

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

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

до організації самостійної роботи  
та проведення практичних занять  
із навчальної дисципліни

**«ДЖЕРЕЛА ТА ПРОЦЕСИ  
ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ»**

*(для студентів 3 курсу денної та заочної форм навчання  
спеціальності 101 – Екологія)*

**Харків**  
**ХНУМГ ім. О. М. Бекетова**  
**2019**

Методичні рекомендації до організації самостійної роботи та проведення практичних занять із навчальної дисципліни «Джерела та процеси забруднення атмосфери» (для студентів 3 курсу денної та заочної форм навчання) – спеціальності 101 – Екологія) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : В. Є. Бекетов, Г. П. Євтухова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 32 с.

Укладачі : В. Є. Бекетов, Г. П. Євтухова

Рецензенти:

**Ф. В. Стольберг**, доктор технічних наук, професор Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова;

**Ю. Л. Коваленко**, кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерної екології міст Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

*Рекомендовано кафедрою інженерної екології міст, протокол № 8 від 11.03.2019.*

# ЗМІСТ

Передмова.....	4
1 Атмосфера. Основні терміни та визначення. Властивості пилу і газів.....	5
1.1 Приклади розв'язання типових завдань та варіанти завдань до самостійної роботи студентів.....	5
Контрольні питання.....	15
2 Забруднення атмосферного повітря об'єктами енергетики, автомобіль- ним транспортом, розрахунок викидів .....	17
2.1 Приклади розв'язання типових завдань та варіанти завдань до самостійної роботи студентів.....	17
Контрольні питання.....	19
3 Забруднення атмосферного повітря промисловими підприємствами, розрахунок вивидів.....	20
3.1 Приклади розв'язання типових завдань та варіанти завдань до самостійної роботи студентів.....	20
Контрольні питання.....	30
Список рекомендованої літератури.....	31

## ПЕРЕДМОВА

Дисципліна «Прикладна аероекологія», згідно з навчальним планом підготовки бакалавра, є фаховою, вибірковою і вивчається протягом одного семестра студентами денної та заочної форм навчання. Дисципліна складається з трьох змістовних модулів. Під час вивчення дисципліни студенти отримують знання та практичні навички з таких питань:

- склад, будова, функції атмосфери;
- визначення температури та тиску на будь-якій висоті у атмосфері;
- визначення щільності, вологості та інших властивостей пилу та газової суміші;
- характеристика джерел забруднення атмосферного повітря;
- розрахунок кількості викидів в атмосферне повітря промисловими підприємствами, енергетичними установками та автотранспортом.

Згідно з навчальною програмою, практичні заняття передбачені за всіма змістовними модулями. Практичні заняття передбачають розгляд теоретичних питань та розв'язання тематичних задач.

Самостійна робота передбачає вивчення конспекту лекцій та додаткової літератури, а також виконання розрахункових завдань за лекційним матеріалом та розрахунково-графічної роботи. Для контролю засвоєння матеріалу під час самостійної роботи після кожної теми наведені контрольні запитання.

Методичні рекомендації побудовані так:

1. Дається приклад розв'язання практичних задач та теоретичні виклади, необхідні для розв'язання розрахункових завдань.
2. Надаються вихідні дані для розрахункових завдань самостійної роботи. Номер варіанта завдання визначається згідно з номером студента за списком групи.
3. Подаються питання для контролю засвоєння теоретичного матеріалу за тематикою змістового модуля.

# 1 АТМОСФЕРА. ОСНОВНІ ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ. ВЛАСТИВОСТІ ПИЛУ І ГАЗІВ

## 1.1 Приклади розв'язання типових завдань та варіанти завдань до самостійної роботи студентів

**Завдання 1.** Визначити температуру атмосферного повітря на висоті 200 м над рівнем моря для стандартної атмосфери.

Температура атмосферного повітря на будь-якій висоті визначається з формулою стандартного температурного градієнту:

$$\frac{dT}{dH} = \frac{288 - 216,7}{10^3 \cdot 10,8} = 0,0066 \frac{K}{m}, \quad (1)$$

де  $\frac{dT}{dH}$  – стандартний температурний градієнт, який дорівнює 0,0066 К/м та

показує, що із ростом висоти на 1м температура знижується на 0,0066 К;

288 – температура атмосферного повітря на рівні моря, при N умовах (К);

216,7 – температура атмосферного повітря на верхній межі тропосфери, К;

$10,8 \cdot 10^3$  – верхня межа тропосфери, м.

Температуру на висоті 200 м можна визначити за рівнянням (1):

$$T = 288 - (0,0066 \cdot 200) = 286,68K$$

Варіанти до розрахунку завдання 1 подано в таблиці 1.

Таблиця 1 – Варіанти для розрахунку завдання 1

Номер варіанта	Висота H, м	Номер варіанта	Висота H, м
1	2	3	4
1	100	16	1 600
2	200	17	1 700
3	300	18	1 800
4	400	19	1 900
5	500	20	2 000
6	600	21	2 100
7	700	22	2 200
8	800	23	2 300
9	900	24	2 400
10	1 000	25	2 500
11	1 100	26	2 600
12	1 200	27	2 700
13	1 300	28	2 800
14	1 400	29	2 900
15	1 500	30	3 000

**Завдання 2.** Визначити атмосферний тиск для стандартної атмосфери на висоті 200 м.

### Розв'язання

Атмосферний тиск на будь-якій висоті  $H$  (тиск для стандартної атмосфери) визначається за міжнародною барометричною формулою:

$$\frac{dP}{dH} = 101,3 \cdot \left(1 - \frac{6,5 \cdot H}{288}\right)^{5,255} \text{ кПа}, \quad (2)$$

де  $H$  – висота, для якої визначається тиск, км;

101,3 – тиск над рівнем моря, кПа;

288 – температура атмосферного повітря над рівнем моря, К;

6,5 – температурний стандартний градієнт, К/км.

Тиск на висоті 200 м визначається за рівнянням (2):

$$\frac{dP}{dH} = 101,3 \cdot \left(1 - \frac{6,5 \cdot 0,2}{288}\right)^{5,255} = 98,67 \text{ кПа}$$

Вихідні дані для розрахунку завдання 2 такі ж самі, як для завдання 1 (треба визначити атмосферний тиск для стандартної атмосфери на будь-якій висоті).

**Завдання 3.** Під час підйому на висоту температура повітря знизилася на величину  $\Delta T = 1,5$  °К. Як при цьому змінився тиск (атмосфера має стандартний температурний градієнт)?

### Розв'язання

Користуючись стандартним температурним градієнтом, визначаємо висоту:  $\Delta T = 0,0066 \cdot H$ ;  $H = \Delta T / 0,0066 = 1,5 / 0,0066 = 227,2$  м

Далі за формулою (2) визначаємо тиск на цій висоті:

$$\frac{dP}{dH} = 101,3 \cdot \left(1 - \frac{6,5 \cdot 0,227}{288}\right)^{5,255} = 98,59 \text{ кПа}$$

Змінення тиску (зменшення) на висоті становить:

$$\Delta P = 101,3 - 98,59 = 2,71 \text{ кПа.}$$

Варіанти для розрахунку завдання подано в таблиці 2.

Таблиця 2 – Варіанти для розрахунку завдання 3

Номер варіанта	$\Delta T,$	Номер варіанта	$\Delta T,$
1	8,0	16	27,3
2	10,5	17	27,8
3	11,0	18	28,3
4	12,2	19	31,2
5	12,7	20	32,4
6	13,8	21	34,6
7	14,5	22	34,9
8	15,9	23	35,2
9	16,1	24	39,6
10	17,0	25	39,8
11	18,8	26	40,6
12	21,9	27	43,5
13	23,0	28	49,5
14	24,3	29	45,9
15	25,5	30	46,8

**Завдання 4.** На деякій висоті дано атмосферний тиск  $P(H)$  (мм). Визначити висоту(км) і температуру( $^{\circ}C$ ,  $^{\circ}K$ ) в даній точці на цій висоті.

Розв'язання цього завдання виконується за рівняннями (1) та (2).

Варіанти для розрахунку завдання 4 подано в таблиці 3.

Таблиця 3 – Варіанти для розрахунку завдання 4

Номер варіанта	$P(H)$ , мм Hg	Номер варіанта	$P(H)$ , мм Hg
1	733,3	16	710,0
2	716,0	17	320,0
3	600,0	18	360,0
4	250,0	19	390,0
5	311,0	20	435,0
6	690,0	21	465,0
7	540,0	22	486,0
8	480,0	23	515,0
9	200,0	24	538,0
10	180,0	25	586,0
11	290,0	26	615,0
12	310,0	27	639,0
13	410,0	28	498,0
14	510,0	29	275,0
15	610,0	30	488,0

**Завдання 5.** Дисперсний склад пилу заданий у вигляді таблиці із вказаними частками фракцій, які виражені у відсотках від загальної кількості.

Подати дисперсний склад пилу у вигляді:

1) двох таблиць, у яких вказати частку часток пилу за розміром крупніше (дрібніше) даного;

2) графіків: гістограма, диференціальна крива та інтегральна крива.

Вихідні дані для розв'язання завдання 1 подано в таблиці 4.

Таблиця 4 – Дисперсний склад пилу за фракціями

Розмір часток, мкм	0 – 5	5 – 10	10 – 20	20 – 30	30 – 40	40 – 50	>50
Фракційний склад, %	12	14	22	18	13	12	9

### Розв'язання

1. Таблиця з розмірами пилу більш або менш даного виконується шляхом розрахунків. Для цього необхідна таблиця 4 (з розміром часток за фракціями). Наприклад:

$$100 - 12 = 88; 100 - (12 + 14) = 74; 100 - (12 + 14 + 22) = 52.$$

Розміри пилу подані в таблиці 5.

Таблиця 5 – Розмір часток пилу більш ніж даний

Розмір часток, мкм	> 5	> 10	> 20	> 30	> 40	> 50
Частка за розміром більше даного	88	74	52	34	21	9

Таблиця з розмірами пилу менше даного виконується за даними таблиці 5. Треба від 100 % відняти частку кожного розміру.

Наприклад:  $100 - 88 = 12$ ;  $100 - 74 = 26$ ;  $100 - 52 = 48$ . Розміри часток пилу подані в таблиці 6.

Таблиця 6 – Розмір часток пилу менше ніж даний

Розмір часток, мкм	< 5	< 10	< 20	< 30	< 40	< 50
Частка за розміром менше даного	12	26	48	66	79	91

2. Для того щоб показати дисперсний склад пилу у вигляді *гістограми*, на вісі ординат відкладаємо фракційний состав пилу у відсотках, а вздовж вісі абсцис – розмір фракції (дані у табл. 4).



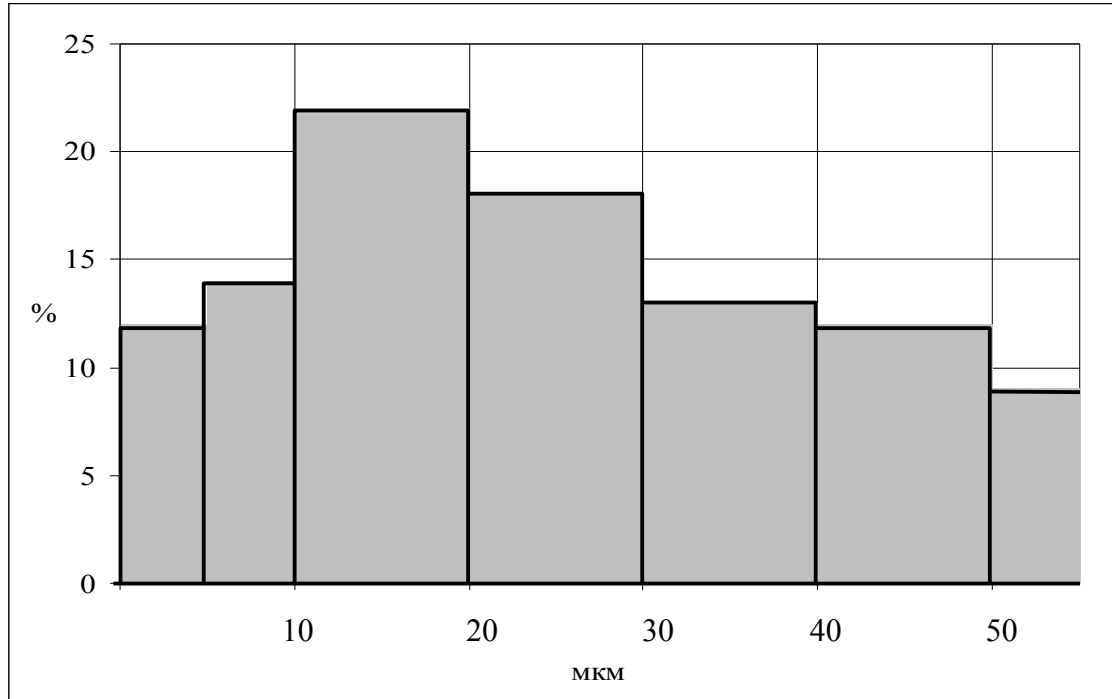


Рисунок 1 – Гістограма

Для побудови *диференціальної кривої* треба визначити значення, які відкладатимемо по вісях  $x$  і  $y$ . Вздовж вісі абсцис відкладаємо середній розмір фракції (суму мінімального та максимального розміру даної фракції розділену на два). Наприклад:

$$\left( \frac{0+5}{2} = 2,5; \frac{5+10}{2} = 7,5; \frac{10+20}{2} = 15 \right). \quad (3)$$

На осі ординат відкладаємо число, яке розраховується таким чином: відсоткова частка фракції ділиться на різницю максимального та мінімального розмірів даної фракції:

$$\left( \frac{12}{5-0} = 2,4; \frac{14}{10-5} = 2,8; \frac{22}{20-10} = 2,2 \right). \quad (4)$$

Диференціальна крива зображена на рисунку 2.

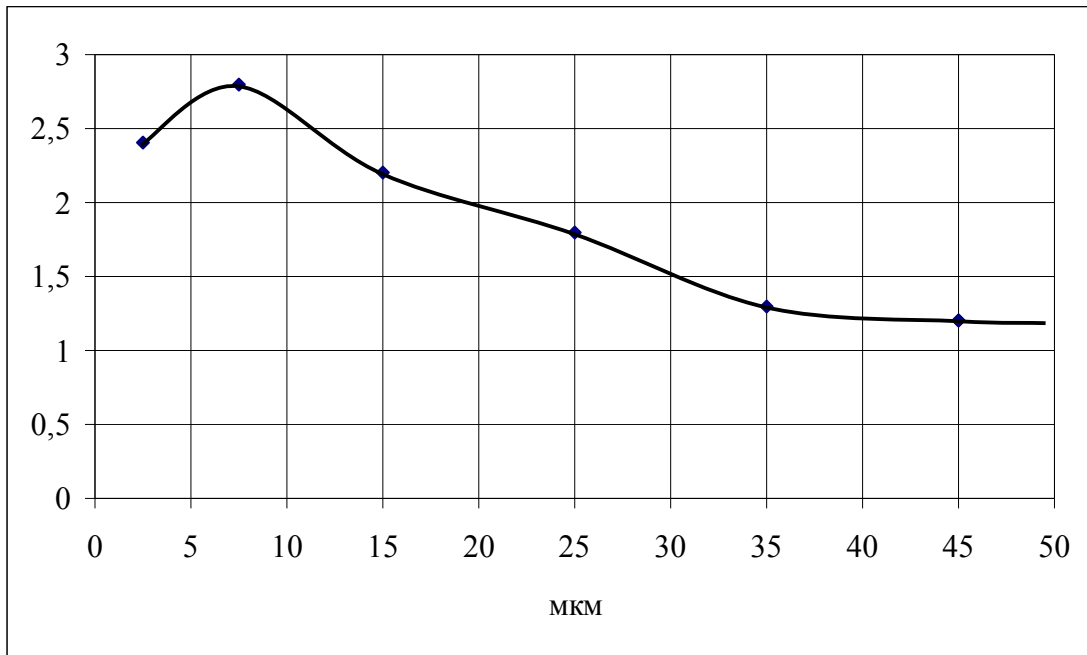


Рисунок 2 – Диференціальна крива

Для побудови інтегральної кривої треба використовувати таблиці 5 і 6. Уздовж осі абсцис відкладаємо величину діаметра часток пилу. На осі ординат – частку частинок пилу за розміром більше ( $R_{дч}$ ) (табл. 5) або менше ( $D_{дч}$ ) даного (табл. 6).

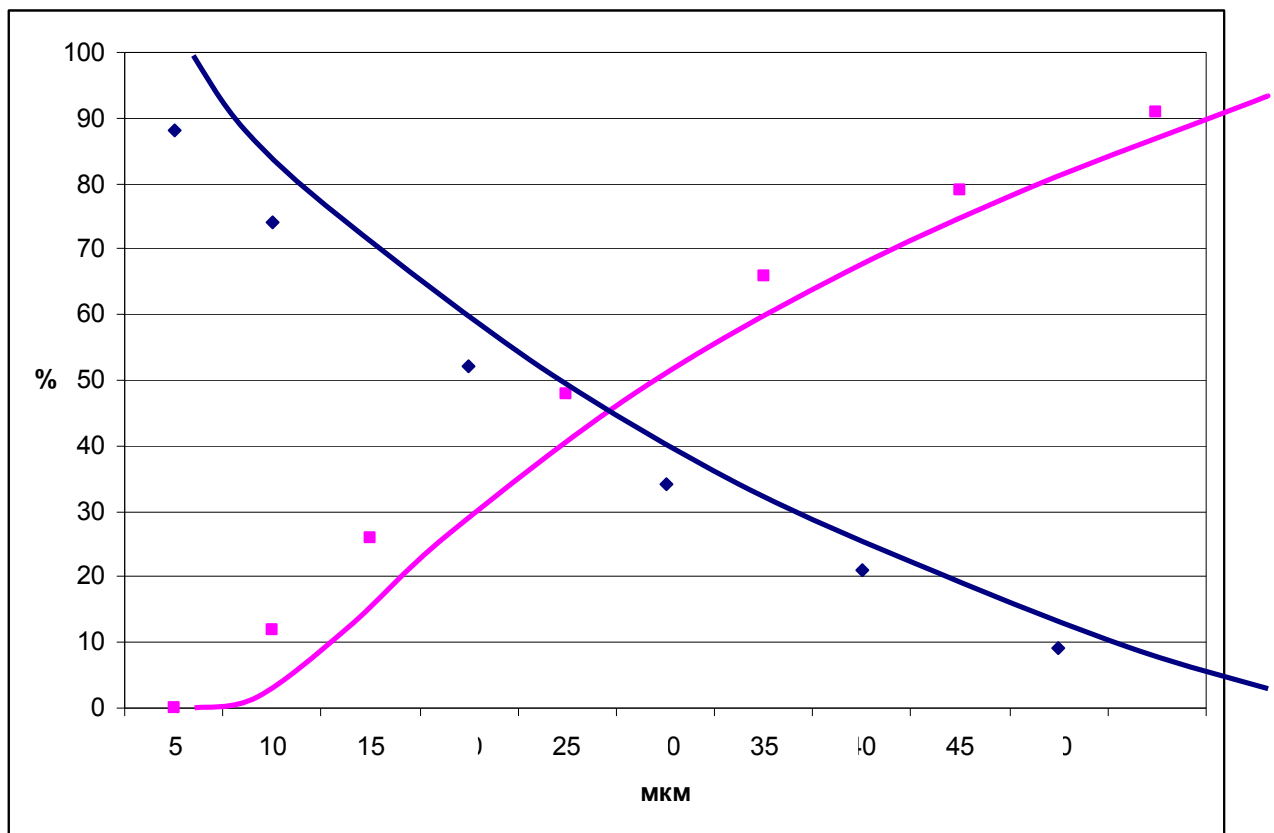


Рисунок 3 – Інтегральні криві

Варіанти для розрахунку завдання 5 подано в таблиці 7.

Таблиця 7 – Варіанти для розрахунку завдання 1

Номер варіанта	Дисперсний склад пилю								
	1	2							
1	Вміст фракції, %	5	10	15	26	20	10	8	6
	Розмір часток, мкм	0 – 5	5 – 10	10 – 12	12 – 20	20 – 30	30 – 40	40 – 50	>50
2	Вміст фракції, %	8	15	12	25	20	10	5	5
	Розмір часток, мкм	0 – 5	5 – 10	10 – 12	12 – 20	20 – 30	30 – 40	40 – 50	>50
3	Вміст фракції, %	5	5	15	35	16	10	8	6
	Розмір часток, мкм	0 – 10	10 – 15	15 – 20	20 – 25	25 – 30	30 – 40	40 – 50	>50
4	Вміст фракції, %	5	3	5	16	37	20	8	6
	Розмір часток, мкм	0 – 10	10 – 15	15 – 20	20 – 25	25 – 30	30 – 40	40 – 50	>50
5	Вміст фракції, %	2	2	5	15	37	25	8	6
	Розмір часток, мкм	0 – 5	5 – 10	10 – 20	20 – 25	25 – 30	30 – 40	40 – 50	>50
6	Вміст фракції, %	2	4	25	30	15	10	8	6
	Розмір часток, мкм	0 – 5	5 – 10	10 – 20	20 – 25	25 – 30	30 – 40	40 – 50	>50
7	Вміст фракції, %	2	5	50	20	10	5	2	6
	Розмір часток, мкм	0 – 5	5 – 10	10 – 20	20 – 30	30 – 40	40 – 50	50 – 55	>55
8	Вміст фракції, %	5	12	40	20	10	5	2	6
	Розмір часток, мкм	0 – 5	5 – 10	10 – 15	15 – 30	30 – 40	40 – 50	50 – 55	>55
9	Вміст фракції, %	5	22	35	20	5	5	2	6
	Розмір часток, мкм	0 – 5	5 – 15	15 – 20	20 – 30	30 – 35	35 – 45	45 – 55	>55
10	Вміст фракції, %	5	35	25	15	5	5	4	6
	Розмір часток, мкм	0 – 5	5 – 10	10 – 20	20 – 30	30 – 35	35 – 45	45 – 55	>55
11	Вміст фракції, %	10	42	20	10	5	3	4	6
	Розмір часток, мкм	0 – 5	5 – 10	10 – 15	15 – 20	20 – 25	25 – 30	30 – 45	>45
12	Вміст фракції, %	5	20	35	30	5	2	1	2
	Розмір часток, мкм	0 – 5	5 – 15	15 – 20	20 – 30	30 – 40	40 – 50	50 – 55	>55

Продовження таблиці 7

1	2								
13	Вміст фракції, %	2	20	15	30	25	5	1	2
	Розмір часток, мкм	0 – 5	5 – 20	20 – 25	25 – 30	30 – 40	40 – 50	50 – 55	>55
14	Вміст фракції, %	2	12	8	15	35	20	5	3
	Розмір часток, мкм	0 – 5	5 – 20	20 – 25	25 – 30	30 – 35	35 – 50	50 – 55	>55
15	Вміст фракції, %	2	5	30	30	15	10	5	3
	Розмір часток, мкм	0 – 5	5 – 10	10 – 25	25 – 30	30 – 35	35 – 45	45 – 50	>50
16	Вміст фракції, %	5	8	25	25	20	10	2	5
	Розмір часток, мкм	0 – 5	5 – 10	10 – 20	20 – 25	25 – 35	35 – 45	45 – 50	>50
17	Вміст фракції, %	2	7	15	34	20	15	2	5
	Розмір часток, мкм	0 – 5	5 – 10	10 – 15	15 – 20	20 – 25	25 – 45	45 – 50	>50
18	Вміст фракції, %	2	10	37	20	10	15	2	4
	Розмір часток, мкм	0 – 5	5 – 10	10 – 15	15 – 20	20 – 25	25 – 45	45 – 50	>50
19	Вміст фракції, %	5	10	15	26	20	10	8	6
	Розмір часток, мкм	0 – 5	5 – 10	10 – 12	12 – 20	20 – 30	30 – 40	40 – 50	>50
20	Вміст фракції, %	8	15	12	25	20	10	5	5
	Розмір часток, мкм	0 – 5	5 – 10	10 – 12	12 – 20	20 – 30	30 – 40	40 – 50	>50
21	Вміст фракції, %	5	5	15	35	16	10	8	6
	Розмір часток, мкм	0 – 10	10 – 15	15 – 20	20 – 25	25 – 30	30 – 40	40 – 50	>50
22	Вміст фракції, %	5	3	5	16	37	20	8	6
	Розмір часток, мкм	0 – 10	10 – 15	15 – 20	20 – 25	25 – 30	30 – 40	40 – 50	>50
23	Вміст фракції, %	2	2	5	15	37	25	8	6
	Розмір часток, мкм	0 – 5	5 – 10	10 – 20	20 – 25	25 – 30	30 – 40	40 – 50	>50
24	Вміст фракції, %	2	4	25	30	15	10	8	6
	Розмір часток, мкм	0 – 5	5 – 10	10 – 20	20 – 25	25 – 30	30 – 40	40 – 50	>50
25	Вміст фракції, %	2	5	50	20	10	5	2	6
	Розмір часток, мкм	0 – 5	5 – 10	10 – 20	20 – 30	30 – 40	40 – 50	50 – 55	>55

**Завдання 6.** Дано:  $d_m = 13$  мкм;  $d_{84,1} = 5$  мкм. Визначити кількість часток пилу з будь-яким з розміром  $d_q = 6$  мкм;  $d_q = 18$  мкм.

### Розв'язання

Кількість часток пилу з розміром  $d_q$  визначається за формулою:

$$\zeta_q = \frac{100}{\sqrt{2\pi} \cdot \lg\sigma_q} \cdot e^{-\frac{\lg^2\left(\frac{d_q}{d_m}\right)}{2 \cdot \lg^2\sigma_q}}, \quad (5)$$

де  $\lg\sigma_q$  – середнє квадратичне відхилення, визначається за формулою:

$$\lg\sigma_q = \lg d_m - \lg d_{84,1} = \lg d_{15,9} - \lg d_m, \quad (6)$$

$d_m$  – медіанний розмір часток пилу;

$d_{84,1}$  – розмір часток пилу, при якому 84,1% часток мають розмір менший за  $d_m$ ;

$d_{15,9}$  – розмір часток пилу, при якому 15,9 % часток мають розмір більший за  $d_m$ ;

$d_q$  – розмір часток пилу, кількість яких треба визначити.

### Приклад розв'язання завдання

За формулою (6) визначаємо  $\lg\sigma_q$ ;

$$\lg\sigma_q = \lg d_m - \lg d_{84,1} = \lg 13 - \lg 5 = 0,414, \quad \lg^2 \sigma_q = 0,414^2 = 0,172.$$

За формулою (5) визначаємо кількість часток з розміром 6 мкм:

$$\zeta_6 = \frac{100}{\sqrt{2\pi} \cdot \lg\sigma_q} \cdot e^{-\frac{\lg^2\left(\frac{d_q}{d_m}\right)}{2 \cdot \lg^2\sigma_q}} = \frac{100}{\sqrt{3,14} \cdot \lg 0,414} \cdot e^{-\frac{\lg^2 \frac{6}{13}}{2 \cdot \lg^2 0,172}} = 0,964 \cdot e^{-0,330} = 0,964 \cdot 0,72 = 0,694.$$

$$\zeta_{18} = \frac{100}{\sqrt{2\pi} \cdot \lg\sigma_q} \cdot e^{-\frac{\lg^2\left(\frac{d_q}{d_m}\right)}{2 \cdot \lg^2\sigma_q}} = \frac{100}{\sqrt{3,14} \cdot \lg 0,414} \cdot e^{-\frac{\lg^2 \frac{18}{13}}{2 \cdot \lg^2 0,172}} = 0,964 \cdot e^{-0,058} = 0,964 \cdot 0,943 = 0,909$$

Варіанти до розрахунку завдання 6 подано в таблиці 8 – Визначити кількість часток пилу з розміром  $d_q = 6$  мкм і  $d_q = 18$  мкм.

Таблиця 8 – Вихідні дані для розрахунку завдання 6

Номер варіанта	$d_m$	$d_{15,9}$	$d_{84,1}$	Номер варіанта	$d_m$	$d_{15,9}$	$d_{84,1}$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	12		5	16	12	19	
2	13		6	17	13	18	
3	14		7	18	14	17	
4	15		8	19	15	16	
5	16		9	20	16	15	
6	17		10	21	17	14	
7	18		11	22	18	13	
8	19		12	23	19	12	
9	20		13	24	20	11	
10	21		14	25	21	10	
11	22		15	26	22	9	
12	23		16	27	23	8	
13	24		17	28	24	7	
14	25		18	29	25	6	
15	26		19	30	26	5	

**Завдання 7.** Визначити щільність газової суміші за нормальних умов, склад якої задано у частках об'єму:  $r_{N_2} = 0,8$ ;  $r_{O_2} = 0,11$ ;  $r_{CO_2} = 0,09$ . Температура газу  $T_r = 273K$ , атмосферний тиск  $P = 101\ 000$  Па.

### Розв'язання

Щільність газової суміші визначається за формулою:

$$\rho_{см} = q_1 \cdot \rho_1 + q_2 \cdot \rho_2 + \dots + q_n \cdot \rho_n, \frac{кг}{м^3}, \quad (7)$$

де  $q_1$  – масова частка компонента, який входить до складу газової суміші;

$\rho_1, \rho_2 \dots \rho_n$  – щільність компонента суміші, яка визначається за рівнянням Клапейрона-Менделєєва:

$$PV = \frac{m}{M} \cdot RT, \quad \rho = \frac{P \cdot M}{R \cdot T}, \quad (8)$$

де  $R$  – газова постійна = 8,314;

$P$  – атмосферний тиск, кПа;

$M$  – молекулярна маса компонента суміші;

$T$  – температура газової суміші, К.

Склад газу в частках маси визначається за формулою:

$$q_i = r_i \frac{M_i}{M_{см}}, \quad (9)$$

де  $q_i$  – частка компонента в частках маси;

$r_i$  – частка компонента, який входить до складу газу в частках об'єму;

$M_{см}$  – молекулярна маса газової суміші;

$M_i$  – молекулярна маса компонента, що входить до складу газу.

До складу газової суміші входять азот, кисень та діоксид вуглецю:

$$M_{N_2} = 14 \cdot 2 = 28; M_{O_2} = 16 \cdot 2 = 32; M_{CO_2} = 12 + 16 \cdot 2 = 44 .$$

$$M_{N_2} = 0,8 \cdot 28 = 22,4 \text{ г/моль}; M_{O_2} = 0,11 \cdot 32 = 3,52 \text{ г/моль};$$

$$M_{CO_2} = 0,09 \cdot 44 = 3,96 \text{ г/моль};$$

$$M_{\text{см}} = 22,4 + 3,52 + 3,96 = 29,88 \text{ г/моль}.$$

За рівнянням (8,9) визначаємо щільність компоненту суміші та масову частку компоненту суміші:

$$q_{N_2} = 0,8 \cdot 28 / 29,88 = 0,75 \quad \rho_{N_2} = \frac{P \cdot M}{R \cdot T} = \frac{100000 \cdot 28}{8314 \cdot 273} = 1,23;$$

$$q_{O_2} = 0,11 \cdot 32 / 29,88 = 0,118 \quad \rho_{O_2} = \frac{P \cdot M}{R \cdot T} = \frac{100000 \cdot 32}{8314 \cdot 273} = 1,409;$$

$$q_{CO_2} = 0,09 \cdot 44 / 29,88 = 0,132 \quad \rho_{CO_2} = \frac{P \cdot M}{R \cdot T} = \frac{100000 \cdot 44}{8314 \cdot 273} = 1,936;$$

$$\rho_{\text{см}} = 0,75 \cdot 1,23 + 0,118 \cdot 1,409 + 0,132 \cdot 1,936 = 1,344 \text{ кг/м}^3.$$

Варіанти до розрахунку завдання 7 подано в таблиці 9.

Таблиця 9 – Вихідні дані для розрахунку завдання 7

Номер варіанта	$\Gamma_{N_2}$	$\Gamma_{O_2}$	$\Gamma_{CO_2}$	Номер варіанта	$\Gamma_{N_2}$	$\Gamma_{O_2}$	$\Gamma_{CO_2}$
1	79	10	11	16	77	10	13
2	78	11	11	17	76	11	13
3	76	12	12	18	75	14	11
4	75	13	12	19	74	12	14
5	80	10	10	20	76	10	14
6	79	11	10	21	77	13	10
7	77	11	12	22	78	12	10
8	78	10	12	23	80	8	12
9	76	13	11	24	74	11	15
10	75	11	14	25	78	10	12
11	78	11	11	26	81	9	10
12	77	12	11	27	81	10	9
13	79	11	10	28	74	14	12
14	74	13	13	29	75	10	15
15	75	12	13	30	80	12	8

### Контрольні питання

1. Склад і будова атмосфери Землі.
2. Дати визначення терміна атмосфера?
3. Які функції виконує атмосфера?
4. Навести приклади антропогенних та природних джерел викидів, класифікувати антропогенні джерела.

5. Поясніть, що таке фізичне забруднення атмосфери (види, приклади).
6. Що таке хімічне забруднення атмосфери? Дайте пояснення.
7. Поясніть, що таке трансформація домішок в атмосфері?
8. Дайте визначення первинної та вторинної домішки.
9. Дайте характеристику основних забруднюючих речовин.
10. Трансформація в атмосфері з'єднань азоту, сірки та вуглецю; навести приклади хімічних реакцій.
11. Для чого потрібно знати властивості пилу і газів?
12. Перелічіть властивості пилу.
13. Назвіть основні властивості газів.
14. За допомогою яких способів можна задати дисперсний склад пилу?
15. На що впливає абразивність пилу в апаратах очищення газів?
16. Як класифікують пил за аутогезійними властивостями (злипання)?
17. За якими критеріями пил поділяють на сипучий або не сипучий?
18. Дайте визначення поняття медіанний розмір часток пилу.
19. Поясніть, які параметри газової суміші можна визначити в будь-якій точці за і-Д діаграмою.
20. Якими засобами можна завдати вологість газу, що таке відносна вологість?



## 2 ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ОБ'ЄКТАМИ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ, РОЗРАХУНОК ВИКИДІВ

### 1.2 Приклади розв'язання типових завдань та варіанти завдань до самостійної роботи студентів

**Завдання 1.** Розрахувати кількість викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря з території підприємства від вантажного автомобільного транспорту з ДВЗ, який працює на бензині та ЗНГ. Витрата палива за рік складає 25т у місті та 35т поза містом. На підприємстві є СТО. Розрахунок викидів проводиться за формулою

$$M_j^r = \sum_{i=1}^n (g_{j1i} \cdot G_{1i}^r + g_{j2i} \cdot G_{2i}^r) \cdot K_{Tji} \cdot 10^{-3}, m \quad (10)$$

де  $g_{j1i}$  і  $g_{j2i}$  – питомі викиди  $j$ -ї забруднюючої речовини з одиниці маси палива, яке використано автомобілями  $k$ -го типу в умовах руху в містах, населених пунктах та поза ними відповідно;

$G_{1i}^r$  і  $G_{2i}^r$  – витрата палива автомобілями  $k$ -го типу в умовах руху в містах, населених пунктах та поза ними відповідно за період  $\tau$ , т;

$K_{Tji}$  – коефіцієнт технічного стану автомобілей. Для діоксиду сірки та сполук свинця  $K_{Tji} = 1$ .

Щоб визначити кількість викидів з території підприємства до формули 10 треба додати множення на 0,005.

Значення питомих викидів забруднюючих речовин для сучасних автомобілей приведені в таблиці 10.

Значення коефіцієнта  $K_{Tji}$ , який враховує вплив технічного стану автомобілей, приведені в таблиці 11.

Таблиця 10 – Значення питомих викидів забруднюючих речовин автомобілями (кг/т палива)

Під час руху в умовах міста та населених пунктів						
Група автомобілей	кг забруднюючих речовин, кг/т палива					
	$g_{CO}$	$g_{CH}$	$g_{NOx}$	$g_{IC}$	$g_{SO2}$	$g_{Pb}$
1	2	3	4	5	6	7
Грузові автомобілі з ДВЗ, які працюють на бензині та зрідженому нафтяному газі (ЗНГ)	233	56,9	16,37	–	0,6	0,23
Грузові автомобілі з дизелями	41,5	6,93	29,6	3,85	5,0	–

Продовження таблиці 10

1	2	3	4	5	6	7
Автобуси з ДВЗ, які працюють на бензині та ЗНГ	233	56,9	16,37	–	0,6	0,23
Під час руху поза містами та населеними пунктами						
Група автомобілей	$g_{CO}$	$g_{CH}$	$g_{NOx}$	$g_C$	$g_{SO_2}$	$g_{Pb}$
Грузові автомобілі з ДВЗ, які працюють на бензині та зрідженому нафтяному газі (ЗНГ)	152	34,2	28,5	–	0,6	0,23
Грузові автомобілі з дизелями	29,3	5,3	33,7	3,85	5,0	–
Автобуси з ДВЗ, які працюють на бензині та ЗНГ	152	34,2	28,5	–	0,6	0,23

Таблиця 11 – Коефіцієнт  $K_{Tji}$ , який враховує вплив технічного стану автомобілей на величину викидів забруднювальних речовин

Група автомобілей	$K_{T_{CO}}$	$K_{T_{CH}}$	$K_{T_{NOx}}$	$K_{T_C}$
Грузові автомобілі з ДВЗ, які працюють на бензині та зрідженому нафтяному газі (ЗНГ)	1,7	1,8	0,9	–
Грузові автомобілі з дизелями	1,5	1,4	0,95	1,8
Автобуси з ДВЗ, які працюють на бензині та ЗНГ	1,7	1,8	0,9	–
Автобуси з дизелями	1,5	1,4	0,95	1,8
Грузові автомобілі й автобуси з ДВЗ, які працюють на стисненому природному газі	1,7	1,8	0,9	–
Легкові службові та спеціальні легкові автомобілі, автомобілі індивідуальних власників із ДВЗ, які працюють на бензині та ЗНГ	1,5	1,5	0,9	–
Примітка: Для діоксиду сірки $SO_2$ та сполук свинцю Pb коефіцієнт $K_T$ дорівнює 1.				

### Розв'язання

Користуючись формулою (10) та даними таблиць 10 і 11, розрахуємо викиди забруднюючих речовин:

$$M_{CO} = (233 \cdot 25 \cdot 1,7 + 152 \cdot 35 \cdot 1,7) \cdot 10^{-3} \cdot 0,005 = 0,0947 \text{ т,}$$

$$M_{CH} = (56,9 \cdot 25 \cdot 1,8 + 34,2 \cdot 35 \cdot 1,8) \cdot 10^{-3} \cdot 0,005 = 0,0236 \text{ т,}$$

$$M_{NOx} = (16,37 \cdot 25 \cdot 0,9 + 28,5 \cdot 35 \cdot 0,9) \cdot 10^{-3} \cdot 0,005 = 0,0063 \text{ т,}$$

$$M_{SO_2} = (0,6 \cdot 25 \cdot 1 + 0,6 \cdot 35 \cdot 1) \cdot 10^{-3} \cdot 0,005 = 0,0002 \text{ т,}$$

$$M_{Pb} = (0,23 \cdot 25 \cdot 1 + 0,23 \cdot 35 \cdot 1) \cdot 10^{-3} \cdot 0,005 = 0,00007 \text{ т.}$$

Викиди забруднювальних речовин від ДВЗ автомобілей під час роботи в режимі стаціонарних джерел (внутрішньогаражні роз'їзди, пости техобслуговування, мийки) визначаються в кількості 0,5 % від викидів при використанні за-

даної кількості палива. В тому числі на гаражні роз'їзди – 70 %, на техобслуговування 30 % від них.

Розраховуємо викиди від СТО (30 %) та внутрішньо-гаражних роз'їздів, стоянки (70 %). Результати розрахунків надамо у таблиці 12.

Кількість викидів від СТО (30 %), т	Кількість викидів від стоянки (70 %), т
$M_{CO} = 0,0947 \cdot 0,3 = 0,0284$	$M_{CO} = 0,0947 \cdot 0,7 = 0,0663$
$M_{CH} = 0,0236 \cdot 0,3 = 0,0078$	$M_{CH} = 0,0236 \cdot 0,7 = 0,0165$
$M_{NOx} = 0,0063 \cdot 0,3 = 0,00189$	$M_{NOx} = 0,0063 \cdot 0,7 = 0,0044$
$M_{SO2} = 0,0002 \cdot 0,3 = 0,000054$	$M_{SO2} = 0,0002 \cdot 0,7 = 0,000126$
$M_{PB} = 0,00007 \cdot 0,3 = 0,000021$	$M_{PB} = 0,00007 \cdot 0,7 = 0,00005$

### Контрольні питання

1. Наведіть перелік продуктів згоряння палива (вугілля) у котельні.
2. Наведіть перелік продуктів згоряння палива (мазуту) у котельні.
3. Наведіть джерела забруднення атмосферного повітря автотранспортом.
4. Від чого залежить кількість викидів діоксиду сірки під час спалювання палива?
5. Які вихідні дані потрібні для розрахунку викидів забруднюючих речовин від енергетичної установки?

## 3 ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ПРОМИСЛОВИМИ ПІДПРИЄМСТВАМИ, РОЗРАХУНОК ВИКИДІВ

### 1.3 Приклади розв'язання типових завдань та варіанти завдань для самостійної роботи студентів

**Завдання 1.** Розрахувати кількість викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря за рік ливарним виробництвом під час виплавляння сталі у електродугових печах ємністю 12 т. Очищення від пилу дорівнює  $\eta = 95\%$ , від оксидів азоту  $\eta = 30\%$ . Процес плавлення – плавка легованої сталі. Кількість робочих днів за рік – 250.

#### Розв'язання

Кількість викидів забруднюючих речовин визначається за формулою:

$$П = q \cdot \beta \cdot D \cdot (1 - \eta) \cdot \tau, \quad (11)$$

де  $q$  – питомий викид забруднюючої речовини, кг/т (визначається за табл. 14);

$q_{\text{пилу}} = 8,7$  кг/т;  $q_{\text{CO}} = 1,5$  кг/т;  $q_{\text{NO}_x} = 0,29$  кг/т.;

$\beta$  – коефіцієнт, який враховує умови плавлення, (визначається за табл. 15 і  $\beta = 0,85$ ).

Таблиця 14 – Питоме виділення забруднюючих речовин з електродугових печей  $q$ , кг/т

Ємність печі, т	Виплавка сталі				Виплавка чавуну			
	Потужність, т/ч	$q$ , кг/т			Потужність, т/ч	$q$ , кг/т		
		пил	CO	NO <sub>x</sub>		пил	CO	NO <sub>x</sub>
0,5	0,33	9,9	1,1	0,27		–	–	–
1,5	0,94	9,8	1,2	0,26		–	–	–
3	1,56	9,5	1,3	0,26	1,65	9,5	1,3	0,26
5	2,0	9,4	1,3	0,26	2,5	9,4	1,3	0,26
6	2,7	9,2	1,4	0,27	2,8	9,2	1,4	0,27
10	3	8,8	1,4	0,27	4,5	8,8	1,4	0,27
12	3,42	8,7	1,5	0,29	5,1	8,7	1,5	0,29
20	5,9	8,1	1,5	0,29	7,0	8,1	1,5	0,29
25	6,2	7,6	1,5	0,29	8,0	7,6	1,5	0,29

Таблиця 15 – Значення коефіцієнта  $\beta$

Умови плавки	Для сталі	Для чавуну
Кислий процес	1	1
Основний процес	0,8	0,67
Використання кисню	1,15	1,1
Плавка легированої сталі	0,85	–
Попередній нагрів шихти до 400 °С	–	1,22

Д – продуктивність плавильного агрегату, т/год. Для печі ємністю 12 т Д = 3,42 т/год;

$\eta$  – ступінь очистки( %), або частки одиниці;

$P_{\text{пилу}} = 8,7 \cdot 0,85 \cdot 3,42 \cdot (1 - 0,95) \cdot 6 \cdot 250 \cdot 10^{-3}$ , т/рік;

$P_{\text{со}} = 1,5 \cdot 0,85 \cdot 3,42 \cdot (1 - 0) \cdot 6 \cdot 250 \cdot 10^{-3}$ , т/рік;

$P_{\text{NOx}} = 0,29 \cdot 0,85 \cdot 3,42 \cdot (1 - 0,3) \cdot 6 \cdot 250 \cdot 10^{-3}$ , т/рік.

Варіанти до розрахунку завдання 1 подано в таблиці 16.

Таблиця 16 – Вихідні дані до завдання 1

Номер варіанта	Вид плавильного агрегату	Продуктивність, т/годину або ємність, т	Назва металу, який виробляється	Вид плавки	Термін роботи обладнання: годин, год/рік	Ступінь очистки, %
1	2	3	4	5	6	7
1	Відкрита вагранка	2	чавун	Процес кислий	3 500	$\eta_{\text{со}} - 90$ , $\eta_{\text{пил}} - 85$
2	Відкрита вагранка	3	чавун	Основний процес	3 500	$\eta_{\text{со}} - 85$ $\eta_{\text{пил}} - 90$
3	Відкрита вагранка	4	чавун	Використання кисню	3 500	$\eta_{\text{со}} - 80$ $\eta_{\text{пил}} - 85$
4	Відкрита вагранка	5	чавун	Процес кислий	3 500	$\eta_{\text{со}} - 65$ $\eta_{\text{пил}} - 85$
5	Відкрита вагранка	7	чавун	Основний процес	3 500	$\eta_{\text{со}} - 75$ $\eta_{\text{пил}} - 80$
6	Відкрита вагранка	10	чавун	Використання кисню	3 500	$\eta_{\text{со}} - 75$ $\eta_{\text{пил}} - 85$
7	Відкрита вагранка	15	чавун	Процес кислий	14год/добу, 250днів	$\eta_{\text{со}} - 65$ $\eta_{\text{пил}} - 85$
8	Відкрита вагранка	20	чавун	Основний процес	14год/добу, 250днів	$\eta_{\text{со}} - 60$ $\eta_{\text{пил}} - 90$
9	Відкрита вагранка	25	чавун	Використання кисню	14год/добу, 250днів	$\eta_{\text{со}} - 80$ $\eta_{\text{пил}} - 85$
10	Електродугова піч	0,5	сталь	Процес кислий	14год/добу, 250днів	$\eta_{\text{пил}} - 85$
11	Електродугова піч	1,5	сталь	Основний процес	14год/добу, 250днів	$\eta_{\text{со}} - 80$

Продовження таблиці 16

1	2	3	4	5	6	7
12	Електродугова піч	3	сталь	Використання кисню	14год/добу, 250днів	$\eta_{\text{пил}} - 75$
13	Електродугова піч	5	сталь	Процес кислий	14год/добу, 250днів	$\eta_{\text{со}} - 85$
14	Електродугова піч	6	сталь	Основний процес	14год/добу, 250днів	$\eta_{\text{со}} - 60$ $\eta_{\text{пил}} - 90$
15	Електродугова піч	10	сталь	Використання кисню	14год/добу, 250днів	$\eta_{\text{со}} - 75$ $\eta_{\text{пил}} - 85$
16	Електродугова піч	12	сталь	Процес кислий	14год/добу, 250днів	$\eta_{\text{со}} - 90$
17	Електродугова піч	20	сталь	Основний процес	14год/добу, 250днів	$\eta_{\text{пил}} - 75$
18	Електродугова піч	25	сталь	Використання кисню	14год/добу, 250днів	$\eta_{\text{со}} - 75$
19	Відкрита вагранка	2	чавун	Процес кислий	14год/добу, 250днів	$\eta_{\text{со}} - 90$ , $\eta_{\text{пил}} - 85$
20	Відкрита вагранка	3	чавун	Основний процес	14год/добу, 250днів	$\eta_{\text{со}} - 85$ $\eta_{\text{пил}} - 90$
21	Відкрита вагранка	4	чавун	Використання кисню	14год/добу, 250днів	$\eta_{\text{со}} - 80$ $\eta_{\text{пил}} - 85$
22	Відкрита вагранка	5	чавун	Процес кислий	14год/добу, 250днів	$\eta_{\text{со}} - 65$ $\eta_{\text{пил}} - 85$
23	Відкрита вагранка	7	чавун	Основний процес	14год/добу, 250днів	$\eta_{\text{со}} - 75$ $\eta_{\text{пил}} - 80$
24	Електродугова піч	0,5	сталь	Процес кислий	14год/добу, 250днів	$\eta_{\text{пил}} - 85$
25	Електродугова піч	1,5	сталь	Основний процес	14год/добу, 250днів	$\eta_{\text{со}} - 80$

**Завдання 2.** Розрахувати кількість викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря за рік під час ручного дугового зварювання. Кількість використаних електродів складає 20 кг/зміну, марка електродів АНВ – 17, кількість робочих днів за рік – 250.

### Розв'язання

Кількість викидів визначається за формулою:

$$П = q \cdot m \cdot \tau, \quad (12)$$

де  $q$  – питомий викид забруднюючої речовини, г/кг електродів (визначається за табл. № 17.), з таблиці:  $q_{\text{Fe}_2\text{O}_3} = 11,98$  г/кг;  $q_{\text{MnO}_2} = 0,71$  г/кг;  $q_{\text{Cr}_2\text{O}_3} = 1,35$  г/кг;

$q_{\text{SiO}_2} = 1,43 \text{ г/кг}$ ;  $q_{\text{Ni}_2\text{O}} = 0,72 \text{ г/кг}$ ;  $q_{\text{HF}} = 2,7 \text{ г/кг}$ ,  $Q_{\text{фториди добре/погано розч.}} = 1,14/6,5 \text{ г/кг}$ ;

$m$  – кількість використаних електродів, кг/змінку або за годину, або за рік

Таблиця 17 – Питоме виділення забрунюючих речовин в атмосферу при зварювальних роботах

Марка електроду	Питомий викид, г/кг								
	Тверді частки						Газоподібні		
	Заліза оксид (ш), $\text{Fe}_2\text{O}_3$	Марганцю оксид, $\text{MnO}_2$	Хрому оксид, $\text{Cr}_2\text{O}_3$	Кремнію оксид, $\text{SiO}_2$	Інші		Водород фтористий (HF)	Азоту оксид ( $\text{NO}_x$ )	Вуглецю оксид ( $\text{CO}$ )
Найменування					Кількість				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ручне дугове зварювання електродами									
АНВ-17	19,98	0,71	1,35	1,43	Нікелю оксид	0,72	2,7	–	–
					Фториди добре/погано розчинні	1,14/6,5	–	–	–
АНО-33	7,50	0,75	–	0,28	Фториди добре/погано розчинні	0,6/1,4	0,03	–	–
АНП-8	9,68	1,05	0,57	2,69	Фториди добре/погано розчинні	1,34/1,75	0,7	–	–
АНТМ-17	7,7	0,29	0,54	2,25	Фториди добре/погано розчинні	1,2/1,48	0,01	–	–
УОНИ-13/75	14,9	1,09	–	1,0	Фториди добре/погано розчинні	4,8/2,7	1,26	2,7	13,3
ЗА-606/11	9,72	0,68	0,6				0,004	1,3	1,4
Є48 – М/18	8,57	1,0	1,43	–	Фториди добре/погано розчинні	0,75/1,5	0,001	–	–

$$P_{\text{Fe}_2\text{O}_3} = 11,98 \cdot 20 \cdot 250 \cdot 10^{-6}, \text{ т/рік}$$

$$P_{\text{MnO}_2} = 0,71 \cdot 20 \cdot 250 \cdot 10^{-6}, \text{ т/рік і т.д.}$$

Варіанти для розрахунку завдання 2 подано в таблиці 18.

Таблиця 18 – Вихідні дані до завдання 2

Номер варіанта	Вид зварювання металу	Кількість використаних електродів, кг	Термін виконання робіт
1	2	3	4
1	Ручне дугове (марка електродів АНО -33)	15/зміну	2 зміни, 250 днів
2	Ручне дугове (марка електродів АНВ -17)	25/зміну	1 зміна, 250 днів
3	Ручне дугове (марка електродів Э48-М/18)	18/зміну	2 зміни, 250 днів
4	Ручне дугове (марка електродів АНП - 8)	19/зміну	1 зміна, 250 днів
5	Ручне дугове (марка електродів ЗА - 606/11)	28/зміну	2 зміни, 250 днів
6	Ручне дугове (марка електродів АНО -33)	16/зміну	1 зміна, 250 днів
7	Ручне дугове (марка електродів АНВ -17)	22/зміну	2 зміни, 250 днів
8	Ручне дугове (марка електродів Э48-М/18)	23/зміну	1 зміна, 250 днів
9	Ручне дугове(марка електродів АНП - 8)	19/зміну	2 зміни, 250 днів
10	Ручне дугове (марка електродів ЗА - 606/11)	17/зміну	1 зміна, 250 днів
11	Ручне дугове (марка електродів АНО -33)	23/зміну	2 зміни, 250 днів
12	Ручне дугове (марка електродів АНВ -17)	21/зміну	1 зміна, 250 днів
13	Ручне дугове (марка електродів Э48-М/18)	15/зміну	2 зміни, 250 днів
14	Ручне дугове (марка електродів АНП -8)	25/зміну	1 зміна, 250 днів
15	Ручне дугове (марка електродів ЗА - 606/11)	18/зміну	2 зміни, 250 днів
16	Ручне дугове (марка електродів АНО -33)	19/зміну	1 зміна, 250 днів
17	Ручне дугове (марка електродів АНВ -17)	28/зміну	2 зміни, 250 днів
18	Ручне дугове (марка електродів Э48-М/18)	16/зміну	1 зміна, 250 днів
19	Ручне дугове (марка електродів АНП -8)	22/зміну	2 зміни, 250 днів
20	Ручне дугове (марка електродів ЗА - 606/11)	23/зміну	1 зміна, 250 днів
21	Ручне дугове (марка електродів АНО -33)	19/зміну	2 зміни, 250 днів
22	Ручне дугове (марка електродів АНВ -17)	17/зміну	1 зміна, 250 днів
23	Ручне дугове (марка електродів Э48-М/18)	23/зміну	2 зміни, 250 днів
24	Ручне дугове (марка електродів АНП -8)	21/зміну	1 зміна, 250 днів
25	Ручне дугове (марка електродів ЗА - 606/11)	19/зміну	2 зміни, 250 днів



**Завдання 3.** Розрахувати кількість викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря за рік під час плазмового різання металу. Товщина листу складає 10 мм, довжина шва – 22 м / зміну, кількість робочих днів за рік – 250.

### Розв'язання

Кількість викидів визначається за формулою (12):

$$П = q \cdot m \cdot \tau,$$

де  $q$  – питомий викид забруднюючої речовини, г/м довжини шву (визначається за табл. 19).

Таблиця 19 – Питоме виділення забруднюючих речовин в атмосферу при різанні сталі

Товщина листа, мм	Пил, г/м	СО, г/м	NO <sub>x</sub> , г/м
Газове різання сталі			
5	2,25	1,5	1,18
10	4,5	2,18	2,2
15	9	2,93	2,4
Плазменне різання сталі вуглеводної низьколегірованої			
10	4,1	1,4	6,8
14	6	2	10
20	10	2,5	14

за таблицею 19 вибираємо:  $q_{\text{пилу}} = 4,1$  г/м;  $q_{\text{со}} = 1,4$  г/м;  $q_{\text{NOx}} = 6,8$  г/м;

$m$  – довжина шва, м;

$$П_{\text{пилу}} = 4,1 \cdot 22 \cdot 250 \cdot 10^{-6} = 0,0225 \text{ т/рік};$$

$$П_{\text{со}} = 1,4 \cdot 22 \cdot 250 \cdot 10^{-6} = 0,0077 \text{ т/рік};$$

$$П_{\text{NOx}} = 6,8 \cdot 22 \cdot 250 \cdot 10^{-6} = 0,0374 \text{ т/рік}.$$

Варіанти для розрахунків завдання 3 подано в таблиці 20.

Таблиця 20 – Вихідні дані до завдання 3

Номер варіанта	Вид різання	Довжина шву, м/зміну/товщина листа	Термін виконання робіт	Номер варіанта	Вид різання	Довжина шву, м/зміну/товщина листа	Термін виконання робіт
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Газове	10/5	2 зміни, 250 днів	14	Газове	25/10	1 зміна, 250 днів
2	Газове	20/10	1 зміна, 250 днів	15	Газове	10/15	2 зміни, 250 днів
3	Газове	15/15	2 зміни, 250 днів	16	Плазменне	22/10	1 зміна, 250 днів

Продовження таблиці 20

1	2	3	4	5	6	7	8
4	Плазменне	12/10	1 зміна, 250 днів	17	Плазменне	19/14	2 зміни, 250 днів
5	Плазменне	18/14	2 зміни, 250 днів	18	Плазменне	24/20	1 зміна, 250 днів
6	Плазменне	25/20	1 зміна, 250 днів	19	Газове	15/5	2 зміни, 250 днів
7	Газове	15/5	2 зміни, 250 днів	20	Плазменне	25/20	1 зміна, 250 днів
8	Газове	25/10	1 зміна, 250 днів	21	Плазменне	18/14	2 зміни, 250 днів
9	Газове	10/15	2 зміни, 250 днів	22	Плазменне	12/10	1 зміна, 250 днів
10	Плазменне	22/10	1 зміна, 250 днів	23	Газове	15/15	2 зміни, 250 днів
11	Плазменне	19/14	2 зміни, 250 днів	24	Газове	20/10	1 зміна, 250 днів
12	Плазменне	24/20	1 зміна, 250 днів	25	Газове	10/5	2 зміни, 250 днів
13	Газове	15/5	2 зміни, 250 днів	–	–	–	–

**Завдання 4.** Розрахувати кількість викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря за рік внаслідок механічного оброблення металів, якщо у цеху працює:

- два токарних верстати, які охолоджуються емульсором, очищення від пилу складає 80 % ( $\eta$ );
- заточувальний верстат з діаметром круга  $d = 300$  мм очищення від пилу складає 90 % ( $\eta$ );
- час роботи обладнання – 1 зміна / 6 годин, 250 днів на рік.

**Розв'язання**

Кількість викидів визначається за формулою:

$$П = q (1 - \eta) \tau, \quad (13)$$

де  $q$  – питомий викид забруднюючої речовини, г/годину; мг/годину, визначається за таблицями № 21, 22.

Таблиця 21 – Питомі викиди під час механічної обробки металів різанням

Обладнання	Встановлена потужність, кВт	При охолодженні маслом	При охолодженні емульсією		Пил, г/год
		аерозоль масла, г/год	аерозоль емульсолу, мг/год	пари води, кг/год	
Токарні станки малих та середніх розмірів	0,65 – 14	0,13 – 2,8	4 – 88	0,1 – 2,1	2 – 4
Фрезерувальні	2,8 – 14	0,56 – 2,8	17 – 88	0,4 – 2,1	15 – 25
Сверлильні	1 – 10	0,2 – 2,0	60 – 63	0,2 – 1,5	3 – 5

Таблиця 22 – Питоме виділення пилу при абразивній обробці

Обладнання	Діаметр шліфувального станка, мм	Питомі виділення пилу, г/год
Кругло-шліфовальний станок	150	117
	300	155
	400	180
	900	310
Заточний станок	100	30 - 40
	200	62 - 85
	300	110 - 135

1. Кількість викидів від токарних верстатів, т/рік :

$$P_{a.емульс.} = 2 \cdot 88 \cdot (1 - 0) \cdot 6 \cdot 250 \cdot 10^{-9},$$

$$P_{пил} = 2 \cdot 4 \cdot (1 - 0,8) \cdot 6 \cdot 250 \cdot 10^{-6}.$$

2. Кількість викидів від заточувального верстату:

$$P_{пил SiO_2} = 135 (1 - 0,9) \cdot 6 \cdot 250 \cdot 10^{-6}.$$

Усього:  $P_{a.емульс.} = \dots$  т/рік;  $P_{пил} = \dots$  т/рік;  $P_{пил SiO_2} = \dots$  т/рік

**Завдання 5.** Розрахувати кількість викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря за рік виробництвом меблевої фабрики, якщо: у столярному цеху працюють два круглопилних верстати, один стругальний та два шліфувальних, очищення від пилу  $\eta = 80\%$ ;  $K_{по} = 0,85$ ;  $K_{емо} = 0,9$ . У цеху склеювання використовується смола ОФЖ-3011 у кількості  $G_{см} = 0,9$  кг/годину;  $K_2 = 0,6$ ;  $K_3 = 0,75$ . Під час оброблювання виробів використовується розчинник Р-5 у кількості  $G_m = 0,5$  кг/годину. Кількість робочих змін – 250 на рік, тривалість зміни – 8 годин.

## Розв'язання

1. Кількість викидів пилу під час оброблення деревини визначається за формулою:

$$G = G_0 \cdot K_n \cdot K_{\text{смо}} \cdot (1 - K_{\text{по}}) \cdot \tau, \quad (14)$$

де  $G_0$  – середньогодинна кількість відходів пилу, кг/год., (табл. 23);

$K_n$  – коефіцієнт вмісту пиловидних відходів (табл. 23).

Таблиця 23 – Значення параметрів  $G_0$  і  $K_n$

Станок	Коефіцієнт використання машинного часу	$G_0$ , кг/год	$K_n$
Круглопилльний, УП	0,7	21	0,3
Стругальний, СФ-4	0,9	97	0,25
Шлифувальний, ШЛ2Д	0,7	4	0,95

Круглопиляльний станок, т/рік:

$$G_{\text{пил}} = 2 \cdot 21 \cdot 0,3 \cdot 0,9 \cdot (1 - 0,85) \cdot 8 \cdot 250 \cdot 10^{-3}$$

Стругальний станок, т/рік :

$$G_{\text{пил}} = 97 \cdot 0,25 \cdot 0,9 \cdot (1 - 0,85) \cdot 8 \cdot 250 \cdot 10^{-3}$$

Шліфувальний станок, т/рік :

$$G_{\text{пил}} = 2 \cdot 4 \cdot 0,95 \cdot 0,9 \cdot (1 - 0,85) \cdot 8 \cdot 250 \cdot 10^{-3}$$

Усього пилу:  $G_n = \dots$  т/рік

2. Кількість викидів під час склеювання визначається за формулою:

$$G = G_{\text{см}} \cdot K_1 \cdot (1 - K_2) \cdot K_3 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-3} \cdot \tau, \quad (15)$$

де  $K_1$  – вміст формальдегіду, фенолу у складі смоли, залежить від марки смоли, (табл. 24).  $K_1 = 1,0\%$  – формальдегід;  $K_1 = 2,5\%$  – фенол.

Таблиця 24 – Вміст вільного формальдегіду й фенолу у складі смоли  $K_1$

Марка смоли	Вміст формальдегіду, %	Вміст фенолу, %
МФ	3 – 4	–
ПМФ	1,0	–
ОФЖ - 3011	1,0	2,5

$K_2$  – кількість фенолу, формальдегіду, яка залишається у готовий продукції (виробництво меблів –  $K_2 = 0,7$ ; виробництво ДСП –  $K_2 = 0,6$ ; виробництво фанери –  $K_2 = 0,5$ );

$K_3$  – характерна кількість речовин, яка виділяється на відповідних виробничих ділянках. (Сушіння шпону –  $K_3 = 0,75$ ; склад готової продукції –  $K_3 = 0,01$ );

$$G_{\text{форм}} = 0,9 \cdot 1,0 \cdot (1 - 0,6) \cdot 0,75 \cdot 8 \cdot 250 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-3}, \text{ т/рік};$$

$$G_{\text{фенол}} = 0,9 \cdot 2,5 \cdot (1 - 0,6) \cdot 0,75 \cdot 8 \cdot 250 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-3}, \text{ т/рік}.$$

4. Кількість викидів під час оброблювання визначається за формулою:

$$G = 0,8 \cdot G_M \cdot K_K \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-3} \cdot \tau, \quad (16)$$

де  $K_K$  – вміст розчинника, який входить до складу матеріалу, яким ведеться оброблювання (табл. 25).

Таблиця 25 – Склад розчинників

Компоненти	Р-4	Р-5	РКБ-1
	склад, %		
Ацетон	26	30	-
Бутілацетат	12	30	50
Бутіловий спирт	-	-	50
Ксілол	-	40	-
Толуол	62	-	-

Для ацетону  $K_K = 30$  %; бутілацетату  $K_K = 30$  %; ксілолу  $K_K = 30$  %;

$$G_{\text{ацетон}} = 0,8 \cdot G_M \cdot K_K \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-3} = 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,3 \cdot 8 \cdot 250 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-3}, \text{ т/рік};$$

$$G_{\text{бутілацетат}} = 0,8 \cdot G_M \cdot K_K \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-3} = 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,3 \cdot 8 \cdot 250 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-3}, \text{ т/рік};$$

$$G_{\text{ксілол}} = 0,8 \cdot G_M \cdot K_K \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-3} = 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,4 \cdot 8 \cdot 250 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-3}, \text{ т/рік}.$$

**Завдання 6.** Розрахувати кількість викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря за рік під час фарбування при нанесенні покриття пневмоелектричним розпилюванням. Частка розчинника у фарбі 50 %. Робота відбувається у дві зміни, кількість змін за рік – 250.

### Розв'язання

1. Кількість викидів аерозолі фарби визначається за формулою:

$$P_a = m_k \cdot \delta_a \cdot 10^{-2} \cdot \tau; \quad P = 70 \cdot 3,5 \cdot 10^{-2} \cdot 2 \cdot 250 \cdot 10^{-3} \text{ т/рік}. \quad (17)$$

2. Кількість викидів парів розчину під час нанесення покриття визначається за формулою:

$$P_p = m_k \cdot f_p \cdot \delta_p' \cdot 10^{-4} \cdot \tau; P_p = 70 \cdot 50 \cdot 20 \cdot 10^{-4} \cdot 2 \cdot 250 \cdot 10^{-3} \text{ т/рік.} \quad (18)$$

3. Кількість викидів парів розчину під час сушіння визначається за формулою:

$$P_p = m_k \cdot f_p \cdot \delta_p'' \cdot 10^{-4} \cdot \tau; P_p = 70 \cdot 50 \cdot 80 \cdot 10^{-4} \cdot 2 \cdot 250 \cdot 10^{-3} \text{ т/рік.} \quad (19)$$

### Контрольні питання

1. Проаналізуйте технологічний процес лакофарбування з точки зору забруднення атмосферного повітря.
2. Дайте якісний склад викидів забруднюючих речовин атмосферне повітря від гальванопокриття.
3. Проаналізуйте технологічний процес зварювання та різання металів з точки зору забруднення атмосферного повітря.
4. Проаналізуйте технологічний процес зварювання та різання металів з точки зору забруднення атмосферного повітря.

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Беликов С. Е. Котлы теплових электростанций и защита атмосферы / С. Е. Беликов, В. Р. Котлер. – М. : Аква – Терм, 2008. – 212 с.
2. Методика визначення «Викиди забруднюючих речовин в атмосферу від енергетичних установок». Затв. Міністерством палива та енергетики України та Міністерством екології та природних ресурсів України. – Київ, 2002. – 43 с.
3. Збірник показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами. – Донецьк : Український науковий центр технічної екології ОАО «УкрНТЕК», 2004. – том 1–3.
4. Методика розрахунку викидів забруднюючих речовин від автомобільного транспорту. – Київ, 2000. – 14 с.
5. Экология города / Под ред. Ф. В. Стольберга. – Київ : Либра, 2000. – 464 с.
6. Справочник по пыле- и золоулавливанию / М. И. Биргер, А. Ю. Вальдберг, Б. И. Мягков и др. ; под общ. ред. А. А. Русанова. – [2-е изд., перераб. и доп.] – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 312 с.

*Виробничо-практичне видання*

Методичні рекомендації

до організації самостійної роботи  
та проведення практичних занять  
із навчальної дисципліни

**«ДЖЕРЕЛА ТА ПРОЦЕСИ  
ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ»**

*(для студентів 3 курсу денної та заочної форм навчання  
спеціальності 101 – Екологія)*

Укладачі: **БЕКЕТОВ** Володимир Єгорович,  
**ЄВТУХОВА** Галина Петрівна

Відповідальний за випуск *Т. В. Дмитренко*

*За авторською редакцією*

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2019, поз. 100 М.

---

Підп. до друку 04.09.2019. Формат 60 × 84/16.

Друк на ризографі. Ум. друк. арк. 1,9.

Тираж 50 пр. Зам. № .

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет  
міського господарства імені О. М. Бекетова,  
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.

Електронна адреса : rectorat@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017.