вибухонебезпечної речовини, що виділяється в приміщення, кг/год;

$G_{\text{нм}}$  – нижня межа вибуху суміші з повітрям, г/м<sup>3</sup> (табл. 11).

Таблиця 11 – Межі вибуховості шкідливих речовин

| Речовина        | Нижня межа вибуховості, г/м <sup>3</sup> | Речовина       | Нижня межа вибуховості, г/м <sup>3</sup> |
|-----------------|------------------------------------------|----------------|------------------------------------------|
| Ацетон          | 52                                       | Скипидар       | 36,2                                     |
| Бутилацетат     | 80,6                                     | Толуол         | 48,2                                     |
| Бутиловий спирт | 51                                       | Уайт-спірит    | 51,5                                     |
| Бензин          | 37                                       | Етиловий спирт | 49                                       |
| Сольвент-нафта  | 58,2                                     | Ксилол         | 43,5                                     |

## 12 ВИБІР РОЗРАХУНКОВОГО ПОВІТРООБМІНУ ПРИМІЩЕННЯ

За розрахунковий повітрообмін приймають більшу з наступних величин:

- витрата повітря, що видаляється місцевими відсмоктувачами;
- витрата повітря, що асимілює тепловиділення;
- витрата повітря на розведення шкідливих речовин до гранично допустимих концентрацій та мінімальна витрата зовнішнього припливного повітря.

Варто пам'ятати, що у разі виділення кількох речовин односпрямованої шкідливої дії на організм людини за розрахункову величину приймають суму витрат повітря, визначених умови розведення до гранично допустимої концентрації кожної речовини.

## 13 ПОВІТРЯНИЙ БАЛАНС ПРИМІЩЕННЯ

Повітряний баланс у курсовому проекті складається на два періоди року (теплий та холодний) для кожного приміщення у робочий час доби. Результати розрахунку виносяться до таблиці (дод. Г).

При складанні повітряного балансу приміщення необхідно враховувати таке.

Температура повітря припливу для теплого періоду року приймається рівною температурі зовнішнього повітря за параметрами А. Температура

повітря припливу для холодного періоду року визначається розрахунком при спільному вирішенні рівнянь теплового і повітряного балансів.

Зведений повітряний баланс складається як у обсягах, і у масових кількостях повітря. Об'єми повітря необхідні для підбору вентиляційного обладнання, масові кількості повітря необхідні для розрахунків калориферів, аераційних пристроїв, теплових розрахунків.

Повітряний баланс визначається рівністю кількості припливного та повітря, що видаляється, кг/год. Відсутність балансу показує, що кілька повітря або підсмоктується в приміщення, або видавлюється з нього неорганізованим шляхом. Об'єми припливу та витяжки відрізняються внаслідок різниці температур припливного та видаляємо з приміщення повітря.

## **14 РОЗРАХУНОК АЕРАЦІЇ ТА ПРИРОДНОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ**

Аерація – організована та керована вентиляція з природним спонуканням. При аерації повітря в приміщення надходить через відкриті світлові або аераційні отвори у зовнішніх стінах і ворота, а видаляється через відкриті стулки ліхтарів, спеціальні аераційні отвори в покрівлі та за допомогою витяжних шахт, обладнаних зонтом або дефлектором.

Аерація застосовується найчастіше в теплий період року, а за значних надлишків явної теплоти – в холодний період і за перехідних умов. Використовувати аерацію допускається в приміщеннях, виробництво яких не пред'являє підвищених вимог до повітря припливу і мають глибину від зовнішніх стін з аераційними прорізами не більше 30 метрів. Розрахунок аерації виконується за [4] з урахуванням наступного. При визначенні площі припливних отворів у холодний період року необхідно розміщувати їх не нижче ніж 4,0 м від рівня підлоги та перевіряти температуру припливного повітря при надходженні його в робочу зону.

Температура припливного повітря не повинна бути нижчою за допустиму температуру повітря на робочому місці або в робочій зоні [1].

Розрахунок аерації при відомих витратах повітря полягає у визначенні площі відкриття припливних та витяжних фрамуг.

Розрахунок пропускної спроможності витяжних шахт ґрунтується на дії гравітаційного тиску без урахування тиску, що розвивається вітром.

Висоту повітряного стовпа для визначення гравітаційного тиску потрібно приймати: за наявності балансу механічної вентиляції або за відсутності механічного припливу – від вхідного до вихідного перерізів шахти; за наявності у приміщенні надлишкового тиску, що створюється механічною вентиляцією, – від середини висоти приміщення до вихідного перерізу шахт.

## 15 РОЗРАХУНОК ПОВІТРЯНИХ ЗАВІС

Розрахунок повітряних завіс проводиться за [4]. При розрахунку завіси задаються коефіцієнтом корисної дії завіси  $q$  в межах 0,5–0,8 та відносним параметром щілини  $F$ , який приймається від 20 до 40. Визначають теплову потужність повітропідігрівачів завіси, швидкість виходу повітря із щілин завіси, конструктивні розміри розподільників повітря. Виробляють аеродинамічний розрахунок повітряної завіси.

## 16 КОНСТРУЮВАННЯ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ ТА ВЕНТИЛЯЦІЇ

Нижче наведено загальні принципи конструювання систем вентиляції.

*Розміщення вентиляційних установок.* Вентиляційні установки не рекомендується розміщувати на виробничій площі цехів. Необхідно по можливості виносити вентиляційні установки або в спеціальні камери, або на майданчики на висоту 3–4 м від підлоги. Допускається розміщення вентиляційних установок у підвалах, у просторі між фермами, на колонах та стінах будівлі.

*Повітроводи.* Повітроводи вентиляційних систем варто зазвичай проектувати круглого перерізу з покрівельної або тонколистової сталі. Повітроводи систем аспірації проектуються лише круглого перерізу. Прокладку повітроводів здійснювати в просторі між фермами, нижче підкранових колій, під стелею поверху або підвалу, при відповідному обґрунтуванні в підпільних каналах. У місцевих відсмоктувачів та повітророзподільників необхідно передбачати пристрої для регулювання витрати повітря. Регульовальні пристрої – шибери, дросель-клапани – повинні розташовуватись у легкодоступних місцях.

*Місцева витяжна вентиляція.* При розробці конструкцій місцевих відсмоктувачів потрібно передбачати їхнє надійне кріплення до технологічного обладнання. Рукавні фільтри і мокрі пиловловлювачі повинні розташовуватися в опалювальних приміщеннях.

*Місцева припливна вентиляція.* Повітряне душення вироблятиметься від центральних систем, що працюють на зовнішньому повітрі. Для встановлення повітряного душення доцільно використовувати типові секції припливних камер або кондиціонерів. Випуск повітря на робочі місця здійснюється через патрубки, що душують.

*Загальнообмінна механічна вентиляція,* загальнообмінна витяжна механічна вентиляція проектується в тих випадках, коли повітря з верхньої зони приміщення неможливо або небажано видалити природним шляхом. Конструктивно витяжна загальнообмінна система може складатися як з мережі повітроводів, прикладених під перекриттям багатоповерхових будівель, так і окремо розташованих на покритті дахових вентиляторів. Кількість установок загальнообмінної припливної вентиляції залежить від числа і характеру

приміщень, що обслуговуються. Приміщення з різними тепловими надходженнями повинні обслуговуватись окремими припливними системами.

Загальнообмінну припливно-витяжну вентиляцію приміщень без природного провітрювання потрібно проєктувати, передбачаючи не менше двох припливних та двох витяжних вентиляційних установок.

*Повітряні завіси.* Повітряна завіса komponується з двох самостійних агрегатів, що складаються з вентиляторів (осьових або відцентрових), калориферів (якщо теплова завіса) і вертикальних роздавальних коробів, які встановлюються по обидва боки воріт. При неможливості розташування вентиляторів та калориферів на підлозі їх розміщують на майданчику над воротами.

Рекомендовані схеми організації повітрообміну основних цехів, які знайшли найбільшого поширення в курсовому проєктуванні, наведено у додатку Б.

## **17 ПРИНЦИПИ РОЗРОБКИ СХЕМ КОНСТРУКТИВНОГО РІШЕННЯ ТА КОМПОНУВАННЯ ОПАЛЕННЯ ТА СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ ДЛЯ «ГАРЯЧИХ» ЦЕХІВ**

*У кузнях та термічних цехах, що не мають значних надлишків теплоти, при обладнанні печами на твердому або рідкому паливі необхідно передбачати наступний комплекс опалювально-вентиляційних пристроїв у холодну пору року:*

а) місцева механічна витяжна вентиляція від печей та ванн.

В окремих випадках за відсутності в цеху мостових кранів або кран-балок допускається частковий устрій місцевих відсмоктувачів на природній (гравітаційній) тязі;

б) загальнообмінна припливна механічна вентиляція, розрахована на повну компенсацію кількості повітря, що видаляється через місцеві відсмоктувачі та з верхньої зони приміщення.

За наявності постійних робочих місць, схильних до інтенсивного опромінення, частина обсягу припливу подається у вигляді повітряних душів;

в) опалення, поєднане з вентиляцією та здійснюване через перегрів припливного повітря, або опалення шляхом використання рециркуляційних повітряно-опалювальних агрегатів.

Зазвичай випуск повітря з агрегатів виробляється приблизно по середині висоти цеху.

*У кузнях та термічних цехах, що не мають великих надлишків тепла та обладнаних печами на газоподібному паливі або електропечами, у холодну пору року передбачається:*

а) місцева механічна витяжна вентиляція. У термічних цехах місцевими відсмоктувачами обладнуються переважно масляні загартовані та електро-соляні ванни. У ковальських цехах – травильні ванни;

б) загальнообмінна витяжна вентиляція із верхньої зони приміщення для видалення найбільш нагрітого повітря та диму. Вентиляція може бути як з механічним, так і природним спонуканням;

в) загальнообмінна припливна вентиляція, розрахована на повну компенсацію загального обсягу витяжки. подача притоку – найчастіше – у робочу зону цеху. повітряні душі влаштовуються тільки на постійних робочих місцях, схильних до інтенсивного опромінення;

г) опалення – або через перегрів повітря, або шляхом встановлення повітряно-опалювальних агрегатів.

*У кузнях та термічних цехах із значними надлишками тепла (більше 23–34 Вт/м<sup>3</sup>) у зимовий час повинні влаштовуватися:*

а) місцева механічна (або частково природна) витяжна вентиляція від печей та ванн;

б) загальнообмінна природна витяжна вентиляція з верхньої зони через ліхтарі або за відсутності їх через шахти;

в) місцева механічна припливна вентиляція або загальнообмінна вентиляція припливу з подачею повітря зниженої температури;

г) загальнообмінна природна припливна вентиляція з подачею зовнішнього повітря через відкриті стулки, розташовані на висоті 4–6 м від рівня підлоги.

Опалення у таких цехах, зазвичай, не влаштовується, оскільки потреба у ньому виникає лише періоди зупинки цеху на вихідні дні. Деяке зниження температури в цеху за нічний період зупинки (двозмінна робота) несуттєво, якщо аераційні пристрої закриті.

*У ковальських та термічних цехах усіх типів у перехідну та теплу пору року здійснюються:*

а) місцева механічна (або природна) витяжна вентиляція від печей та ванн;

б) загальнообмінна природна витяжна вентиляція із верхньої зони приміщення через ліхтарі чи шахти;

в) місцевий приплив у вигляді повітряних душів на робочих місцях, схильних до інтенсивного теплового опромінення;

г) загальнообмінний природний приплив через відкриті стулки та отвори в нижній частині зовнішніх поздовжніх стін, а також через відкриті ворота.

Механічна припливна вентиляція в теплий період року зберігається тільки на тих ділянках цеху, на яких неможлива організація природного припливу. Найчастіше в теплий період року використовується місцева припливна вентиляція у вигляді повітряних душів.

*Конструктивне компонування систем місцевої витяжної вентиляції полягає насамперед у правильному виборі загальної кількості установок.*

Необхідно враховувати, що місцеві відсмоктувачі від печей не можна поєднувати з відсмоктувачами від масляних гартових або відпускних ванн. Наявність парів олії в повітроводах може викликати загоряння у разі потрапляння в них іскор із печей.

Бажано місцеві відсмоктувачі від печей з електронагрівом та від електродно-соляних ванн влаштовувати окремо від місцевих відсмоктувачів газових та мазутних печей. У першому випадку обов'язкове встановлення для механічного спонукання тяги, у другому може бути здійснена природна витяжка, якщо в цеху немає мостових кранів або кран-балок.

Місцеві відсмоктування від соляних ціаністих ванн повинні обслуговуватися самостійною системою з механічним спонуканням. Повітря, що видаляється, перед вентилятором потрібно очищати від пилу ціаністих з'єднань. Як пилоочисний пристрій може бути застосований мокрий сталестружковий або сітчастий фільтр, що змочується слабким розчином залізного купоросу для нейтралізації і знешкодження пилу, що уловлюється.

Системи природної витяжки від печей та горнів повинні забезпечуватись дефлекторами для посилення тяги шляхом дії вітру. При механічній витяжці від печей і горнів парасольки над витяжними трубами ставити не обов'язково, оскільки температура суміші газів і повітря, що видаляється, зазвичай вище 100 °С.

*Конструктивне компонування місцевої припливної вентиляції залежить, перш за все, від прийнятого пристрою. Найбільш простим типом повітряних душів є рециркуляційні агрегати, що працюють на внутрішньоцеховому повітрі без обробки. Однак такі агрегати можуть застосовуватися тільки якщо температура в робочій зоні не перевищує +25 °С, що відповідає розрахунковій зовнішній температурі + 20 °С.*

Якщо установки рециркуляційного типу прийняті вимушено, коли подача зовнішнього повітря на робочі місця технічно важко здійсненна, то можна трохи знизити температуру повітряного душу, застосувавши форсунки, що зволожують повітря і знижують температуру. Необхідно враховувати, що реально досягне зниження температури повітря, що подається, становить не більше 4–5 °С, чому відповідає зниження температури повітря на робочому місці всього лише на 2–3 °С.

При необхідності забезпечити повітряними душами порівняно велику кількість робочих місць (не менше 6–8) доцільно влаштування центральних систем повітряного душування з подачею на робочі місця зовнішнього повітря. У холодну пору року повітря має бути підігріте в калориферах. У теплу пору року охолоджене. Охолодження повітря може бути виконане по адіабатичному циклу з використанням рециркуляційної води для розпилення в зрошувальній камері або по політропному циклі охолодження з одночасною осушуванням. Враховуючи, що в останньому циклі витрачається значна кількість холоду, такі установки вимагають значно більших економічних витрат як початкових, так і експлуатаційних. Тому при проєктуванні централізованих установок повітряного душування необхідно прагнути обмежити температуру повітря тією межею, яка можлива при адіабатичному процесі,

Для централізованих установок повітряного душування доцільно використати типові секції кондиціонерів.

Розподіл повітря до окремих робочих місць зазвичай здійснюється розгалуженою мережею повітроводів, які можуть бути прокладені або по цеху на висоті 3,0–3,5 м від підлоги, або під підлогою цеху. При прокладанні сталевих круглих повітроводів по цеху їх бажано ізолювати для зменшення ступеня нагрівання повітря. При прокладанні повітроводів під підлогою цеху їх виконують у вигляді цегляних або бетонних каналів прямокутного перерізу. Перевагою таких каналів є те, що повітря в них практично не нагрівається і виходить у цех з температурою, що дорівнює температурі, яку він придбав у зрошувальній камері.

Випуск повітря на робочі місця здійснюється через патрубки.

*Конструктивне компонування загальнообмінної припливної вентиляції, поєднаної з повітряним опаленням, залежить від числа та характеру приміщень, що обслуговуються вентиляцією. Оскільки повітря подається за певної температури з недогрівом чи перегрівом, очевидно, що одна припливна система повинна обслуговувати або одне приміщення, або кілька приміщень, але з аналогічним за характером тепловим балансом. Тільки при цьому в різних приміщеннях установляться температури з відхиленнями, що не виходять за межі, які визначаються санітарними нормами.*

Приміщення з різним тепловим балансом повинні обслуговуватись окремими припливними системами.

*Повітряне опалення, необхідне в періоди зупинки виробництва, може здійснюватися шляхом роботи вентиляційних припливних установок в режимі рециркуляції. Для цього в припливних камерах залишаються отвори рециркуляційні з клапанами, що відкриваються на період опалення. Отвори розташовують між повітроприймальною шахтою та калориферами.*

Постійно діючі системи опалення у ковальських та термічних цехах виконуються лише тоді, коли тепловтрати перевищують тепловиділення. У цих випадках рекомендується здійснювати в цеху опалення, що діє постійно.

Найбільш доцільно при цьому здійснювати опалення місцевими рециркуляційними (повітряно-опалювальними) агрегатами, що розташовуються або на колонах, або біля зовнішніх стін.

Якщо у безпосередній близькості від стін (практично на відстані 2 м і менш) розташовані постійні робочі місця, рекомендується влаштування центрального водяного або парового опалення з використанням як нагрівальних приладів реєстрів з гладких труб або радіаторів.

На вихідні або вночі, коли робота в цеху не виконується, необхідно запроєктувати пристрій чергового опалення. Воно розраховується для підтримки в цеху внутрішньої температури +5 °С. Чергове опалення повинно здійснюватися у всіх випадках, якщо розрахункова зовнішня температура для опалення нижче -15 °С.

Для цехів, розташованих у місцевостях з зовнішньою розрахунковою температурою вище -15 °С, чергове опалення передбачається тільки при однозмінній або двозмінній роботі в цеху. Якщо робота в цеху ведеться 3 або 4 зміни, чергове опалення не проектується, тому що при необхідності цех можна

обігріти, залишивши включеними (працюючими) одну або дві нагрівальні або термічні печі.

Питання, який вид опалення необхідно застосувати, вирішується з урахуванням економічних міркувань. Якщо в цеху є одна велика припливна установка порівняно великої потужності, то експлуатувати цю установку для повної рециркуляції явно недоцільно. Іноді для опалення необхідно встановити кілька повітряно-опалювальних агрегатів. Якщо вентиляційних припливних установок кілька і теплова потужність однієї з цих установок близько збігається з кількістю тепла, необхідного для цілей чергового опалення, то зазвичай доцільно цю установку використовувати як опалювальну в режимі повної рециркуляції повітря.

Достатність поверхні повітропідігрівачів цієї установки повинна бути перевірена в режимі повітряного опалення, оскільки температура повітря, що забирається з цеху, становитиме  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , тобто виявиться значно вищою, ніж у звичайному розрахунковому вентиляційному режимі. Середня температура повітря, що нагрівається в повітропідігрівачі, також зростає, розрахунковий перепад температур теплоносія і повітря зменшиться, у зв'язку з чим знизиться і теплопродуктивність повітропідігрівача.

*Загальнообмінна механічна витяжна вентиляція* виконується тільки тоді, коли видалення повітря з верхньої зони приміщення не може бути здійснено природним шляхом, як, наприклад, в цехах, що мають суцільні перекриття без ліхтарів, і коли будову витяжних шахт важко здійснити. Конструктивно витяжна вентиляційна система складається з витяжної мережі повітроводів та вентилятора з електродвигуном.

## **18 РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ПРИСТРОЇВ ВЕНТИЛЯЦІЇ З МЕХАНІЧНИМ СПОНУКАННЯМ**

### **18.1 Вентилятори**

Вентилятори вибираються залежно від продуктивності та тиску з урахуванням вибухобезпеки та стійкості проти корозії. При підборі вентиляторів необхідно враховувати можливість підсмоктування та витоків повітря.

Дахові вентилятори із сталі можуть використовуватися для видалення з приміщень неагресивних та невибухонебезпечних газоповітряних сумішей. Радіальні дахові вентилятори можуть застосовуватися як для загальнообмінної децентралізованої вентиляції без мережі повітроводів, так і для установок з мережею повітроводів. Температура повітря, що переміщується, не повинна бути вище  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Осьові дахові вентилятори використовуються тільки для децентралізованої загальнообмінної витяжної вентиляції без мережі повітроводів. Температура повітря, що переміщується осьовими вентиляторами, не повинна перевищувати  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

## **18.2 Припливні вентиляційні камери**

При виконанні курсових та дипломних проєктів варто використовувати типові креслення припливних вентиляційних камер типу продуктивність повітря від 3,5 тис. м<sup>3</sup>/год до 150 тис. м<sup>3</sup>/год.

Типові камери складаються з вентагрегату, поєднувальної, калориферної, зрошувальної та приймальної секцій. Камери можуть бути лівого та правого виконання. Ліва камера обслуговується з лівого боку, а права – з правого, якщо дивитися на камеру з боку входу повітря. Приймальні секції можуть бути із заслінками для рециркуляції.

## **19 РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ПРИСТРОЇВ ПОВІТРОРОЗПОДІЛУ**

Подача свіжого повітря в приміщення для асиміляції надлишків тепла, розведення шкідливих речовин, компенсацій витяжки місцевими відсмоктувачами та при повітряному душуванні здійснюється у робочу або верхню зони. У практиці проєктування трапляються такі випадки роздачі припливного повітря:

- зосереджено у верхню зону приміщення;
- розосереджено у верхню зону приміщення;
- розосереджено у робочу зону приміщення.

Метою розрахунку повітророзподілу при вибраному типі та числі повітророзподільників є визначення швидкостей та надлишкових температур на робочих місцях або при вході припливного струменя в робочу зону та порівняння їх з допустимими значеннями.

### **19.1 Розрахунок повітропроводів**

У системах вентиляції виробничих приміщень промислових підприємств зазвичай застосовуються металеві повітроводи круглого та прямокутного перерізу. З метою широкої механізації заготівельних робіт найчастіше застосовуються повітропроводи круглого перерізу. Розміри повітроводів приймаються згідно з [1]. Розрахунок повітроводів виконується за довідниками.

### **19.2 Розрахунок калориферних установок**

Розрахунок калориферних установок для нагрівання повітря виконується згідно з [4] з урахуванням:

- попередня масова швидкість повітря приймається рівною 8 кг/(с · м<sup>2</sup>) для пластинчастих калориферів;
- обв'язування калориферів трубопроводами при теплоносії вода приймається послідовне.

### 19.3 Вибір типу пилогазоуловлювального обладнання, теплоутилізаторів

За погодженням з керівником проєкту студент може виконати розрахунок та підбір теплоутилізаторів для однієї з витяжних систем вентиляції.

Вихідними даними для розрахунку теплоутилізаторів є: об'ємні витрати припливного  $L_{\text{п}}$ , м<sup>3</sup>/год, і повітря, що видаляється  $L_{\text{в}}$ , м<sup>3</sup>/год; початкові температури припливного  $t_{\text{пз}}$ , °С, повітря, що видаляється  $t_{\text{вп}}$ , °С.

Визначуваними величинами є кінцева температура повітря припливу  $t_{\text{пк}}$ , °С; кількість утилізованої теплоти  $Q_{\text{у}}$ , Вт, аеродинамічний опір теплоутилізатора по припливному  $\Delta_{\text{рп}}$  і повітря, що видаляється  $\Delta_{\text{рв}}$ .

Розрахунок виконують у такій послідовності:

1. Вибирають тип та типорозмір теплоутилізатора за витратою повітря.

2. Для обраного типорозміру теплоутилізатора визначають масову швидкість  $v \cdot \rho$ , кг/(с · м<sup>2</sup>), у фронтальному перерізі за формулою:

$$v \cdot \rho = L_{\text{п}} / (3\,600 f_{\text{ф}}), \quad (38)$$

де  $\rho$  – щільність повітря, кг/м<sup>3</sup>;  $f_{\text{ф}}$  – площа фронтального перерізу за припливним повітрям, м<sup>2</sup>.

3. Визначають відносний перепад  $\Theta_t$  температур за формулами для регенеративного обертового теплоутилізатора:

$$\Theta_t = 0,836 (v \rho)^{-0,103}; \quad (39)$$

для рекуперативного пластинчастого теплоутилізатора:

$$\Theta_t = 0,797 (v \rho)^{-0,086}; \quad (40)$$

для рекуперативного теплоутилізатора на базі теплових труб продуктивність повітря 2 500 м<sup>3</sup>/год:

$$\Theta_t = 0,694 (v \rho)^{-0,153}; \quad (41)$$

для рекуперативного теплоутилізатора на базі теплових труб продуктивністю повітря 10 000 м<sup>3</sup>/год:

$$\Theta_t = 0,665 (v \rho)^{-0,168}. \quad (42)$$

4. Розраховують кінцеву температуру повітря за формулою:

$$t_{\text{пк}} = t_{\text{пп}} + \Theta_t \cdot L_{\text{у}} \cdot \rho_{\text{у}} (t_{\text{у}} - t_{\text{пп}}) / (L_{\text{п}} \cdot \rho_{\text{пп}}), \quad (43)$$

де  $\rho_{\text{у}}$  – густина повітря, що видаляється, кг/м<sup>3</sup>.

5. Визначають кількість утилізованої теплоти за формулою:

$$Q_y = 0,278 \cdot c_p \cdot L_n \cdot \rho_{пн} (t_{пк} - t_{пн}). \quad (44)$$

6. Розраховують аеродинамічний опір  $\Delta P$  по припливному та віддаленому повітрі за формулами для регенеративного обертового теплоутилізатора.

$$\Delta P = 44 (v \rho)^{1,149}; \quad (45)$$

для рекуперативного пластинчастого теплоутилізатора:

$$\Delta P = 14,81 (v \rho)^{1,6}; \quad (46)$$

Для рекуперативного пластинчастого теплоутилізатора на базі теплових труб по припливному повітрі:

$$\Delta P = 41 (v \rho)^{1,55}; \quad (47)$$

по повітрю, що видаляється:

$$\Delta P = 41 (v \rho)^{1,55} + 6,5 (v \rho)^2. \quad (48)$$

## 20 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЄКТУ

Техніко-економічні показники проєкту необхідні для вибору найбільш економічного варіанта і визначення питомих вартісних показників. Загальні витрати складаються зазвичай із суми капітальних витрат та суми річних експлуатаційних витрат.

У суму капітальних витрат входять усі витрати на влаштування систем опалення та вентиляції, включаючи будівельні роботи, безпосередньо пов'язані з цими пристроями (вентиляційні камери, ізоляція, фарбування). Сума капітальних витрат визначається за кошторисною вартістю. До суми річних експлуатаційних витрат включаються всі витрати на експлуатацію систем опалення та вентиляції.

Техніко-економічні показники за курсовим проєктом зводяться до визначення годинного та річного витрат тепла на вентиляцію, годинних та річних витрат води та електроенергії, витрати сталі на 1 000 м<sup>3</sup>/год продуктивності припливної та витяжної вентиляції окремо.

Годинні витрати тепла на вентиляцію визначаються підсумовуванням витрат тепла на нагрівання повітря припливної вентиляції, повітряних душів та повітряних завіс.

Витрата теплоти на вентиляцію, МВт/рік, визначається за формулою:

$$Q = \frac{m \cdot (n-a)(t_{\text{в}} - t_{\text{ср}})}{t_{\text{п}} - t_{\text{н}}} \cdot Q_{\text{вен}} \cdot 10^{-6}, \quad (49)$$

де  $m$  – тривалість робочого часу роботи системи, год;

$n$  – тривалість опалювального періоду, добу;

$a$  – кількість неробочої доби в опалювальному періоді;

$t_{\text{п}}$  – температура повітря, °С;

$t_{\text{ср}}$  – середня температура повітря опалювального періоду, °С;

$t_{\text{н}}$  – розрахункова температура зовнішнього повітря, °С;

$Q_{\text{вен}}$  – витрата тепла на вентиляцію, Вт.

Річні витрати тепла на нагрівання припливного повітря систем вентиляції, повітряного душення та повітряно-теплових завіс при різних початкових і кінцевих температурах повітря, що нагрівається, визначаються окремо.

Річна витрата електроенергії, МВт/рік, визначається за формулою:

$$W_{\text{q}} = \Sigma (\eta_{\text{е}} \cdot N_{\text{е}} \cdot \tau) / 1\,000, \quad (50)$$

де  $\eta_{\text{е}}$  – коефіцієнт використання встановленої потужності двигунів;

$N_{\text{е}}$  – настановна потужність електродвигуна, кВт;

$\tau$  – кількість годин роботи двигуна на рік (при 41 годинному тижні річний фонд робочого часу І зміни 2 080 годин).

Річна витрата води, м<sup>3</sup> для мокрого очищення повітря від пилу дорівнює

$$P_{\text{в}} = q_{\text{в}} \cdot L \cdot \tau \cdot 10^{-6}, \quad (51)$$

де  $q$  – питома витрата води на очищення 1 000 м<sup>3</sup>/год повітря, л;

$L$  – продуктивність системи, м<sup>3</sup>/год;

$\tau$  – річний фонд робочого часу системи, год.

## 21 ОФОРМЛЕННЯ ПРОЄКТУ

Розрахунки виконуються в пояснювальній записці з одного боку листа та супроводжуються необхідними схемами та ескізами. Текст розрахунків пишеться чорнилом або за погодженням з керівником проєкту набирається на комп'ютері.

Графічний матеріал повинен складатися з плану та розрізу будівлі з нанесенням на них систем опалення та вентиляції, схем систем вентиляції, що розраховуються, креслень деталювання припливної або витяжної установки та конструктивної розробки деталі або елемента вентиляційної системи. Креслення повинні мати специфікації обладнання та матеріалів, характеристику вентиляційного обладнання, показники за проєктом, загальні вказівки та пояснення до проєкту.

Графічний матеріал має відповідати вказівкам [5].

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування [Електрон. ресурс] : Наказ Міністерства регіонального розвитку будівництва та житлово-комунального господарства України від 25.01.2013 № 24. – Чинний з 2014-01-01. – Електрон. текст. дані. – – Режим доступу: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=50154](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=50154), вільний (дата звернення: 02.01.2025). – Назва з екрана.
2. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія [Електрон. ресурс]. – Чинний з 2011-11-01. – Електрон. текст. дані. – – Режим доступу: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=26655](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=26655), вільний (дата звернення: 02.01.2025). – Назва з екрана.
3. КТМ 204 Україна 244-94 Норми та вказівки по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби в Україні [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст. дані. – Київ : ЗАТ «ВІПОЛ», 2001. – 376 с. – Режим доступу: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=61012](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=61012), вільний (дата звернення: 25.06.2025). – Назва з екрана.
4. Торговніков Б. М. Проектування промислової вентиляції : довідник / Б. М. Торговніков, В. Е. Табачніков, Є. М. Єфанов. – Київ : Будівельник, 1983. – 256 с.
5. ДСТУ Б А.2.4-41:2009 Система проектної документації для будівництва. Опалення, вентиляція і кондиціонування повітря. Робочі креслення [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст. дані. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 32 с. – Режим доступу: [https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu\\_b\\_a\\_2\\_4\\_41/5-1-0-1870](https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_a_2_4_41/5-1-0-1870), вільний (дата звернення: 25.06.2025). – Назва з екрана.

## ДОДАТОК А

Таблиця А.1 – Величина коефіцієнта ефективності повітрообміну

| Найменування  |                                                                                                | Коефіцієнт |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| виробництва   | приміщення                                                                                     |            |
| Металообробне | Механічної обробки, заточувальних, шліфувальних верстатів                                      | 1,4        |
| Зварювальне   | Зварювально-складальне                                                                         | 1,65       |
| Термічне      | Гаряча обробка металів                                                                         | 2,0        |
| Гальванічне   | Електрохімічної обробки. Полірування.                                                          | 1,4        |
|               | Випрямлювальних пристроїв                                                                      | 1,25       |
|               |                                                                                                | 2,0        |
| Фарбувальне   | Приготування фарб, фарбування                                                                  | 1,25       |
| Ливарне       | Суміші                                                                                         | 1,65       |
|               | Формування та сушіння форм та стрижнів, плавки та заливання металу, вибивання форм та стрижнів | 2,0        |
|               | Обрубкування та очищення лиття                                                                 | 1,65       |
|               | Відпал лиття                                                                                   | 1,45       |
|               |                                                                                                |            |

## ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1 – Рекомендовані схеми вентиляції, способи подачі та видалення повітря та значення коефіцієнта  $m$

| Найменування                                         |                                                                                          | Шкідливості (основні)                                                                                                                                                              | Коефіцієнти $m$ для<br>схеми вентиляції<br>«знизу вгору» | Витяжна вентиляція                                             | Припливна вентиляція             |                                                                                     | Примітки                                                    |
|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| цехів                                                | відділень                                                                                |                                                                                                                                                                                    |                                                          |                                                                | холодний період року             | теплий період року                                                                  |                                                             |
| 1                                                    | 2                                                                                        | 3                                                                                                                                                                                  | 4                                                        | 5                                                              | 6                                | 7                                                                                   | 8                                                           |
| Заводи всіх профілів                                 |                                                                                          |                                                                                                                                                                                    |                                                          |                                                                |                                  |                                                                                     |                                                             |
| Цехи холодної<br>обробки металів<br>та механозбірні. | Відділення механічної<br>обробки деталей та<br>загального вузлового<br>складання         | Тепло, абразивний та<br>металевий пил, пари<br>охолоджуючих<br>рідин (води, емульсій,<br>гасу та ін), аерозолі<br>охолоджуючих рідин,<br>нітриту натрію,<br>триетаноламіну та соди | 0,7                                                      | Місцеві відсмоктувачі та<br>загальнообмінні з<br>верхньої зони | Зосереджена подача               | Природна; на глибині<br>понад 30м від<br>зовнішніх стін, як у<br>холодну пору року  | –                                                           |
|                                                      | Відділення<br>координатно-<br>розточувальних<br>верстатів                                | Тепло                                                                                                                                                                              | 0,8                                                      | Загальнообмінна із<br>верхньої зони                            | Зосереджена подача               | –                                                                                   | –                                                           |
|                                                      | Шліфувальні та<br>заточувальні<br>відділення механічних<br>та інструментальних<br>цехів. | Металевий та<br>абразивний пил                                                                                                                                                     | 0,5                                                      | Місцеві відсмоктувачі                                          | Розсіяна подача у<br>верхню зону | Природна; за<br>відсутності вікон, як у<br>холодну пору року                        | –                                                           |
| Цехи зварних<br>конструкцій                          | Заготівельні відділення                                                                  | Тепло, абразивний та<br>металевий пил                                                                                                                                              | 0,7                                                      | Місцеві відсмоктувачі та<br>загальнообмінна з<br>верхньої зони | Зосереджена подача               | Природна; при<br>глибині понад 30м від<br>зовнішніх стін, як у<br>холодну пору року | Для невеликих<br>цехів подача<br>повітря до робочої<br>зони |

Продовження таблиці Б.1

| 1                                                                                                                                                            | 2                                                | 3                                                                     | 4   | 5                                                         | 6                                                                       | 7                                                                                                            | 8                                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                              | Складально-зварювальні з'єднання                 | Пил, шкідливі хімічні сполуки, фарбувальні аерозолі, пари вуглеводнів | 0,6 | Місцеві відсмоктувачі та загальнообмінна з верхньої зони» | Зосереджена подача у верхню зону; для невеликих приміщень у робочу зону | Природна; при глибині понад 30м від зовнішніх стін, як у холодну пору року                                   | m = 0,6 при загальнообмінній вентиляції та m =1 при місцевих відсмоктувачах                             |
| Термічні цехи                                                                                                                                                | Пресо-штампувальні та термічні відділення        | Тепло, продукти згоряння палива, пари вуглеводнів                     | 0,5 | Те саме                                                   | Природна на позначці не нижче 4м                                        | Природна*                                                                                                    | Повітряні душі на робочих місцях у молотів, нагрівальних печей, пресів та горизонтально-кувальних машин |
| Ковальсько-пресові цехи                                                                                                                                      | -                                                | Тепло, димові гази, пари соляної кислоти, металевий пил               | 0,4 | Те саме                                                   | Природна через вікна на позначці не нижче 4м                            | Те саме*                                                                                                     | Теж                                                                                                     |
| Модельні та деревообробні цехи; ремонтно-будівельні цехи                                                                                                     | Верстатно -заготівельні та складальні відділення | Тепло, деревна пил тирса                                              | 0,6 | Місцеві відсмоктувачі                                     | Розсіяна подача у верхню зону                                           | Природна                                                                                                     | —                                                                                                       |
|                                                                                                                                                              | Охолоджувальне приміщення біля сушильних камер   | Водяна пара                                                           | 0,5 | Природна                                                  | Зосереджена подача                                                      | Природна                                                                                                     | —                                                                                                       |
| Цехи травлення та металопокриттів                                                                                                                            | Відділення травлення                             | Пари лугів, кислот, металевий та абразивний пил                       | —   | Місцеві відсмоктувачі та загальнообмінна з верхньої зони  | Розсіяна подача у верхню зону                                           | Природна; при близькому розташуванні до вікон обладнання з бортовими відсмоктувачами, як у холодну пору року | —                                                                                                       |
|                                                                                                                                                              | Відділення електрохімічної обробки               | Пари кислот, водень, ціаністий водень                                 | —   | Те саме                                                   | Теж                                                                     | Те саме                                                                                                      | —                                                                                                       |
| * При односторонньому розташуванні вікон у приміщеннях варто передбачати додатково механічний приплив у робочу зону з боку, протилежного розташуванню вікон. |                                                  |                                                                       |     |                                                           |                                                                         |                                                                                                              |                                                                                                         |

Продовження таблиці Б.1

| 1           | 2                                                                   | 3                                                    | 4 | 5                                                                                                          | 6                                                                                               | 7                                                                                                            | 8 |
|-------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
|             | Відділення приготування розчинів                                    | Пари кислот                                          | – | Те саме                                                                                                    | Те саме                                                                                         | Те саме                                                                                                      | – |
|             | Відділення приготування ціаністих розчинів                          | Ціаністий водень                                     | – | Те саме                                                                                                    | Те саме                                                                                         | Те саме                                                                                                      |   |
|             | Відділення ціаністого міднення, ціаністого цинкування та кадмування | Ціаністий водень                                     | – | Місцеві відсмоктувачі та загальнообмінна з верхньої зони                                                   | Розсіяна подача у верхню зону                                                                   | Природна; при близькому розташуванні до вікон обладнання з бортовими відсмоктувачами, як у холодну пору року | – |
|             | Відділення хромування                                               | Туман і пари хромової кислоти та хромового ангідриду | – | Місцеві відсмоктувачі та загальнообмінна з верхньої зони                                                   | Розсіяна подача у верхню зону                                                                   | Природна; при близькому розташуванні до вікон обладнання з бортовими відсмоктувачами, як у холодну пору року | – |
| Фарбні цехи | Фарбоприготувальні та підготовчі відділення                         | Пари летючих розчинників, пари лугів                 | – | Місцеві відсмоктувачі та загальнообмінна верхньої зони 1/3 та з нижньої зони 2/3 обсягу видобутого повітря | Розсіяна подача у верхню зону -83 % обсягу видобутого повітря; 15 % обсягу у сусідні приміщення | Природна                                                                                                     | – |

Закінчення таблиці Б.1

| 1 | 2                      | 3                                               | 4 | 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 6                                                                                                                     | 7                                                                                                      | 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---|------------------------|-------------------------------------------------|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | Фарбувальні відділення | Пари летючих розчинників, фарбувальний аерозоль |   | Місцеві відсмоктувачі та загальнообмінна з верхньої зони 1/3 і з нижньої зони 2/3 об'єму витяжного повітря; при безкамерному фарбуванні вилучення повітря варто проводити через решітки для підлоги, при необхідності з додатковою місцевою витяжною через всмоктувальні панелі при фарбуванні несучільних високих (більше 1,8–2 м) виробів | Розсіяна подача у верхню зону – 85 % обсягу, який видобувають місцеві відсмоктувачі; 15 % обсягу у сусідні приміщення | Природна; при необхідності очищення повітря від пилу за технологічними умовами, як у холодну пору року | Для безкамерного фарбування на підлогових витяжних ґратах в окремих приміщеннях, приплив варто передбачати зверху розсіяно (через перфоровані повітроводи, стелі). Для виключення впливу поперечних повітряних струмів ділянки безкамерного фарбування варто вигороджувати перегородками, що не заважають роботі крана, висотою 4–6 м; припливне повітря у цьому випадку може надходити із загального приміщення |

## ДОДАТОК В

Таблиця В.1 – Тепловий баланс приміщень

| Період року       | Втрати теплоти, Вт                       |                      |                                                     |                                        |        | Надходження теплоти, Вт |                                           |                      |      |        | Баланс теплоти, Вт |                  | Питомі теплонадлишки, Вт /м3 |
|-------------------|------------------------------------------|----------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------|--------|-------------------------|-------------------------------------------|----------------------|------|--------|--------------------|------------------|------------------------------|
|                   | через зовнішні огорожувальні конструкції | завдяки інфільтрації | на нагрівання повітря, що проривається через ворота | на нагрівання матеріалів та транспорту | всього | від сонячної радіації   | від технологічного обладнання та процесів | від системи опалення | інші | всього | недоліки теплоти   | надлишки теплоти |                              |
| Найменування цеху |                                          |                      |                                                     |                                        |        |                         |                                           |                      |      |        |                    |                  |                              |
| Теплий            |                                          |                      |                                                     |                                        |        |                         |                                           |                      |      |        |                    |                  |                              |
| Холодний          |                                          |                      |                                                     |                                        |        |                         |                                           |                      |      |        |                    |                  |                              |
| Найменування цеху |                                          |                      |                                                     |                                        |        |                         |                                           |                      |      |        |                    |                  |                              |
| Теплий            |                                          |                      |                                                     |                                        |        |                         |                                           |                      |      |        |                    |                  |                              |
| Холодний          |                                          |                      |                                                     |                                        |        |                         |                                           |                      |      |        |                    |                  |                              |

# ДОДАТОК Г

Таблиця Г.1 – Розрахування повітряного балансу L/G , (м³/год)/(кг/год)

| Період року       | Витяжна вентиляція  |                       |                     |                       |                     |                       |                     |                       |                     |                       | Припливна вентиляція  |                     |                       |                     |                       |                     |                       |  |                 |  |  |                       |                  |
|-------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|--|-----------------|--|--|-----------------------|------------------|
|                   | Механічна           |                       |                     |                       |                     | Природна              |                     |                       |                     |                       | Суми. продуктивність. | Механічна           |                       |                     |                       |                     | Природна              |  |                 |  |  | Суми. продуктивність. | Кратність обміну |
|                   | Місцева             |                       | Загальнообмінна     |                       |                     | Місцева               |                     | Загальнообмінна       |                     |                       |                       | Місцева             |                       | Загальнообмінна     |                       |                     | Місцева               |  | Загальнообмінна |  |  |                       |                  |
|                   | Продуктивність, L/G | Температура , t , про | Продуктивність, L/G | Температура , t , про | Продуктивність, L/G | Температура , t , про | Продуктивність, L/G | Температура , t , про | Продуктивність, L/G | Температура , t , про |                       | Продуктивність, L/G | Температура , t , про | Продуктивність, L/G | Температура , t , про | Продуктивність, L/G | Температура , t , про |  |                 |  |  |                       |                  |
|                   |                     |                       |                     |                       |                     |                       |                     |                       |                     |                       |                       |                     |                       |                     |                       |                     |                       |  |                 |  |  |                       |                  |
| Найменування цеху |                     |                       |                     |                       |                     |                       |                     |                       |                     |                       |                       |                     |                       |                     |                       |                     |                       |  |                 |  |  |                       |                  |
| Теплий            |                     |                       |                     |                       |                     |                       |                     |                       |                     |                       |                       |                     |                       |                     |                       |                     |                       |  |                 |  |  |                       |                  |
| Холодний          |                     |                       |                     |                       |                     |                       |                     |                       |                     |                       |                       |                     |                       |                     |                       |                     |                       |  |                 |  |  |                       |                  |
| Найменування цеху |                     |                       |                     |                       |                     |                       |                     |                       |                     |                       |                       |                     |                       |                     |                       |                     |                       |  |                 |  |  |                       |                  |
| Теплий            |                     |                       |                     |                       |                     |                       |                     |                       |                     |                       |                       |                     |                       |                     |                       |                     |                       |  |                 |  |  |                       |                  |
| Холодний          |                     |                       |                     |                       |                     |                       |                     |                       |                     |                       |                       |                     |                       |                     |                       |                     |                       |  |                 |  |  |                       |                  |
| Найменування цеху |                     |                       |                     |                       |                     |                       |                     |                       |                     |                       |                       |                     |                       |                     |                       |                     |                       |  |                 |  |  |                       |                  |
| Теплий            |                     |                       |                     |                       |                     |                       |                     |                       |                     |                       |                       |                     |                       |                     |                       |                     |                       |  |                 |  |  |                       |                  |
| Холодний          |                     |                       |                     |                       |                     |                       |                     |                       |                     |                       |                       |                     |                       |                     |                       |                     |                       |  |                 |  |  |                       |                  |

*Електронне навчальне видання*

Методичні рекомендації  
до виконання курсової роботи  
з навчальної дисципліни

**«ВЕНТИЛЯЦІЯ ПРОМИСЛОВОЇ БУДІВЛІ»**

*(для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти всіх форм навчання  
зі спеціальності G 19 – Будівництво та цивільна інженерія)*

Укладач **ЧАЙКА** Юрій Іванович

Відповідальний за випуск *Ю. І. Чайка*  
Редактор *О. В. Михаленко*  
Комп'ютерне верстання *Ю. І. Чайка*

План 2025, поз. 608М

---

Підп. до друку 02.10.2025. Формат 60 × 84/16.  
Ум. друк. арк. 2,7.

Видавець і виготовлювач:  
Харківський національний університет  
міського господарства імені О. М. Бекетова,  
вул. Чорноглазівська, 17, Харків, 61002.  
Електронна адреса: office@kname.edu.ua  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК № 8386 від 14.07.2025.