

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

З Б І Р Н И К
МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК

до практичних робіт з дисципліни
"Методи захисту атмосфери"

Одеса-2012

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

З Б І Р Н И К
МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК
до практичних робіт
з д и с ц и п л і н и
"Методи захисту атмосфери"

Затверджено
методичною комісією факультету
протокол №__ від __.__. 2012

Одеса-2012

Збірник методичних вказівок до практичних робіт з дисципліни "Методи захисту атмосфери" для студентів IV курсу денної форми навчання за спеціальністю "Екологія та охорона навколишнього середовища". / Чернякова О.І. – Одеса, ОДЕКУ, 2012. – 48 с.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 РОЗПОДІЛ ШВИДКОСТЕЙ ПОВІТРЯНИХ ПОТОКІВ ПОБЛИЗУ УСМОКТУЮЧИХ ОТВОРІВ МІСЦЕВИХ ВІДСОСІВ ПРИ МЕХАНІЧНІЙ ВЕНТИЛЯЦІЇ.....	6
1.1 Розподілення швидкостей повітряного потоку поблизу всасуючого отвору прямокутного перерізу (відсос з фланцем або в стіні).....	6
1.2 Розподілення швидкостей повітряного потоку поблизу всасуючого отвору прямокутного перерізу (відсос без фланцю).....	9
1.3 Розподілення швидкостей повітряного потоку поблизу всасуючого отвору круглого перерізу (відсос з фланцем).....	12
1.4 Розподілення швидкостей повітряного потоку поблизу всасуючого отвору круглого перерізу (відсос без фланця).....	13
1.5 Розподілення швидкостей повітряного потоку поблизу всасуючого отвору кільцевого перерізу.....	14
2 ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБУЛЕНТНОСТІ ПОВІТРЯНИХ ПОТОКІВ ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ.....	17
3 РОЗРАХУНОК ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ МІСЦЕВИХ ВІДСОСІВ ПРИ ПРИМУСОВОМУ РУСІ ХОЛОДНОГО ЗАБРУДНЕНОГО ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ.....	26
4 КЛАСИФІКАЦІЯ ВИКИДІВ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН В АТМОСФЕРУ.....	33
5 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ПИЛО – ТА ГАЗООЧИЩЕННЯ.....	40
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	47

ВСТУП

Захист повітряного басейну від викидів промислових підприємств і енергетичних об'єктів є однією з найважливіших проблем сучасного виробництва. Забруднення повітряного середовища викликає порушення в екологічних системах, погіршує санітарно-гігієнічний стан атмосферного повітря і завдає величезної шкоди. Тому вкрай важливо здійснювати необхідні заходи для запобігання викидів в атмосферу, будівництво очисних споруджень, розробку та освоєння серійного виробництва нових видів газоочисного і пилоочисного устаткування.

Дисципліна "Методи захисту атмосфери" належить до професійно-практичного циклу підготовки за спеціальністю 6.070800 "Екологія та охорона навколишнього середовища", спеціалізацією – "Управління екологічною безпекою". Викладається дисципліна "Методи захисту атмосфери" на 4 курсі у 8 семестрі. Загальний обсяг занять складає 128 годин (32 годин лекційних занять, 32 годин практичних занять та 64 години на самостійну роботу).

Метою методичних вказівок до практичних робіт з дисципліни "Методи захисту атмосфери" - є формування практичних навичок, які допоможуть студенту :

- визначати швидкість повітряних потоків поблизу усмоктуючих отворів місцевих відсосів на різних відстанях при механічній вентиляції;
- визначити коефіцієнти турбулентного обміну біля місцевого відсосу різних типів для характеристики турбулентності повітряних потоків виробничих приміщень;
- розрахувати та оцінити ефективність роботи місцевих відсосів при примусовому русі холодного забрудненого повітряного потоку;
- класифікувати викиди шкідливих речовин в атмосферу в залежності від різних критеріїв, кодувати їх по чотирма ознакам;
- розрахувати та оцінити ефективність роботи систем пило- та газоочищення.

Головною формою організації по вивченню практичної частини дисципліни "Методи захисту атмосфери" - це робота в аудиторії та самостійна робота при виконанні кожної теми практичного модуля.

Інтегральна оцінка засвоєння знань студентом знань та вмінь по навчальній дисципліні складається з оцінок, отриманих студентами по окремих модулях. В цілому на дисципліну відведено 100 балів: 65 балів на теоретичну частину курсу і 35 балів на практичну частину. По практичній частині дисципліни виконуються п'ять робіт та проводиться усний захист кожної.

1 РОЗПОДІЛ ШВИДКОСТЕЙ ПОВІТРЯНИХ ПОТОКІВ ПОБЛИЗУ УСМОКТУЮЧИХ ОТВОРІВ МІСЦЕВИХ ВІДСОСІВ ПРИ МЕХАНІЧНІЙ ВЕНТИЛЯЦІЇ

Для розрахунків спектрів всасування місцевими відсосами доцільно їх класифікувати за типами всасуючих отворів. Класифікація типів всасуючих отворів витяжної системи вентиляції приведена на рисунку 1.1.

1.1 Розподілення швидкостей повітряного потоку поблизу всасуючого отвору прямокутного перерізу (відсос з фланцем або в стіні)

Закон затухання швидкостей в зоні всасуючого отвору для відстаней, більших меншої сторони всасуючого отвору ($x > b$), визначається за формулою:

$$\bar{v}_x = \frac{2}{\pi} \operatorname{arcctg} \left[\bar{x} \sqrt{1 + \frac{b^2}{a^2} (1 + \bar{x}^2)} \right], \quad (1.1)$$

де
$$\bar{v}_x = v_x / v_0; \quad (1.2)$$

v_x - швидкість повітря вздовж осі факела на розрахунковій відстані, м/с;

v_0 - середня швидкість повітря у всасуючому отворі, м/с;

\bar{x} - відносна відстань від місцевого відсосу до розрахункової точки;

$$\bar{x} = x/b \quad (1.3)$$

де x - відстань вздовж осі факелу від розрахункової точки до всасуючого отвору, м;

a - розмір більшої сторони всасуючого отвору, м;

b - розмір меншої сторони всасуючого отвору, м.

Для квадратного всасуючого отвору формула спрощується до виду:

$$\bar{v}_x = \frac{2}{\pi} \operatorname{arcctg} \left[\bar{x} \sqrt{2 + \bar{x}^2} \right] \quad (1.4)$$

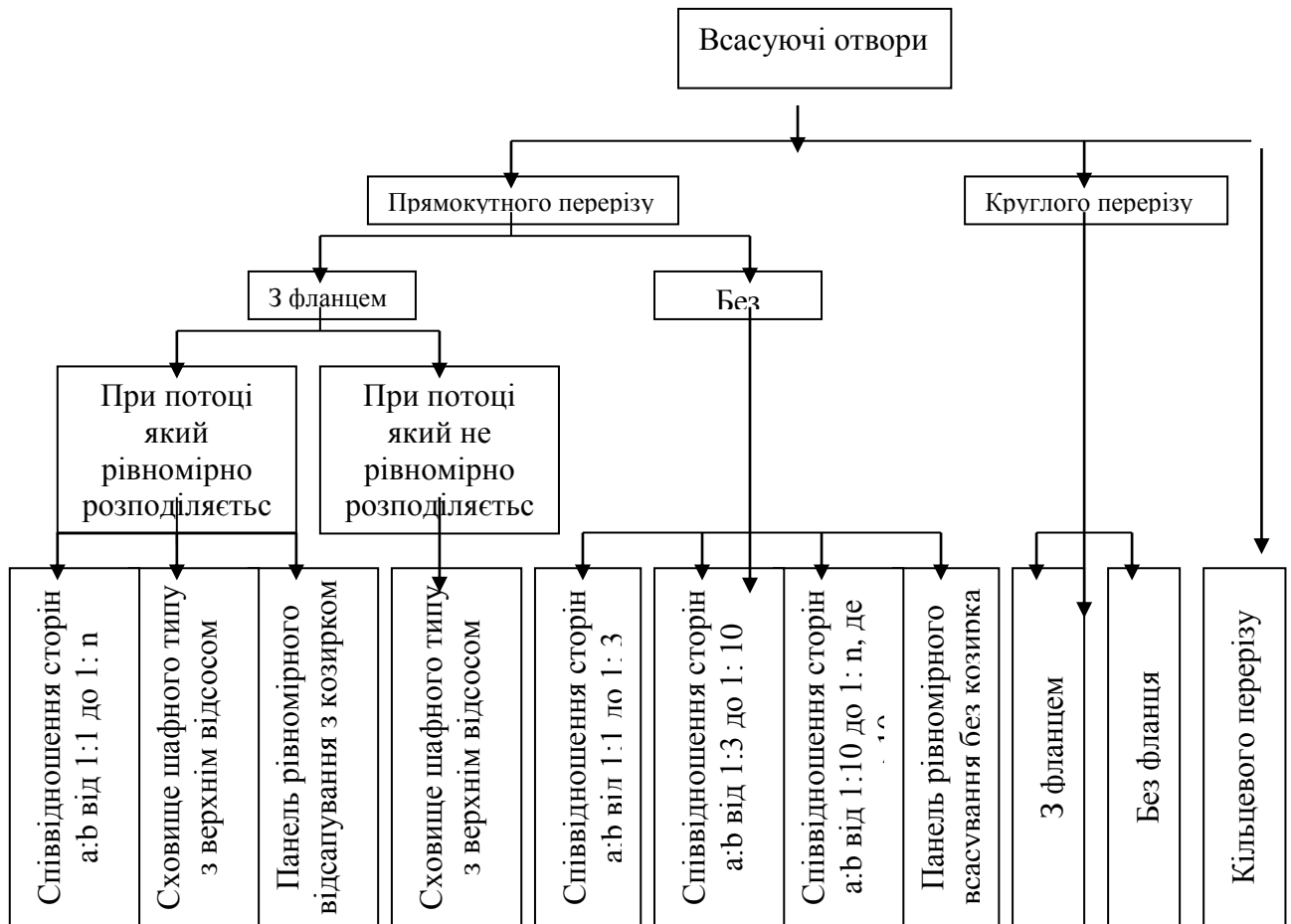


Рисунок 1.1 – Класифікація типів всасуючих отворів витяжної системи вентиляції

При визначенні швидкостей повітряних потоків поблизу всасуючого отвору ($x \leq b$) слід користуватись спектрами швидкостей всасування, які отримані експериментально.

Для ефективної дії місцевих відсосів важливе значення має рівномірне розподілення швидкостей в перерізі отвору.

На рис. 1.2 та 1.3 показані розподілення швидкостей всасування повітряного потоку на відстані $x \leq b$ для місцевих відсосів з рівномірним розподіленням швидкостей в перерізі всасуючого отвору.

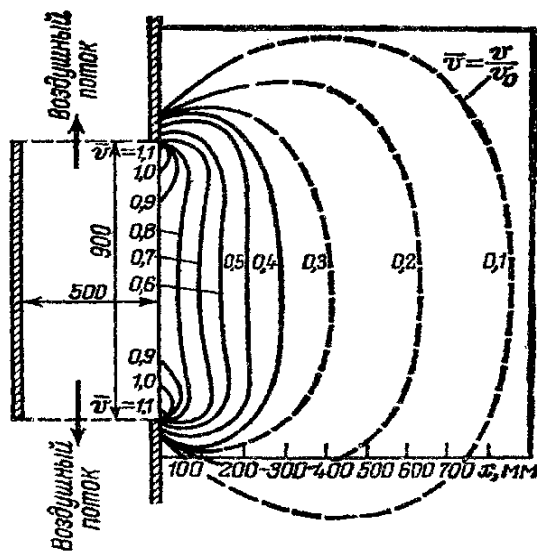


Рис.2

Рисунок 1.2

Рисунок 1.2 – Спектр швидкостей всасування повітря поблизу робочого вікна укриття шкафного типу (переріз 800x900 мм) при потоці, рівномірно розподіленому по перерізу.

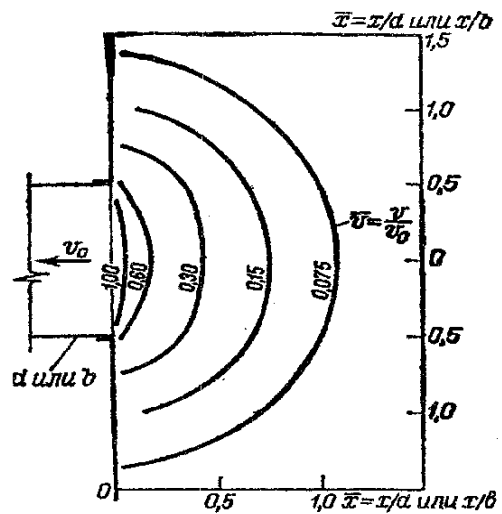


Рис.3

Рисунок 1.3

Рисунок 1.3 - Спектр швидкостей всасування повітря поблизу круглого та прямокутного отворів в стіні (d – діаметр, b – менша сторона прямокутника).

Приклад розрахунків

Вхідні данні. Є всасуючий отвір прямокутного перерізу - місцевий відсос з фланцем. Розмір отвору 300 x 100 мм.

Швидкість повітря у всауючому отворі $v_0 = 5$ м/с. Визначити швидкість повітря вздовж осі потоку на відстані 0.1 та 0.5 м від всасуючого отвору місцевого відсосу.

Розв'язання. Відносні відстані: $\bar{x}_1 = 100/100 = 1$; $\bar{x}_2 = 500/100 = 5$.

Відносну швидкість повітря на відстані 100 мм від відсосу беремо за мал. 1.3:

$\bar{v}_{x1} = 0.1$; на відстані 500 мм – розраховуємо за формулою (1.1) :

$$\bar{v}_{x2} = \frac{2}{\pi} \operatorname{arccctg} \left[0.5 \sqrt{1 + \frac{0.1^2}{0.3^2} (1 + 5.0^2)} \right] = 0.064.$$

Швидкість повітря на відстані x: $v_{x1} = 0.5$ м/с; $v_{x2} = 0.32$ м/с.

Варіанти завдань до п.1.1

Визначити швидкість повітря вздовж осі потоку для відсосу з фланцем при таких вхідних даних.

Таблиця 1.1 - Варіанти завдань до п.1.1

№ варіанту	Розмір отвору, мм	V_0 , м/с	Відстані, м
1	200x100	5	0.1, 0.2
2	250x100	4	0.1, 0.3
3	350x150	3	0.1, 0.4
4	450x120	2	0.1, 0.2
5	150x150	4	0.1, 0.5
6	200x170	5	0.1, 0.3
7	180x160	2	0.1, 0.2
8	300x120	6	0.1, 0.4
9	350x190	4	0.1, 0.3
10	220x170	5	0.1, 0.2
11	240x150	2	0.1, 0.3
12	190x160	3	0.1, 0.5
13	140x140	5	0.1, 0.2
14	120x75	6	0.05, 0.3
15	180x150	3	0.1, 0.3
16	185x155	4	0.1, 0.2
17	190x120	3	0.1, 0.6
18	245x235	2	0.1, 0.3
19	250x125	5	0.1, 0.2
20	300x150	3	0.1, 0.3

1.2 Розподілення швидкостей повітряного потоку поблизу всасуючого отвору прямокутного перерізу (відсос без фланцю)

Закономірність розрахунку затухання швидкостей поблизу всасуючого отвору з гострими кромками при відношенні $x > b$ ідентична розрахунку затухання швидкостей для отвору при відсосі з фланцем згідно з формулою 1.1.

При визначенні швидкостей повітряних потоків поблизу всасуючого отвору ($x \leq b$) слід користуватись спектрами швидкостей всасування, отриманими експериментально (рис.1.4).

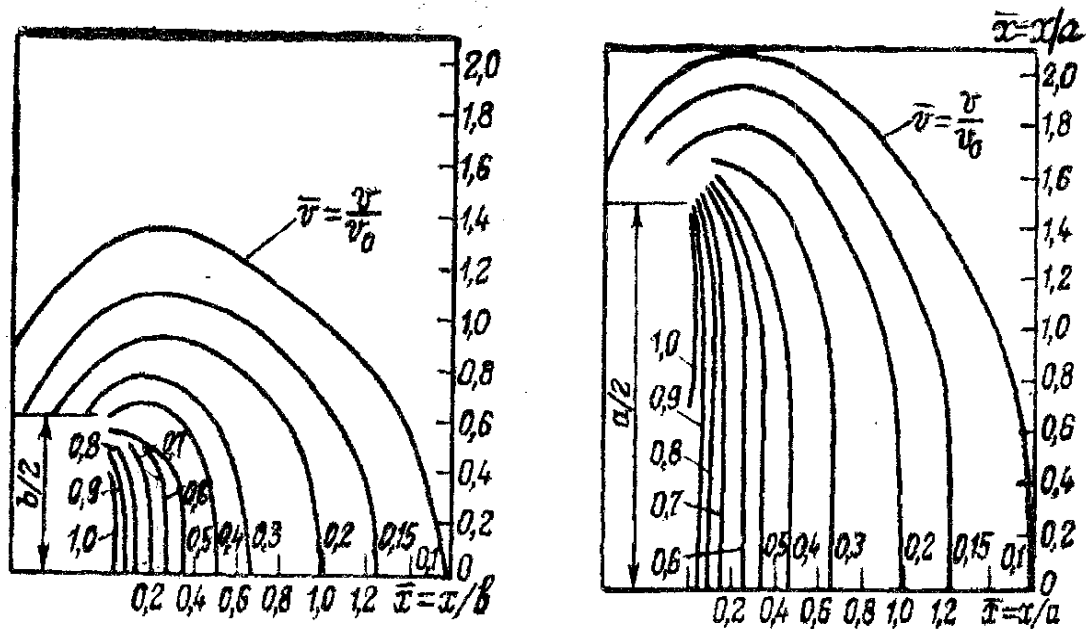


Рисунок 1.4 – Спектр швидкостей всасування повітря для прямокутного отвору зі співвідношенням сторін 1:3 при відсосі без фланця

Приклад розрахунку

Вхідні дані. Всасуючий патрубок має прямокутну форму; розмір перерізу 300 x 100 мм; фланець відсутній. Швидкість повітря у всасуючому патрубку $v_0 = 5$ м/с. Визначити швидкість повітря в точці, що знаходиться на відстані $x = 0.1$ м від входу в патрубок вздовж осі потоку та зміщеної на $y = 0.1$ м по його вузькій стороні.

Розв'язання. Відносна відстань x :

$$\bar{x} = 0.1 / 0.1 = 1,$$

де x - відстань вздовж осі потоку.

Відносна відстань y :

$$\bar{y} = y / b = 0.1 / 0.1 = 1,$$

де y - зміщення точки, де необхідно визначити швидкість повітря, від осі потоку по вузькій стороні патрубку.

Відносна швидкість повітря (за рис.1.4) $\bar{v} = 0.1$. Швидкість повітря в заданій точці:

$$v = \bar{v} v_0 = 0.1 * 5.0 = 0.5 \text{ м/с.}$$

Варіанти завдань

Визначити швидкість повітря на відстані від всасуючого патрубку розміром 300x100мм без фланця згідно з варіантом.

Таблиця 1.2. - Варіанти завдань

№ варіанту	V ₀ , м/с	Відстань по осях	
		X	Y
1	5	0.1	0.05
2	4	0.05	0.1
3	3	0.075	0.1
4	6	0.1	0.075
5	5	0.05	0.075
6	4	0.075	0.05
7	3	0.05	0.05
8	2	0.01	0.05
9	6	0.05	0.01
10	4	0.02	0.01
11	5	0.01	0.02
12	6	0.02	0.04
13	7	0.04	0.02
14	3	0.05	0.06
15	5	0.06	0.05
16	4	0.07	0.05
17	6	0.05	0.07
18	2	0.06	0.1
19	7	0.1	0.06
20	4	0.07	0.01

1.3 Розподілення швидкостей повітряного потоку поблизу всасуючого отвору круглого перерізу (відсос з фланцем)

Закон затухання швидкостей в зоні всасуючого отвору для відстаней $x > d$ описується формулою:

$$\bar{v}_x = 1 - \bar{x} / \sqrt{1 + \bar{x}^2} \quad (1.5)$$

де
$$\bar{X} = x / r; \quad (1.6)$$

x - відстань вздовж осі факелу від розраховуємої точки до всасуючого отвору, м;

r - радіус всасуючого отвору, м.

При визначенні швидкостей повітряних потоків поблизу всасуючого отвору ($x \leq d$) слід користуватись спектрами швидкостей всасування, що отримані експериментально. Спектр швидкостей всасування в зоні дії круглого отвору надано на рис 1.3.

Приклад розрахунків

Вхідні дані. Діаметр всасуючого отвору $d = 315$ мм. Швидкість повітря у всасуючому отворі $v_0 = 6$ м/с.

Визначити швидкість повітря вздовж осі потоку на відстані 0.3 та 1.0 м від всасуючого отвору при відсосі з фланцем.

Розв'язання. Відношення $x_1 / d = 0.3 / 0.315 = 0.95$;

$$x_2 / d = 1.0 / 0.315 = 3.17.$$

Відносна швидкість повітря \bar{v}_x при $x/d < 1$, тобто при $x/d = 0.95$ становить $\bar{v}_{x_1} = 0.11$ (див. мал. 1.3).

Швидкість повітря на відстані 0.3 м: $v_{x_1} = 6.0 * 0.11 = 0.66$ м/с.

Відносна відстань \bar{x} при $x_2 = 1$ м: $\bar{x}_2 = 1.0 / 0.157 = 6.37$,

де $r = d / 2 = 0.315 / 2 = 0.157$.

Відносна швидкість на відстані $x_2 = 1$ м: $\bar{v}_{x_2} = 1 - \frac{6.37}{\sqrt{1 + 6.37^2}} = 0.012$.

Швидкість повітря на відстані x_2 : $v_{x_2} = 0.012 * 6.0 = 0.072$ м/с.

Варіанти завдань до п.1.3

Визначити швидкість газового потоку вздовж осі потоку на різних відстанях від всасуючого отвору при відсосі з фланцем.

Таблиця 1.3 – Варіанти завдань до п.1.3

№ варіанту	d, м	Відстані, м	V _o , м/с
1	0.6	0.5, 0.8	0.9
2	0.5	0.2, 1	0.8
3	0.4	0.3, 0.8	1
4	0.3	0.2, 0.7	1.2
5	0.5	0.3, 0.8	1.3
6	0.4	0.2, 0.4	1.1
7	0.7	0.3, 1	1
8	0.8	0.3, 0.9	0.9
9	0.9	0.5, 1.2	0.8
10	0.6	0.3, 0.8	0.7
11	0.5	0.2, 0.7	1.1
12	0.4	0.3, 0.5	1.2
13	0.3	0.1, 0.3	1
14	0.8	0.5, 0.9	1.3
15	0.9	0.6, 1	0.8
16	0.7	0.4, 0.8	1.1
17	0.6	0.3, 0.7	1.2
18	0.5	0.2, 0.6	1.3
19	0.8	0.5, 0.9	1
20	0.9	0.4, 1.9	0.9

1.4 Розподілення швидкостей повітряного потоку поблизу всасуючого отвору круглого перерізу (відсос без фланця)

Розрахунок затухання швидкостей поблизу всасуючого отвору круглого перерізу без фланця при відношенні $x > d$ співпадає з розрахунком затухання швидкостей для круглого отвору при відсосі з фланцем.

При визначенні швидкостей повітряних потоків поблизу всасуючого отвору ($x \leq d$) слід користуватись спектрами швидкостей всасування, що отримані експериментально (спектрами швидкостей всасування поблизу круглого отвору).

Приклад розрахунків

Вхідні дані. Середня швидкість повітря у всасуючому отворі $v_0 = 1$ м/с. Визначити швидкість всасування вздовж осі потоку на відстані 0.8 м від всасуючого отвору зонта діаметром 600 мм.

Розв'язання. Відношення $\bar{x} = x / d = 0.8 / 0.6 = 1.33$

Відносна відстань $\bar{x} : \bar{x} = x / r = 0.8/0.3 = 2.66$

Відносна швидкість :

$$\bar{v}_x = 1 - \bar{x} / \sqrt{1 + \bar{x}^2} = 1 - \frac{2.66}{\sqrt{1 + 2.66^2}} = 0.07$$

Швидкість повітря на відстані x :

$$V_x = \bar{v}_x V_0 = 0.07 * 1.0 = 0.07 \text{ м/с.}$$

1.5 Розподілення швидкостей повітряного потоку поблизу всасуючого отвору кільцевого перерізу

Закон затухання в зоні всасуючого отвору описується формулою:

$$\bar{v}_x = \frac{\bar{X}_B}{\sqrt{1 + \bar{X}_B^2}} - \frac{\bar{X}_H}{\sqrt{1 + \bar{X}_H^2}} \quad (1.7)$$

де \bar{x}_B - відносна відстань для меншого радіусу кільцевого отвору:

$$\bar{X}_B = x / r_B ; \quad (1.8)$$

де x - відстань вздовж осі факелу від розрахункової точки до всасуючого отвору ;

r_B - радіус внутрішнього кільцевого отвору, м;

\bar{X}_H - відносна відстань для більшого радіусу кільцевого отвору:

$$\bar{X}_H = x / r_H ; \quad (1.9)$$

r_H - радіус зовнішнього кільцевого отвору.

Приклад розрахунків

Вхідні дані. Радіус внутрішнього кільцевого всасуючого отвору $r_b = 0.5$ м. Радіус зовнішнього кільцевого всасуючого отвору $r_n = 0.6$ м. Середня швидкість повітря у всасуючому отворі $v_0 = 4$ м/с.

Визначити швидкість повітря вздовж осі потоку на відстані 0.4 м від кільцевого всасуючого отвору.

Розв'язання. Відносна відстань x_b :

$$\bar{X}_b = 0.4 / 0.5 = 0.8.$$

Відносна відстань x_n :

$$\bar{X}_n = 0.4 / 0.6 = 0.667.$$

Відносну швидкість v_x визначаємо за формулою (1.7):

$$\bar{v}_x = \frac{0.8}{\sqrt{1+0.8^2}} - \frac{0.667}{\sqrt{1+0.667^2}} = 0.075$$

Швидкість повітря на відстані $x = 0.4$ м:

$$V_x = \bar{v}_x V_0 = 0.075 * 4.0 = 0.3 \text{ м/с.}$$

Варіанти завдань до п.1.5

Визначити швидкість газового потоку вздовж осі потоку на відстані від кільцевого всасуючого отвору.

Таблиця 1.4 – Варіанти завдань до п.1.5

№ варіанту	r_n , м	r_b , м	Відстань, м	V_0 , м/с
1	0.6	0.4	0.5	3.9
2	0.5	0.3	0.5	4.8
3	0.7	0.5	0.8	4
4	0.8	0.5	0.7	3.2
5	0.6	0.3	0.8	4.3
6	0.5	0.2	0.4	4.1
7	0.7	0.6	0.6	3
8	0.8	0.7	0.9	2.9
9	0.9	0.8	1.2	2.8
10	0.6	0.4	0.8	3.7

Продовження табл.1.4				
11	0.5	0.4	0.7	4.1
12	0.4	0.3	0.5	3.2
13	0.7	0.6	0.3	4
14	0.8	0.6	0.9	5.3
15	0.9	0.7	1	3.8
16	0.7	0.5	0.8	4.1
17	0.6	0.3	0.7	3.2
18	0.5	0.4	0.6	3.3
19	0.8	0.7	0.9	4
20	0.9	0.7	1	3.9

Питання для самоконтролю

1. Згідно якого принципу підрозділяють всасуючі отвори?
2. Як визначається розподілення швидкостей повітряного потоку поблизу всасуючого отвору прямокутного перерізу (відсос з фланцем або в стіні)?
3. Як визначається розподілення швидкостей повітряного потоку поблизу всасуючого отвору прямокутного перерізу (відсос без фланця)?
4. Як визначається розподілення швидкостей повітряного потоку поблизу всасуючого отвору круглого перерізу (відсос з фланцем)?
5. Як визначається розподілення швидкостей повітряного потоку поблизу всасуючого отвору круглого перерізу (відсос без фланця)?
6. Як визначається розподілення швидкостей повітряного потоку поблизу всасуючого отвору кільцевого перерізу?

Завдання для практичної роботи

1. Уважно вивчити теоретичну частину.
2. Перевірити ступінь вивчення теоретичної частини. Для цього треба відповісти на питання для самоконтролю.
3. Кожен студент повинен отримати у викладача індивідуальний варіант.
4. Згідно з отриманим індивідуальним варіантом виконати завдання до пунктів 1.1- 1.5.
5. Проаналізувати отримані результати.
6. Для захисту роботи в письмовому вигляді надати результати розрахунків та аналізу.

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБУЛЕНТНОСТІ ПОВІТРЯНИХ ПОТОКІВ ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ

При турбулентній течії у вихорах повітряного потоку можуть бути окремі точки, в яких напрямок руху повітря є протилежним до напрямку основного потоку (рис.2.1). Можливість утворення вихрив, що рухаються вздовж всього фронту або в окремих точках назустріч основному потоку, обумовлює розповсюдження шкідливих речовин як в напрямку потоку, так и проти нього.



Рисунок 2.1 – Можлива траєкторія частки у турбулентному потоці газового струменя

Параметром, що характеризує інтенсивність руху газового потоку (ламінарного або турбулентного), а, отже, інтенсивність утворення вихрив, є коефіцієнт турбулентного обміну A . У випадку ламінарної течії потоку та молекулярному процесі переміщення коефіцієнт A за величиною має один порядок з коефіцієнтом дифузії. При турбулентній течії потоку та турбулентному переміщенні коефіцієнт A пропорційний дисипіруємії енергії та визначаючому розміру об'єкту що розглядається:

$$A \sim \varepsilon^{1/3} l^{4/3} \quad (2.1)$$

де ε - кінетична енергія повітряних потоків в приміщенні;
 l - визначаючий розмір об'єкта, м (для круглого отвору місцевого відсосу $l = d$, а для для прямокутних отворів та отворів неправильної форми $l = \sqrt{F}$.

Для приміщення що вентилується, енергія, яка додається в навколишню середу потоком повітря та затухає в ній, складається з енергії приточних і теплових струменів, енергії рухаючихся по приміщенню предметів за від'ємом енергії витяжних струменів. З огляду на малу

енергію витяжних струменів цією величиною можна знехтувати. Кінетична енергія повітряних потоків приміщення визначається за формулою, $\text{м}^2/\text{с}^3$:

$$\varepsilon = \varepsilon_{n.c.} + \varepsilon_{m.c.} + \varepsilon_{p.n.} - \varepsilon_{в.с.} \quad (2.2)$$

де $\varepsilon_{n.c.}$ - енергія приточних струменів;

$\varepsilon_{m.c.}$ - енергія теплових струменів;

$\varepsilon_{p.n.}$ - енергія предметів що рухаються;

$\varepsilon_{в.с.}$ - енергія витяжних струменів.

Енергія приточних струменів, яка віднесена до одиниці маси повітря приміщення і до одиниці часу, складає, $\text{м}^2/\text{с}^3$:

$$\varepsilon_{n.c.} = \frac{G\xi v^2}{2G_n}, \quad (2.3)$$

де G - маса повітря, що подається у приміщення за 1 с, $\text{кг}/\text{с}$

$$G = L\rho, \quad (2.4)$$

L - кількість повітря що подається, $\text{м}^3/\text{с}$;

ρ - густина повітря, $\text{кг}/\text{м}^3$;

ξ - уточнюючий коефіцієнт на швидкісний тиск, тобто коефіцієнт місцевого опору на виході з воздухорозподільвача (в табл.1 надані найбільш розповсюджені типи воздухорозподільвачів та значення коефіцієнтів місцевого опору для них);

v - середня швидкість виходу повітря з приточних отворів, $\text{м}/\text{с}$;

G_n - маса повітря в об'ємі приміщення, кг ;

$$G_n = V\rho \quad (2.5)$$

V - об'єм приміщення, м^3 .

Враховуючі, що кратність обміну повітря:

$$K_p = L/V, \quad (2.6)$$

формулу (2.3) можна записати:

$$\varepsilon_{n.c.} = \frac{L\rho\xi v^2}{2V\rho} = K_p \frac{\xi v^2}{2}, \quad (2.7)$$

Кількість енергії, що додається у повітря приміщення тепловими струменями $E_{т.с.}$ та згубає в одиниці маси повітря в одиницю часу $\varepsilon_{т.с.}$, можна визначити за формулою (2.8) або (2.9), $\text{м}^2/\text{с}^3$:

$$\varepsilon_{m.c.} = \frac{E_{m.c.}}{G_n} = \frac{g\bar{Q}z}{c_p T_0 \rho} \frac{1+n}{4}, \quad (2.8)$$

$$\varepsilon_{m.c.} = C \frac{\bar{Q}}{\rho} z, \quad (2.9)$$

де \bar{Q} - теплонапруженість об'єму, $\text{Вт}/\text{м}^3$;

$$\bar{Q} = Q/V, \quad (2.10)$$

де Q - тепlopостачання до приміщення, Вт ;

g - прискорення вільного падіння ;

z - відстань від полюса струменя до точки що розглядається, м ;

$$z = z_n + z_u;$$

z_n - відстань від джерела до полюса струї, м ; для розігрітої пластини, що зроблена на одному рівні з плоскістю, $z_n = d$; для

розігрітої пластини, яка встановлена на основі, $z_n = 1.7d$;

z_u - відстань від джерела до точки що розглядається, м (мал.2);

n - експериментальна константа, дорівнює 0.8 ;

c_p - теплоємність повітря на відстані від джерела, $\text{Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$;

T_0 - температура на відстані від джерела, К ;

C - коефіцієнт пропорційності, який дорівнює $18.3 \cdot 10^{-6}$ для розігрітої пластини, що зроблена на одному рівні з плоскістю (при визначенні потоку тепла та потужності кінетичної енергії теплової струї у Вт) и $34.3 \cdot 10^{-6}$ - для розігрітої пластини, яка встановлена на основі.

Таблиця 2.1. - Значення коефіцієнтів місцевого опору найбільш розповсюджених типів воздухорозподілювачів

N з/п	Тип повітрярозподілювача	Уточнюючий коефіцієнт на швидкісний тиск (ξ)
1	Циліндрична труба	1.1
2	Циліндрична труба з конфузором	4.5
3	Середній отвір	Див. прим. 1
4	ВГК (серія 4.904-68) для подання повітря компактною струєю	1.9
5	ВЄС (серія 1.494-17) ежекційний для зосередженого подання повітря	5.2
6	Патрубок повертаючий душуючий типа ППД (серія 4.904-22)	4.0
7	ВПП (серія 4.904-59) пристінний панельний	Див. прим. 2
8	ВЄП (серія 1.494-3) пристінний ежекційний	4.0
9	Решітки, сітки, перфорація, отвори з направляючими паралельними лопатками	1.8
10	Решітка щілина типа Р (серія 1.494-10)	2.0
11	Решітка повітряно-приточна регулюєма типа РР вик. АБ (серія 1.494-8)	2.2
12	Решітка повітряно-приточна типа РР вик. АВ (серія 1.494-8)	3.3
13	ВЄЦ (серія 1.494-15) ежекційний	2.5
14	ВДШ (серія 1.494-29) двохструйний шестидифузорний	1.3
15	ВЦ (серія 4.904-52)	6.2 (з диском) 5.8 (без диска)
16	ВЄПв (серія 1.494-20) ежекційний поточний	4.2

Енергію, що додається у приміщення предметами що рухаються в одиницю часу (у Вт), можна визначити за формулою, m^2/c^3 :

$$\varepsilon_{\text{д.н.}} = \frac{\xi F_n v^3 \rho}{2G_n} \frac{\tau}{3600}, \quad (2.11)$$

де ξ - коефіцієнт аеродинамічного опору предмету що рухається, приймається за довідником;

F_n - площа поперечного перерізу предмету що рухається, м²;

V_n - швидкість предмету що рухається, м/с;

τ - середній термін руху предмету з даною швидкістю в на протязі 1 г, с.

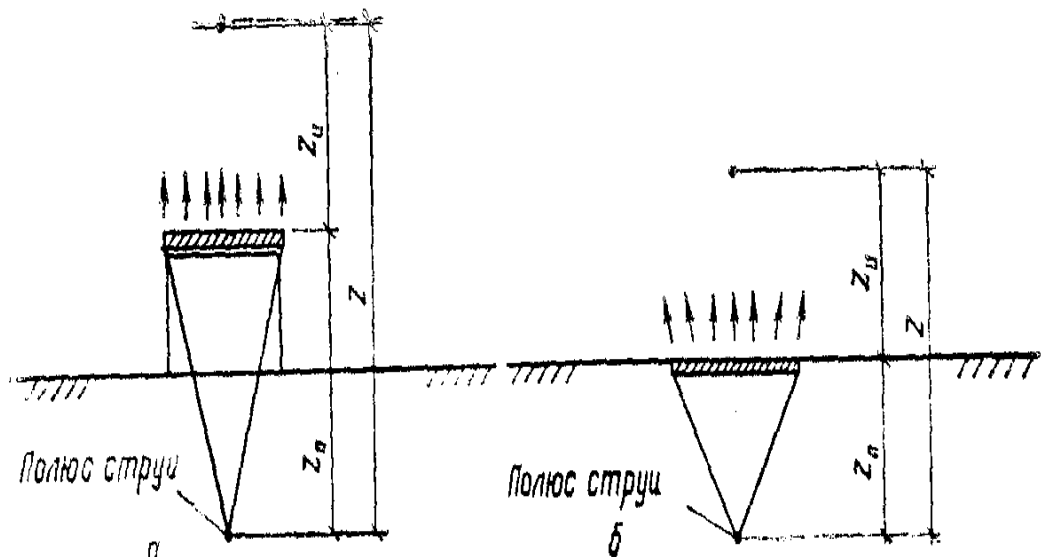


Рисунок 2.2 - Джерело тепла розташовано на основі (а) та на рівні з плоскістю (б).

Таким чином, маючи величину енергії, що поступає до приміщення, та визначаючи розмір джерела що розглядається, можна визначити коефіцієнт турбулентного обміну A , який для приміщень що вентильються дорівнює, м²/с:

$$A_n = 0.25 \varepsilon^{1/3} l_n^{4/3}. \quad (2.12)$$

Коефіцієнт турбулентного обміну витяжного отвору визначається за формулою:

$$A_o = 0.25\varepsilon^{1/3}l_o^{4/3} . \quad (2.13)$$

Для визначення коефіцієнта турбулентного обміну середі на деякій відстані від місцевого відсосу слід враховувати спектр розподілення швидкостей повітря поблизу цього відсосу. При зниженні швидкості в спектрі всмоктування відсосу до величини рухомості повітря в приміщені, коефіцієнт турбулентного обміну слід визначати за формулою (2.14), приймаючи за визначаючий розмір переріз приміщення, який перпендикулярен основному повітряному потоку.

Зміну коефіцієнта турбулентного обміну від величини, знайденої для приміщення, до величини для місцевого відсосу що розглядається, слід приймати :

$$A_x = \frac{A_n v_{(x_n-x)}}{v_0} \frac{1}{\left(\frac{A_n v_n}{A_0 v_0} - 1 \right) (x_n - x) / x_n + 1} \quad (2.14)$$

де v_x - швидкість потоку повітря, що утворюється місцевим відсосом на відстані x від нього, м/с;

v_n - рухомість повітряного потоку у виробничому приміщені, м/с;

A_n - коефіцієнт турбулентного обміну приміщення, м²/с;

v_0 - швидкість повітряного потоку у всасуючому отворі місцевого відсосу, м/с;

$v_{(x_n-x)}$ - швидкість повітряного потоку який утворюється місцевим відсосом на відстані $(x_n - x)$ від нього, м/с;

x_n - відстань від місцевого відсосу до межі дії спектру його всмоктування, м.

Формула (2.14) може бути застосована для відстаней: від кромки отвору всмоктування до межі дії спектру всасування відсосу, тобто, де $v_x = v_n$. Графічне зображення зміни швидкості повітряного потоку та коефіцієнта турбулентного обміну на різних відстанях від місцевого відсосу приведено на рис.2.3.

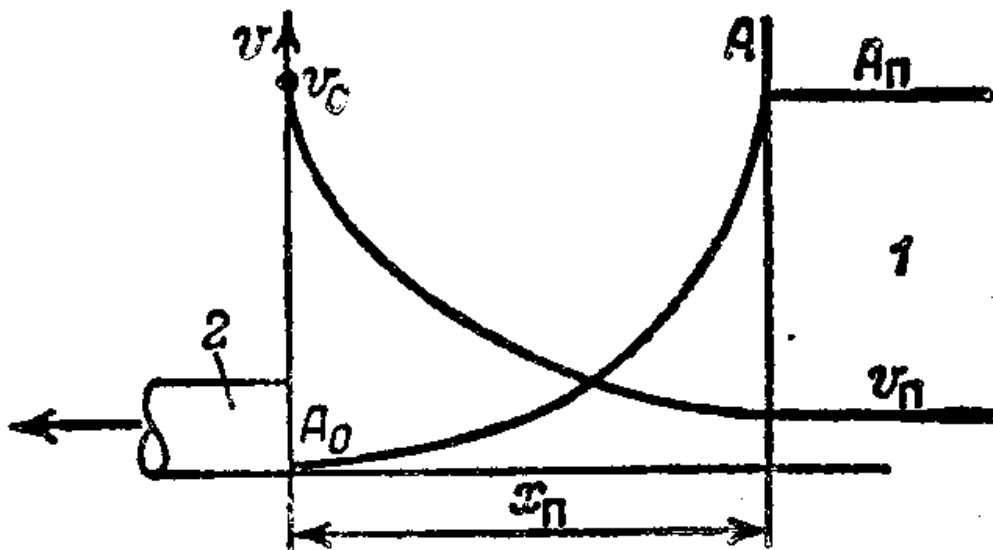


Рисунок 2.3 - Зміна швидкості повітряного потоку та коефіцієнта турбулентного обміну на різних відстанях від місцевого відсосу: 1 - приміщення; 2 - місцевий відсос.

Приклад розрахунку

Визначити коефіцієнти турбулентного обміну біля місцевого відсосу (без фланця) розміром 300 x 100 мм і в приміщенні.

Вхідні дані. В приміщенні є приточно-витяжна система вентиляції та встановлені решітки типу РР виконання АБ. Швидкість виходу повітря з приточних решіток дорівнює 3 м/с. Кратність обміну повітря в приміщенні $K_p=8$. Об'єм повітря що видаляється крізь місцевий відсос $3000 \text{ м}^3/\text{ч}$. Об'єм приміщення 800 м^3 .

Розміри приміщення, які перпендикулярні основному потоку - $12 * 4.5 \text{ м}$.

Рішення. Уточнюючий коефіцієнт на швидкісний тиск для приточної решітки типу РР виконання АБ приймається за табл.1: $\xi = 2.2$.

Енергія приточних струменів відповідно з формулою (2.7):

$$\varepsilon_{n.c.} = 8 \frac{2.2 * 3^2}{2 * 3600} = 0.022 \text{ м}^2 / \text{с}^3$$

Енергія теплових струменів та предметів що рухаються :

$$\varepsilon_{m.c.} = \varepsilon_{d.n} = 0$$

Кінематична енергія повітряних потоків приміщення:

$$\varepsilon = 0.022 \text{ м}^2 / \text{с}^3.$$

Визначаючи розміри об'єкту що розглядається: $l = \sqrt{F}$;

- для місцевого відсосу:

$$l_0 = \sqrt{0.1 * 0.3} = 0.17 \text{ м}$$

- для приміщення:

$$l_{\text{п}} = \sqrt{12 * 4.5} = 7.35 \text{ м}$$

Коефіцієнт турбулентного обміну А визначається за формулою (2.12 та 2.13). Тоді :
 - для місцевого відсосу $A_0 = 0.006627 \text{ м}^2/\text{с}$;
 - для приміщення $A_{\text{п}} = 1.0052 \text{ м}^2/\text{с}$.

Варіанти завдань до п.2

Визначити коефіцієнти турбулентного обміну біля місцевого відсосу (без фланця) і в приміщенні згідно з варіантом.

Таблиця 2.2 – Варіанти завдань

Номер варіанту	Відсос, мм		Решітка (тип)	V, м/с	K _p	Розміри приміщення, м	
	а	в				а	в
1	250	100	РР вик. АВ	2.5	8	12	4
2	200	100	ВПП-51	3.2	9	11	3
3	200	200	РР вик. АВ	2.8	10	10	3
4	300	110	ВПП-101	2.9	7	9	5
5	350	150	ВПП-52	3	6	10	6
6	250	150	РР вик. АВ	4	9	12	3
7	220	200	ВПП-81	3.3	8	13	4
8	290	190	ВПП-53	4.2	10	11	3
9	310	110	РР вик. АВ	2.5	11	10	4
10	350	200	ВПП-53	2	7	9	2
11	270	220	ВПП-81	2.1	8	8	3
12	260	170	ВПП-51	3.5	9	13	4
13	280	180	РР вик. АВ	3.2	10	12	5
14	320	200	ВПП-101	3.6	6	7	3
15	340	230	ВПП-52	4.4	7	11	5
16	330	190	РР вик. АВ	3.7	9	10	4
17	230	160	ВПП-82	3.8	11	9	2
18	240	170	ВПП-53	2.6	10	12	4
19	210	160	РР вик. АВ	2.5	8	13	3
20	315	250	ВПП-101	2.2	6	14	4

Питання для самоконтролю

1. Який параметр характеризує інтенсивність руху газового потоку та утворення вихорів?
2. Від яких параметрів залежить величина коефіцієнта турбулентного обміну?
3. Які фактори, що обумовлюють зростання або зменшення кінетичної енергії повітряних потоків в приміщенні?
4. Які характеристики впливають на величину енергії приточних струменів?
5. Від чого залежить кількість енергії, що додається у повітря приміщення тепловими струменями?
6. Від чого залежить енергія, що додається в приміщення з предметами що рухаються?
7. Що таке полюс струменя? Від яких параметрів залежить його величина?
8. Як визначається коефіцієнт турбулентного обміну витяжного отвору та приміщення?

Завдання для практичної роботи № 2

1. Уважно вивчити теоретичну частину.
2. Перевірити ступінь вивчення теоретичної частини. Для цього треба відповісти на питання для самоконтролю.
3. Кожен студент повинен отримати у викладача індивідуальний варіант.
4. Згідно з отриманим індивідуальним варіантом виконати завдання до практичної роботи №2.
5. Проаналізувати отримані результати.
6. Для захисту роботи в письмовому вигляді надати результати розрахунків та аналізу.

3 РОЗРАХУНОК ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ МІСЦЕВИХ ВІДСОСІВ ПРИ ПРИМУСОВОМУ РУСІ ХОЛОДНОГО ЗАБРУДНЕНОГО ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ

Розрахунок ефективності місцевих відсосів заснований на рішенні рівнянь поширення шкідливих речовин у зустрічному потоці повітря дифузією. З достатньою для практичних розрахунків точністю можна вважати, що в середовищі, в якому відбувається виділення шкідливих речовин (в приміщенні), спостерігаються безладні потоки повітря, викликані рухомими предметами, припливними і тепловими струменями.

Безладні потоки повітря в приміщенні характеризуються коефіцієнтом турбулентного обміну A . Концентрація шкідливих речовин у зустрічному потоку повітря на деякій відстані X від джерела їх виділення визначається за формулою, мг/м³:

$$C_x = kC_0 e^{-Vx/A_x}, \quad (3.1)$$

де k - коефіцієнт пропорційності, що враховує дифузійну здатність речовини:

$$k = \sqrt{M_1/M_2}, \quad (3.2)$$

M_2 - молярна маса речовини, що розглядається;

M_1 - молярна маса повітря;

x - відстань від центра джерела виділення шкідливих речовин до місця надходження повітря в місцевий відсос, м;

V - швидкість повітряного потоку у всмоктуючому отворі місцевого відсосу, м/с;

C_0 - середня масова концентрація шкідливої речовини над центром джерела виділення, мг/м³;

$$C_o = G_o/L \quad (3.3)$$

G_o - кількість шкідливої речовини, що виділяється, мг/год;

L - об'єм повітря, що проходить через всмоктуючий отвір місцевого відсосу, м³/год;

A_x - коефіцієнт турбулентного обміну в місці надходження шкідливої речовини в приміщення (у всмоктуючому отворі місцевого відсосу), м²/с;

Потрібно зазначити, що формула (3.1) враховує розподіл концентрацій шкідливих речовин у зустрічному потоці повітря і дає меншу похибку коли:

- припливні струмені не направлені безпосередньо в отвори місцевих відсосів;
- рухливість повітря в приміщенні значно (в 5-10 раз) менше швидкостей у всмоктуючому отворі і фонові концентрації C_{ϕ} менше концентрацій шкідливих речовин, що утворюються безпосередньо над джерелом виділення.

Для визначення ефективності роботи місцевого відсосу з джерелом виділення шкідливих речовин, розташованим зовні місцевого відсосу, і швидкості повітряного потоку, що перевищує на віддаленому кінці джерела рухливість повітря в приміщенні ($V > V_n$), в формулу (3.1) підставляють наступні величини (рис. 3.1, а):

- x - відстань від центра джерела виділення до віддаленого його кінця, м;
- v - швидкість повітряного потоку на віддаленому кінці джерела виділення шкідливих речовин, м/с;
- C_o - середня масова концентрація шкідливої речовини над центром джерела виділення, мг/м³;
- G_o - кількість шкідливої речовини, що виділяється, мг/год;
- L - об'єм повітря, що проходить через центр джерела виділення, м³/год:

$$L = 3600 F V_1, \quad (3.4)$$

F - площа всмоктуючого отвору місцевого відсосу, м²;

V_1 - швидкість повітряного потоку над центром джерела виділення шкідливих речовин, м/с;

A_x - коефіцієнт турбулентного обміну на віддаленому кінці джерела виділення шкідливих речовин, м²/с.

При $V < V_n$ в формулу (3.1) підставляють дещо інші величини (рис. 3.1, б):

x - відстань від центра джерела виділення до віддаленого кінця джерела виділення шкідливих речовин, що попадає в зону дії місцевого відсосу. м;

V - швидкість повітряного потоку в кінці зони дії відсосу, тобто де $V = V_n$, м/с;

C_o - середня масова концентрація шкідливої речовини, мг/м³:

$$C_{oi} = G/L$$

G - кількість шкідливої речовини, що виділяється з частини джерела виділення та потрапляє в зону дії місцевого відсосу, мг/год;

L - об'єм повітря, що проходить через центр частини джерела виділення шкідливих речовин та потрапляє в зону дії місцевого відсосу, м³/год:

$$L = 3600 F V_2,$$

V_2 - швидкість повітряного потоку в центрі частини джерела виділення шкідливих речовин, що попадає в зону дії місцевого відсосу, м/с;

A_x - коефіцієнт турбулентного обміну над центром частини джерела виділення шкідливих речовин, що попадає в зону дії місцевого відсосу, м²/с.

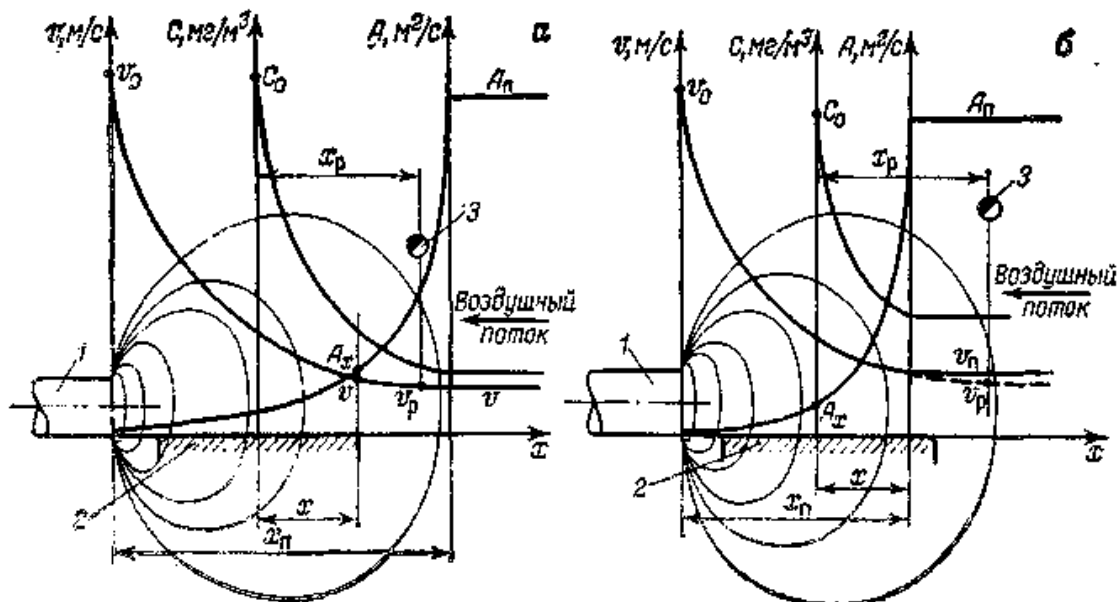


Рисунок 3.1 - Розподілення основних характеристик повітряного потоку поблизу джерела виділення шкідливих речовин, що розташований зовні місцевого відсосу:

а- при великих об'ємах відсасуємого повітря;

б — при малих об'ємах;

1 – місцевий відсос;

2 – джерело виділення шкідливих речовин;

3 — робоче місце

Для джерела виділення шкідливих речовин при швидкості повітряного потоку на його віддаленому кінці, більшій, ніж рухливість повітря в приміщенні, $V > V_n$ в формулу (3.1) при розрахунку концентрації шкідливих речовин на робочому місці підставляють:

$x = x_p$ - відстань від центра джерела виділення шкідливих речовин до робочого місця (див. рис. 3.1, а);

$V = V_p$ - розрахункову швидкість повітряного потоку на робочому місці, м/с.

Для джерела виділення шкідливих речовин при швидкості повітряного потоку на його віддаленому кінці, меншій рухливості повітря в приміщенні, $V < V_n$ при визначенні концентрації шкідливих речовин на робочому місці в формулу (3.1) підставляють:

$x = x_p$ - відстань від центра частини джерела, що потрапляє в зону дії місцевого відсосу, до робочого місця, м (див. рис. 3.1, б);

$V = V_p$ - розрахункову швидкість повітряного потоку на робочому місці, м/с.

Витрата речовини, що рухається назустріч потоку повітря, який прямує до місцевого відсосу, визначають за формулами (3.6) - (3.8) в залежності від відносної швидкості \bar{V} , рівної:

$$\bar{V} = V/V_n \quad (3.5)$$

При значенні відносної швидкості $\bar{V} \geq 2$ витрату речовини визначають за формулою (3.5), г/год:

$$G_1 = \frac{L(C_x - C_\phi)}{(1 - e^{-Vx/A_x})1000}, \quad (3.6)$$

де L - витрата повітря в центрі джерела виділення шкідливих речовин, м³/год;

C_ϕ - фонові концентрації шкідливої речовини, що визначається, мг/м.

Якщо відносна швидкість $1.2 < \bar{V} < 2.0$, то витрату речовини знаходять за формулою (3.7), г/год:

$$G_1 = \frac{L(C_x - C_\phi)}{1000}. \quad (3.7)$$

Якщо відносна швидкість $\bar{V} \leq 1.2$, то витрату речовини визначають за формулою (3.7), г/год:

$$G_1 = \frac{2L(C_x - C_\phi)(1 - e^{-Vx/A_x})}{(2 - e^{-Vx/A_x})1000}, \quad (3.8)$$

При швидкості повітряного потоку над частиною джерела виділення шкідливих речовин, меншій рухомості повітря в приміщенні, витрата речовини, що прямує в протилежну сторону від джерела, рівна сумі витрат речовини - витраті від частини джерела, що попадає в зону дії місцевого відсосу, і витраті речовини, що не попадає в зону дії місцевого відсосу.

Ефективність роботи місцевого відсосу визначається за формулою:

$$E_\phi = \frac{G_o - G}{G_o} 100, \quad (3.9)$$

де G_o - кількість шкідливої речовини, що виділяється, г/год;

G - кількість шкідливої речовини, направленої в протилежну сторону від місцевого відсосу, г/год.

Схеми розподілу концентрацій шкідливих речовин, швидкостей повітряного потоку і коефіцієнт турбулентного обміну на різних відстанях від місцевого відсосу приведені на рис.3.1 для джерела, розташованого зовні місцевого відсосу.

Питання для самоконтролю

1. На чому базується розрахунок ефективності місцевих підсосів?
2. Як визначити концентрації шкідливих речовин у зустрічному потоку повітря на деякій відстані X від джерела їх виділення?
3. Який параметр характеризує інтенсивність руху газового потоку та утворення вихрів?
4. Що таке зона дії місцевого підсосу?
5. Як трансформується формула для визначення концентрацій шкідливих речовин у зустрічному повітрі, якщо швидкість повітряного потоку перевищує, на віддаленому кінці джерела, рухливість повітря в приміщенні ($V > V_n$)?
6. Як трансформується формула для визначення концентрацій шкідливих речовин у зустрічному повітрі, якщо швидкість повітряного потоку не перевищує, на віддаленому кінці джерела, рухливість повітря в приміщенні ($V < V_n$)?
7. Які параметри застосовують при визначенні концентрацій шкідливих речовин на робочому місті?
8. Як визначити ефективність роботи місцевого підсосу?

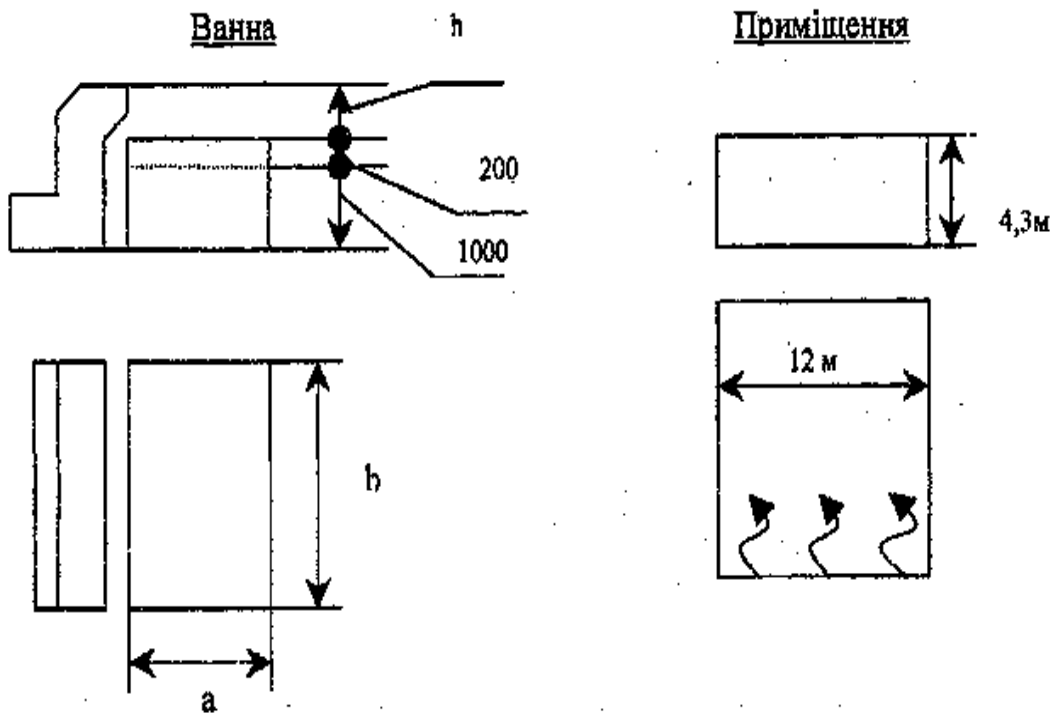
Завдання до роботи №3

1. Розрахувати ефективність роботи однобортного відсосу від ванни травлення.

Припливна вентиляція - ґрати ВПП-52. Джерело тепла на основі. Речовина що виділяється - хлористий водень. $C_{\phi}=0$. Молярна маса повітря - 29 г/моль. Щільність повітря при температурі 26°C - 1,115 кг/м³. Додаткові параметри однобортного відсосу та приміщення для розрахунків наведені на рис. 3.2.

Таблиця 3.1 - Варіанти завдання до роботи №3

Номер варіанту	Розмір ванни $a \times b$, мм	Висота щілини бортового відсосу h , мм	Об'єм повітря, що видаляється L , м ³ /год	Кількість речовини G_0 , г/год	Kp , год ⁻¹	Швидкість виходу повітря з ґратів V_0 ,	Тепловиділення Q , (Вт)	Об'єм приміщення, V (м ³)	Vn , м/с
1	600×1100	70	1000	2.4	10	2.5	29000	450	0.16
2	550×1000	65	850	2.5	10	2.3	28000	1000	0.23
3	500×1200	60	980	3	10	3.0	27000	500	0.2
4	650×1150	63	820	3.5	10	2.2	26500	700	0.21
5	650×1000	50	800	4	10	2.7	25000	300	0.15
6	500×1200	45	700	2.5	10	2.5	21000	500	0.13
7	700×800	40	700	2.5	10	3.0	24000	200	0.14
8	500×1000	60	1000	2.5	10	2.2	25000	400	0.15
9	1000×1200	55	950	2.1	10	2.7	24000	500	0.2
10	450×900	40	950	2.8	8	3.0	24000	550	0.2
11	900×1200	50	850	2.7	9	2.1	21000	700	0.2
12	550×950	50	800	3.2	8	2.5	27000	650	0.18
13	650×1300	75	1200	4.5	8	3.2	29000	700	0.19
14	750×1200	65	1100	2.6	9	3.2	28000	1050	0.2
15	650×950	55	800	2.8	10	2.8	29000	950	0.19



Завдання для практичної роботи № 3

1. Уважно вивчити теоретичну частину.
2. Перевірити ступінь вивчення теоретичної частини. Для цього треба відповісти на питання для самоконтролю.
3. Кожен студент повинен отримати у викладача індивідуальний варіант.
4. Згідно з отриманим індивідуальним варіантом розписати докладно алгоритм розрахунку.
5. Проаналізувати отримані результати.
6. Для захисту роботи в письмовому вигляді надати результати розрахунків та аналізу.

4 КЛАСИФІКАЦІЯ ВИКИДІВ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН В АТМОСФЕРУ

В наслідок викидів, які потрапляють до атмосфери спостерігається зміна її складу - забруднення атмосфери. Розсіяні у атмосфері речовини, яких немає у її постійному складі називають домішки. Домішка у атмосфері, яка чинить несприятливу дію на оточуюче середовище та стан здоров'я населення є забруднюючою повітря речовиною.

У атмосфері з домішками протікають такі процеси:

- перенос повітрям до зони опадів при одночасному змішуванні з повітряними масами, які не забруднено;
- поглинання хмарами та краплинами дощу, хімічні реакції у рідкій фазі та наступне випадіння забруднення на поверхню у вигляді опадів;
- сухе випадіння (адсорбція на ґрунті та кронами дерев);
- хімічні процеси у газовій фазі, що призводять до зміни хімічного складу первинних домішок (трансформації).

Так як домішки у атмосфері можуть трансформуватись, їх умовно можна поділити на первинні та вторинні.

Первинні домішки - домішки, що зберегли за інтервал часу який розглядається свої хімічні та фізичні властивості. Перетворення домішок у атмосфері - процес, при якому домішки у атмосфері піддаються фізичним та хімічним змінам під впливом природних та антропогенних факторів, а також у результаті взаємодії поміж собою.

Вторинні домішки у атмосфері - це домішки у атмосфері, які утворюються у результаті перетворення первинних домішок.

За впливом на організм людини забруднення атмосфери поділяють на фізичні та хімічні. До фізичних відносяться: радіоактивне опромінення, тепловий вплив, шум, низькочастотна вібрація, електромагнітні поля. До хімічного - наявність хімічних речовин та їх сполук.

Повітря вважається чистим, якщо не одна з домішок не присутня в атмосфері у концентраціях, які можуть нанести шкоду здоров'ю людини, тваринам, рослинам або викликати погіршення естетичного сприйняття оточуючого середовища. Наприклад, присутність пилу, неприємний запах, недостача сонячного освітлення в наслідок задимлення повітря.

Всі забруднення повітряного простору також можуть бути об'єднані у дві основні групи: енергетичні та матеріальні.

Енергетичні забруднення включають в себе промислові теплові викиди та усі види випромінювань: оптичні, електромагнітні, іонізуючі, акустичні. Особливістю енергетичних забруднень є обмеженість зони їх дії, а також те, що більшість з цих забруднень завдають шкідливого впливу

на навколишнє середовище лише під час їх генерування. Подібні забруднення (за виключенням теплових та іонізуючих) не накопичуються у навколишньому середовищі.

Матеріальні забруднення розподіляються на хімічно інертні (нетоксичні) та хімічно активні (токсичні). Речовини, що надходять до атмосфери з антропогенних джерел, можуть бути гомогенними (суміш газів, пари) та гетерогенними (тверді або рідкі частинки, що містяться у повітряному потоці, тобто аерозолі).

Диспергаційні аерозолі утворюються внаслідок подрібнення твердих або рідких матеріалів або розпилення порошків за допомогою потоку повітря або вібрації.

Конденсаційні аерозолі утворюються при конденсації пересиченої пари або хімічної взаємодії газів з утворенням нелеткого продукту.

Розмір частинок у конденсаційних аерозолях менше 0,5 мкм. У більшості випадків розмір частинок у диспергаційних аерозолях значно більше, ніж у конденсаційних, а розподіл частинок за розміром набагато ширший. Диспергаційні аерозолі з твердими частками носять назву пилу. Конденсаційні аерозолі з твердою або мішаною дисперсною фазами називаються димами. Конденсаційні та дисперсні аерозолі з рідкою дисперсною фазою називаються туманами. Смог - це суміш диму та туману, що звичайно вміщує продукти фотохімічних реакцій та водяну пару і викликає значне подразнення. Розміри частинок смогу менше 1 мкм [4].

Забруднення в атмосферу можуть поступати з джерел безперервно або періодично, залпами або миттєво. У разі залпових викидів за короткий проміжок часу в повітря виділяється велика кількість шкідливих речовин. Залпові викиди можливі при аваріях, при спалюванні швидко згоряючі відходів виробництва на спеціальних майданчиках знищення. При миттєвих викидах забруднюючі речовини викидаються в частки секунди іноді на значну висоту. Вони відбуваються при аваріях і вибухових роботах.

Таким чином, з газами, що відходять, в атмосферу поступають тверді, рідкі, паро- і газоподібні неорганічні і органічні речовини, тому по агрегатному стану домішки підрозділяють на тверді, рідкі, газоподібні і змішані.

Гази промисловості, що відходять, містять зважені тверді або рідкі частки, є двофазними системами. Суцільною фазою в системі є гази, а дисперсною— тверді частки або крапельки рідини. Такі аеродисперсні системи називають аерозолями, які розділяють на пил, дими, і тумани. Пил містить тверді частки розміром від 5 до 50 мкм, а дими — від 0,1 до 5 мкм. Тумани складаються з крапельок рідини розміром 0,3-5 мкм і утворюються в результаті конденсації пари або при тому, що розпилено рідини і газі.

Газові викиди класифікують також по організації відведення і контролю — на організовані і неорганізовані, а по температурі — на нагріті (температура газопилової суміші вища за температуру повітря) і холодні. Також за ознаками очистки— на ті, що викидаються без очищення (організовані і неорганізовані) і після, очищення (організовані).

Організований промисловий викид — це викид, який надходить в атмосферу через спеціально споруджені газоходи, повітряходи, труби.

Неорганізованим викидом називають промисловий викид, що поступає в атмосферу у вигляді ненаправлених потоків газу в результаті порушення герметичності устаткування, відсутності або незадовільної роботи устаткування по відсмоктуванню газу в місцях завантаження, вивантаження і зберігання продукту. Також до неорганізованих відносять джерела виділення де забруднюючі речовини без спеціальних споруджень зразу надходять до атмосфери.

Також промислові викиди ділять на:

- стаціонарні (труби підприємств)
- пересувні (автомобілі, залізничний транспорт і тому подібне).

Звичайно, викиди можна також ділити відповідно до фізико-хімічних властивостей забруднюючих речовин, що містяться в них.

Для зниження забруднення атмосфери від промислових викидів удосконалюють технологічні процеси, проводять герметизацію технологічного устаткування, застосовують пневмотранспорт, будують різні очисні споруди.

Згідно стандарту [6] , який дійсний на території України, викиди шкідливих речовин від джерел забруднення атмосфери класифікують за складом та структурою з використанням спеціальних умовних позначень. Стандарт не розповсюджується на викиди, що містять радіоактивні та біологічні речовини (радіоактивний пил, складні біологічні комплекси, бактерії, мікроорганізми).

Викиди в атмосферу з джерел забруднення характеризуються за чотирма ознаками [6] :

- перша ознака враховує агрегатний стан домішки:

- газоподібні - (А)
- рідкі - (К)
- тверді - (Т);

- друга ознака характеризує по хімічному складу:

- сірчистий ангідрид (01)
- оксид вуглецю (02)
- оксиди азоту(03)
- фтор і його сполуки(04)
- сірковуглець (05)

- сірководень (06)
- хлор (07)
- синильна кислота і ціаніди(08)
- ртуть і її сполуки(09)
- аміак (10)
- миш'як і його сполуки (11)
- сума вуглеводнів (12)
- вуглеводні насичені (13)
- вуглеводні ненасичені (14)
- вуглеводні ароматичні (15)
- кисневмісні органічні сполуки (16)
- азотовмісні органічні сполуки (17)
- фенол (18)
- смолянисті речовини (19)
- кислоти (20)
- луги (21)
- свинець і його сполуки (22)
- сажа (23)
- метали і їх сполуки (24)
- пил (25)
- інше (26);

- третя ознака підрозділяє за розміром часток :

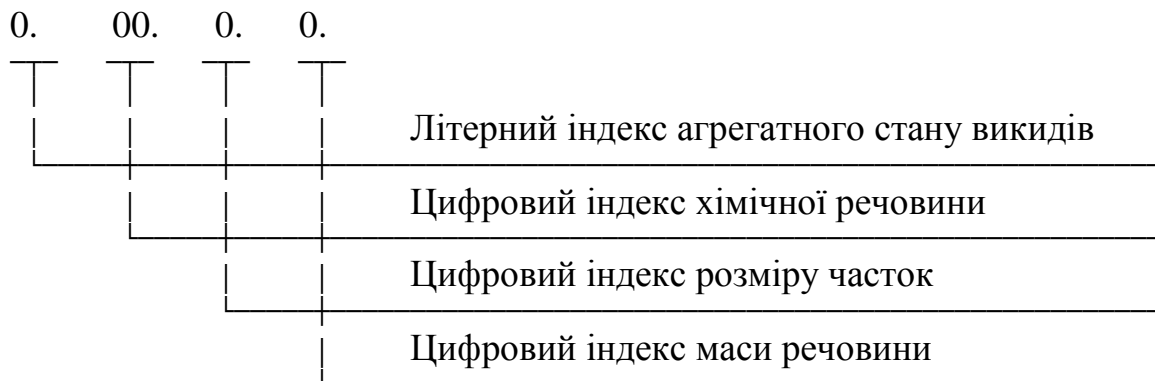
- менше $0,5 \times 10^{(-6)}$ м (1)
- від $0,5 \times 10^{(-6)}$ до $3 \times 10^{(-6)}$ м включно (2)
- від $3 \times 10^{(-6)}$ до $10 \times 10^{(-6)}$ м включно (3)
- від $10 \times 10^{(-6)}$ до $50 \times 10^{(-6)}$ м включно (4)
- від $50 \times 10^{(-6)}$ м (5);

- четверта ознака класифікує по масі речовини :

- менше 1 кг/год (1)
- від 1 до 10 кг/годину включно (2)
- від 10 до 100 кг/год. включно (3)
- від 100 до 1000 кг/год. включно (4)
- від 1000 до 10000 кг/год. включно (5)
- від 10000 кг/год. (6).

За відсутності якого-небудь індексу ставлять цифру 0.

Структура побудови умовного позначення викидів має бути наступною:



Питання для самоконтролю

1. Що таке забруднення атмосфери?
2. Які речовини називають домішками?
3. Які процеси протікають у атмосфері з домішками?
4. Що таке первинні та вторинні домішки?
5. На які групи поділяється забруднення атмосферного повітря?
6. Що таке диспергаційні та конденсаційні аерозолі?
7. За якою структурою складається кодування промислових викидів?

Завдання для практичної роботи № 4

1. Уважно вивчити теоретичну частину.
2. Перевірити ступінь вивчення теоретичної частини. Для цього треба відповісти на питання для самоконтролю.
3. Кожен студент повинен отримати у викладача індивідуальний варіант.
4. Згідно з отриманим індивідуальним варіантом (табл. 4.1 та 4.2) виконати завдання до практичної роботи № 4.
5. Для захисту роботи в письмовому вигляді надати стислий конспект теоретичної частини та результати кодування.

Завдання до практичної роботи № 4

1. Згідно макету кодування [6] розшифруйте коди промислових викидів, які наведені у табл. 4.1.

Таблиця 4.1 - Варіанти індивідуальних завдань

Номер варіанту	Код 1	Код 2	Код 3	Код 4
1	A.01.0.0.	A.18.0.1	K.04.3.6	T.25.2.3
2	K.08.1.1.	A.17.0.2	K.08.4.5.	T.25.3.4.
3	T.09.2.0.	A.16.0.3.	K.09.5.4.	T.25.4.5.
4	A.02.0.2	A.15.0.4.	K.11.1.3.	T.24.5.6.
5	K.11.3.0.	A.14.0.5.	K.04.2.2.	T.24.1.1.
6	T.11.4.3.	A.13.0.6.	K.18.3.1.	T.24.2.2.
7	A.03.0.0.	A.12.0.1	K.20.4.6.	T.23.3.3.
8	K.16.5.4.	A.10.0.2.	K.21.5.5.	T.23.4.4.
9	T.22.1.0.	A.09.0.3.	K.22.1.4	T.23.5.5.
10	A.04.0.5.	A.07.0.4.	K.12.2.4	T.22.1.6.
11	K.17.2.0.	A.06.0.5.	K.13.4.2.	T.22.2.1.
12	T.23.3.6.	A.05.0.6.	K.14.3.1.	T.04.4.2.
13	A.05.0.0.	A.03.0.1	K.15.5.6.	T.04.4.3.
14	K.20.4.1.	A.02.0.2.	K. 16.1.5.	T.04.5.4.
15	T.25.5.0.	A.01.0.3.	K. 17.2.4.	T.26.1.6

2. Користуючись таблицею 4.2 та макетом кодування [6] закодуйте склад промислового викиду в атмосферу

Таблиця 4.2 - Варіанти індивідуальних завдань

Номер варіанту	Маса речовини газоподібного компонента, кг/год.	Рідкий компонент		Твердий компонент	
		Розмір часток, 10^{-6} м	Маса речовини, кг/год	Розмір часток, 10^{-6} м	Маса речовини, кг/год
1	2	3	4	5	6
1	150	0,1	25000	200,0	2
2	200	0,2	15000	50,0	5
3	250	0,3	11000	10,5	8
4	1500	0,6	8000	5,0	20

Продовження табл.4.2					
5	2000	1,5	5000	3,0	50
6	2500	3,0	2000	0,6	80
7	3000	3,5	800	0,2	20
8	3500	5,0	500	300,0	50
9	4000	10,0	20	100,0	800
10	350	10,5	80	25,0	2000
11	400	25,0	50	10,0	5000
12	500	50,0	20	3,5	8000
13	550	100,0	8	1,5	11000
14	600	200,0	5	0,3	15000
15	450	300,0	2	0,1	25000

5 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ПИЛО- ТА ГАЗООЧИЩЕННЯ

Для будь-якого підприємства важливо, щоб схема очищення промислових газів була найбільш дешевою при вибраній мірі очищення (як за капітальними, так і по поточними витратами), дозволяла повторно використати цінні компоненти, що знаходяться у викидних газах, а апаратура і споруди займали б можливо меншу площу.

Міра очищення визначається відносно величини нормативів ГДВ (тобто такої кількості забруднюючої речовини, що викидаються в атмосферу, яка забезпечить їх концентрацію в приземному шарі на рівні ГДК), або за величиною ТПВ (тимчасово погоджених викидів).

Тепер розглянемо власне технології очищення. Усі методи очищення діляться на регенеративні і деструктивні. Перші дозволяють повертати у виробництво компоненти викидів, другі трансформують ці компоненти в менш шкідливі.

У разі, якщо в газовому потоці містяться цінні речовини (наприклад, леткі розчинники), може бути вигідніше використати регенеративні методи (але усе знову-таки визначається економічною доцільністю - можливо, собівартість виділення цих компонентів буде більше їх ціни). Усе залежить від характеристик домішки і її концентрації в газовому потоці - чим вона менша, тим дорожче виділення.

За іншою ознакою усі методи очищення можна розділити на реагентні і безреагентні. Використання додаткових реагентів, природно, здорожує процес.

Нарешті, методи очищення газових викидів можна розділити за типом оброблюваного компонента (очищення від аерозолів - від пилу і туману, очищення від кислих і нейтральних газів і так далі).

Зазвичай, аерозолі (суспензії твердих або рідких частинок в газі) є в кожному викиді. Для їх видалення використовуються наступні методи очищення.

Гравітаційні - в них осадження зважених часток відбувається під дією сили тяжіння, причому газовий потік з невеликою швидкістю проходить через апарат, при цьому найбільш великі зважені частки падають на дно і потім віддаляються.

Інерційні - в них використовується різка зміна напрямку рух газового потоку. Зважені частки за інерцією продовжують рух, ударяються об спеціально встановлені перешкоди і або прилипають до них, або падають на дно і віддаляються. До класу апаратів, заснованих на цьому методі, відноситься, наприклад, жалюзійний пиловловлювач - газовий потік

проходить через жалюзі, елементи яких встановлені під кутом до напрямку його руху.

Також широко застосовуються апарати, де осадження відбувається під дією відцентрової сили. Найпоширенішими з таких апаратів є циклони. Дуже часто усе очищення полягає в пропусканні газового потоку через циклон, наприклад, на меблевих і деревообробних виробництвах.

Широко застосовуються апарати очищення, засновані на фільтрації (використовуються фільтри з тканини, нетканого полотна, а також жорсткі фільтри - насипні або сита). Матеріал фільтру може мати лужну реакцію, тоді він допомагає очистити газовий потік також від кислих газів (SO_x , NO_x). Фільтри регенерують продуванням у зворотному напрямі або струшуванням.

При очищенні газових викидів використовують і електричні методи очищення. При цьому способі очищення газовий потік спрямовується в електрофільтр, де проходить між двома електродами - коронуючим і осаджувальним. Частки пилу заряджаються, рухаються до осаджувального електроду та розряджаються на ньому. Методом електричного очищення можна видаляти не лише пил, але і тумани. Очищення електрофільтрів проводиться шляхом змиву пилу водою, вібрацією або за допомогою ударно-молоткового механізму.

Досить велика кількість газоочисного устаткування засновані на застосуванні різних мокрих методів очищення - використання пінних апаратів, скрубєрів. При використанні мокрих методів очищення газових викидів здійснюється шляхом тісної взаємодії між рідиною і запиленним газом на поверхні газових пузирів, крапель або рідкої плівки. Мокрі способи очищення твердих і рідких аерозолів мають істотний недолік - необхідність відділення уловленого компонента від уловлюючої рідини. З цієї причини мокрі способи слід застосовувати тільки за відсутності інших методів очищення, віддаючи перевагу способам з мінімальною витратою рідини.

Можливі комбінації усіх цих методів (наприклад, фільтроциклон - комбінація циклону і фільтру, відцентровий скрубєр - практично зрошуваний водою циклон і так далі).

При виборі конкретного методу очищення керуються його вартістю, об'ємами газових потоків, що підлягають очищенню, характеристиками зважених часток (дисперсійний склад, щільність пилу, змочуваність, гігроскопічність, електропровідність, адгезійні і абразивні властивості, вибухо- і пожежонебезпечність).

Для очищення від газоподібних і пароподібних домішок застосовують наступні методи.

Адсорбція, тобто поглинання твердою речовиною газового компонента. В якості адсорбентів (поглиначів) застосовують активне

вугілля різних марок, цеоліти, силікагель і інші речовини. Адсорбція - надійний спосіб, що дозволяє досягати високих ступенів очищення. Крім того, це регенеративний метод, тобто уловлений цінний компонент можна повернути назад у виробництво. Застосовується періодична і безперервна адсорбція. У першому випадку після досягнення повної адсорбційної місткості адсорбенту газовий потік направляють в інший адсорбер, а адсорбент регенерують - для цього використовується продування паром або гарячим газом. Потім цінний компонент можна отримати з конденсату, якщо для регенерації використовувалася пара. Для цієї мети використовується ректифікація, екстракція або відстоювання (останнє можливо у разі взаємної нерозчинності води і цінного компонента). При безперервній адсорбції шар адсорбенту постійно переміщується: частина його працює на поглинання, частину - регенерується. Це, звичайно, сприяє стиранню адсорбенту. У разі достатньої вартості регенованого компонента використання адсорбції може бути вигідним.

Отже, самим універсальним засобом очищення викидів від газоподібних забруднюючих речовин на теперішній час залишається адсорбція, а найбільш універсальним адсорбентом - активоване вугілля. За допомогою адсорбції принципово можливо уловлювати з викидів будь-яку домішку в широкому діапазоні концентрацій. Проте висококонцентровані домішки зручніше піддавати попередній обробці (конденсацією, абсорбцією) для зниження їх концентрацій. Потрібна також попередня обробка (осушення) сильно зволжених газів.

Абсорбція, тобто поглинання газів рідиною. Цей метод заснований або на процесі розчинення газових компонентів в рідині (фізична адсорбція), або на розчиненні разом з хімічною реакцією - хімічна адсорбція (наприклад, поглинання кислого газу розчином з лужною реакцією). Цей метод також є регенеративним, з отриманого розчину можна виділити цінний компонент (при використанні хімічної адсорбції це не завжди можливо). У будь-якому випадку вода очищається і хоч би частково повертається в систему оборотного водопостачання.

Термічні методи - є деструктивними. При достатній теплотворній здатності викидаємого газу його можна спалити безпосередньо, а можна застосувати каталітичне окислення, або (при малій теплотворній здатності газу) використати його в якості дутьєвого газу у печах. Компоненти, що виходять в результаті термічного розкладання, мають бути менш небезпечними для довкілля, чим початковий компонент. Наприклад, органічні сполуки можна окислювати до вуглекислого газу і води - якщо немає інших елементів, окрім кисню, вуглецю і водню. Цей метод дозволяє добитися високої ступені очищення, але може коштувати дорого, особливо якщо використовується додаткове паливо.

Різні хімічні методи очищення - як правило пов'язані з використанням каталізаторів. Таким, наприклад, являється каталітичне відновлення оксидів.

Дисперсні забруднюючі речовини на відміну від газоподібних фіксуються в атмосфері візуально вже при невеликих концентраціях. Тому відсутність шлейфу зважених часток і прозорість викиду є простими критеріями його чистоти.

Знешкодження викидів припускає або видалення шкідливих домішок з інертного газу - носія, або перетворення їх в нешкідливі речовини.

Обидва принципи можуть бути реалізовані при застосуванні різних фізичних і хімічних процесів, для здійснення яких потрібно певні умови. Розрахунки процесів і апаратів пилогазоочищення при їх проектуванні мають бути спрямовані на створення умов, що забезпечують максимально повне знешкодження викидів.

Дисперсні і газові домішки нерідко є наслідком одних виробничих процесів, разом переміщуються в комунікаціях, тісно взаємодіють в очисних апаратах і атмосфері, спільно завдають збитку довкіллю і людині. Тому необхідно враховувати увесь комплекс присутніх в технологічному викиді забруднюючих речовин. Не можна приймати за засіб очищення запилених газів пилоосаджувальний пристрій, що викидає в атмосферу шкідливі газоподібні речовини. Недопустимі і такі засоби, в яких знешкодження початкових газових домішок супроводжується утворенням і викидом отруйних туманів і димів інших речовин.

Судячи із складів реальних промислових газів і масштабів забруднення довкілля, розробляти апарати пилоочистки без урахування газоподібних забруднюючих речовин можливо тільки для вентиляційних викидів механічних цехів. Викиди практично усіх інших виробництв вимагають видалення і дисперсних і газових домішок, причому іноді це можна зробити в одному очисному пристрої.

Для знешкодження викидів за принципом видалення токсичних домішок разом з фізичними вдало використовуються і хімічні процеси. За допомогою останніх можна змінювати в широких межах фізичні властивості домішок (наприклад, перетворюючи початкові газоподібні домішки на сполуки з високою температурою кипіння) з метою полегшення їх подальшого уловлювання.

Для реалізації другого принципу знешкодження - перетворення забруднюючих речовин на нешкідливі - потрібне поєднання хімічних і фізичних процесів. З цією метою найчастіше використовуються процеси термічної деструкції і термічного окислення. Вони застосовуються для домішків усіх агрегатних станів, але обмежені складом оброблюваної речовини. Термічній обробці з метою знешкодження можуть бути піддані лише речовини, молекули яких складаються з атомів вуглецю, водню і

кисню. Інакше установки термознешкодження переходять в розряд джерел забруднення атмосфери, і нерідко - у край небезпечних.

Найбільш ефективним напрямом зниження викидів є створення безвідходних технологічних процесів, що передбачають, наприклад, впровадження замкнутих газоподібних потоків, проте, до теперішнього часу основним засобом запобігання шкідливим викидам залишається розробка до впровадження ефективних систем очищення газів. При цьому під очищенням газу розуміють відділення від газу або перетворення а нешкідливий стан забруднюючої речовини, що поступає від промислового джерела.

Отже, основним заходом по захисту повітряного басейну на сучасний стан є очищення пилогазових викидів. Для очищення газів від твердих та рідких частинок застосовують технології сухого очищення, вологого очищення, фільтрації, електростатичного осадження. Оцінку ефективності систем пило та газоочищення проводять за допомогою наступних показників.

Ступінь або ефективність очищення газів - це відношення кількості уловленої забруднюючої речовини до кількості, яка надходить до апарату:

$$\eta = \frac{M_{ул}}{M_{вх}} = \frac{M_{вх} - M_{вих}}{M_{вх}} = \frac{C_{вх} Q_{вх} - C_{вих} Q_{вих}}{C_{вх} Q_{вх}} = 1 - \frac{C_{вих} Q_{вих}}{C_{вх} Q_{вх}},$$

де $M_{ул}$, $M_{вх}$, $M_{вих}$ - відповідно кількість забруднюючої речовини, яка уловлюється апаратом, входить та виходить з апарату, кг/с;

$C_{вх}$, $C_{вих}$ - концентрації забруднюючих речовин у одиниці об'єму сухого газу відповідно на вході та виході з апарату, г/м³;

$Q_{вх}$, $Q_{вих}$ - витрати газу відповідно на вході та виході з апарату, м³.

При ідеальній роботі обладнання газоочищення (герметичність, без суттєвих змін температури, тиску та вологості газу, який очищують) ступінь очищення розраховують таким образом:

Коефіцієнт проскоку - це відношення кількості забруднюючої речовини, яка виходить з викидами з апарату і пилогазоочищення, до кількості, яка надходить до нього:

Ступінь (ефективність) очищення та коефіцієнт проскоку розраховується у долях одиниці або у відсотках.

Фракційний ступінь очищення – відношення кількості пилу даної фракції, яку уловлено апаратом, до кількості пилу тієї ж фракції, яка входить на очистку.

Парціальний ступінь очищення – відношення кількості частинок пилу даного розміру, які уловлено апаратом, до кількості частинок пилу того ж розміру на вході до апарату.

Питання для самоконтролю

1. Які існують класифікації методів очищення промислових викидів?
2. На які групи підрозділяють пилоочисне обладнання?
3. На які групи підрозділяють газоочисне обладнання?
4. Як розраховується ефективність очищення промислових газів?
5. Як розраховується коефіцієнт проскоку?
6. Що таке фракційна ступінь очищення?
7. Що таке парціальний ступінь очищення?

Завдання для практичної роботи № 5

1. Уважно вивчити теоретичну частину.
2. Перевірити ступінь вивчення теоретичної частини. Для цього треба відповісти на питання для самоконтролю.
3. Кожен студент повинен отримати у викладача індивідуальний варіант завдання, які наведені в табл.5.1.
4. Згідно з отриманим індивідуальним варіантом розрахувати ефективність очистки та коефіцієнт проскоку. З урахуванням результатів розрахунків та виду забруднюючої речовини визначити який метод очистки та який вид обладнання використовували. Пояснити зроблені висновки.
5. Для захисту роботи в письмовому вигляді надати результати розрахунків та аналізу.

Таблиця 5.1 - Варіанти індивідуальних завдань до практичної роботи № 5

Номер Варіанту	Домішка 1	Концентрація , мг/м ³		Домішка 2	Концентрація , мг/м ³	
		До очищення	Після очищення		До очищення	Після очищення
1	Пил	35500,0	7,1	Сірководень	1430,8	38,8
2	Пил	1000,0	16,4	Сірководень	1442,7	35,5
3	Пил	60,0	10,1	Сірководень	1574,0	37,2
4	Пил	35,0	7,1	Сірководень	1482,5	37,17
5	Пил	250,0	5,11	Сірководень	1400,3	39,7
6	Пил	150,0	5,8	Сірководень	1419,2	37,79
7	Пил	4000,0	10,3	Сірководень	1254,1	46,2
8	Пил	293,4	6,92	Сірководень	1339,9	37,5
9	Пил	2380,0	22,3	Сірководень	1386,1	41,5
10	Пил	45,9	26,5	Сірководень	75,5	0,70
11	Пил	134,2	29,2	Сірководень	75,6	1,04
12	Пил	427,5	89,7	Сірководень	77,3	0,83
13	Пил	230,1	57,3	Сірководень	75,6	0,85
14	Пил	122,8	29,5	Сірководень	75,9	0,58
15	Пил	108,5	26,0	Сірководень	77,3	0,86
16	Пил	48,8	12,6	Сірководень	75,6	1,47
17	Пил	64,0	36,9	Сірководень	69,9	0,36
18	Пил	177,5	49,6	Сірководень	65,1	0,11
19	Пил	32,0	18,9	Сірководень	71,8	0,16
20	Пил	186,9	37,4	Сірководень	68,9	0,74
21	Пил	45,9	26,5	Сірководень	75,9	0,49
22	Пил	134,2	29,2	Сірководень	325,8	11,8
23	Пил	801,3	72,1	Сірководень	334,3	18,3
24	Пил	293,9	105,3	Сірководень	328,9	34,9
25	Пил	68,4	14,8	Сірководень	270,7	10,9

Перелік посилань

1. Батурин В.В. Основы промышленной вентиляции. М.: Профиздат, - 1965 . – 608 с.
2. Елинский И.И. Вентиляция и отопление гальванических и травильных цехов машиностроительных заводов. М.: Машиностроение , - 1982. – 135 с.
3. Посохин В.Н. Расчет местных отсосов то тепло- и газовыделяющего оборудования . М.: Машиностроение , - 1984. – 160 с.
4. Збірник методичних вказівок з дисципліни “Техноекологія” для студентів 4-ого курсу заочної форми навчання за спеціальністю “Екологія та охорона навколишнього середовища” / Укладач : к.т.н., доц.Редько Т.Д. Одеса , ОДЕКУ, 2002 р. – 36 с., укр. мова.
5. Тищенко Н.Ф. Охрана атмосферного воздуха. Расчет содержания вредных веществ и их распределение в воздухе. Справочник, Изд. "Химия", 1991. – 368 с.
6. ГОСТ 17.2.1.01 – 76. Охрана природы. Атмосфера. Классификация выбросов по составу.

З Б І Р Н И К
МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК
до практичних робіт
з д и с ц и п л і н и
"Методи захисту атмосфери"

Укладач: ст. викладач Чернякова О.І.

Підп. до друку
Умовн. друк. арк.

Формат
Тираж

Папір
Зам. №

Надруковано з готового оригінал-макета

Одеський державний екологічний університет
65016, Одеса, вул.Львівська, 15
