

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВОДНОГО
ГОСПОДАРСТВА ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
КАФЕДРА ТЕПЛОГАЗОПОСТАЧАННЯ,
ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА САНІТАРНОЇ ТЕХНІКИ

03-02-365

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**до практичних занять, індивідуальної та
самостійної роботи, глосарій з дисципліни
«Системи промислової та аварійної вентиляції»
для студентів спеціальності 192 «Будівництво
та цивільна інженерія» спеціалізації
«Теплогазопостачання і вентиляція»
всіх форм навчання**



РЕКОМЕНДОВАНО
науково-методичною
комісією зі спеціальності
192 «Будівництво та
цивільна інженерія»
Протокол № 1
від 26 жовтня 2017 р.

Методичні вказівки до практичних занять, індивідуальної та самостійної роботи, глосарій з дисципліни «Системи промислової та аварійної вентиляції» для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» спеціалізації «Теплогазопостачання і вентиляція» всіх форм навчання / С.Б. Проценко. – Рівне: НУВГП, 2017. – 40 с.

Упорядник: С.Б. Проценко, канд. техн. наук, доцент

Відповідальний за випуск: М.Д. Кізеєв, завідувач кафедри
теплогазопостачання, вентиляції
та санітарної техніки

© Проценко С.Б., 2017

© НУВГП, 2017

ПЕРЕДМОВА

Мета викладання дисципліни «Системи промислової та аварійної вентиляції» полягає у підготовці кваліфікованих магістрів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» спеціалізації «Теплогазопостачання і вентиляція» (ТГВ), набуття ними теоретичних знань та практичних навичок з розрахунку, проектування, будівництва й експлуатації систем промислової, аварійної та протидимової вентиляції.

У Методичних вказівках наведені рекомендації і завдання для практичних занять, самостійної та індивідуальної роботи студентів, короткий глосарій, перелік основної рекомендованої навчально-методичної літератури з даної дисципліни.

У Методичних вказівках наведені посилання на такі літературні джерела, електронні версії яких можна вільно знайти у мережі Інтернет.

Практичне заняття 1

Розрахунок надходження у виробничі приміщення тепла

Мета заняття

Навчитися розраховувати надходження тепла у виробничі приміщення від різних джерел виділення теплоти: нагрітих поверхонь та завантажувальних отворів печей, електродвигунів верстатів та механізмів, обладнання, що обігрівається за рахунок електроенергії та спалювання палива, постів зварювання, матеріалів, що остигають, тощо.

Завдання до практичного заняття

1.1. Розрахунок надходження тепла від нагрітих поверхонь та завантажувальних отворів печей

Вправа 1.1. Визначити надходження тепла від печі за таких вихідних даних: площа вертикальної поверхні печі $F_{\text{ПОВ}}^B = 10 \text{ м}^2$, горизонтальної, що обернена вгору, $F_{\text{ПОВ}}^Г = 2 \text{ м}^2$; температура всередині печі $t_{\text{ПЕЧ}} = 1000^\circ\text{C}$, температура нагрітої поверхні печі $t_{\text{ПОВ}} = 45^\circ\text{C}$; розмір завантажувального отвору $0,5 \times 0,5 \text{ м}$, його площа $F_{\text{ОТВ}} = 0,25 \text{ м}^2$; товщина стінки печі $\delta = 0,4 \text{ м}$; тривалість відкри-

вання завантажувального отвору печі впродовж однієї години $Z = 15$ хв; температура повітря у приміщенні $t_{\text{П}} = 20^{\circ}\text{C}$.

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [18, с. 169-171, прик. 2.18].

1.2. Розрахунок надходження тепла від електродвигунів верстатів та механізмів

Вправа 1.2. Визначити надходження тепла від металорізального верстата великосерійного виробництва з охолодженням емульсією різального інструменту. Встановлена потужність електродвигуна $N_{\text{В}} = 7,2$ кВт, коефіцієнт завантаження електродвигуна дорівнює 0,9.

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [6, с. 22-24, прик. 2.7].

1.3. Розрахунок надходження тепла від матеріалів, що остигають

Вправа 1.3. Визначити повні надходження тепла від остигання 5000 кг сталі, що надходить у цех в рідкому стані з початковою температурою $t_{\text{ПОЧ}} = 1500^{\circ}\text{C}$ і видаляється з цеху у вигляді злитків з кінцевою температурою $t_{\text{КІН}} = 500^{\circ}\text{C}$. Температура твердіння сталі становить $t_{\text{ТВ}} = 1400^{\circ}\text{C}$.

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [5, с. 198-199, прик. 6.2].

Вправа 1.4. Визначити середній тепловий потік у приміщення за першу годину остигання бетонної плити розміром $a \times b \times \delta = 6 \times 3 \times 0,12$ м. Початкова температура бетонної плити $t_{\text{ПОЧ}} = 110^{\circ}\text{C}$. Густина бетону $\rho = 2400$ кг/м³. Температура повітря у приміщенні $t_{\text{П}} = 20^{\circ}\text{C}$. Питома теплоємність бетону $c = 0,84$ кДж/(кг·°C). Теплопровідність бетону $\lambda = 1,46$ Вт/(м·°C).

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [5, с. 199-200, прик. 6.3].

Завдання до самостійної роботи

Розглянути методики розрахунку надходження тепла у виробничі приміщення від таких джерел виділення теплоти:

- від обладнання, що обігривається за рахунок електроенергії та спалювання палива [5, с. 194-195];
- від силових та зварювальних трансформаторів [5, с. 197];
- від постів газового зварювання [5, с. 197].

Практичне заняття 2

Розрахунок надходження у виробничі приміщення вологи, газів та пар

Мета заняття

Навчитися розраховувати надходження у виробничі приміщення:

- вологи за рахунок випаровування з відкритої водної поверхні, зі змоченої поверхні підлог та стін, з поверхні киплячої води, від верстатів з емульсійним охолодженням;
- газів і пар з вільної поверхні рідини, що не містить води, крізь нещільності обладнання, яке працює під тиском, при заряджанні акумуляторів тощо.

Завдання до практичного заняття

2.1. Розрахунок надходження вологи за рахунок випаровування з відкритої водної поверхні

Вправа 2.1. Визначити кількість вологи, що випаровується у повітря з відкритої поверхні промивних ванн площею $F = 10 \text{ м}^2$, за таких умов: температура води $t_p = 50^\circ\text{C}$; температура повітря $t_{\text{п}} = 20^\circ\text{C}$, відносна вологість $\varphi = 70\%$; рухомість повітря у приміщенні $v_{\text{п}} = 0,4 \text{ м/с}$; тиск $P_{\text{АТМ}} = 101,3 \text{ кПа}$.

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [17, с. 17-18, прик. 2].

2.2. Розрахунок надходження газів і пар крізь нещільності технологічних апаратів, трубопроводів та сальники насосів

Вправа 2.2. Визначити кількість аміаку, що надходить у приміщення крізь нещільності в апаратурі та з'єднаннях трубопроводів, за таких умов: тиск в апаратурі $P_{\text{АП}} = 3 \cdot 10^5 \text{ Па}$, у трубопроводах $P_{\text{ТР}} = 4 \cdot 10^5 \text{ Па}$; об'єм апарата $V_{\text{АП}} = 30 \text{ м}^3$, трубопроводів (сумарний) $V_{\text{ТР}} = 15 \text{ м}^3$; температура газів в апаратах $t_{\text{АП}} = 50^\circ\text{C}$, у трубопроводах $t_{\text{ТР}} = 20^\circ\text{C}$.

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [4, с. 78-80].

Вправа 2.3. В насосній станції встановлений поршневий насос, що перекачує під тиском $5 \cdot 10^5$ Па малотоксичні нафтопродукти, які містять вуглеводні граничного ряду. Визначити кількість вуглеводнів, що виділяються крізь два сальники. Діаметр штока становить 50 мм.

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [4, с. 80].

2.3. Розрахунок надходження оксидів вуглецю при різних видах робіт

Вправа 2.4. Визначити кількість CO, що надходить у цех при заливанні форм рідким чавуном. Середня маса відливки 300 кг, інтенсивність заливання 1,5 т/год.

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [4, с. 80-81, прик. 1].

Вправа 2.5. Визначити кількість CO, що надходить у цех при заливанні форм чавуном на конвеєрі. Середня маса відливок 20 кг, інтенсивність заливання металу 2,5 т/год. Час перебування форм відкрито в цеху 5 хв. Вловлювання шкідливостей здійснюють місцевим відсмоктувачем у вигляді панелі рівномірного усмоктування.

Приклад виконання розрахунку наведений у літературі [4, с. 81, прик. 2].

2.4. Визначення надходження у приміщення газів і пар на підставі хімічних аналізів повітря

Вправа 2.6. У формувальню-заливальному відділенні чавуноливарного цеху в період заливання металу виділяється оксид вуглецю. Повітрообмін у холодний період року становить $L = 90765$ м³/год. Об'єм відділення $V = 8250$ м³. Тривалість випробувань $Z = 6$ годин. Концентрації оксиду вуглецю становлять: $x_1 = 10$ мг/м³; $x_2 = 40$ мг/м³; $x_{\Gamma} = 0$; $x_B = 50$ мг/м³. Визначити масову витрату оксиду вуглецю, що надходить у приміщення.

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [5, с. 210, прик. 6.2].

2.5. Розрахунок вибухобезпечних концентрацій речовин

Вправа 2.7. *Визначити нижню і верхню межі вибуховості та безпечну концентрацію у витяжній шафі для пароповітряної суміші, що складається з 30% бензолу та 70% етилового спирту (за об'ємом).*

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [5, с. 210-212, прик. 6.3].

Завдання до самостійної роботи

Розглянути методики розрахунку надходження у виробничі приміщення:

- вологи за рахунок випаровування зі змоченої поверхні підлог та стін, з поверхні киплячої води, від верстатів з емульсійним охолодженням [5, с. 206];
- газів і пар з вільної поверхні рідини, що не містить води [5, с. 206-207], крізь нещільності обладнання, яке працює під тиском [5, с. 207-208], при заряджанні акумуляторів [5, с. 209-210].

Практичне заняття 3

Розрахунок надходження шкідливостей при окремих виробничих процесах

Мета заняття

Навчитися розраховувати надходження у виробничі приміщення шкідливостей при роботі автомобілів, фарбуванні виробів, у результаті електролітичних реакцій тощо.

Завдання до практичного заняття

3.1. Визначення надходження у приміщення газоподібних шкідливостей при роботі автомобілів

Вправа 3.1. *Визначити газовиділення на кожному поверсі триповерхового гаража для зберігання легкових автомобілів. Упродовж години з гаража виїжджають 12 автомобілів.*

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [6, с. 34-36, прик. 3.1].

Вправа 3.2. *Визначити кількість оксиду вуглецю, що виділяється в приміщення гаража при виїзді автомобіля з 8-циліндровим карбюраторним двигуном об'ємом $V = 6$ л.*

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [4, с. 82-83].

3.2. Визначення надходження у приміщення шкідливих речовин при фарбуванні виробів

Вправа 3.3. *Визначити кількість пари розчинника Р-24, що виділяється впродовж 1 год при щітковому фарбуванні ґрунтом ХС-04 переважно вертикальних поверхонь площею 70 м^2 у приміщенні з температурою 28°C , відносною вологістю 70% та швидкістю руху повітря $0,5 \text{ м/с}$. Питома витрата лакофарбового матеріалу становить $0,5 \text{ кг/м}^2$.*

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [6, с. 36-38, прик. 3.2].

Вправа 3.4. *Визначити кількість пари розчинника, що надходить у приміщення при проходженні пофарбованими виробами проміжку між обладнанням, що оснащено місцевою витяжною вентиляцією. Фарбування виробів відбувається в кабіні пульверизатором, за 1 год наносять 10 кг перхлорвінілової емалі ХВ-125. Час перебування виробу в кабіні 2 хв , час долання відстані між камерою та сушаркою 4 хв .*

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [4, с. 75-78, прик. 2].

3.3. Визначення надходження у приміщення газів та пар у результаті електролітичних реакцій

Вправа 3.5. *Визначити об'єм водню, що виділяється при лудінні в лужних розчинах за сили струму 200 А . Відносний час роботи ванни $\tau_p = 0,8$.*

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [6, с. 38-40, прик. 3.3].

Вправа 3.6. Визначити кількість пари соляної кислоти, що виділяється при цинкуванні у ваннах з підігріванням розчину. Концентрація кислоти в електроліті 350 г/л. Впродовж 1 год обробляють 0,8 м² поверхні виробів. Товщина покриття становить 10 мкм.

Приклад виконання розрахунку наведений у літературі [6, с. 40, прик. 3.4].

Вправа 3.7. Визначити кількість діоксиду азоту при травленні міді азотною кислотою. За 1 год стравлюють 0,2 кг металу.

Приклад виконання розрахунку наведений у літературі [6, с. 40, прик. 3.5].

Вправа 3.8. Визначити об'єм водню, що виділяється в зарядному відділенні акумуляторної станції, якщо температура повітря $t_{\Gamma} = 18^{\circ}\text{C}$, сила струму $I = 10 \text{ A}$, кількість акумуляторів $n = 50$ шт, тиск $P_{\text{Б}} = 0,1 \text{ МПа}$.

Приклад виконання розрахунку наведений у літературі [4, с. 75].

Практичне заняття 4

Розрахунок повітрообміну у виробничих приміщеннях

Мета заняття

Навчитися розраховувати потрібний повітрообмін у виробничих приміщеннях.

Завдання до практичного заняття

Вправа 4.1. Визначити, у скільки разів зменшиться потрібний повітрообмін у приміщенні при доповненні загальнообмінної вентиляції місцевою витяжкою. Ефективність уловлювання шкідливості місцевим відсмоктувачем $\eta_{\text{МВ}} = 0,8$, відношення концентрації шкідливості в повітрі, що видаляється відсмоктувачем, до її ГДК становить $C_{\text{МВ}} / \text{ГДК} = 10$.

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [17, с. 22-23, прик. 3].

Вправа 4.2. На ділянці зварювання витрата електродів УОНІ-13/45 становить $G_{\text{Е}} = 10 \text{ кг/год}$. У процесі зварювання виділяються: зварювальний аерозоль з питомою витратою $g_1 = 14 \text{ г/кг}$ електро-

діє та з $ГДК_1 = 4 \text{ мг/м}^3$; марганець (Mn) та його оксиди (Mn_xO_y) – $g_2 = 0,51 \text{ г/кг}$, $ГДК_2 = 0,1 \text{ мг/м}^3$; діоксид кремнію (SiO_2) – $g_3 = 1,4 \text{ г/кг}$, $ГДК_3 = 1 \text{ мг/м}^3$; фтористий водень (HF) – $g_4 = 1 \text{ г/кг}$, $ГДК_4 = 0,1 \text{ мг/м}^3$. Зварники мають переносні витяжні фільтровентиляційні установки із середньою ефективністю вловлювання шкідливих речовин $\eta_{MB} = 0,8$. Визначити мінімальну витрату зовнішнього повітря на розбавлення шкідливих речовин, що прорвалися, вважаючи, що в зовнішньому повітрі, яке забирається припливною системою вентиляції, названих шкідливих речовин не міститься.

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [17, с. 22-24, прик. 4].

Вправа 4.3. Визначити необхідні швидкість руху повітря та його витрату через отвір з розмірами $1,5 \times 2 \text{ м}$ в перегородці товщиною $\delta = 0,1 \text{ м}$, що розділяє два приміщення. В «брудному» приміщенні при аварії концентрація може досягати $C_{max} = 20ГДК$. У «чистому» приміщенні подають повітря з концентрацією шкідливої речовини $0,1ГДК$. Приплив чистого повітря відбувається зі швидкістю $v_0 = 1,5 \text{ м/с}$, коефіцієнт $\alpha = 1,6$, кратність повітрообміну в «чистому» приміщенні $k_p = 10 \text{ год}^{-1}$.

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [17, с. 24-27, прик. 5].

Вправа 4.4. Визначити потрібний повітрообмін у цеху технічного обслуговування та поточного ремонту вантажних автомобілів з карбюраторними двигунами. Робочий об'єм циліндрів двигуна $V = 6,5 \text{ л}$, потужність 150 к.с. (бензин не етильований). Одночасно обслуговують три автомобілі. Вихлопні труби автомобілів обладнують шланговими відсмоктувачами. Кількість повітря, що його видаляють шланговим відсмоктувачем від одного автомобіля потужністю від 120 до 180 к.с. , становить $500 \text{ м}^3/\text{год}$, від трьох автомобілів – $1500 \text{ м}^3/\text{год}$. Витрата припливного та витяжного повітря для оглядових каналів, напрямків та тунелів прийнята, виходячи з розрахунку їхнього десятикратного повітрообміну, і становить $1000 \text{ м}^3/\text{год}$. Загальна кількість повітря, що видаляється з робочої зони, $L_{MB} = 1500 + 1000 = 2500 \text{ м}^3/\text{год}$. У приміщенні достатня кількість вікон для провітрювання в теплий період. Категорія ро-

біт у цеху – середньої важкості. Об'єкт розташований в м. Рівне. Об'єм цеху $V = 2400 \text{ м}^3$, висота 6 м.

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [18, с. 178-186, прик. 2.22].

Завдання до самостійної роботи

Розглянути приклад розрахунку повітрообміну в ремонтно-механічному цеху за літературою [18, с. 186-187, прик. 2.23].

Практичне заняття 5

Розрахунок повітряно-теплових завіс

Мета заняття

Навчитися розраховувати повітряно-теплові завіси шибєрного та змішувального типу.

Завдання до практичного заняття

5.1. Розрахунок повітряно-теплових завіс шибєрного типу

***Вправа 5.1.** Розрахувати і підібрати типове рішення для бокової двосторонньої завіси біля розсувних воріт розміром $F_{\text{ПР}} = 3,6 \times 3,6 = 12,96 \text{ м}^2$ в одноповерховій виробничій будівлі висотою 8,4 м, що має зенітні ліхтарі. Механічна витяжка та механічний приплив збалансовані. Розрахункова температура зовнішнього повітря $t_z = -20^\circ\text{C}$, його густина $\rho_z = 1,39 \text{ кг/м}^3$. Температура повітря в приміщенні $t_{\text{П}} = 18^\circ\text{C}$, густина $\rho_{\text{П}} = 1,21 \text{ кг/м}^3$. При роботі завіси температура суміші повітря $t_{\text{СУМ}} = 14^\circ\text{C}$, густина $\rho_{\text{СУМ}} = 1,23 \text{ кг/м}^3$. Розрахункова швидкість вітру $v_V = 5,5 \text{ м/с}$. Розрахунковий аеродинамічний коефіцієнт $c_V = 0,8$.*

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [2, с. 164-169, прик. 7.1].

***Вправа 5.2.** Розрахувати бокову односторонню завісу і підібрати типове рішення для воріт шириною 3,5 м і висотою 2,5 м. Розрахунок виконати з використанням номограм.*

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [11, с. 366-369].

5.2. Розрахунок повітряно-теплових завіс змішувального типу

Вправа 5.3. Розрахувати і підібрати повітряно-теплову завісу для головного входу в чотириповерхову адміністративну будівлю в м. Рівне. Забір повітря для завіси – з вестибюля закритого типу. Розрахункова температура повітря у вестибюлі в холодний період року 16°C . Вхідні двері – подвійні з тамбуром при прямому проході. Ширина однієї стулки дверей, що відкривається, $0,8$ м, висота – $2,2$ м. Висота поверху будівлі становить $3,0$ м. Висота сходової клітки від планувальної відмітки землі 13 м. Кількість людей, що проходять через вхід у будівлю за 1 год, 100 осіб.

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [15, с. 470-475, прик. 7.34].

Практичне заняття 6

Розрахунок аерації однопрогонових цехів

Мета заняття

Навчитися вирішувати пряму та обернену задачі розрахунку аерації однопрогонових цехів методом поділу розрахункового тиску:

- на дію тільки вітру;
- на спільну дію гравітаційного тиску і вітру;
- на дію тільки гравітаційного тиску.

Завдання до практичного заняття

6.1. Розрахунок аерації на дію тільки вітру та на спільну дію гравітаційного тиску і вітру (пряма задача)

Вправа 6.1. Визначити потрібну площу аераційних прорізів для вентилявання виробничого приміщення з незначними надлишками тепла. Необхідно забезпечити повітрообмін з витратою $G = 100\,000$ кг/год за припливним та витяжним повітрям. Розрахункова швидкість вітру становить $v_3 = 4,6$ м/с. Аеродинамічні коефіцієнти будівлі в площині аераційних отворів: на навітряній стороні $K_{НАВ} = +0,8$, на завітряній $K_{ЗАВ} = -0,6$. Розрахункова температура зовнішнього повітря в теплий період становить $t_3 = +26,6^{\circ}\text{C}$. Заповнення світлових прорізів – одинарне скління, вікна квадратної

форми мають фрамуги з верхньопідвісними стулками з кутом розкриття 90° .

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [5, с. 466-469, прик. № 1].

Вправа 6.2. *Визначити потрібну площу аераційних прорізів для вентилявання виробничого приміщення. Цех обладнаний місцевими системами витяжної вентиляції. Різниця відміток прорізів нижніх фрамуг та стулок ліхтаря $H = 8,2$ м. Потрібні аераційні витрати становлять: приплив $G_{\text{ПР}} = 292\ 000$ кг/год, витяжка $G_{\text{ВИТ}} = 240\ 000$ кг/год. Аеродинамічні коефіцієнти будівлі на рівні відміток центрів прорізів: на навітряній стороні $K_{\text{НАВ}} = +0,8$, на завітряній $K_{\text{ЗАВ}} = -0,6$. Коефіцієнти витрати аераційних прорізів: $\mu_{\text{ПР}} = 0,62$, $\mu_{\text{ВИД}} = 0,67$. Розрахункові температури повітря: зовнішнього $t_3 = +26,6^\circ\text{C}$, робочої зони $t_{\text{РЗ}} = +30^\circ\text{C}$, такого, що видаляється $t_{\text{ВИТ}} = +33,4^\circ\text{C}$, середня температура повітря приміщення $t_{\text{СЕР}} = 31,7^\circ\text{C}$. Розрахункова швидкість вітру становить $v_3 = 4,6$ м/с.*

Приклад виконання розрахунку наведений у літературі [5, с. 469-470, прик. № 2].

6.2. Розрахунок аерації на дію тільки гравітаційного тиску (пряма задача)

Вправа 6.3. *Визначити потрібну площу аераційних прорізів для вентилявання ковальського цеху, що обладнаний системами повітряного душування та місцевими відсмоктувачами. Решту вихідних даних прийняти за прикладом 6.2.*

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [5, с. 470-472, прик. № 4].

6.3. Розрахунок аерації на дію тільки вітру та на спільну дію гравітаційного тиску і вітру (обернена задача, варіант 1)

Вправа 6.4. *Визначити фактичні витрати повітря через аераційні прорізи на навітряній та завітряній сторонах складського приміщення площею по $F_{\text{ПР}} = F_{\text{ВИТ}} = 10$ м² кожний. Решту вихідних даних прийняти за прикладом 6.1.*

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [5, с. 472-473, прик. № 5].

Вправа 6.5. *Визначити фактичні витрати через аераційні прорізи. Вихідні дані прийняти за прикладом 6.2.*

Приклад виконання розрахунку наведений у літературі [5, с. 473-474, прик. № 6].

6.4. Розрахунок аерації на дію тільки вітру (обернена задача, варіант 2)

Вправа 6.6. *Визначити фактичні витрати через аераційні прорізи на навітряній та на завітряній сторонах приміщення деревообробного підприємства площею по $F_{\text{ПР}} = F_{\text{ВИТ}} = 15 \text{ м}^2$ кожний. Витрата витяжного повітря, що видаляється місцевими відсмоктувачами, становить $\Delta G = 20 \text{ 000 кг/год}$. Решту вихідних даних прийняти за прикладом 6.1.*

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [5, с. 474-476, прик. № 7].

Завдання до самостійної роботи

Розглянути методику та приклад розрахунку аерації однопрогнового цеху на спільну дію вітру та гравітаційного тиску (обернена задача, варіант 2) за літературою [5, с. 476-477, прик. № 8].

Практичне заняття 7

Розрахунок пристроїв для очищення вентиляційного повітря

Мета заняття

Навчитися розраховувати пристрої для очищення припливного і витяжного вентиляційного повітря: фільтри, пиловловлювачі, пилоосадкові камери, циклони, скрубери тощо.

Завдання до практичного заняття

7.1. Розрахунок повітряних фільтрів

Вправа 7.1. *Підібрати фільтр для санітарно-гігієнічного очищення зовнішнього повітря, що подається у виробничі приміщення підприємства, розташованого в індустріальному районі промислового міста. Витрата припливного повітря $L_{\text{ПР}} = 6 \text{ 000 м}^3/\text{год}$. Наявний (вільний) тиск припливної вентиляційної установки $H_{\text{НАЯВ}} = 150 \text{ Па}$. Режим роботи підприємства – двозмінний, час роботи $Z =$*

$8 \times 2 = 16$ год на добу. Фільтри мають бути такими, що регенеруються.

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [2, с. 105-110, прик. 4.3].

7.2. Розрахунок пиловловлювачів

Вправа 7.2. Визначити необхідну ефективність пиловловлювача за таких умов: початкова запиленість повітря, що очищається, $C_{П} = 10 \text{ г/м}^3$, допустима кінцева концентрація пилу в очищеному повітрі $C_{К} = 90 \text{ мг/м}^3$.

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [2, с. 116-118, прик. 4.4].

Вправа 7.3. Виконати попередній підбір сухого пиловловлювача для очищення повітря від пилу II групи за дисперсністю з ефективністю не менше 94%.

Приклад виконання розрахунку наведений у літературі [2, с. 118, прик. 4.5].

Вправа 7.4. Виконати попередній підбір мокрого пиловловлювача для очищення повітря від пилу заданого дисперсного складу з ефективністю не менше 95%.

Приклад виконання розрахунку наведений у літературі [2, с. 119, прик. 4.6].

Вправа 7.5. Визначити необхідну ефективність другого ступеня очищення двоступінчастої схеми, якщо сумарна ефективність двох ступенів $E_{1,2} = 0,997$, а на першому ступені застосований пиловловлювач IV класу (циклон ЦН-15) з ефективністю $E_1 = 0,80$.

Приклад виконання розрахунку наведений у літературі [2, с. 119, прик. 4.7].

7.3. Розрахунок пилоосадкових камер

Вправа 7.6. Розрахувати ефективність прямої камери на продуктивність $L = 5000 \text{ м}^3/\text{год}$. Розміри камери такі: висота $h = 1 \text{ м}$, ширина $b = 1 \text{ м}$, довжина $l = 2,5 \text{ м}$. Температура повітря, що очищається, 20°C , динамічна в'язкість $\mu_{П} =$

$1,81 \cdot 10^{-6}$ Па·с. Пил мінеральний заданого дисперсного складу, густина матеріалу пилу $\rho_M = 2500$ г/см³.

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [2, с. 119-120, прик. 4.8].

7.4. Розрахунок циклонів

Вправа 7.7. Підібрати циклон і визначити його основні розміри за таких вихідних даних: витрата повітря, що очищається, $L = 10000$ м³/год; його температура $t = 40^\circ\text{C}$; початкова запиленість повітря $C = 10$ г/м³; пил – горіла земля ливарного цеху; густина пилу $\rho_{\text{П}} = 2900$ кг/м³; медіанний діаметр пилу $d_m = 15$ мкм.

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [6, с. 165-169, прик. 8.2].

7.5. Розрахунок рукавних фільтрів

Вправа 7.8. Визначити кількість секцій та аеродинамічний опір рукавного фільтра типу ФВК за таких вихідних даних: витрата повітря, що очищається, $L = 4000$ м³/год; його температура $t = 20^\circ\text{C}$; початкова запиленість повітря $C = 4$ г/м³; медіанний діаметр пилу $d_m = 3$ мкм (V група дисперсності); густина пилу $\rho_{\text{П}} = 1500$ кг/м³; пористість пилу $t = 0,8$.

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [6, с. 170-173, прик. 8.3].

7.6. Розрахунок скрубера Вентури

Вправа 7.9. Розрахувати скрубери Вентури за таких вихідних даних: витрата повітря, що очищається від ваграночного пилу, $L = 10000$ м³/год; початкова запиленість повітря $C_1 = 4000$ мг/м³; кінцева запиленість повітря $C_2 = 80$ мг/м³; тиск води $P_P = 300$ кПа.

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [6, с. 173-176, прик. 8.4].

Завдання до самостійної роботи

Розглянути методику та приклади розрахунку графоаналітичним методом ефективності вловлювання циклоном пилу заданого дисперсного складу за літературою [2, с. 120-124, прик. 4.9, 4.10].

Практичне заняття 8

Розрахунок розподілу припливного повітря

Мета заняття

1. Навчитися виконувати розрахунок розподілу припливного повітря в приміщенні.
2. Навчитися розраховувати повітропроводи рівномірної роздачі повітря.

Завдання до практичного заняття

8.1. Розрахунок розподілу припливного повітря в приміщенні

Вправа 8.1. У механічному цеху з розмірами $A \times B \times H = 360 \times 54 \times 12$ м необхідно розподілити 1 млн $\text{м}^3/\text{год}$ припливного повітря. Категорія робіт у цеху – середньої важкості Па. Надлишки тепла – незначні. Повітря подається на висоті 7 м горизонтально. Різниця температур $\Delta t_0 = t_{P3} - t_0 = 3^\circ\text{C}$.

Приклад виконання розрахунку наведений у літературі [6, с. 114, прик. 5.1].

Вправа 8.2. Розрахувати розподіл повітря в цеху приладобудівного заводу. Розміри цеху $A \times B \times H = 36 \times 18 \times 4$ м (18 модулів з розмірами 6×6 м). Категорія робіт у цеху – середньої важкості Па. Надлишки тепла – значні $q > 23$ $\text{кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{с})$. Загальна витрата припливного повітря $L = 65000$ $\text{м}^3/\text{год}$. Подача припливного повітря здійснюється зверху вниз. Надлишкова температура припливного повітря $\Delta t_0 = 5^\circ\text{C}$. Нормована рухомість повітря становить $v_{\text{НОРМ}} = 0,3$ $\text{м}/\text{с}$.

Приклад виконання розрахунку наведений у літературі [6, с. 114-115, прик. 5.2].

Вправа 8.3. Розрахувати розподіл повітря в малярному цеху ручного ґрунтування та фарбування виробів. Розміри приміщення цеху $A \times B \times H = 24 \times 60 \times 7$ м. Категорія робіт у цеху – середньої важкості Па. Надлишки тепла – незначні. Загальна витрата припливного повітря $L = 258\,000$ $\text{м}^3/\text{год}$. Повітря подається розсіяно у верхню зону, видалення повітря здійснюється з нижньої зони приміщення. Допустима швидкість руху повітря в робочій зоні не більше

$v_{НОРМ} = 0,3$ м/с. Температура припливного повітря не відрізняється від температури повітря у приміщенні.

Приклад виконання розрахунку наведений у літературі [6, с. 115, прик. 5.3].

8.2. Розрахунок повітропроводу рівномірної роздачі повітря

Вправа 8.4. Розрахувати рівномірну роздачу повітря з восьми щілин, зроблених у круглому повітропроводі. Витрата повітря, яку необхідно подати через кожну щілину, становить $L = 1000$ м³/год. Відстань між щілинами 1,5 м. Швидкість вихлопу повітря з кожної щілини $v_{ВИХЛ} = 5$ м/с. Густина повітря $\rho = 1,205$ кг/м³.

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [5, с. 134-138, прик. 4.4].

Завдання до самостійної роботи

Розглянути методику та приклад розрахунку повітропроводу рівномірного усмоктування за літературою [5, с. 138-141, прик. 4.5].

Практичне заняття 9

Розрахунок повітряного опалення виробничих приміщень

Мета заняття

Навчитися визначати витрату та температуру повітря для повітряного опалення виробничих приміщень, виконувати теплоеродинамічний розрахунок похилої та зосередженої подачі нагрітого повітря.

Завдання до практичного заняття

9.1. Визначення витрати повітря для повітряного опалення приміщень

Вправа 9.1. Визначити витрату нагрітого повітря з температурою 45°C, що подається рециркуляційною системою повітряного опалення для підтримання у приміщенні температури 20°C за розрахункових тепловтрат приміщення 2000 Вт.

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [1, с. 431-434, прик. 10.1].

Вправа 9.2. Знайти витрати тепла на нагрівання повітря за умовами прикладу 9.1 в опалювально-вентиляційній системі з частковою рециркуляцією, якщо розрахунковий повітрообмін у приміщенні становить $L_{\text{ВЕНТ}} = 100 \text{ м}^3/\text{год}$. Розрахункова температура зовнішнього повітря $t_3 = -21^\circ\text{C}$. Перевірити, чи застосовна в даному випадку прямоточна опалювально-вентиляційна система.

Приклад виконання розрахунку наведений у літературі [1, с. 434, прик. 10.2].

9.2. Теплоаеродинамічний розрахунок подачі повітря, нагрітого в опалювальному агрегаті

Вправа 9.3. Виконати розрахунок похилої подачі нагрітого повітря при повітряному опаленні виробничого приміщення за таких вихідних даних: параметри мікроклімату на робочих місцях у приміщенні – допустимі; категорія робіт – середньої важкості Па; різниця температур при повітряному опаленні ($t_{\text{Г}} - t_{\text{П}} = 35,8^\circ\text{C}$; прийнята модель агрегату повітряного опалення має такі технічні характеристики: $A_0 = 0,25 \text{ м}^2$; $v_0 = 4,4 \text{ м/с}$; $m = 4,5$; $n = 3,8$.

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [1, с. 439-440, прик. 10.3].

Вправа 9.4. Розрахувати систему повітряного опалення агрегатами, що обігріваються водою з температурою $150/70^\circ\text{C}$, з похилою подачею повітря в цеху довжиною 50 м, шириною 20 м і висотою 9 м. Тепловтрати цеху становлять 170 кВт, температура повітря $t_{\text{П}} = 15^\circ\text{C}$, нормовані значення швидкості руху повітря $v_{\text{НОРМ}} = 0,5 \text{ м/с}$ та надлишкової температури $\Delta t_{\text{НОРМ}} = 3^\circ\text{C}$. Решту даних прийняти за прикладом 9.3.

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [1, с. 442-444, прик. 10.6].

Вправа 9.5. Перевірити, чи можливе застосування опалювальних агрегатів, що прийняті до встановлення за умовами прикладу 9.4, для опалення того самого цеху при зосередженій горизонтальній подачі нагрітого повітря.

Приклад виконання розрахунку наведений у літературі [1, с. 444-445, прик. 10.7].

Завдання до самостійної роботи

Розглянути методику та приклади розрахунку рециркуляційних повітрянагрівачів за літературою [1, с. 447-445, прик. 10.8, 10.9].

Практичне заняття 10

Розрахунок витяжних шаф та камер

Мета заняття

Навчитися розраховувати витяжні шафи та камери з природною і механічною витяжкою повітря.

Завдання до практичного заняття

10.1. Розрахунок витяжної шафи з природною витяжкою

Вправа 10.1. *Визначити об'єм повітря, що видаляється з витяжної шафи для точкового зварювання дрібних виробів, та висоту витяжної труби за таких умов: розмір робочого прорізу $b \times h = 0,4 \times 0,6$ м, потужність джерела тепла в шафі $N = 1$ кВт.*

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [4, с. 84-85, прик. 1].

Вправа 10.2. *Визначити витрату повітря, що відсмоктується від шафного укриття для електросоляної печі потужністю $N = 75$ кВт. Розмір прорізу становить $b \times h = 0,45 \times 0,68$ м.*

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [2, с. 183-186, прик. 8.8].

10.2. Розрахунок витяжної шафи з механічною витяжкою

Вправа 10.3. *Визначити витрату повітря, що видаляється з лабораторної шафи для розливання ртуті. Розмір прорізу, що відкривається, становить $b \times h = 0,4 \times 0,6$ м.*

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [4, с. 85-88, прик. 2].

10.3. Розрахунок лабораторної витяжної шафи за відсноною швидкістю повітря

Вправа 10.4. Визначити розрахункову швидкість усмоктування повітря в прорізі укриття, де встановлена травильна ванна з лужним розчином. Кількість шкідливих речовин, що виділяються з поверхні розчину, становить $G = 16 \text{ мг/с}$, ГДК = $0,5 \text{ мг/м}^3$. Площа прорізу укриття $F = 0,65 \text{ м}^2$.

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [2, с. 183-186, прик. 8.9].

10.4. Розрахунок витрати повітря від установки фарбування виробів

Вправа 10.5. Визначити необхідну витрату витяжного повітря від безкамерної установки фарбування виробів з нижнім відведенням повітря. Ширина підлоги установки $3,4 \text{ м}$, довжина $5,4 \text{ м}$. Фарбування пневматичне (пульверизатором).

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [4, с. 115-122].

Практичне заняття 11

Розрахунок бортових відсмоктувачів

Мета заняття

Навчитися розраховувати бортові відсмоктувачі різних типів: звичайні та перекинуті, одно- та двобортові, активовані, кільцеві.

Завдання до практичного заняття

11.1. Розрахунок бортових відсмоктувачів за методом проф. М.М. Баранова

Вправа 11.1. Визначити витрату повітря, що видаляється бортовим відсмоктувачем від ванни для хромування, за таких параметрів: ширина ванни $b = 0,6 \text{ м}$; довжина $l = 1,3 \text{ м}$; температура рідини у ванні $t_p = 55^\circ\text{C}$; температура повітря у приміщенні $t_{\text{п}} = 18^\circ\text{C}$; висота спектра шкідливостей $h_{\text{ш}} = 40 \text{ мм}$; глибина рівня рідини у ванні $H_p = 80 \text{ мм}$; швидкість руху повітря в приміщенні $v_{\text{п}} = 0,2 \text{ м/с}$.

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [4, с. 99-101].

11.2. Розрахунок бортових відсмоктувачів за еталонною нормалізованою ванною

Вправа 11.2. *Визначити витрату повітря, що видаляється бортовим відсмоктувачем від нормалізованої ванни розміром 800×760 мм, в якій здійснюють кадміювання виробів у ціаністому розчині при температурі $t_{P3} = 18^{\circ}\text{C}$.*

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [4, с. 101-110, прик. 1].

Вправа 11.3. *Визначити витрату повітря, що видаляється бортовим відсмоктувачем від ванни хромування, за таких параметрів: розміри ванни $b \times l = 0,8 \times 1,2$ м; відстань від дзеркала розчину до борту ванни $H_P = 0,15$ м; температура розчину $t_P = 50^{\circ}\text{C}$; температура повітря робочої зони $t_{P3} = 15^{\circ}\text{C}$.*

Приклад виконання розрахунку наведений у літературі [4, с. 110-111, прик. 2].

11.3. Розрахунок активованих бортових відсмоктувачів

Вправа 11.4. *За умовами прикладу 11.3 визначити витрату повітря, що видаляється бортовим відсмоктувачем при застосуванні піддування.*

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [4, с. 108, 111, прик. 3].

Вправа 11.5. *Розрахувати бортовий відсмоктувач для ванни травлення, що активований горизонтальним струменем припливного повітря, за таких вихідних даних: ширина ванни $l = 2,3$ м, довжина $a = 2,6$ м; відстань від осі системи «струмінь повітря – відсмоктувач» до поверхні розчину $H = 0,25$ м; температура повітря в приміщенні $t_{П} = 20^{\circ}\text{C}$, його рухомість $v_{П} = 0,5$ м/с; висота борту ванни $h = 0,6$ м; температура розчину $t_P = 60^{\circ}\text{C}$.*

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [2, с. 180-181, прик. 8.6].

11.4. Розрахунок кільцевих відсмоктувачів

Вправа 11.6. Визначити витрату повітря, що видаляється від ванни з перекинутим кільцевим бортовим відсмоктувачем, за таких вихідних даних: діаметр ванни $d_0 = 1,2$ м; температура розчину $t_p = 75^\circ\text{C}$; температура повітря робочої зони $t_{p3} = 25^\circ\text{C}$; відстань від щілини усмоктування до рівня електроліту у ванні $h_1 = 0,2$ м; висота оголовка кільцевої площини відсмоктувача $h_2 = 0,15$ м; ширина щілини відсмоктувача $b = 0,06$ м; рухомість повітря в приміщенні $v_{\Pi} = 0,2$ м/с.

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [4, с. 111-113].

Вправа 11.7. Визначити витрату повітря, що видаляється від соляної ванни звичайним кільцевим бортовим відсмоктувачем, за таких вихідних даних: діаметри $d_0 = 1,06$ м, $d = 0,85$ м; відстань від щілини усмоктування до рівня розплаву у ванні $h = 0,16$ м; ширина щілини відсмоктувача $B = 0,16$ м; температура розплаву $t_p = 500^\circ\text{C}$; температура повітря в приміщенні $t_{\Pi} = 20^\circ\text{C}$, його рухомість $v_{\Pi} = 0,2$ м/с; газовиділення відсутні.

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [2, с. 176-179, прик. 8.4].

Практичне заняття 12

Розрахунок пилозахисних кожухів та витяжних зонтів

Мета заняття

Навчитися розраховувати кожухи-лійки, витяжні зонти та зонтикозирки.

Завдання до практичного заняття

12.1. Розрахунок кожухів-лійок

Вправа 12.1. Визначити витрату запиленого повітря, що видаляється квадратною лійкою від заточувального верстата. Пил важкий, наждаковий, мінеральний.

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [4, с. 130-132].

12.2. Розрахунок витяжних зонтів

Вправа 12.2. Визначити швидкість усмоктування в приймальному отворі витяжного зонта v_3 за таких вихідних даних: допустима швидкість руху повітря в приміщенні $v_{\Pi} = 0,4$ м/с, відстань від обладнання до низу зонта $h = 1$ м, габаритні розміри джерела виділення шкідливостей $a \times b = 0,6 \times 0,8$ м.

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [4, с. 88-90].

Вправа 12.3. Розрахувати витяжний зонт, визначити витрату повітря, висоту і переріз димової труби від однобогневого горна за таких вихідних даних: паливо – кам'яне вугілля з теплотою згоряння $Q_T^H = 26816$ кДж/кг, витрата палива $B = 10$ кг/год, розміри горна в плані $a \times b = 1 \times 0,7$ м, висота $h_D = 0,7$ м.

Приклад виконання розрахунку наведений у літературі [4, с. 91].

Вправа 12.4. Визначити витрату повітря для витяжного зонта, що розташований на висоті $l = 0,8$ м над джерелом довжиною $a = 1,4$ м та шириною $b = 0,8$ м. Конвекційна тепловіддача джерела $Q = 2000$ Вт. Швидкість руху повітря в приміщенні $v_{\Pi} = 0,3$ м/с.

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [2, с. 171-173, прик. 8.1].

Вправа 12.5. Додатково до умов прикладу 12.4, джерело разом із теплотою виділяє оксиди азоту ($ГДК = 5$ мг/м³) в кількості $M = 80$ мг/с. Концентрація оксидів азоту в припливному повітрі $q_{\Pi P} = 0$.

Приклад виконання розрахунку наведений у літературі [2, с. 173, прик. 8.2].

Вправа 12.6. Визначити витрату повітря, що видаляється витяжним зонтом від кухонного обладнання, за таких вихідних даних: гарячий цех призначений для їдальні з кількістю блюде за одне приймання їжі більше 650; розташування обладнання – острівне; зонт встановлений на висоті $H = 2$ м від рівня підлоги; відстань по висоті від поверхні кухонного обладнання до нижнього краю зонта $z = 1,1$ м; під зонтом встановлена електроплита з металевими конфорками з установочною потужністю 14,5 кВт, її розміри

700 × 800 × 900 мм; приплив повітря в приміщення гарячого цеху здійснюється через припливні решітки, що встановлені на стінах.

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [15, с. 468-475, прик. 7.33].

12.3. Розрахунок зонтів-козирків

Вправа 12.7. Визначити витрату витяжного повітря та розміри зонта-козирка біля термічної печі за таких вихідних даних: розміри завантажувального отвору $h \times b = 0,4 \times 0,6$ м, температура газів у печі $t_{\Gamma} = 845^{\circ}\text{C}$, температура повітря в робочій зоні $t_{\text{PЗ}} = 27^{\circ}\text{C}$.

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [4, с. 93-97].

Вправа 12.8. Визначити довжину вильоту зонта-козирка та витрату витяжного повітря від завантажувального отвору печі з розмірами $h \times b = 0,4 \times 0,6$ м. Температура газів у печі $t_{\Gamma} = 900^{\circ}\text{C}$.

Приклад виконання розрахунку наведений у літературі [4, с. 97].

Завдання до самостійної роботи

Розглянути методику та приклад розрахунку витяжного зонта над нагрітою поверхнею за літературою [4, с. 91-93].

Практичне заняття 13

Розрахунок систем повітряного душування

Мета заняття

Навчитися розраховувати системи повітряного душування за різними методиками.

Завдання до практичного заняття

Вправа 13.1. Розрахувати систему повітряного душування робочого місця біля шахтної газової печі за таких вихідних даних: роботи відносяться до категорії важких; поверхнева щільність променевого теплового потоку $q_{\text{PM}} = 930$ Вт/м²; температура повітря в робочій зоні $t_{\text{PЗ}} = 25,5^{\circ}\text{C}$ (на 5°C вище розрахункової температури

зовнішнього повітря для теплого періоду року); відстань від душуючого патрубку до робочого місця $x = 2$ м.

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [4, с. 136-139].

Вправа 13.2. Визначити типорозмір повітророзподільника УДВ та потрібну для душування витрату повітря за таких вихідних даних: роботи відносяться до категорії середньої важкості; інтенсивність теплового опромінення на робочому місці $q_{PM} = 700$ Вт/м²; температура повітря в робочій зоні приміщення $t_{P3} = 30^{\circ}\text{C}$; можлива мінімальна відстань від вихідного перерізу душуючого повітророзподільника до робочого місця $x = 2$ м; шляхом адиабатичної обробки припливного повітря можна отримати його температуру $t_0 = 21^{\circ}\text{C}$.

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [2, с. 156-159, прик. 6.1].

Вправа 13.3. Визначити за номограмами типорозмір повітророзподільника УДВ та витрату повітря на душування за таких вихідних даних: відстань від повітророзподільника до робочого місця $x = 4$ м; різниці температур: $t_{P3} - t_{НОРМ} = 9^{\circ}\text{C}$; $t_{P3} - t_0 = 12^{\circ}\text{C}$; різниці концентрацій: $z_{P3} - ГДК = 16$ мг/м³; $z_{P3} - z_0 = 40$ мг/м³; нормована швидкість повітря в душуючому струмені $v_{НОРМ} = 3$ м/с.

Приклад виконання розрахунку наведений у літературі [2, с. 159, прик. 6.2].

Практичне заняття 14

Розрахунок місцевих витяжних систем при зварювальних та складальних роботах

Мета заняття

1. Навчитися розраховувати обсяги надходження шкідливостей у приміщення, необхідні витрати витяжного повітря та концентрації забруднень у вентиляційних викидах при зварювальних роботах.
2. Навчитися розраховувати пряморейкові та кільцеві витяжні системи для видалення вихлопних газів від автомобілів.

Завдання до практичного заняття

14.1. Розрахунок надходження шкідливостей у приміщення при зварювальних роботах

Вправа 14.1. *Визначити валове надходження шкідливих речовин у приміщення зварювального цеху при напівавтоматичному зварюванні в середовищі вуглекислого газу дрібних виробів з низьколегованої сталі на столах зварників, що обладнані вбудованими місцевими відсмоктувачами. Зварювання здійснюють на трьох постах, кожний зварник витрачає до $p = 4$ кг/год зварювального дроту Св-08Г2С.*

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [8, с. 6-11, прик. 1].

Вправа 14.2. *Визначити валове виділення шкідливих речовин при ацетилено-кисневому різанні маловуглецевої сталі товщиною $\delta = 40$ мм на механізованій лінії різання. Швидкість різання прийняти 1 м/хв.*

Приклад виконання розрахунку наведений у літературі [8, с. 11, прик. 2].

14.2. Розрахунок необхідної витрати витяжного повітря при зварювальних роботах

Вправа 14.3. *Визначити витрату витяжного повітря для бокової панелі рівномірного усмоктування при ручному зварюванні деталей висотою $h = 0,4$ м на столі з розмірами $1 \times 0,8$ м. Швидкість повітря в цеху прийнята не більше $0,4$ м/с. Ефективне вловлювання шкідливостей досягається при швидкості повітря в точці зварювання не менше $0,4$ м/с.*

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [8, с. 12-27, прик. 3].

Вправа 14.4. *Визначити необхідну витрату витяжного повітря для стола зварника з нижнім усмоктуванням з розмірами $a \times b = 1 \times 0,7$ м при ручному зварюванні деталей висотою $h = 110$ мм електродом діаметром 4 мм.*

Приклад виконання розрахунку наведений у літературі [8, с. 27, прик. 4].

14.3. Розрахунок концентрації забруднень у вентиляційних викидах при зварювальних роботах

Вправа 14.5. *Визначити допустиму концентрацію зварювального аерозолу у викидах від витяжної системи, що обслуговує чотири стаціонарні пости зі столами зварника моделі С100.21. На постах здійснюється ручне електрозварювання дрібних деталей електродами марки УОНІ 13/45. Витрата електродів на один пост становить у середньому 3,5 кг/год.*

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [8, с. 34-37, прик. 5].

14.4. Розрахунок кільцевої витяжної системи

Вправа 14.6. *Розрахувати кільцеву витяжну систему для видалення вихлопних газів від автомобілів з потужністю двигуна до 150 к.с. Для відведення вихлопних газів вибрані витяжні шланги діаметром 100 мм та довжиною 5 м.*

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [16, с. 53-56].

Завдання до самостійної роботи

Розглянути методику та приклад розрахунку пряморейкової витяжної системи за літературою [16, с. 52].

Практичне заняття 15

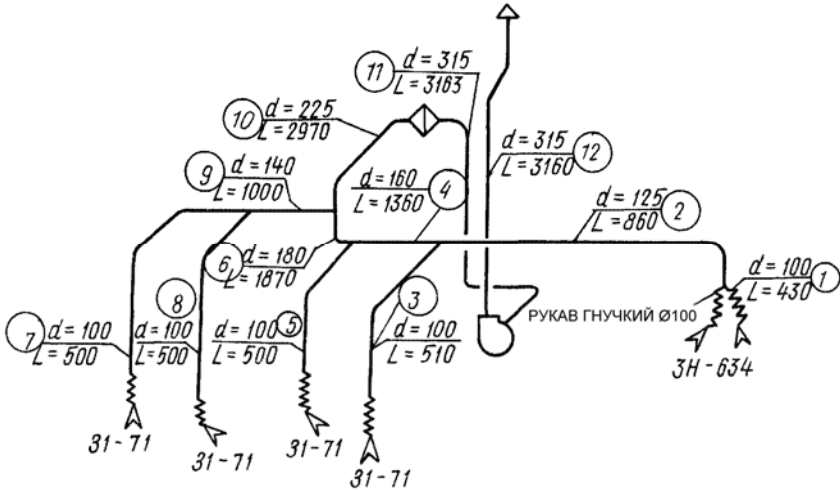
Аеродинамічний розрахунок повітропроводів систем аспірації та пневмотранспорту

Мета заняття

Навчитися виконувати аеродинамічний розрахунок повітропроводів систем аспірації та пневмотранспорту.

Завдання до практичного заняття

Вправа 15.1. *Розрахувати мережу повітропроводів з листової сталі системи аспірації від плоскошліфувальних та обдирних верстатів, що наведена на рисунку.*



Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [3, с. 236-245, прик. 22.4].

Завдання до самостійної роботи

Розглянути приклади розрахунку систем пневмотранспорту за літературою [9, с. 379-383, прик. XXII.1, XXII.2].

Практичне заняття 16

Розрахунок аварійної вентиляції

Мета заняття

Познайомитися з методикою та прикладами розрахунку систем аварійної вентиляції.

Завдання до практичного заняття

Вправа 16.1. У цеху, де виділяється оксид вуглецю, при нормальній роботі обладнання необхідна кратність повітрообміну становить $K = 6 \text{ год}^{-1}$. В окремих випадках при порушенні технологічного режиму кількість оксиду вуглецю, що виділяється в приміщення, збільшується в $m = 20$ разів. Кратність повітрообміну аварійної вентиляції була прийнята $K_A = 8 \text{ год}^{-1}$. Визначити час, упродовж якого при дії аварійної вентиляції після ліквідації порушення техно-

логічного режиму концентрація оксиду вуглецю знизиться до ГДК. Концентрацію CO в припливному повітрі прийняти рівною нулю.

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [19, с. 197-202, 211-212, прик. 1].

Вправа 16.2. В цеху електролітичного виробництва хлору при нормальній роботі обладнання необхідна кратність повітрообміну $K_H = 14 \text{ год}^{-1}$. При порушенні роботи системи, що відсмоктує хлор з ванн, як показали проведені спостереження, підвищується тиск у ваннах і збільшується виділення хлору в приміщення в 10 разів ($m = G_A / G_H = 10$). Визначити, через який час після відновлення нормальної роботи системи концентрація знизиться до гранично допустимої, якщо кратність повітрообміну додаткової аварійної вентиляції буде 6 год^{-1} . Під час аварії та після неї сумарна кратність повітрообміну буде $K_A = 14 + 6 = 20 \text{ год}^{-1}$, а співвідношення повітрообмінів в аварійних та в нормальних умовах становитиме $n = 20 / 14 = 1,43$.

Приклад виконання розрахунку наведений у літературі [19, с. 197-202, 213-214, прик. 3].

Завдання до самостійної роботи

Розглянути приклади розрахунку аварійної вентиляції за літературою [19, с. 212-213, прик. 2; с. 214-217, прик. 4-6].

Практичне заняття 17

Розрахунок протидимової витяжної вентиляції

Мета заняття

Навчитися розраховувати системи протидимової витяжної вентиляції.

Завдання до практичного заняття

17.1. Розрахунок димовидалення для забезпечення незадимлюваної зони в нижній частині приміщення

Вправа 17.1. Визначити площу прорізу димовидалення з одноповерхової будівлі висотою $H = 6 \text{ м}$. Задана висота незадимлюваної зони $Z = 2,5 \text{ м}$ від підлоги приміщення. Горюче навантаження – де-

ревина: теплота згорання $Q_P = 13850$ кДж/кг, питома швидкість вигорання $\Psi_{\text{шт}} = 0,9$ кг/(м²·хв) або 0,015 кг/(м²·с). Площа вогнища пожежі $F_G = 9$ м². Розрахункова температура зовнішнього повітря $t_3 = 20^\circ\text{C}$.

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [13, с. 4-8, прик. 4.1].

Вправа 17.2. Визначити площу пристрою димовидалення з одноповерхової стоянки автомобілів висотою $H = 3$ м при горінні одного автомобіля. Задана висота незадимлюваної зони $Z = 2,0$ м від підлоги приміщення. Потужність вогнища пожежі $Q_{\text{п}} = 4,5$ МВт. Розрахункова температура зовнішнього повітря $t_3 = 20^\circ\text{C}$.

Приклад виконання розрахунку наведений у літературі [13, с. 8, прик. 4.2].

17.2. Розрахунок димовидалення для забезпечення незадимлюваності шляхів евакуації та приміщень, суміжних із палаючим

Вправа 17.3. Розрахувати видалення диму при пожежі з цеху категорії Б з розмірами $120 \times 140 \times 4,8 = 82\,944$ м³. Розрахункова температура зовнішнього повітря становить мінус 24°C , швидкість вітру в холодний період року $v_V = 13,5$ м/с (вітер східний), в теплий – 4,7 м/с. Для евакуації служать п'ятеро дверей площею $2,4 \times 0,9 = 2,16$ м² кожна. Сумарна площа дверей для евакуації $5 \times 2,16 = 10,8$ м². В цеху працюють 80 осіб. При евакуації на одні двері припадає $80 / 5 = 16$ осіб. При евакуації в північному напрямку необхідно відкрити троє перших, двоє других та одні треті двері. При евакуації в західному напрямку, виходячи з двох перших дверей, необхідно відкрити одні другі та одні треті двері.

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [3, с. 173-176, прик. 20.2].

17.3. Розрахунок димовидалення з коридорів або холів

Вправа 17.4. Розрахувати витрату диму при пожежі з коридору громадської будівлі. Розміри більшої зі ступок дверей при виході з коридору на сходову клітку $B \times H = 0,8 \times 2,0$ м. Кількість людей, що підлягають евакуації через двері, становить 25 осіб.

Методика виконання розрахунку наведена в літературі [3, с. 171-172].

Вправа 17.5. Розрахувати видалення диму з коридорів 17-поверхового житлового будинку. Висота поверху 2,8 м. Висота дверей при виході з коридору на незадимлювану сходову клітку типу Н2 становить $H = 2$ м, ширина стулки дверей $B = 0,8$ м, коефіцієнт, що залежить від ширини стулки дверей, $n = 0,89$.

Приклад виконання розрахунку наведений у літературі [3, с. 171-173, прик. 20.1].

Вправа 17.6. Розрахувати протидимову вентиляцію коридорів 12-поверхового житлового будинку. Температура зовнішнього повітря в теплий період року $24,5^{\circ}\text{C}$. Двері для виходу на сходову клітку мають ширину більшої стулки 0,6 м. Висота дверей 2,0 м. Висота поверху 2,8 м. Шахта димовидалення виконана з бетону.

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [10, с. 2-12, прик. 1].

Завдання до самостійної роботи

Розглянути методику та приклад розрахунку димовидалення з коридорів та приміщень багатоповерхових будівель за літературою [13, с. 16-21, прик. 5.1].

Практичне заняття 18

Розрахунок протидимової припливної вентиляції

Мета заняття

Навчитися розраховувати системи протидимової припливної вентиляції.

Завдання до практичного заняття

18.1. Розрахунок припливної протидимової вентиляції сходово-ліфтового вузла

Вправа 18.1. Визначити витрату зовнішнього повітря, яке необхідно подавати в ліфтові шахти 16-поверхового житлового будинку. Планування сходово-ліфтового вузла – типу «А». В секції є 2 ліфта. На кожному поверсі в коридор виходять 8 дверей. Розрахун-

кова температура зовнішнього повітря $t_3 = -21^\circ\text{C}$. Швидкість вітру $v = 5 \text{ м/с}$. Висота поверху $h = 3 \text{ м}$. На виході з будинку – прямий тамбур. Ширина ступки дверей $B = 0,7 \text{ м}$.

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [7, с. 13-15, прик. 3].

Вправа 18.2. Запроектувати подачу повітря в незадимлювану сходову клітку типу Н2 та в ліфтову шахту для двох ліфтів в житловому 17-поверховому будинку з чотирма квартирами на кожному поверсі при розрахунковій швидкості вітру 5 м/с в холодний період року. Двері мають розміри $0,8 \times 2 \text{ м}$. Подача повітря передбачена однією припливною системою в сходову клітку, звідки повітря відводиться в ліфтову шахту повітропроводом або через спеціальний отвір у перегородці, що їх розділяє.

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [3, с. 176-179, прик. 20.3].

18.2. Розрахунок припливної протидимової вентиляції тамбур-шлюзів

Вправа 18.3. Визначити витрату повітря для подачі в тамбур-шлюз (двері зачинені), що розташований перед ліфтовою шахтою в підвальному поверсі. Тамбур-шлюз має на вході двері розміром $1 \times 2 = 2 \text{ м}^2$ та двері в ліфтову шахту розміром $0,8 \times 2 = 1,6 \text{ м}^2$. Притвори мають щілини шириною 2 мм загальною площею $[(1 + 2) \cdot 2 + (0,8 + 2) \cdot 2] \cdot 0,002 = 0,0232 \text{ м}^2$. Розрахункова температура повітря $t_3 = -25^\circ\text{C}$, його густина $353 / (273 - 25) = 1,423 \text{ кг/м}^3$. Швидкість вітру 5 м/с .

Методика та приклад виконання розрахунку наведені в літературі [7, с. 22-23, прик. 7].

Завдання до самостійної роботи

Розглянути методику та приклад розрахунку вентилятора підпору повітря при пожежі в незадимлювану сходову клітку типу Н2 за літературою [13, с. 21-25, прик. 5.2].

ІНДИВІДУАЛЬНА РОБОТА

Під час вивчення дисципліни студенти виконують розрахунково-графічну роботу (РГР), завдання до якої видається студентам індивідуально.

При виконанні РГР рекомендується користуватися літературою [15, розділи: 7.15, 7.16, 7.17; 14].

Результати виконання РГР оформляють у вигляді звіту на стандартних аркушах паперу формату А4 обсягом 5-8 сторінок.

ГЛОСАРІЙ

Вентиляція – обмін повітря у приміщеннях для видалення надлишків теплоти, вологи, шкідливих та інших речовин з метою забезпечення допустимих метеорологічних умов та чистоти повітря в зоні обслуговування або в робочій зоні за середньої незабезпеченості 400 год/рік при цілодобовій роботі та 300 год/рік при однозмінній роботі в денний час.

Вентиляція місцева витяжна – сукупність елементів та пристроїв, призначених для локалізації шкідливих речовин, що виділяються, біля технологічного обладнання або місць їхнього утворення та видалення забрудненого повітря за межі приміщення.

Вентиляція протидимова – регульований газообмін внутрішнього об'єму будівлі при виникненні пожежі в одному з її приміщень, який запобігає вражаючій дії на людей та (або) матеріальні цінності утворюваних продуктів горіння, що зумовлюють підвищений вміст токсичних компонентів, збільшення температури та зміну оптичної густини повітряного середовища.

Вентиляція протидимова витяжна – аварійна система вентиляції, спрямована на якнайшвидше видалення з приміщення або з будівлі продуктів горіння, що утворюються при пожежі.

Вентиляція протидимова припливна – аварійна система вентиляції, що спрямована на подачу чистого зовнішнього повітря в різні приміщення будівлі (у сходові клітки, шахти ліфтів, тамбур-шлюзи) для безпечної евакуації людей при пожежі.

Відсік пожежний – частина будівлі, що відокремлена від інших її частин протипожежними стінами і перекриттями з межею вогнестійкості не менше 2,5 год.

Відсмоктувач місцевий – пристрій (зонт, бортовий відсмоктувач, витяжна шафа, кожух-повітроприймач тощо) для вловлювання шкідливих та вибухонебезпечних газів, пар, пилю й аерозолів від технологічного обладнання або місць їхнього утворення (верстатів, апаратів, ванн, робочих столів, камер, шаф тощо), який приєднується до повітропроводів систем місцевих відсмоктувачів і, як правило, є складовою частиною технологічного обладнання.

Вибух – екзотермічне окислення в усьому об’ємі з утворенням значної кількості гарячих продуктів згоряння, що може відбуватися з полум’ям або без нього.

Горіння – полум’яне екзотермічне окислення, що протікає на фронті горіння.

Димовидалення – система безпеки, що забезпечує евакуацію людей при пожежі.

Дисбаланс – різниця витрат повітря, що подається у приміщення та видаляється з нього системами вентиляції зі штучним спонуканням, кондиціонування повітря та повітряного опалення.

Завіса повітряна – вентиляційний пристрій, що призначений для попередження перетікання повітря через прорізи у внутрішніх перегородках, які розділяють суміжні приміщення виробничої будівлі з різними класами шкідливих речовин.

Завіса повітряно-теплова – вентиляційний пристрій, що призначений для попередження перетікання зовнішнього повітря через двері, ворота та прорізи будівель і споруд різного призначення.

Затвор повітряний – вертикальна ділянка повітропроводу, що при пожежі змінює напрямок руху диму (продуктів горіння) на 180° і тим самим запобігає прониканню диму з нижчерозташованих поверхів у вищерозташовані.

Зона димова – частина приміщення загальною площею не більше 3000 м², з якої в початковій стадії пожежі видаляється димова суміш з витратою, що забезпечує евакуацію людей з палаючого приміщення.

Зонт витяжний – місцевий відсмоктувач відкритого типу, що розташований співвісно з джерелом і використовується для уловлювання шкідливостей за наявності сталих теплових потоків.

Клапан вогнезатримуючий – клапан, що встановлюється всередині повітропроводів, автоматично перекривається при пожежі і служить перешкодою для поширення полум'я по системі вентиляції.

Клапан димовий – клапан з нормованою межею вогнестійкості, що відкривається при пожежі.

Концентрація забруднюючої речовини гранично допустима – концентрація, що не чинить упродовж всього життя прямої чи опосередкованої несприятливої дії на теперішнє та майбутнє покоління, не знижує працездатності людини, не погіршує її самопочуття та санітарно-побутових умов життя.

Межа вибуховості верхня – максимальне процентне співвідношення газів або пар з повітрям, за якого настають умови вибуху.

Межа вибуховості нижня – мінімальне процентне співвідношення газів або пар з повітрям, за якого настають умови вибуху.

Панель витяжна – боковий або нижній місцевий відсмоктувач відкритого типу.

Повітропровід вогнестійкий – щільний повітропровід зі стінками, що мають нормовану межу вогнестійкості.

Пристрій димоприймальний – отвір у повітропроводі (каналі, шахті) зі встановленим у ньому або на повітропроводі димовим клапаном, що відкривається при пожежі.

Резервуар диму – димова зона, огорожена по периметру негорючими завісами, що спускаються зі стелі (перекриття) до рівня від підлоги 2,5 м і більше.

Рециркуляція повітря – підмішування повітря приміщення до зовнішнього повітря і подача цієї суміші в дане або в інші приміщення.

Речовини шкідливі – речовини, для яких органами санепідемнагляду встановлена їх гранично допустима концентрація (ГДК) або орієнтовно безпечний рівень впливу (ОБРВ).

Система димовидалення з природним спонуканням – система димовидалення, що діє за рахунок різниці температур витяжного і припливного повітря.

Система димовидалення механічна – система димовидалення, в якій продукти горіння видаляються за рахунок дії вентилятора димовидалення (радіального, дахового, осьового).

Суміш вибухонебезпечна – суміш горючих газів, пар, пилу, аерозолів або волокон з повітрям при нормальних атмосферних умовах, в якій при запаленні горіння поширюється на весь об'єм незгорілої суміші, і розвивається тиск вибуху, що перевищує 5 кПа.

Суміш пожежонебезпечна – суміш горючих газів, пар, пилу, волокон з повітрям, при горінні якої утворюється тиск, що не перевищує 5 кПа. Пожежонебезпечність суміші має бути вказана у завданні на проектування.

Більше термінів та їх визначень, що стосуються систем промислової та аварійної вентиляції, наведено в літературі [12].

ЛІТЕРАТУРА

1. Богословский В.Н., Сканава А.Н. Отопление: Учеб. для вузов. – М.: Стройиздат, 1991. – 735 с.
2. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3-х ч. Ч. 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн. 1 / В.Н. Богословский, А.И. Пирумов, В.Н. Посохин и др.; Под ред. Н.Н. Павлова и Ю.И. Шиллера. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1992. – 319 с.: ил. – (Справочник проектировщика).
3. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3-х ч. Ч. 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн. 2 / Б.В. Баркалов, Н.Н. Павлов, С.С. Амирджанов и др.; Под ред. Н.Н. Павлова и Ю.И. Шиллера. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1992. – 416 с.: ил. – (Справочник проектировщика).
4. Волков О.Д. Проектирование вентиляции промышленного здания: Учеб. пособие. – Х.: Выща шк., Изд-во при ХГУ, 1989. – 240 с.
5. Каменев П.Н., Тертичник Е.И. Вентиляция: Учеб. пособие. – М.: Изд-во АСВ, 2008. – 624 с.
6. Курсовое и дипломное проектирование по вентиляции гражданских и промышленных зданий: Учеб. пособие для вузов / В.П. Титов, Э.В. Сазонов, Ю.С. Краснов, В.И. Новожилов. – М.: Стройиздат, 1985. – 208 с.
7. МДС 41-1.99 Рекомендации по противодымной защите при пожаре (к СНиП 2.04.05-91*). – М.: ГПК НИИ СантехНИИпроект, 2001. – 44 с.

8. Методические указания к выполнению курсового проекта «Вентиляция и отопление сборочно-сварочного цеха» для студ. спец. 2907 «Теплогасоснабжение и вентиляция» всех форм обучения / Сост.: В.В. Трофимович, В.Л. Писаренко. – К.: КИСИ, 1990. – 56 с.
9. Отопление и вентиляция: Учеб. для вузов. В 2-х ч. Ч. 2. Вентиляция / Под ред. В.Н. Богословского. – М.: Стройиздат, 1976. – 439 с.
10. Пособие 4.91 к СНиП 2.04.05-91 Противодымная защита при пожаре (2 редакция). – М.: Промстройпроект, 1991. – 64 с.
11. Промышленная и коммерческая вентиляция. Каталог № 1 (03/2016). – К.: VENTS, 2016. – 502 с.
12. Проценко С.Б., Ковальчук В.А. Глосарій з моніторингу та охорони довкілля. 6000 слів і термінологічних словосполучень: Навч. посіб. – Рівне: ВАТ «Рівненська друкарня», 2003. – 496 с.
13. Р НП «АВОК» 5.5.1-2010 Стандарт АВОК. Расчет параметров систем противодымной защиты жилых и общественных зданий. – М.: ООО ИИП «АВОК-ПРЕСС», 2010. – 44 с.
14. Р НП «АВОК» 7.3-2007. Стандарт АВОК. Вентиляция горячих цехов предприятий общественного питания. – М.: ООО ИИП «АВОК-ПРЕСС», 2007.
15. Розрахунок систем інженерного обладнання будівель: Навч. посіб. / В.С. Кравченко, С.Б. Проценко, Н.В. Кравченко; За ред. В.С. Кравченка. 3-є вид., доп. і актуалізоване. – Рівне: НУВГП, 2016. – 495 с.
16. Системы удаления выхлопных газов для СТО. Каталог продукции. – СПб.: СовПлим, 2015. – 56 с. [Электронный ресурс. Режим доступа: http://files.sovplym.ru/documents/katalog_pdf/ventilation/sovplym/ktg_vhs_sp.pdf]
17. Современная промышленная вентиляция: Учеб. пособие / А.А. Боровицкий, С.В. Угорова, В.И. Тарасенко: Владим. гос. ун-т. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2011. – 59 с.
18. Теплоснабжение и вентиляция: Курс. и дипл. проектирование. / Под ред. проф. Б.М. Хрусталева. – М.: Изд-во АСВ, 2005. – 576 с.
19. Эльтерман В.М. Вентиляция химических производств. – М.: Химия, 1980. – 288 с.

З М І С Т

Передмова	3
Практичне заняття 1. Розрахунок надходження у виробничі приміщення тепла	3
Практичне заняття 2. Розрахунок надходження у виробничі приміщення вологи, газів та пар	5
Практичне заняття 3. Розрахунок надходження шкідливостей при окремих виробничих процесах	7
Практичне заняття 4. Розрахунок повітрообміну у виробничих приміщеннях	9
Практичне заняття 5. Розрахунок повітряно-теплових завіс	11
Практичне заняття 6. Розрахунок аерації однопрогонових цехів	12
Практичне заняття 7. Розрахунок пристроїв для очищення вентиляційного повітря	14
Практичне заняття 8. Розрахунок розподілу припливного повітря	17
Практичне заняття 9. Розрахунок повітряного опалення виробничих приміщень	18
Практичне заняття 10. Розрахунок витяжних шаф та камер	20
Практичне заняття 11. Розрахунок бортових відсмоктувачів	21
Практичне заняття 12. Розрахунок пилозахисних кожухів та витяжних зонтів	23
Практичне заняття 13. Розрахунок систем повітряного душування	25
Практичне заняття 14. Розрахунок місцевих витяжних систем при зварювальних та складальних роботах	26
Практичне заняття 15. Аеродинамічний розрахунок повітропроводів систем аспірації та пневмотранспорту	28
Практичне заняття 16. Розрахунок аварійної вентиляції	29
Практичне заняття 17. Розрахунок протидимової витяжної вентиляції	30
Практичне заняття 18. Розрахунок протидимової припливної вентиляції	32
Індивідуальна робота	34
Глосарій	34
Література	37