

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/183.00.1/М/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 46 / 1

## **ЗАТВЕРДЖЕНО**

Науково-методичною радою  
Державного університету  
«Житомирська політехніка»

протокол від «29» червня  
2023 р. №9

## **МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

**для практичної роботи студентів**

**з навчальної дисципліни**

**«Технології і системи захисту атмосфери і літосфери»**

для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «магістр»  
спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища»  
факультет гірничої справи, природокористування та будівництва  
кафедра екології та природоохоронних технологій

Розглянуто і рекомендовано  
на засіданні кафедри екології та  
природоохоронних технологій  
«10» червня 2023 р. протокол № 06

Розробник: к.с.-г.н., доцент кафедри екології та природоохоронних  
технологій Давидова І.В.

Житомир  
2023

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/183.00.1/М/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 46 / 2

## ЗМІСТ

1. Опис навчальної дисципліни _____	4
2. Мета та завдання навчальної дисципліни _____	5
3. Зміст лекційного курсу _____	7
4. Зміст практичних занять _____	8

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/183.00.1/М/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 46 / 3

## 1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітній ступінь	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів 3	Галузь знань 18 «Технології та виробництво»	Нормативна дисципліна	
Модулів – 2	183 «Технології захисту навколишнього середовища»	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2		1-й	1-й
Загальна кількість годин – 90		Семестр	
		1-й	1-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2 год самостійної роботи – 3,6 год	Освітній ступінь «магістр»	Лекції	
		16 год.	4 год.
		Практичні	
		16 год.	6 год.
		Лабораторні	
		0 год.	0 год.
		Самостійна робота	
58 год.	80 год.		
Вид контролю: екзамени			

## 2. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**Метою навчальної дисципліни** є на основі розуміння механізму впливу антропогенної діяльності на стан довкілля сформувати у майбутніх фахівців теоретичні знання щодо методів і технологій захисту навколишнього середовища від антропогенних навантажень.

**Завданнями вивчення навчальної дисципліни** є:

- сформувати здатність аналізувати та оцінювати вплив промислових об'єктів на стан довкілля;
- сформувати здатність застосовувати адекватні методи зменшення впливу промислових об'єктів на довкілля;
- сформувати здатність обґрунтовано обирати та рекомендувати заходи та технології захисту навколишнього середовища та збалансованого природокористування як на локальному (виробничому) рівні, так й на місцевому, регіональному рівнях;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/183.00.1/М/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 46 / 4

– прищепити в майбутніх спеціалістів основи екологічної культури господарювання та споживання.

Зміст навчальної дисципліни направлений на формування наступних **компетентностей**, визначених стандартом вищої освіти зі спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища»:

**ЗК04.** Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

**ЗК07.** Здійснення безпечної діяльності.

**ЗК10.** Здатність до прийняття рішень у складних і непередбачуваних умовах, що потребує застосування нових підходів та методів прогнозування.

**СК01.** Здатність контролювати й оцінювати екологічні ризики впливу техногенних об'єктів і господарської діяльності на довкілля.

**СК03.** Здатність планувати, проектувати та контролювати параметри роботи окремих видів обладнання, техніки і технологій захисту навколишнього середовища.

**СК05.** Здатність впроваджувати і використовувати відновлювані джерела енергії, ресурсо- та енергозберігаючі технології

**СК06.** Здатність контролювати й оцінювати ефективність природоохоронних заходів та застосовуваних технологій

Отримані знання з навчальної дисципліни стануть складовими наступних **програмних результатів** навчання за спеціальністю код спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища»:

**ПР04.** Обґрунтовувати рішення направлені на мінімізацію екологічних ризиків господарської діяльності на загальнодержавному, регіональному й локальному рівнях.

**ПР09.** Оцінювати загрози фізичного, хімічного та біологічного забруднення біосфери та його впливу на довкілля і людину, вміти аналізувати зміни, що відбуваються в навколишньому середовищі під впливом природних і техногенних факторів.

**ПР10.** Оцінювати вплив промислових об'єктів на навколишнє середовище, наслідки інженерної діяльності на довкілля і пов'язану з цим відповідальність за прийняті рішення, планувати і проводити прикладні дослідження з проблем впливу промислових об'єктів на навколишнє середовище.

**ПР12.** Впроваджувати і використовувати відновлювальні джерела енергії та ресурсо- та енергозберігаючі технології у виробничій та соціальній сферах.

**ПР14.** Проектувати системи і технології захисту навколишнього середовища.

**ПР16.** Розробляти моделі засобів захисту довкілля з використанням інноваційних технологій.

### 3. ЗМІСТ ЛЕКЦІЙНОГО КУРСУ

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/183.00.1/М/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 46 / 5

## Модуль 1 Технології і системи захисту атмосфери

### Тема 1. Фактори впливу на стан атмосфери (СК01, ПР09, ПР10).

Природні фактори впливу на стан атмосфери й процеси, що при цьому відбуваються. Вплив клімату і погоди на ступінь забруднення повітря. Атмосфера як термодинамічна система планети. Антропогенні фактори впливу на стан атмосфери та процеси, що при цьому проходять. Процеси, що відбуваються в атмосфері під дією антропогенних факторів.

### Тема 2. Засоби очищення газових викидів сухими пиловловлювачами (ЗК07, СК03, СК06, ПР04, ПР14)

Пилоосаджуючі камери. Інерційні пиловловлювачі. Циклони. Загальна характеристика конструкції циклонів. Циклони загального призначення. Прямоточні циклони. Групові і батарейні циклони. Вихрові та динамічні пиловловлювачі. Тканинні фільтри. Волокнисті фільтри. Зернисті фільтри. Фільтри для очищення радіоактивних викидів.

### Тема 3. Засоби мокрого очищення газових викидів від пилу (ЗК07, СК03, СК06, ПР04, ПР14)

Класифікація обладнання для мокрого пиловловлювання. Порожністі газопромивачі. Насадкові газопромивачі. Пінні пиловловлювачі. Ударно-інерційні газопромивачі. Газопромивачі відцентрової дії. Швидкісні газопромивачі.

### Тема 4. Засоби для очищення газових викидів від газо- й пароподібних речовин (ЗК07, СК03, СК06, ПР04, ПР14)

Класифікація технологічного обладнання для абсорбційного очищення газових викидів. Поверхневі насадкові абсорбери. Барботажні абсорбери. Розпилювальні абсорбери. Механічні розпилювальні газопромивачі. Класифікація технологічного обладнання для адсорбційного очищення газових викидів. Адсорбери з нерухомим шаром адсорбенту. Адсорбери з рухомим шаром адсорбенту. Адсорбери з киплячим шаром адсорбенту. Адсорбери з віброкиплячим шаром адсорбенту.

## Модуль 2. Технології і системи захисту атмосфери

### Тема 5. Тверді відходи і методи їх утилізації (ЗК04, ЗК07, СК05, СК06, ПР04, ПР10, ПР12, ПР14, ПР16).

Основні види забруднення літосфери. Основні поняття у сфері поводження з відходами. Методи утилізації відходів. Проектування та будівництво полігонів. Принцип роботи сміттєпереробного заводу. Механічне сортування ТПВ. Радіоактивні відходи.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/183.00.1/М/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 46 / 6

**Тема 6.** Забруднення ґрунту (ЗК07, ЗК10, СК01, СК06, ПР09, ПР10, ПР16).

Шляхи надходження забруднюючих речовин у ґрунт. Забруднення ґрунту пестицидами та добривами.

**Тема 7.** Відновлення земель після техногенних порушень (ЗК1, СК03, СК05, СК06, ПР04, ПР10, ПР16).

Рекультивация територій. Технічна рекультивация. Біологічна рекультивация. Будівельний етап рекультивации.

**Тема 8.** Природні території, що особливо охороняються (СК06, ПР09, ПР16).

Закон України «Про природно-заповідний фонд України». Державні природні заповідники. Біосферні заповідники. Природні національні парки. Памятки природи. Дендрологічні і ботанічні сади.

## ЗМІСТ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1	Розрахунок максимальних приземних концентрацій забруднюючих речовин, що викидаються підприємством	2	-
2	Технологічні розрахунки циклонів і визначення їх конструктивних розмірів	2	2
3	Технологічні розрахунки пилоосаджувальних камер і визначення їх конструктивних розмірів	2	2
4	Розрахунок параметрів роботи рукавних фільтрів	2	-
5	Оцінка побутових і промислових відходів	2	2
6	Методи визначення ступеня еродованості (дефльованості) ґрунтів та інтенсивності ерозії (дефляції) і протиерозійної (протидефляційної) стійкості ґрунтів	2	-
7	Створення штучного рельєфу з використанням законсервованих родючих субстратів	2	-
8	Вивчення класифікації обмежень та обтяжень у використанні земельних ділянок	2	-
РАЗОМ		16	6

### ПРАКТИЧНА РОБОТА 1. РОЗРАХУНОК МАКСИМАЛЬНИХ ПРИЗЕМНИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН, ЩО ВИКИДАЮТЬСЯ ПІДПРИЄМСТВОМ

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/183.00.1/М/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 46 / 7

**Мета роботи:** набути практичних навичок у виконанні розрахунків максимальних приземних концентрацій забруднюючих речовин, що викидаються підприємством.

У басейні річки розташоване підприємство, яке є стаціонарним джерелом забруднення атмосферного повітря.

**Завдання роботи:** розрахувати максимальні приземні концентрації забруднюючих речовин, що викидаються підприємством і відстані їхнього формування. Проаналізувати вплив забруднення на прилеглу до підприємства територію.

Забруднююча речовина	Варіанти									
	1 с	2 л	3 б	4 к	5 т	6 ч	7 л	8 с	9 в	10 ж
Сірчаний газ	0,8	0,6	0,8	0,7	0,75	0,65	0,8	0,81	0,6	0,7
Сірководень	0,2	0,3	0,4	0,2	0,15	0,3	0,2	0,2	0,4	0,5
Оксид вуглецю	3,6	3,7	3,5	2,9	3,1	3,5	3,5	3,6	3,8	3,6
Пил нетоксичний	5,2	6	5	5,2	4,9	5,1	5,0	3,1	5,5	5,7
Сажа	0,1	0,2	0,1	0,15	0,2	0,15	0,25	0,3	0,2	0,1
Діоксид азоту	0,45	0,45	0,5	0,4	0,3	0,51	0,6	0,4	0,7	0,8
Висота труби, м	40	35	30	42	30	30	40	36	30	30
Діаметр труби, м	0,1	0,2	0,1	0,3	0,1	0,1	0,2	0,3	0,1	0,1
Швидкість викиду, м/с	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
Температура викиду, °С	83	80	75	83	82	80	83	80	75	80

Розподіл концентрації забруднюючих речовин в атмосфері підпорядковується законам турбулентної дифузії. На розсіювання викидів суттєво впливає стан атмосфери, розміщення підприємства і характеристика джерел викиду (висота джерела, діаметр гирла), особливості місцевості, фізичні та хімічні властивості речовин, що викидаються. Горизонтальне переміщення суміші визначається, як правило, швидкістю вітру, а вертикальне – розподілом температур у вертикальному напрямку.

З віддаленням від джерела викиду (труби) в напрямку розподілу промислових викидів виокремлюють три зони забруднення атмосфери:

1) зону перекиду факела викидів (вона характеризується невисоким вмістом шкідливих речовин у приземному шарі повітря);

2) зону задимлення з максимальним вмістом шкідливих речовин (ця зона найнебезпечніша для населення), яка залежить від метеорологічних умов і може бути розміщена у межах 10-49 висот джерела викиду (труби) від забудови;

3) зону поступового зниження рівня забруднення.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/183.00.1/М/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 46 / 8

Значення максимальної приземної концентрації прямо пропорційне до обсягу викидів з джерела і обернено пропорційне квадрату висоти джерела (викиду) над землею. Підйом гарячих потоків майже повністю зумовлений підйомною силою газів, що мають вищу температуру, ніж навколишнє повітря.

Максимальне значення приземної концентрації шкідливої речовини  $C_M$  (мг/м<sup>3</sup>) при викиді газоповітряної суміші з одиничного джерела з круглим гирлом, яке досягається за несприятливих умов на відстані  $X$  м (м) від джерела визначають за формулою:

$$C_M = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \Delta T}},$$

де  $A$  – коефіцієнт, що враховує частоту температурних інверсій; для розміщених в Україні джерел висотою менше 200 м у зоні від 50° до 52° п.ш. – 180 (Чернігівська, Сумська, Київська, Волинська, Рівненська, Житомирська області), а південніше 50° п.ш. – 200;  $M$  – маса шкідливої речовини, викинутої в атмосферу за одиницю часу, г/с;  $F$  – коефіцієнт швидкості осідання шкідливих речовин в атмосфері (для гзів – 1, для пари – 2, для пилу – 3);  $H$  – висота джерела викиду, м (для наземних джерел  $H = 2$  м);  $\eta$  – коефіцієнт, що враховує вплив рельєфу місцевості. Якщо місцевість рівна або з перепадом висот, які не перевищують 50 м на 1 км, приймають  $\eta = 1$ ;  $\Delta T$  (°C) – різниця між температурою, що викидається газоповітряною сумішшю  $T_2$  і температурою навколишнього атмосферного повітря  $T_n$ ;  $V_1$  (м<sup>3</sup>/с) – витрата газоповітряної суміші, яку визначають за формулою:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} w_0; \text{ де}$$

$D$  – діаметр гирла труби, м;  $w_0$  – середня швидкість виходу газоповітряної суміші з гирла джерела викиду, м/с;  $m$  і  $n$  – коефіцієнти, що враховують умови виходу газоповітряної суміші з гирла джерела викиду, їх визначають залежно від параметрів  $f$ ;  $f_e$ ;  $V_M$ ;  $V'_M$ :

$$f = 1000 \frac{w_0 D}{H^2 \Delta T};$$

$$V'_M = 1.3 \frac{w_0 D}{H};$$

$$f_e = 800 (V'_M)^3;$$



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/183.00.1/М/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 46 / 9

$$V_M = 0,65 \sqrt[3]{\frac{V_1 \Delta T}{H}}, \text{ де}$$

$V_M$  – небезпечна швидкість вітру,  $V'_M$  - швидкість вітру, за якої приземні концентрації мають найбільші значення. Коефіцієнт  $m$  визначають залежно від  $f$  за формулою:

$$m = \frac{1}{0.67 + 0.1\sqrt{f} + 0.34\sqrt[3]{f}}, \text{ при } f < 100;$$

$$m = \frac{1,47}{\sqrt[3]{f}}, \text{ при } f \geq 100.$$

Для  $f_e < f < 100$  значення коефіцієнта  $m$  знаходять при  $f = f_e$ . Коефіцієнт  $n$  при  $f < 100$  визначається залежно від  $V_M$ :

$$n = 4,4 V_M, \text{ при } V_M < 0,5;$$

$$n = 0,532 V_M^2 - 2,13 V_M + 3,13, \text{ при } 0,5 \leq V_M < 2;$$

$$n = 1, \text{ при } V_M \leq 2.$$

При  $f \geq 100$  або  $\Delta T \approx 0$  ( $V'_M = 0,5$  (холодні викиди)) обчислюється так:

$$C_M = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot n \cdot \eta}{H^{\frac{4}{3}}} K ;$$

$$K = \frac{D}{8 \cdot V_1} = \frac{1}{7.1 \sqrt{W_0} V_1}.$$

Коефіцієнт  $n$  розраховують за формулами при  $V_M = V'_M$ .

Після розрахунків визначають відстань, на якій формується максимальна приземна концентрація. Відстань  $X_M$  від джерела викидів, на яких приземна концентрація  $C$  за несприятливих метеорологічних умов досягає максимального значення  $C_M$  визначають за формулами:

$$\text{якщо } F < 2, \text{ то } X_M = d H;$$

$$\text{якщо } F \geq 2, \text{ то } X_M = \frac{5 - F}{4} d H$$

Значення безрозмірного параметру  $d$  знаходять за формулами (при  $f < 100$ ):

$$d = 2.48 (1 + 0.28 \sqrt[3]{f}), \text{ при } V_M \leq 0,5;$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/183.00.1/М/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 46 / 10

$$d = 4.95 V_M (1 + 0.28 \sqrt[3]{f}), \text{ при } 0.5 < V_M \leq 2;$$

$$d = 7 \sqrt{V_M} (1 + 0.28 \sqrt[3]{f}), \text{ при } V_M > 2.$$

Для речовин, концентрації яких перевищують гранично допустимі максимальні разові концентрації, розраховують відстань, на якій формується концентрація в межах ГДК.

За небезпечної швидкості вітру  $V_M$  приземну концентрацію шкідливих речовин  $C$  ( $\text{г/м}^3$ ) в атмосфері по осі факела викиду на різних відстанях  $X_M$  від джерела викиду визначають за формулою:

$$C = S_1 C_M,$$

де  $S_1$  – коефіцієнт, який визначається залежно від відношення  $X/X_M$  і коефіцієнта  $F$ .

$$S_1 = 3 (X/X_M)^4 - 8 (X/X_M)^3 + 6 (X/X_M)^2, \text{ при } X/X_M \leq 1$$

$$S_1 = \frac{1.13}{0.13 (X/X_M)^2 + 1}, \text{ при } 1 < X/X_M \leq 8$$

$$S_1 = \frac{X/X_M}{3.58 (X/X_M)^2 - 35.2 (X/X_M) + 120}, \text{ при } X/X_M > 8, F \leq 1.5$$

$$S_1 = \frac{1}{0.1 (X/X_M)^2 + 2.47 (X/X_M) - 17.8}, \text{ при } X/X_M > 8, F > 1.5$$

Оскільки у газоповітряній суміші, що викидає завод, присутні речовини, концентрація яких перевищують ГДК, слід з'ясувати відстані, на яких ці концентрації досягають допустимих значень.

Максимально разова гранично допустима концентрація (ГДК м.р.) – основна характеристика небезпечності шкідливої речовини, яка встановлюється для попередження рефлекторних реакцій у людини (відчуття запаху, світлової чутливості, біоелектричної активності головного мозку) при короткотривалому впливі атмосферних домішок. Використовується для оцінювання умов праці у забруднених приміщеннях.

Середньодобова гранично допустима концентрація (ГДК с.д.) – характеристика небезпечності шкідливої речовини, встановлена для попередження загально токсичного, канцерогенного, мутагенного та інших впливів речовин на організм людини. Використовують для оцінювання зон житлової забудови.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/183.00.1/М/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 46 / 11

## ПРАКТИЧНА РОБОТА 2. ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ ЦИКЛОНІВ І ВИЗНАЧЕННЯ ЇХ КОНСТРУКТИВНИХ РОЗМІРІВ

**Мета роботи:** набути практичних навичок у виконанні розрахунків по визначенню основних технологічних параметрів роботи циклонів та їх конструктивних розмірів.

**Завдання роботи:** 1) освоїти методику виконання розрахунків по визначенню основних технологічних параметрів роботи циклонів та їх конструктивних розмірів; 2) виконати розрахунки по визначенню основних технологічних параметрів роботи циклонів та їх конструктивних розмірів згідно з варіантом завдання; 3) дати письмову відповідь на питання, наведені в кінці роботи.

### 1. Загальна характеристика конструкцій циклонів

Серед засобів сухого інерційного очищення газових викидів від пилу найбільш поширені циклони, які застосовуються для виділення з газового потоку частинок порівняно великого розміру. Вони здійснюють очищення газів в різних галузях промисловості: у чорній і кольоровій металургії, хімічній і нафтовій промисловості, промисловості будівельних матеріалів, енергетиці і ін.

Залежно від якостей пилу і його дисперсного складу та вимог до очищення газу циклони застосовуються як апарати першого ступеня очищення або в сполученні з іншими пиловловлювачами. Вони ефективно вловлюють з газу частинки пилу діаметром 5 мкм і більші. Допустима початкова концентрація пилу в пилогазовому потоці, що очищується в циклонах, залежить від якостей забруднених газів, конструкції й розмірів циклона. При невеликих капітальних і експлуатаційних витратах, циклони залежно від характеристик уловлюваного пилу, типу і режиму роботи забезпечують ефективність очищення газів і пиловловлювання на рівні 80-95%.

Перевагою циклонів є:

- відсутність рухомих частин в апараті;
- надійне функціонування при температурах газів майже до 500°C;
- можливість вловлювання абразивних матеріалів при захисті спеціальним покриттям внутрішньої поверхні;
- простота виготовлення конструкції;
- незалежність роботи апарата від тиску газу;
- незалежність фракційної ефективності очищення від зростання запиленості газів;
- висока продуктивність при порівняно низькій вартості.

Недоліком їх є те, що значний гідравлічний опір 1250...1500 Па високоефективних циклонів призводить до поганого уловлення частинок розміром менше 5 мкм.

Класифікація циклонів за конструктивними ознаками наведена на рисунку. 2.1.

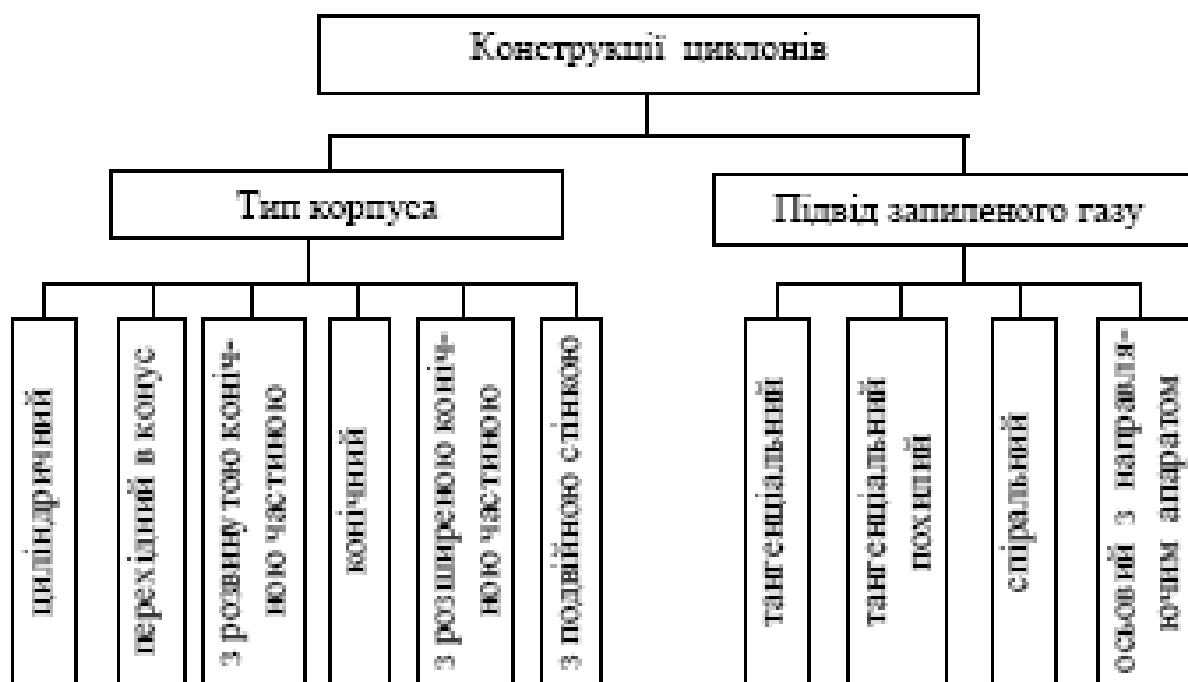


Рис. 2.1. Класифікація циклонів за конструктивними ознаками

В різних галузях промисловості залежно від умов виробництва та вимог очищення використовують різноманітні типи циклонів (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1. Класифікація циклонів за призначенням

Призначення циклона	Марка циклона
Уловлення сухого пилу, що не злипається	СИОТ, СИОТ – М, СИОТ – М1, ЛИОТ
Уловлення пилу в технологічних газах і вентиляційних викидах	ЦН-11, ЦН-15, ЦН-15У, ЦН-24, СДК-ЦН33, СДК-ЦН34, СДК-ЦН34М, СК-ЦН

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/183.00.1/М/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 46 / 13

Очищення технологічних викидів деревообробних виробництв від пилу, що не злипається, неволокнистих, а також сумішей пилу з сухою тирсою і стружкою	ОЭКДМ, УЦ конструкції Древрома, циклони конструкції Гипродревпрома типу Ц, циклони Гипродрева, ЛТА
Видалення відходів борошномельної та комбікормової промисловості	УЦ-38 конструкції Мельстроля, ЦОЛ, 4БЦШ
Видалення абразивного пилу	ЦОК
Видалення волокнистого і зернистого пилу, та пилу, який злипається	ЦМ, РИСИ
Уловлювання пилу після систем сушки або помелу палива парогенераторів, що спалюють тверде паливо в пилоподібному стані	ЦП-2

## 2. Методика визначення основних технологічних параметрів роботи циклонів та їх конструктивних розмірів

Для виконання розрахунків по визначенню основних технологічних параметрів роботи циклона необхідні такі вихідні дані:

Об'єм (витрати) очищуваного газу	$Q_{\Gamma}, \text{ м}^3/\text{с}$
Температура очищуваного газу	$t_{\Gamma}, \text{ }^{\circ}\text{C}$
Густина очищуваного газу за робочих умов	$\rho, \text{ кг}/\text{м}^3$
Динамічна в'язкість очищуваного газу за нормальних умов	$\mu, \text{ мкПа} \cdot \text{ с}$
Дисперсний склад пилу	$d_{50}, \text{ мкм}$
Ступінь полідисперсності пилу	$\lg \delta$
Вхідна концентрація пилу	$C_{\text{вх}}, \text{ г}/\text{м}^3$
Густина часток пилу	$\rho_{\text{ч}}, \text{ кг}/\text{м}^3$
Необхідна ефективність очищення газопилової суміші	$\eta$

### 2.1. Розраховуємо витрати очищуваного газу при робочих умовах:

$$Q_{\Gamma P} = \frac{Q_{\Gamma}(t_{\Gamma} + T_0)}{T_0} \quad (2.1)$$

де

$Q_{\Gamma}$  - об'єм (витрати) очищуваного газу,  $\text{ м}^3/\text{с}$ ;

$t_{\Gamma}$  - температура очищуваного газу,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$T_0$  -  $273^{\circ}\text{K}$  – абсолютна температура.

### 2.2. Визначаємо необхідну площу перерізу циклона:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/183.00.1/М/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 46 / 14

$$S_{ц} = \frac{Q_{гр}}{w_{ог}} \quad (2.2)$$

де

$Q_{гр}$  - витрати очищеного газу при робочих умовах, м<sup>3</sup>/с;

$w_{ог}$  – оптимальна швидкість руху очищеного газу в циклоні, м/с (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2. Оптимальна швидкість руху очищеного газу  $w_{ог}$  в перерізі циклона з діаметром  $D$ , м/с

Тип циклона	ЦН-24	ЦН-15	ЦН-11	СКД-ЦН-33	СК-ЦН-34	СК-ЦН-34М
$w_{оп}$	4,5	3,5	3,5	2,0	1,7	2,0

### 2.3. Обчислюємо діаметр циклона за формулою 1.3:

$$D_{ц} = \sqrt{\frac{4S_{ц}}{\pi}} \quad (2.3)$$

Обчислене значення діаметра циклона  $D_{ц}$  округляють до величини стандартного значення циклона  $D$ . Якщо розрахунковий діаметр перевищує максимальне значення, передбачають встановлення декількох паралельних циклонів.

### 2.4. За вибраним значенням діаметра циклона знаходимо дійсну швидкість газів у циклоні:

$$w = 4Q_{гр} / (\pi n D^2) \quad (2.4)$$

де

$n$  – кількість встановлених, за необхідності, паралельних циклонів.

Дійсна швидкість газу в циклоні  $w$  не повинна різнитися з оптимальною  $w_{ог}$  більше, ніж на 15%.

### 2.5. Обчислюємо коефіцієнт гідравлічного опору циклона:

$$\varphi = K_1 K_2 \varphi_{500} + K_3 \quad (2.5)$$

де:

$\varphi_{500}$  – коефіцієнт гідравлічного опору одиночного циклона діаметром 500 мм, Па (таблиця 2.3);

$K_1$  – поправковий коефіцієнт, що враховує діаметр циклона (таблиця 2.4);

$K_2$  – поправковий коефіцієнт, що враховує запиленість газу (таблиця 2.5);

$K_3$  - поправковий коефіцієнт, який враховується лише для батарейних (групових) циклонів (таблиця 2.6).

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/183.00.1/М/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 46 / 15

Таблиця 2.3. Параметри, що визначають ефективність роботи типових циклонів

Марка циклона	Середній розмір частинок $d_{50}^T$ , мкм	Ступінь полідисперсності пилу, $lg \delta_{\eta}$	Коефіцієнт гідравлічного опору, Па		
			без додаткових пристроїв		з вихідним равликком
			$\Phi_{500}^M$	$\Phi_{500}^O$	
ЦН-11	3,65	0,352	245	250	235
ЦН-15	4,50	0,352	155	163	150
ЦН-15У	6,00	0,283	165	170	158
ЦН-24	8,50	0,308	75	80	73
СДК-ЦН-33	2,31	0,364	520	600	500
СДК-ЦН-34	1,95	0,308	050	1150	-
СДК-ЦН-34М	1,13	0,340	-	2800	-
СИОТ	2,6	0,280	-	1400	-
Ц	4,12	0,340	-	210	-

Примітка. Коефіцієнт гідравлічного опору для поодиноких циклонів ЦН-11, ЦН-15, ЦН-15У, ЦН-24, СДК-ЦН-33, СДК-ЦН-34, СДК-ЦН-34М наведено для діаметра 500 мм. Індекс “М” означає, що циклон працює в гідравлічній мережі, а “О” – безпосередній випуск очищених газів в атмосферу.

Таблиця 2.4. Значення поправкового коефіцієнта  $K_1$  залежно від діаметра циклона

Тип циклона	Значення $K_1$ для циклона діаметром D, мм				
	150	200	300	450	500
ЦН-11	0,94	0,95	0,96	0,99	1,0
ЦН-15, ЦН-24	0,85	0,90	0,93	1,0	1,0
СДК-ЦН-33, СДК-ЦН-34, СДК-ЦН-34М	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Таблиця 2.5. Значення поправкового коефіцієнта  $K_2$  залежно від запиленості газів для циклонів діаметром 500 мм

Тип циклона	Значення $k_2$ при $C_{вх}$ , $г/м^3$						
	0	10	20	40	80	120	150
ЦН-11	1,0	0,96	0,94	0,92	0,90	0,87	0,85
ЦН-15	1,0	0,93	0,92	0,91	0,90	0,87	0,86
ЦН-15У	1,0	0,93	0,92	0,91	0,89	0,88	0,87
ЦН-24	1,0	0,95	0,93	0,92	0,90	0,87	0,86

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/183.00.1/М/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 46 / 16

СКД-ЦН-33	1,0	0,81	0,785	0,78	0,77	0,76	0,745
СДК-ЦН-34	1,0	0,98	0,947	0,93	0,915	0,91	0,90
СДК-ЦН-34М	1,0	0,99	0,97	0,95	-	-	-

Таблиця 2.6. Значення поправкового коефіцієнта  $K_3$  для груп циклонів типу ЦН

Характеристика групового циклона	$K_3$ , Па
Компонування, нижче організоване підведення	60
Компонування, циклонні елементи розташовані в одній площині. Відведення з загальної камери чистого газу	35
Таке саме, але равликоне відведення із циклонних елементів	28
Прямокутне компонування. Вільне підведення потоку в загальну камеру	60

### 2.6. Знаходимо втрати тиску в циклоні:

$$\Delta P = 0,5 \varphi_{500} \rho_{ГР} W \quad (2.6)$$

де

$\rho_{ГР}$  – густина газу при робочих умовах,  $\text{кг/м}^3$ .

Густина газу при робочих умовах визначається за формулою 1.7:

$$\rho_{ГР} = \rho_{Г} \frac{P_0 (P_a - P')}{P_0 (T_0 + t_2)} \quad (2.7)$$

де

$\rho_{Г}$  – густина вологого газу за нормальних умов,  $\text{кг/м}^3$ ;

$P_0$  – нормальний атмосферний тиск, 101300 Па;

$P_a$  – фактичний атмосферний тиск, Па;

$P'$  – розрідження газу в циклоні, Па.

Втрати тиску газу в циклоні не повинні перевищувати допустимого значення для даного типу апарата.

### 2.7. Визначаємо медіанну тонкість очищення при робочих умовах:

$$d_{50}^M = d_{50}^T \sqrt{(D / D_T) (\rho_c / \rho_T) (\mu_p / \mu_T) (w_T / w)} \quad (2.8)$$

де

$d_{50}^T$  – середній розмір часточок пилу, мкм (таблиця 2.3);



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/183.00.1/М/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 46 / 17

$D_T = 0,6$  м;

$\rho_T = 1930$  кг/м<sup>3</sup>;

$\mu_{гр}$  – динамічна в'язкість газу при робочих умовах, мкПа · с, яку визначають за формулою 1.9:

$$\mu_{гр} = \mu_T \left( \frac{T_0 + C}{(T_0 + t_z) + C} \right) \left( \frac{T_0 + t_z}{T_0} \right)^{3/2} \quad (2.9)$$

де  $C = 124$  – константа.

$\mu_T = 22,2 \cdot$  мкПа · с;

$w_T = 3,5$  м/с.

### 2.8. Знаходимо ефективність очищення газу в циклоні:

$$\eta = 50 [1 + \Phi(x)] \quad (2.10)$$

де  $\Phi(x)$  – нормальна функція розподілу (табл. 9) від параметра  $X$ , що обчислюється за формулою:

$$X = \lg(d_{50} / d_{50}^T) \frac{1}{\sqrt{\lg^2 \delta_\eta + \lg^2 \delta}}$$

Значення  $d_{50}$  та  $\lg \delta$  для деяких видів пилу наведені в таблиці 2.7, значення  $\lg \delta_\eta$  наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.7. Значення середнього розміру частинок і ступеня полідисперсності деяких видів пилу

Технологічний процес	Вид пилу	Середній розмір частинок, $d_{50}$ мкм	Ступінь полідисперсності, $\lg \delta$
Точіння інструментів	Абразивно-металевий	38	0,214
Експериментальні дослідження	Кварцовий пил	3,7	0,405
Сушіння вугілля	Вугільний пил	15	0,334

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/183.00.1/М/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 46 / 18

в барабані			
Виробництво будівельних матеріалів	Цементний пил	20	0,468

Таблиця 2.8. Значення нормальної функції розподілу

Значення X	Φ(x)	Значення X	Φ(x)	Значення X	Φ(x)	Значення X	Φ(x)
-2,7	0,004	-1,3	0,097	0,1	0,540	1,5	0,933
-2,6	0,005	-1,2	0,115	0,2	0,579	1,6	0,945
-2,5	0,006	-1,1	0,136	0,3	0,618	1,7	0,955
-2,4	0,008	-1,0	0,159	0,4	0,655	1,8	0,964
-2,3	0,0011	-0,9	0,184	0,5	0,691	1,9	0,971
-2,2	0,0014	-0,8	0,212	0,6	0,719	2,0	0,977
-2,1	0,0018	-0,7	0,242	0,7	0,758	2,1	0,982
-2,0	0,023	-0,6	0,274	0,8	0,788	2,2	0,986
-1,9	0,029	-0,5	0,308	0,9	0,816	2,3	0,989
-1,8	0,036	-0,4	0,345	1,0	0,841	2,4	0,992
-1,7	0,045	-0,3	0,382	1,1	0,864	2,5	0,994
-1,6	0,055	-0,2	0,421	1,2	0,882	2,6	0,995
-1,5	0,067	-0,1	0,460	1,3	0,903	2,7	0,996
-1,4	0,081	0,0	0,500	1,4	0,919	-	-

### 3. Визначення конструктивних розмірів запроектованого циклона

Для визначення конструктивних розмірів запроектованого циклона використовують рекомендовані співвідношення його конструктивних елементів до внутрішнього діаметра D. Використовуючи відомості, наведені в таблицях 9 і 10, знаходимо конструктивні розміри циліндричних чи спіральних конічних циклонів, величини яких заносимо в таблицю 2.11 чи 2.12. На рис. 2.2. наведені конструктивні схеми циліндричних (а) та конічних (б) циклонів.

Конструктивні розміри циліндричних та конічних циклонів беруться в частинах від внутрішнього діаметра D. Для циліндричних циклонів ці співвідношення такі:

- загальна висота циклона  $H = (3,31...4,56) D$ ;
- висота циліндричної частини  $H_{ц} = (1,51...2,26) D$ ;
- висота конічної частини  $H_{к} = (1,5...2,0) D$ ;
- діаметр вихлопної труби  $d = (0,22...0,34) D$ ;
- діаметр пиловипускного отвору  $d_1 = (0,3...0,4) D$ ;
- діаметр вхідного патрубку  $a = (0,48...1,11) D$ .

В таблиці 1.9 наведені відносні розміри циліндричних циклонів як частки діаметра їх корпусу.

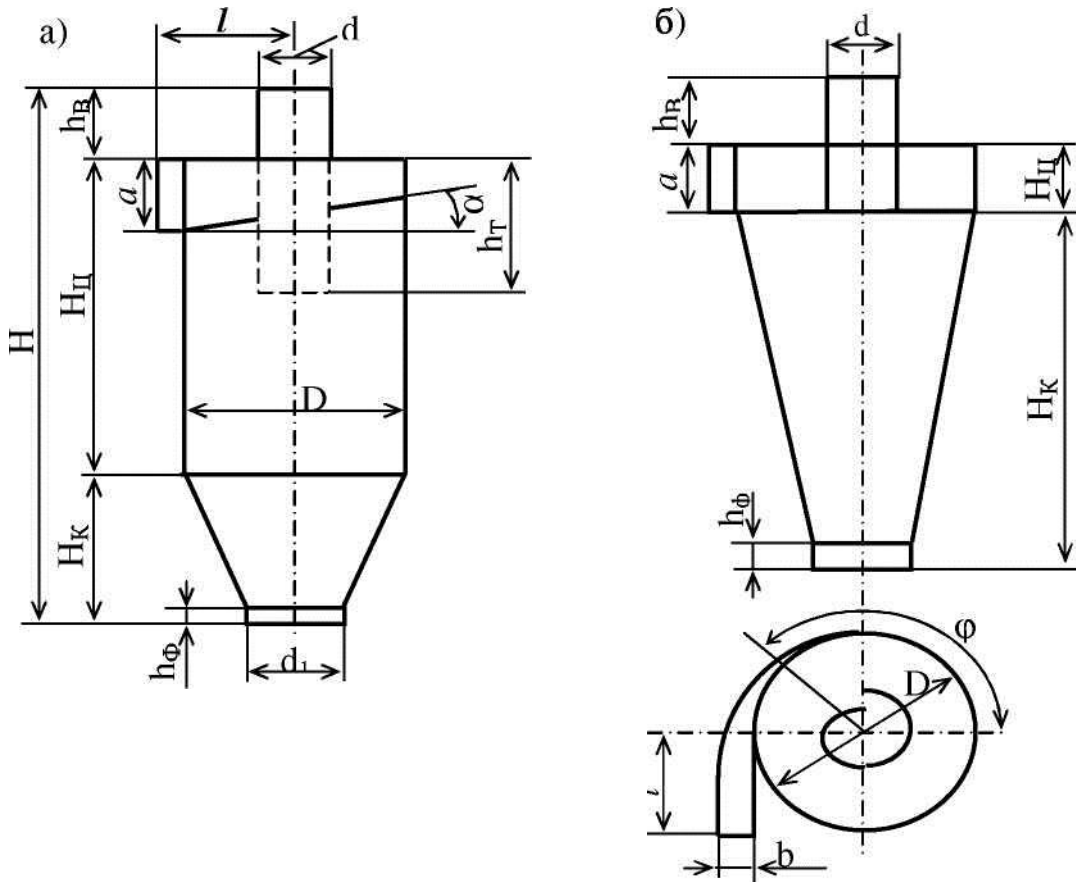


Рис. 2.2. Конструктивні схеми циліндричних (а) та конічних (б) циклонів конструкції НИИОГАЗА

Таблиця 1.9. Відносні розміри циклонів типу ЦН як частки діаметра корпусу

Тип циклона	$\alpha$ , град	a	$h_T$	$H_{Ц}$	$H_{К}$	$d_1$	H
ЦН-11	11	0,48	1,56	2,06	2,00	0,3	3,38
ЦН-15	15	0,66	1,74	2,26	2,00	0,3	4,56
ЦН-15У	15	0,66	1,50	1,51	1,50	0,3	3,31
ЦН-24	24	1,11	2,11	2,21	1,75	0,4	4,26

Конструктивні розміри спірально-конічних циклонів наведені в табл. 10 і характеризують:  $d$  - діаметр вихлопної труби,  $d_1$  - найменший діаметр конічної частини,  $a$  - діаметр вхідного патрубку,  $b$  - довжину вхідного патрубку,  $h_1$  та  $h_2$  - відповідно, довжину вихлопної труби в корпусі циклона і зовні корпусу;  $H_1$  та  $H_2$  - відповідно, висоту циліндричної і конічної частини корпусу циклона:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/183.00.1/М/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 46 / 20

Таблиця 2.10. Відносні розміри циклонів типу СК-ЦН як частки діаметра корпусу

Тип циклона	d	d <sub>1</sub>	a	b	h <sub>1</sub>	h <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>
СДК-ЦН-34	0,34	0,23	0,25	0,214	0,515	0,515	0,515	2,11
СДК-ЦН-34М	0,22	0,18	0,40	0,180	0,40	0,30	0,40	2,60
СК-ЦН-40	0,40	0,20	0,38	0,150	0,40	0,30	0,535	3,00
СДК-ЦН-33	0,33	0,33	0,535	0,264	0,535	0,25	1,20	2,20

Таблиця 2.11. Конструктивні розміри циліндричного циклона \_\_\_\_\_, мм

Тип цикло на	Діаметр циклона	Кут нахилу вхідного патрубку відносно горизонталі, град	Діаметр вхідного патрубку	Висота заглибленої частини вихлопної труби	Висота циліндричної частини циклона	Висота конічної частини циклона	Діаметр вихлопної труби	Діаметр пило випускного отвору	Загальна висота циклона	Діаметр бункера	Висота циліндричної частини бункера

Таблиця 2.12. Конструктивні розміри спірально-конічного циклона \_\_\_\_\_, мм

Тип цикло на	Діаметр циклона	Найменший діаметр конічної частини циклона	Довжина вхідного патрубку	Діаметр вхідного патрубку	Висота циліндричної частини циклона	Висота конічної частини циклона	Діаметр вихлопної труби	Висота зовнішньої частини вихлопної труби	Висота заглибленої частини вихлопної труби	Діаметр бункера	Висота циліндричної частини бункера

Параметри накопичувального бункера циклона визначають, виходячи з того, що його діаметр  $D_b$  для конічних циклонів – 1,1 – 1,2  $D$ , для циліндричних – 1,5  $D$ . Висота циліндричної частини бункера становить 0,8 $D$  незалежно від конструкції циклона, його днище виконується з кутом нахилу між стінками 60°, а вхідний отвір має діаметр 250 або 500 мм.

Вихідні дані для розрахунків

Параметри	Варіант вихідних даних для розрахунку					
	I	II	III	IV	V	VI
Тип циклона	ЦН-15, м	ЦН-15, о	ЦН-11, о	СК-ЦН-34, м	СДК-ЦН-33, о	СДК-ЦН-34М, м
Кількість газу, що очищується, $Q_g$ , тис м <sup>3</sup> /год	0,85	1,54	1,83	2,74	3,26	4,40

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/183.00.1/М/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 46 / 21

Температура очищеного газу $t_r, ^\circ\text{C}$ .	100	350	200	250	300	150
Густина вологого газу $\rho_r, \text{кг/м}^3$	1,13	1,20	1,22	1,25	1,29	1,31
Густина пилу $\rho_{\text{ч}}, \text{кг/м}^3$	1500	2000	2500	3000	3500	3550
Розрідження газу на вході в циклон $P', \text{мм. вод. ст.}$	10	15	20	25	30	32
Припустимий гідравлічний опір групи циклонів $\Delta P, \text{мм. рт. ст.}$	50	60	70	65	55	75
Динамічна в'язкість очищеного газу за нормальних умов, $\mu_r, \text{мкПа}\cdot\text{с}$	8,6	6,2	13,8	10,3	11,7	12,8
Початкова запиленість газів $q, \text{г/м}^3$	55	45	25	30	35	60
Характер пилу	кварцовий	вугільний	цементний	кварцовий	вугільний	цементний
Ступінь уловлювання пилу $\eta, \%$ .	80	85	95	90	92	98
№ питання для відповіді	1,8	2,7	3,6	1,4	5,8	7,3

### ПРАКТИЧНА РОБОТА 3. ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ ПИЛООСАДЖУВАЛЬНИХ КАМЕР І ВИЗНАЧЕННЯ ЇХ КОНСТРУКТИВНИХ РОЗМІРІВ

**Мета роботи:** набути практичних навичок у виконанні розрахунків по визначенню основних технологічних параметрів роботи пилоосаджувальних камер та їх конструктивних розмірів.

**Завдання роботи:** 1) освоїти методику виконання розрахунків по визначенню основних технологічних параметрів роботи пилоосаджувальних камер та їх конструктивних розмірів; 2) виконати розрахунки по визначенню основних технологічних параметрів роботи пилоосаджувальних камер та їх конструктивних розмірів згідно з варіантом завдання; 3) дати письмову відповідь на питання, наведені в кінці роботи.

#### 1. Загальна характеристика пилоосаджувальних камер

Пилоосаджувальні камери застосовують для гравітаційного грубого очищення газових викидів від частинок пилу розміром 30...100 мкм. Принцип роботи пилоосаджувальних камер ґрунтується на виведенні частинок пилу з газопилового потоку шляхом їх осадження під дією сили ваги. Їх застосовують для уловлення великих частинок сировинних матеріалів після обортових цементних печей, печей для обпалювання магнезиту і доломіту тощо.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/183.00.1/М/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 46 / 22

Перевагою пилоосаджувальних камер є простота виготовлення. Матеріалом для їх виготовлення є цегла, збірний залізобетон, сталь та дерево (для холодних газів). Перевагою також є незначний гідравлічний опір – 50...100 Па.

Недоліком пилоосаджувальних камер є низька ефективність пилоуловлення (40...50 %), особливо при вловленні дрібнодисперсного пилю ( $d < 20$  мкм), а також їх громіздкість.

Принципова конструктивна схема пилоосаджувальної камери наведена на рис. 1.

За конструкцією пилоосаджувальні камери бувають порожнисті, пустотілі (рис. 3.2), з горизонтальними полицями (рис. 3.2, а), з вертикальними перегородками (рис. 3.2, б, в), з ланцюговими чи дротяними завісами (рис. 3.2, г).

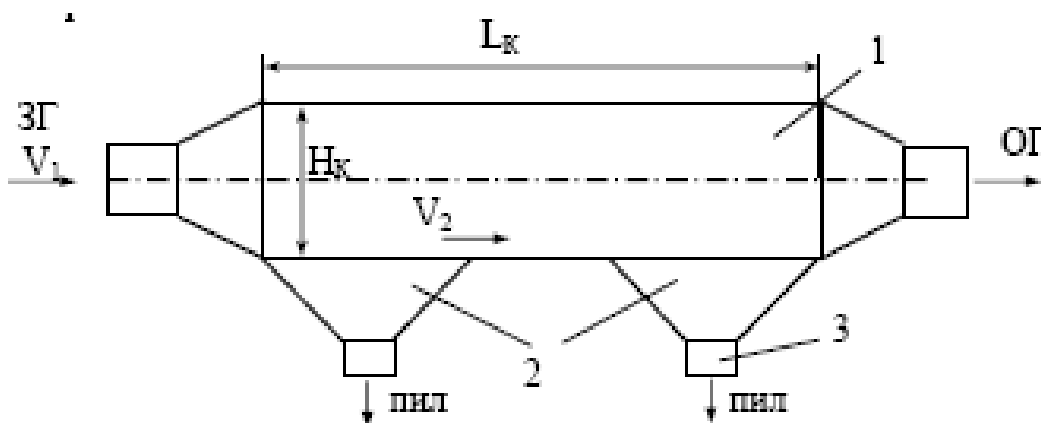


Рис. 3.1. Принципова конструктивна схема пилоосаджувальної камери:  
1 – корпус; 2 – бункер; 3 – штуцер для видалення пилю

## 2. Методика визначення основних технологічних параметрів роботи пилоосаджувальних камер та їх конструктивних розмірів

Для виконання розрахунків по визначенню основних технологічних параметрів роботи пилоосаджувальної камери необхідні такі вихідні дані:

Об'єм (витрати) очищеного газу	$Q_g$ , м <sup>3</sup> /с
Температура очищеного газу	$t_g$ , °С
Динамічна в'язкість очищеного газу за нормальних умов	$\mu_g$ , мкПа•с
Дисперсний склад пилю	$d_{ch}$ , мкм
Густина часток пилю	$\rho_{ch}$ , кг/м <sup>3</sup>

### 2.1. Розраховуємо витрати очищеного газу при робочих умовах:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/183.00.1/М/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 46 / 23

$$Q_{ГР} = \frac{Q_{г}(t_{г} + T_{о})}{T_{о}} \quad (3.1)$$

де

$Q_{Г}$  – об'єм (витрати) очищеного газу, м<sup>3</sup>/с;

$t_{г}$  – температура очищеного газу, °С;

$T_{о}$  – 273°К – абсолютна температура.

**2.2. Обчислюємо площу вертикального перерізу пилоосаджувальної камери:**

$$S_{В} = \frac{Q_{сп}}{w_{г}} \quad (3.2)$$

де  $w_{Г}$  - швидкість руху газів в камері (звичайно 0,2...1,5 м/с).

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/183.00.1/М/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 46 / 24

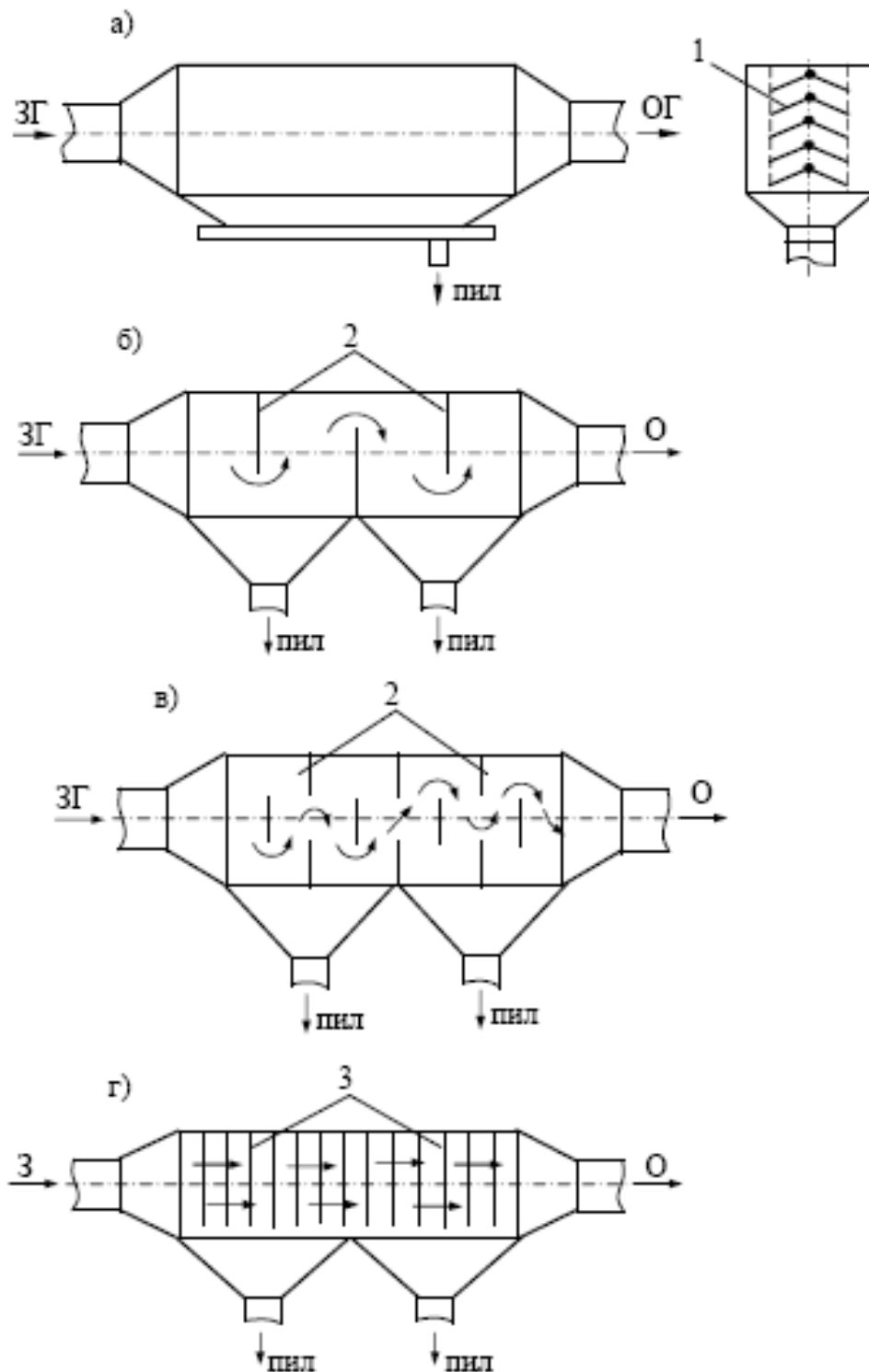


Рис. 3.2. Конструкції пилоосаджувальних камер:  
1 – полиці; 2 – перегородки; 3 – ланцюгова або дротяна завіса



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/183.00.1/М/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 46 / 25

### 2.3. Визначаємо площу дна пилоосаджувальної камери:

$$S_{\text{Д}} = \frac{18 \mu_z \cdot Q_{\text{п}}}{d_{\text{ч}}^2 \cdot g \cdot \rho_{\text{ч}}} \quad (3.3)$$

де  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$  – гравітаційна стала;

$\mu_{\text{гр}}$  – динамічна в'язкість газу за нормальних умов, мкПа · с;

$d_{\text{ч}}$  – середній розмір часточок пилу, мкм;

$\rho_{\text{ч}}$  – густина пилу, кг/м<sup>3</sup>.

### 2.4. Визначаємо габаритні розміри пилоосаджувальної камери:

Задавшись значенням висоти осаджувальної камери  $H_{\text{К}}$  визначаємо її ширину й довжину:

$$B_{\text{К}} = S_{\text{В}}/H_{\text{К}} \quad (3.4)$$

$$L_{\text{К}} = S_{\text{Д}}/B_{\text{К}} \quad (3.5)$$

### 2.5. Визначаємо габаритні розміри пилоосаджувальної камери з рахуванням розміщення полиць:

Для зменшення довжини пилоосаджувальної камери в ній передбачають полиці, що еквівалентно збільшенню площі дна камери  $S_{\text{Д}}$ . Наявність ланцюгової чи дротяної завіси, вертикальних чи горизонтальних полиць додає до гравітаційного ефекту ефект інерційного осадження при обтіканні газовим потоком різних перешкод. В результаті цього збільшується ефективність роботи пилоосаджувальних камер. При наявності  $n$  полиць площа однієї полиці дорівнює:

$$S_{\text{П}} = S_{\text{Д}}/n \quad (3.6)$$

Знаходимо величину, на яку можна зменшити загальну висоту камери з урахуванням розміщення полиць:

$$H_3 = n \cdot h_{\text{П}}, \quad (3.7)$$

де  $h_{\text{П}}$  – відстань між полицями, 0,2...0,3 м.

Визначаємо величину, на яку можна зменшити довжину пилоосаджувальної камери за рахунок розміщення полиць :

$$L_{\text{КЗ}} = S_{\text{П}}/B_{\text{К}} \quad (3.8)$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/183.00.1/М/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 46 / 26

Мінімальний розмір частинок, які будуть повністю осаджені в камері після встановлення полиць, визначається за залежністю:

$$d_{ч} = \frac{Q_{гр} \cdot \mu_r}{g \cdot \rho_{ч} \cdot L_{к} \cdot B_{к}} \quad (3.9)$$

де  $Q_{гр}$  – витрати очищеного газу,  $m^3/c$ ;

$\mu_r$  – динамічна в'язкість газу,  $мкПа \cdot c$ ;

$g$  – прискорення вільного падіння,  $m^2/c$ ;

$\rho_{ч}$  – густина частинок пилю,  $кг/м^3$ ;

$L_{к}$  – довжина камери,  $м$ ;

$B_{к}$  – ширина камери,  $м$ .

#### Вихідні дані для розрахунків

Параметри	Варіант вихідних даних для розрахунку					
	I	II	III	IV	V	VI
Кількість газу, що очищується, $Q_{г}$ , тис $m^3/год$	20	25	30	35	40	45
Температура очищеного газу $t_r$ , $^{\circ}C$ .	400	500	100	200	650	400
Характер пилю, що вловлюється	вапняковий	асбестовий	деревна стружка	крохмаль	неорганічний пил від плавильних печей	металевий пил
Густина пилю $\rho_{ч}$ , $кг/м^3$	2780	2200	1180	1270	3020	6550
Розмір часток, що осаджуються, $d_{ч}$ , $мкм$	70	260	1370	65	117	80
Динамічна в'язкість очищеного газу за нормальних умов, $\mu$ , $мкПа \cdot c$	8,6	6,2	7,8	9,3	10,7	6,8
Висота пилоосаджувальної камери, $м$	6,0	5,0	4,0	4,5	6,5	5,5
Кількість полиць, шт	4	3	4	3	4	2
№ питання для відповіді	1,4	2,4	3,4	1,3	2,3	1,2

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/183.00.1/М/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 46 / 27

## ПРАКТИЧНА РОБОТА 4. РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ РУКАВНИХ ФІЛЬТРІВ

**Мета роботи:** набути практичних навичок у виконанні розрахунків по визначенню основних технологічних параметрів роботи рукавних фільтрів.

**Завдання роботи:** 1) освоїти методику виконання розрахунків по визначенню основних технологічних параметрів роботи рукавних фільтрів; 2) дати письмову відповідь на питання, наведені в кінці роботи.

### 1. Загальна характеристика рукавних фільтрів

**Рукавні фільтри** є високоефективним устаткуванням сучасної конструкції для очищення від пилу промислових газів у чорній та кольоровій металургії, хімічній промисловості, при виробництві будівельних матеріалів, у теплоенергетиці, деревообробній, целюлозно-паперовій, легкій та інших галузях промисловості.

Рукавні фільтри з імпульсною регенерацією можуть бути використані також в аспіраційних системах апаратів та виробничих приміщеннях, де відбувається пиловиділення, що забруднює атмосферу.

Використання в системах пилогазоочищення рукавних фільтрів дозволяє гарантовано забезпечити зниження викидів пилу в атмосферу значно нижче гранично допустимих норм. Застосування спеціальних фільтруючих матеріалів забезпечує зниження залишкового вмісту пилу до  $20 \text{ мг/м}^3$  і менш і уловлювання часток до  $0,3$  мікрони.

### 2. Методика визначення основних технологічних параметрів роботи рукавних фільтрів

Вихідні дані: витрати очищувальних газів,  $Q_{\Gamma}$ ,  $\text{м}^3/\text{с}$ ; температура газів  $t_{\Gamma}$ ,  $^{\circ}\text{C}$ ; діаметр частинок пилу,  $d_{50}$ ,  $\text{мкм}$ ; в'язкість газу при робочих умовах,  $\mu_{\Gamma}$ ,  $\text{Па}\cdot\text{с}$ , тип фільтру, вид фітруючої тканини, вид пилу, густина газу при нормальних умовах,  $\rho_{\Gamma}$ ,  $\text{кг/м}^3$ ; запиленість газу  $C_{\Gamma}$ ,  $\text{г/м}^3$ ; атмосферний тиск,  $P_a$ ,  $\text{Па}$  (за відсутності можливості визначити атмосферний тиск за реальних умов  $P_a$  приймається рівним  $97400 \text{ Па}$  ( $730 \text{ мм. рт. ст.}$ ); тривалість регенерації однієї секції  $\tau'$ ,  $\text{с}$ .

Вихідні дані для проведення розрахунків визначають за варіантом у таблиці вихідних даних (номер варіанту відповідає порядковому номеру студента у групі).

Технологічні розрахунки фільтрувальних апаратів зводяться до визначення площі фільтрувальної перегородки, гідравлічного опору фільтрувальної перегородки і апарата в цілому, частоти і тривалості циклів регенерації фільтрувальних елементів.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/183.00.1/М/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 46 / 28

Витрати газу при робочих умовах визначають за формулою:

$$Q_{ГР} = (Q_{Г} \cdot T_{р}) / T_{0}, \text{ (м}^3\text{/с)} \quad (4.1)$$

де  $T_{р} = (t_{Г} + T_{0})$  – температура газів в робочих умовах, °К;

$T_{0} = 273^{\circ}\text{К}$  – абсолютна температура.

Густина газу при робочих умовах

$$\rho_{ГР} = \rho_{Г} T_{0} (P_{a} + P') / P_{0} (T_{0} + t_{Г}), \text{ (кг/м}^3\text{)} \quad (4.2)$$

де  $P_{0} = 101300$  Па – нормальний атмосферний тиск.

$P'$  - розрахунковий надмірний тиск, що визначається за типом фільтру (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Фільтри з імпульсною продувкою

Технічна характеристика	ФРКІ-30	ФРКІ-90	ФРКІ-360	ФРКДІ-550	ФРКДІ-1100	ФРКДІ-15-130	ФРКІ-60
Фільтрувальна поверхня, м <sup>2</sup>	30	90	360	550	1100	15	60
Число рукавів	36	108	288	216	432	19	72
Діаметр рукава, мм	130	130	130	130	130	130	135
Висота рукава, м	2	2	3	6	6	2	2
Число секцій	1	3	8	6	12	1	1
Число електромагнітів	3	9	24	36	72	8	3
Число мембранних головок клапанів	6	18	48	72	144	8	6
Розрахунковий надмірний тиск, кПа	5	5	5	5	5	60	5
Маса, т	1,28	2,99	8,86	18,4	31,3	1,05	1,28
Габаритні розміри /довжина x ширина x висота/, м	1,46x 2,06x 3,6	4,14x 2,06x 3,6	5,85x 4,37x 4,88	4,94x 4,34x 9,18	8,95x 4,34x 9,18	1,28x 1,88x 4,98	1,46x 2,06x 3,6

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/183.00.1/М/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 46 / 29

Динамічна в'язкість газу при робочих умовах:

$$\mu_{zp} = \mu_z \left( \frac{T_0 + C}{(T_0 + t_z) + C} \right) \left( \frac{T_0 + t_z}{T_0} \right)^{\frac{3}{2}}, \text{ (Па с)} \quad (4.3)$$

де  $C = 124$  – константа.

Питоме газове навантаження  $q$ ,  $\text{м}^3/(\text{м}^2 \times \text{хв.})$  в рукавних фільтрах знаходиться за такою формулою:

$$g = g_H \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot C_5, \quad (4.4)$$

де  $g_H$  – нормативне питоме навантаження, залежне від виду пилу та його схильності до агломерації (табл. 4.3);

$C_1$  – коефіцієнт, який характеризує особливість регенерації фільтрувальних елементів (табл. 4.4);

$C_2$  – коефіцієнт, який враховує вплив концентрації пилу на питоме газове навантаження (рис. 4.1);

$C_3$  – коефіцієнт, який враховує вплив дисперсного складу пилу в газі (табл. 4.5);

$C_4$  – коефіцієнт, який враховує вплив температури газу (табл. 4.6);

$C_5$  – коефіцієнт, який враховує вимоги до якості очищення (при концентрації пилу в очищених газах  $30 \text{ мг/м}^3$ ,  $C_5 = 1$ , зі зменшенням необхідної концентрації  $C_5$  зменшується і при  $10 \text{ мг/м}^3$   $C_5 = 0,95$ ).

Таблиця 4.3

Значення нормативного питомого газового навантаження

Значення $g_H$ , $\text{м}^3/(\text{м}^2 \times \text{хв.})$				
3,5	2,6	2	1,7	1,2
Комбікорм	Азбест	Глинозем	Кокс	Активоване
Мука	Волоконні целюлозні	Цемент	Летюча зола	вугілля
Зерно	матеріали	Керамічні	Метало	Технічний
Макухова суміш	Пил при вибиванні	барвники	порошки	вуглець
Пил шкіри	відливок з форм	Вугілля	Окисли металів	Миючі
Тирса	Гіпс	Плавиковий	Пластмаси	речовини
Тютюн	Вапно гашене	шпат	Барвники	Порошкове
Картонний пил	Пил від поліровки	Гума	Силікати	молоко
Полівінілхлорид	Сіль,	Каолін	Крохмаль	Перегони
	Пісок	Вапняк	Смоли сухі	кольорових і
	Пил	Цукор	Хімікати з	чорних металів
	піскоструминних	Пил гірських	нафтосировини	
	апаратів	порід		
	Тальк			
	Кальцинована сода			

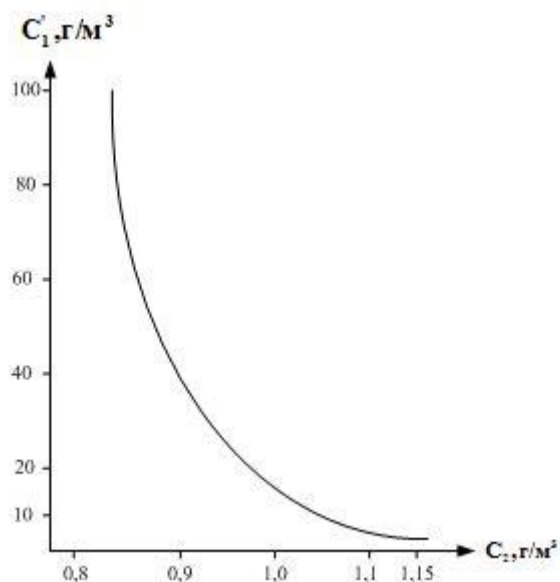
Таблиця 4.4

Значення коефіцієнта  $C_1$ , який враховує особливості регенерації фільтрувальних елементів

Вид фільтра	Коефіцієнт $C_1$
З імпульсним продуванням стиснутим повітрям з рука-вами з тканини	1
З регенерацією шляхом зворотного продування і одноразовим струшуванням або коливанням рукавів	0,70...0,85*
З регенерацією шляхом зворотного продування	0,55...0,70**

\*Менше значення приймається для фільтрів з рукавами з щільної тканини

\*\*Менше значення приймається для фільтрів з рукавами зі склотканини

Рисунок 4.1. Залежність коефіцієнта  $C_2$  від концентрації пилу

Таблиця 4.5

Значення коефіцієнта  $C_3$ , який враховує вплив дисперсного складу пилу

Медіанний розмір частинок пилу, мкм	$C_3$
Більше 100	1,2...1,4
50 – 100	1,1
10 – 50	1
3 – 10	0,9
Менше 3	0,7...0,9

Таблиця 4.6

Значення коефіцієнта  $C_4$ , який враховує вплив температури,  $t^{\circ}\text{C}$

$t^{\circ}\text{C}$	20	40	60	80	100	120	140	160
$C_4$	1	0,9	0,84	0,78	0,75	0,73	0,72	0,70

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/183.00.1/М/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 46 / 31

Визначаємо швидкість фільтрування  $v_{\phi}$ , м/с, і швидкість повітря у вхідному патрубку  $v_{вх}$ , м/с:

$$v_{\phi} = q/60, \quad (4.5)$$

$$v_{вх} = 4 \cdot v_{\phi} \cdot \frac{H}{D}, \quad (4.6)$$

де  $H, D$  – висота і діаметр рукава, м (табл. 3.2).

Гідравлічний опір корпусу апарата визначається величиною місцевих опорів.

$$\xi = \frac{\Delta P_k \cdot 2}{v_{вх}^2 \cdot \rho} \approx 1,5 \dots 2,0, \quad (4.7)$$

Прийнявши коефіцієнт гідравлічного опору корпусу  $\xi$  в межах 1,5 – 2,0, зі співвідношення 4.7 визначаємо гідравлічний опір корпусу апарата:

$$\Delta P_k = \frac{\xi \cdot v_{вх}^2 \cdot \rho}{2} = \quad (\text{Па}). \quad (4.8)$$

Гідравлічний опір фільтрувальної перегородки  $\Delta P_{п}$  залежить від маси і властивостей пилу, який на неї осів і утворюється двома складовими: постійною  $\Delta P'$  і змінною  $\Delta P''$ :

$$\Delta P_{п} = \Delta P' + \Delta P'' \quad (4.9.)$$

Постійна складова гідравлічного опору:

$$\Delta P' = K_{п} \cdot \mu \cdot v_{\phi} \cdot n', \quad (4.10)$$

де  $n'$  – показник ступеню, залежний від течії потоку (для розрахунків при ламінарному режимі приймається  $n' = 1$ ; при турбулентній течії  $n' > 1$ );

$K_{п}$  – коефіцієнт, який характеризує опір фільтрувальної перегородки з залишеним на ній шаром пилу,  $\text{м}^{-1}$  (табл. 4.7).

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/183.00.1/М/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 46 / 32

Таблиця 4.7.

Значення коефіцієнта  $K_n$ , який характеризує опір фільтрувальної перегородки

Тип фільтрувальної тканини	Вид пилю	Медіанний діаметр пилю, мкм	Коефіцієнт $K_n$ , м <sup>-1</sup>
Лавсан арт.136 і 21	цементний, кварцовий	10...20	(1100...1500) 10 <sup>6</sup>
Те саме	перегони металів	2,5...3,0	(2300...2400)10 <sup>6</sup>
Лавсан арт.86013 Склотканина	Те саме	2,5...3,0	(2300...2400)10 <sup>6</sup> x (1,2...1,3)
Лавсан арт.86013	Те саме	0,6	(13000...15000) 10 <sup>6</sup>

Змінна складова гідравлічного опору

$$\Delta P'' = \frac{\mu \cdot \tau \cdot c' \cdot V_{\phi}^2 \cdot K_{ПС}}{d_{50}^2 \cdot \beta_{П}}, \quad (4.11)$$

де  $K_{ПС}$  – коефіцієнт опору шару пилю;

$c'$  – концентрація частинок в потоці, кг/м<sup>3</sup>, визначається з  $C_r$ .

Величини  $d_{50}$ ,  $K_{ПС}$ ,  $\beta_{П}$  характеризують властивості пилю, тому їх об'єднують одним параметром опору шару пилю  $K_1$  (табл. 4.8):

$$K_1 = \frac{K_{ПС}}{d_{50}^2 \cdot \rho_{\pi}}, \quad (4.12)$$

Тоді для розрахунку  $\Delta P''$ , Па, зручніше використовувати формулу

$$\Delta P'' = K_1 \cdot \mu \cdot \tau \cdot c' \cdot v_{\phi}^2 \quad (4.13)$$

$K_1$  – параметр опору шару пилю (табл. 4.8).

Таблиця 4.8

Параметр опору шару пилю  $K_1$ 

Вид пилю	Медіанний діаметр пилю, мкм	Параметр $K_1$ , м/кг
Цементний, кварцовий	12 ... 20	(6,5...16)×10 <sup>9</sup>
Перегони металів	3	80×10 <sup>9</sup>
Те саме	0,7	330×10 <sup>9</sup>

Користуючись формулою (3.13) і, міняючи змінну величину гідравлічного опору фільтрувальної перегородки, визначають тривалість фільтрувального циклу, с:



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/183.00.1/М/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 46 / 33

$$\tau = \frac{\Delta P''}{\mu \cdot c' \cdot K_1 \cdot V_{\Phi}^2} \quad (4.14)$$

Для дрібного пилу змінну величину гідравлічного опору фільтрувальної перегородки приймають в межах 600...800 Па, для великого пилу з медіанним діаметром частинок більше 20 мкм – 250... 350 Па.

Оцінивши попередньо тривалість циклу фільтрування  $\tau$ , розраховують точне значення  $\Delta P''$  за формулою 3.13 та визначають гідравлічний опір фільтрувальної перегородки (формула 3.9).

Отримане значення порівнюють із допустимим  $\Delta P_{\text{доп}}$  (табл. 4.9) для вашого типу фільтра.

Таблиця 4.9.

Основні параметри рукавних і карманних фільтрів

Найменування параметру	Норми для типів			
	1	2	3	4
1 Площа фільтрування, м <sup>2</sup>	4-1000	4-25000	4-25000	4-20000
2 Розрідження у фільтрі, Па, не більше	3000	6000	50000	5000
3 Гідравлічний опір, Па, не більше	2000	3000	2500	2500
4 Тиск повітря /газу/ для регенерації, МПа, не більше	-	0,01	0,01	0,8
5 Концентрація пилу на вході фільтра, г/м <sup>3</sup> , не більше	50	30	50	50
6 Концентрація пилу за фільтром, мг/м <sup>3</sup> , не більше	100	100	100	50
7 Питоме газове навантаження на фільтрувальний матеріал, м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> ·год., не більше	90	90	70	180
8 Енергетичні витрати на очищення 1000 м <sup>3</sup> газу, кВт·год., не більше	2,2	1,9	1,9	1,3
9 Питома матеріалоемність, розрахована за максимальним газовим навантаженням, кг/1000 м <sup>3</sup> /год.	960-115	885-255	920-280	350-75

Головною конструктивною ознакою для рукавних фільтрів є улаштування регенерації, згідно якої ці фільтри діляться на такі типи:

- 1 – з регенерацією механічним струшуванням;
- 2 – з регенерацією зворотною продувкою атмосферним повітрям чи очищеним газом;
- 3 – з регенерацією механічним струшуванням в сполученні з улаштуванням для регенерації зворотною продувкою;
- 4 – з регенерацією стиснутим повітрям.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/183.00.1/М/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 46 / 34

Якщо розрахований опір відповідає технічним вимогам, то тривалість циклу фільтрування залишаємо без змін. У протилежному випадку здійснюється поправка і перерахунок.

Визначаємо кількість регенерацій на протязі 1 години

$$N_r = \frac{3600}{\tau + \tau'}, \quad (4.15)$$

Розраховуємо об'єм газу, який витрачається на зворотну продувку, умовно приймаючи швидкість газу при зворотній продувці рівну швидкості при фільтруванні

$$Q_r = Q_f \cdot N_r \cdot \tau' \cdot S_B \quad (4.16)$$

Визначаємо фільтрувальну площу апарата

$$S_B = \frac{Q_r + Q_f}{60 \cdot q} \quad (4.17)$$

Знаючи загальну площу фільтрації для заданого апарату (таблиця 4.2) визначають необхідну кількість фільтрів:

$$n = S_B / S_l \quad (4.18)$$

де  $S_l$  – площа фільтрації у одному фільтрі, м<sup>2</sup>.

За формулою (3.19) знаходимо площу фільтрування, яка виключається під час регенерації

$$S_P = \frac{2 \cdot N_c \cdot S_c \cdot \tau'_P \cdot N_P}{3600}, \quad (4.19)$$

де  $N_c$  – число секцій, шт. (табл. 3.2);

$S_c$  – площа однієї секції, м<sup>2</sup> (табл. 3.2).

Уточнюємо кількість газу, яка витрачається на зворотну продувку на протязі 1 години

$$Q_P = v_{\phi} \cdot \tau'_P \cdot N_P \cdot N_c \cdot S_c \cdot n, \quad (4.20)$$

Остаточо визначаємо необхідну площу фільтрування:

$$S = \frac{Q_r + Q_f}{60 \cdot q} + S_P, \quad (4.21)$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/183.00.1/М/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 46 / 35

Тривалість фільтрувального циклу  $\tau$ , с, будь-якої секції (рукава) повинна бути завжди більшою тривалості регенерацій всіх інших секцій (рукавів) апарата

$$\tau \geq (N_c - 1) \cdot \tau'_r \quad (4.22)$$

Якщо умова дотримується, то на регенерацію відключається по чергово одна секція.

Питоме навантаження при регенерації буде складати

$$q' = \frac{Q_r / 60 + S_c q}{S_r - S_c} \quad (4.23)$$

Якщо питоме навантаження знаходиться у межах розрахункового (табл. 3.9), то експлуатацію апаратів є надійною.

Потужність електродвигуна вентилятора, необхідного для транспортування газів для очищення через фільтр, підраховується за формулою

$$N_d = \frac{K' Q_p \Delta P}{3600 \cdot 1000 \eta_m \eta_v} \quad (4.24)$$

де  $K'$  – коефіцієнт запасу потужності електродвигуна, приймається 1,1 ... 1,5;

$\Delta P$  – гідравлічний опір фільтра, Па;

$\eta_m$  – к. к. д. передачі (для клиноремінної передачі приймається 0,92 – 0,95);

$\eta_v$  – к. к. д. вентилятора, приймається 0,65 ... 0,8.

Дають відповідь на контрольне запитання яке відповідає номеру вашого варіанта (або номеру вашого варіанту – 10).

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/183.00.1/М/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 46 / 36

Вихідні дані для проведення розрахунків технічних параметрів фільтрів

Варіант	Вихідні дані			
	$Q_{\Gamma}$	$t_{\Gamma}$	$\rho_{\Gamma}$	$C_{\Gamma}$
	м <sup>3</sup> /ГОД	°С	кг/м <sup>3</sup>	мг/м <sup>3</sup>
1	4000	30	1,293	130
2	5000	120	1,250	60
3	3500	180	0,770	70
4	3700	40	1,430	50
5	3900	213	3,21	140
6	4100	53	1,98	60
7	4300	300	0,77	70
8	4500	64	1,25	150
9	4800	267	1,29	60
10	4000	70	1,43	50
11	5000	105	0,77	160
12	3500	78	0,80	50
13	3700	140	0,75	60
14	3900	180	0,86	70
15	4100	92	0,93	150
16	4300	97	1,24	60
17	4500	101	1,132	150
18	4800	301	1,043	60
19	4000	146	0,094	50
20	5000	120	0,76	60
21	3500	140	0,87	70
22	3700	87	0,93	150
23	3900	200	1,04	60
24	4100	38	1,12	150
25	4300	206	1,234	150

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/183.00.1/М/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 46 / 37

## ПРАКТИЧНА РОБОТА №5. ОЦІНКА ПОБУТОВИХ І ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ

**Мета роботи:** навчитись визначати загальну кількість побутових відходів та їх процентне розподілення за різними категоріями; з'ясувати можливості зменшення або рециклізації кожної категорії відходів.

**Завдання роботи:** визначити загальну кількість побутових відходів та їх процентне розподілення за різними категоріями; запропонувати можливості зменшення або рециклізації кожної категорії відходів

**Теоретичні відомості:** Побутові відходи – це все те, що викидають із житлових будинків і установ: харчові відходи, старий одяг і взуття, спрацьована техніка, посуд, газети, тощо. Кількість побутових відходів та їх склад може коливатись у широких межах не лише для різних країн, а й для сусідніх кварталів одного міста.

За походженням усі відходи можна поділити на промислові та побутові. До промислових належать відходи промислових підприємств. Побутові відходи здебільшого менш шкідливі, ніж промислові, кількість їх пропорційна чисельності населення того чи іншого населеного пункту, регіону, країни. Для реальної оцінки кількості побутових відходів необхідним є аналіз складу побутових відходів, їх походження, визначення маси. Ці дані потрібні для розробки стратегії природокористування та методів утилізації. Утилізація – процес знешкодження відходів, їх переробка та повне використання. Побутові відходи дуже важко утилізувати через їх неоднорідність.

При глибокій утилізації побутові відходи проходять наступні етапи переробки: збір, сортування, власне утилізація відсортованих компонентів.

Основну частину побутових відходів становлять: папір, залишки харчових продуктів, скло, залізо та його сплави.

Щоранку кількість побутових відходів на одного жителя країни становить, (у кг): у США – понад 720, в Австралії – 620, у Канаді – 380, в Голландії – до 190. У промислово розвинутих країнах витрати на упаковку досягають 2–3% національного доходу.

Кількість відходів щороку зростає, сміттєзвалища забирають дедалі нові території, від спалювання забруднюється повітря, експорт сміття в слаборозвинені країни теж не найкращий вихід.

Нові технології використання побутових відходів передбачають сортування сміття: ущільнення органічних компонентів; спалювання їх з подальшим використанням добутої енергії у вигляді теплової чи електричної та очищення димових газів; виплавлення металів та скла після попереднього відбору метало- та скловмісних матеріалів.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/183.00.1/М/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 46 / 38

Рециклізація – це включення відходів у колообіг (переробка металобрухту на метал, макулатури на папір чи картон тощо).

Відходи виробництва – це залишки сировини та напівфабрикатів, що утворюються в процесі виробництва, частково або повністю втратили свою якість і не відповідають стандартам виробництва. Найбільше відходів утворюється на підприємствах гірничо-добувної, гірничо-збагачувальної, металургійної, хімічної та енергетичної галузей промисловості. Кількість відходів залежить від вмісту цінного компонента в сировині, технологічного процесу, обсягів виробництва тощо.

Накопичення відходів спричинює забруднення повітря, вод, ґрунтів, рослинної й тваринної продукції, призводить до отруєння тварин і людей.

З метою зниження обсягів промислових відходів впроваджують менш енерго- й матеріаломісткі технології, переробляють відходи, використовують їх на інших підприємствах як сировину тощо.

Є два типи методів знешкодження відходів: рекупераційні, що передбачають виділення з відходів цінних компонентів з подальшою їх переробкою, та деструкційні – за якими компоненти відходів руйнують.

Міста Франції та Великобританії щорічно дають промислових відходів до 50 млн. т. кожне, в Італії – до 44 млн. Найбільшу кількість відходів у розрахунку на одну людину мають США – їх тут 0.47-0.52 т./рік або 1450 г/день. Загальний об'єм твердих відходів в Україні складає 10-11 млн. т. на рік. Звалищами зайняті 2600 га землі.

### **Практичні завдання**

1. Вивчення складу побутових відходів:

1.1. Розсортуйте відходи, що накопичилися вдома за добу за категоріями: папір, метал, харчові відходи, пластмаса, скло та ін.

1.2. Складіть перелік основних продуктів та матеріалів кожної категорії.

1.3. Обчисліть масову частку кожної категорії у відсотках:  $W=A/B*100\%$  де А – маса певної категорії відходів, а В – сукупна маса відходів.

1.4. Встановіть середній показник відходів на одного мешканця квартири, будинку.

1.5. Зробіть пропозиції щодо :

- зниження кількості відходів кожної категорії завдяки зменшенню споживання того чи іншого продукту;
- використання певних категорій відходів (кольорових металів, харчових відходів, пластмаси тощо);
- рециклізації відходів.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/183.00.1/М/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 46 / 39

## **ПРАКТИЧНА РОБОТА 6. МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ ЕРОДОВАНOSTI (ДЕФЛЬОВАНOSTI) ГРУНТІВ ТА ІНТЕНСИВНОСТІ ЕРОЗІЇ (ДЕФЛЯЦІЇ) І ПРОТИЕРОЗІЙНОЇ (ПРОТИДЕФЛЯЦІЙНОЇ) СТІЙКОСТІ ГРУНТІВ**

**Мета роботи:** набути практичних навичок визначення ступеня еродованості (дефльованості) ґрунтів та інтенсивності ерозії (дефляції) і протиерозійної (протидефляційної) стійкості ґрунтів

**Завдання 1.** Ознайомитися та коротко законспектувати основні методи визначення ступеня еродованості ґрунтів, інтенсивності ерозії та протиерозійної стійкості ґрунтів, зокрема :

- методи діагностики еродованості ґрунтів;
- польові методи визначення величини змиву, стоку та протиерозійної стійкості ґрунтів;
- дистанційні методи визначення ерозійної небезпеки, ступеня еродованості ґрунтів та інтенсивності ерозійних процесів;
- методи оцінювання еродованості територій.

**Завдання 2.** Ознайомитися та коротко законспектувати основні методи визначення ступеня дефльованості ґрунтів, інтенсивності дефляції та протидефляційної стійкості ґрунтів, а саме:

- методи діагностики дефльованості ґрунтів;
- польові методи визначення величини видування та протидефляційної стійкості ґрунтів;
- дистанційні методи визначення дефляційної небезпеки, ступеня дефльованості ґрунтів та інтенсивності дефляційних процесів;
- методи оцінювання дефльованості територій.

**Завдання 3.** Законспектовані методи вміти пояснити.

## **ПРАКТИЧНА РОБОТА 7. СТВОРЕННЯ ШТУЧНОГО РЕЛЬЄФУ З ВИКОРИСТАННЯМ ЗАКОНСЕРВОВАНИХ РОДЮЧИХ СУБСТРАТІВ**

**Мета роботи:** ознайомитись з основними методами рекультивації кар'єрів, встановити склад перспективних фітомеліорантів для проведення фіторекультивації.

**Теоретична частина.** Збільшення видобування корисних копалин відкритим способом призвело до утворення значних кар'єрних площ, морфологія яких визначається видом складування розкривних порід.

Метою фітомеліорації кар'єрів є формування в місцях розробки покладів суцільного рослинного покриву. У процесі фітомеліорації кар'єрів із розробки будівельних матеріалів розрізняють два типи виймання: сухе і

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/183.00.1/М/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 46 / 40

мокре. Кар'єри із сухим вийманням формуються тоді, коли нижній горизонт не досягає рівня залягання ґрунтових вод і кар'єр не заповнюється водою. В окремих випадках під час сухого виймання, особливо якщо воно здійснюється без проекту, розкривається водоносний горизонт. Внаслідок такої дії дно кар'єру заболочується і ця деградація не піддається рекультивациї. Однак такі місця можуть бути цінними як біотопи існування земноводних.

Рекультивациїні роботи починаються із планування порушеної території. Для забезпечення швидкого відтоку холодних мас повітря, що зосереджуються в нижній частині виїмки, дну кар'єру надають нахил у бік долини. Породу дна добре спускають на глибину до 50 см, після чого проводять формування насипного родючого шару ґрунту. Якщо підготовлена ділянка кар'єру складає понад 2 га, то її використовують під сільськогосподарське виробництво, якщо площі менші, то створюють лісові культури. У процесі лісгосподарської фітомеліорації кар'єру уникають створення монокультур. Для цих цілей найбільш придатним є формування мішаних лісових культур.

Мокрі кар'єри утворюються внаслідок видобутку піску і гравію з глибин, розташованих нижче рівня ґрунтових вод і мають вигляд чистого оліготрофного озера. Згодом оліготрофне озеро, яке заселиться рослинами і тваринами, що будуть відмирати, може перетворитися в мегатрофне.

Прибережну водну рослинність штучного озера можна формувати за природними аналогами - рослинними поясами:

- підводний пояс, коли берегові схили або дно водойми постійно вкриті водою;
- пояс коливального рівня води — берегові схили затоплюються або змочуються хвилями, що призводить до зміни зволоження ґрунтів;
- пояс рослинності, якого не досягають хвилі; тут ґрунти перебувають під впливом ґрунтових вод;
- пояс рослинності, віддаленої від дії ґрунтових вод, живлення за рахунок атмосферних опадів.

Запорукою задовільного розвитку деревно-чагарникої рослинності є вирівнювання схилів, поліпшення ґрунтових умов шляхом внесення органічних і мінеральних добрив, посіву бобових трав. Для швидшого заліснення схилів рекомендують садіння густих культур з використанням колючих чагарників — глоду, терну, шипшини.

### **Завдання**

1. Ознайомитися с теоретичними відомостями щодо рекультивациї кар'єрів з інструкції до лабораторної роботи, навчальних посібників та конспекту лекцій.

2. Надати конспективну характеристику особливостям фіторекультивациї кар'єрів з сухим і мокрим вийманням.

3. Назвіть етапи рекультивациї кар'єрів.



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/183.00.1/М/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 46 / 41

4. Охарактеризуйте види рослин, що використовують для фіторекультивациі кар'єрів.

5. За наданими фотографіями гранітного кар'єру складіть перелік перспективних природних (не штучно насаджених) фітомеліорантів.

6. Перевірити отриманні знання з фіторекультивациі кар'єрів шляхом розв'язування запропонованих індивідуальних тестових завдань.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА 8. ВИВЧЕННЯ КЛАСИФІКАЦІЇ ОБМЕЖЕНЬ ТА ОБТЯЖЕНЬ У ВИКОРИСТАННІ ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНОК

**Мета роботи:** Вивчення класифікатору обмежень прав на землю та обтяжень у використанні земельних ділянок. Вміти користуватися найбільш поширеними в землевпорядкуванні обмеженнями (обтяженнями) та сервітутами, вміти застосовувати (використовувати) зазначені класифікатори при складанні проектів землеустрою та інших видів технічної документації землеустрою.

**Завдання роботи:** Нанести на кадастрові плани земельних ділянок обмеження (сервітути) за індивідуальним завданням викладача.

**Виконання роботи:** Наказом Держкомзему України від 29.12.2008 року №643 затверджено класифікатор обмежень та обтяжень у використанні земельних ділянок. Право земельного сервітуту – це право власника або землекористувача земельної ділянки на обмежене платне або безоплатне користування чужою земельною ділянкою (ділянками). (ст. 98-102-1 Земельного кодексу України) Земельні сервітути можуть бути постійними і строковими. Встановлення земельного сервітуту не веде до позбавлення власника земельної ділянки, щодо якої встановлений земельний сервітут, прав володіння, користування та розпорядження нею. Земельний сервітут здійснюється способом, найменш обтяжливим для власника земельної ділянки, щодо якої він встановлений. Сервітут може бути встановлений договором, законом, заповітом або рішенням суду. Сервітут може належати власникові (володільцеві) сусідньої земельної ділянки, а також іншій конкретно визначеній особі (особистий сервітут). Земельний сервітут може бути встановлений договором між особою, яка вимагає його встановлення, та власником (володільцем) земельної ділянки. Договір про встановлення земельного сервітуту підлягає державній реєстрації в порядку, встановленому для державної реєстрації прав на нерухоме майно. Дія земельного сервітуту зберігається у разі переходу прав на земельну ділянку, щодо якої встановлений земельний сервітут, до іншої особи. Земельний сервітут не може бути предметом купівлі-продажу, застави та не може передаватися будь-яким способом особою, в інтересах якої цей сервітут встановлено, іншим фізичним та юридичним особам. Власник,

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/183.00.1/М/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 46 / 42

землекористувач земельної ділянки, щодо якої встановлений земельний сервітут, має право вимагати від осіб, в інтересах яких встановлено земельний сервітут, плату за його встановлення, якщо інше не передбачено законом. Власник земельної ділянки, щодо якої встановлений земельний сервітут, має право на відшкодування збитків, завданих встановленням земельного сервітуту. Право користування чужою земельною ділянкою для сільськогосподарських потреб (емфітевзис) і право користування чужою земельною ділянкою для забудови (суперфіцій) виникають на підставі договору між власником земельної ділянки та особою, яка виявила бажання користуватися цією земельною ділянкою для таких потреб. На використання власником земельної ділянки або її частини може бути встановлено обмеження (обтяження) в обсязі, передбаченому законом або договором.

**Охоронні зони створюються:** навколо особливо цінних природних об'єктів, об'єктів культурної спадщини, гідрометеорологічних станцій тощо з метою охорони і захисту їх від несприятливих антропогенних впливів; уздовж ліній зв'язку, електропередачі, земель транспорту, навколо промислових об'єктів для забезпечення нормальних умов їх експлуатації, запобігання ушкодження, а також зменшення їх негативного впливу на людей та довкілля, суміжні землі та інші природні об'єкти.

**Зони санітарної охорони:** Зони санітарної охорони створюються навколо об'єктів, де є підземні та відкриті джерела водопостачання, водозабірні та водоочисні споруди, водоводи, об'єкти оздоровчого призначення та інші, для їх санітарно-епідеміологічної захищеності. У межах зон санітарної охорони забороняється діяльність, яка може призвести до завдання шкоди підземним та відкритим джерелам водопостачання, водозабірним і водоочисним спорудам, водоводам, об'єктам оздоровчого призначення, навколо яких вони створені.

**Санітарно-захисні зони:** Санітарно-захисні зони створюються навколо об'єктів, які є джерелами виділення шкідливих речовин, запахів, підвищених рівнів шуму, вібрації, ультразвукових і електромагнітних хвиль, електронних полів, іонізуючих випромінювань тощо, з метою відокремлення таких об'єктів від територій житлової забудови. У межах санітарно-захисних зон забороняється будівництво житлових об'єктів, об'єктів соціальної інфраструктури та інших об'єктів, пов'язаних з постійним перебуванням людей.

**Зони особливого режиму використання земель:** Зони особливого режиму використання земель створюються навколо військових об'єктів Збройних Сил України та інших військових формувань, утворених відповідно до законодавства України, для забезпечення функціонування цих об'єктів, збереження озброєння, військової техніки та іншого військового майна, охорони державного кордону України, а також захисту населення, господарських об'єктів і довкілля від впливу аварійних ситуацій, стихійних лих і пожеж, що можуть виникнути на цих об'єктах. Уздовж державного

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/183.00.1/М/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 46 / 43

кордону України встановлюється прикордонна смуга, у межах якої діє особливий режим використання земель.

**Прибережні захисні смуги:** Вздовж річок, морів і навколо озер, водосховищ та інших водойм з метою охорони поверхневих водних об'єктів від забруднення і засмічення та збереження їх водності у межах водоохоронних зон виділяються земельні ділянки під прибережні захисні смуги. Уздовж морів та навколо морських заток і лиманів встановлюється прибережна захисна смуга шириною не менше двох кілометрів від урізу води. Прибережні захисні смуги встановлюються за окремими проектами землеустрою. Межі встановлених прибережних захисних смуг і пляжних зон зазначаються в документації з землеустрою, кадастрових планах земельних ділянок, а також у містобудівній документації. Прибережні захисні смуги встановлюються на земельних ділянках усіх категорій земель, крім земель морського транспорту.

**Смуги відведення:** Для забезпечення експлуатації та захисту від забруднення, пошкодження і руйнування каналів зрошувальних і осушувальних систем, гідротехнічних та гідрометричних споруд, водойм і гребель на берегах річок виділяються земельні ділянки смуг відведення з особливим режимом використання. Розміри та режим використання земельних ділянок смуг відведення визначаються за проектами землеустрою, які розробляються і затверджуються в установленому порядку. Земельні ділянки в межах смуг відведення надаються для створення водоохоронних насаджень, берегоукріплювальних та протиерозійних гідротехнічних споруд, будівництва переправ тощо.

**Берегові смуги водних шляхів:** На судноплавних водних шляхах за межами населених пунктів для проведення робіт, пов'язаних з судноплаством, встановлюються берегові смуги. Розміри берегових смуг водних шляхів визначаються за проектами землеустрою, які розробляються і затверджуються в установленому порядку. Порядок встановлення та використання берегових смуг водних шляхів визначається Кабінетом Міністрів України.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/183.00.1/М/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 46 / 44

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

### *Основна література*

1. Бекетов В. Є., Євтухова Г. П. Джерела та процеси забруднення атмосфери. Харків : ХНУМГ ім. О. Н. Бекетова, 2019. 113 с. <https://core.ac.uk/download/pdf/228030186.pdf>
2. Герасимов, О. І. Теоретичні основи технологій захисту навколишнього середовища: Навчальний посібник. ТЕС, Одеса. 2018. – 228 с.
3. Гуменюк О., Цискарідзе Д., Кошеру І. Розумне управління відходами спільнот: Посібник. – В рамках проекту «Розумне управління відходами в країнах Східного партнерства, 2018. – 42 с.
4. Забалуєв В.О. Охорона ґрунтів і відтворення їх родючості / В.О. Забалуєв, А.Д. Балаєв, О.Г. Тараріко, Д.Г. Тихоненко, В.В. Дегтярьов, О.Л. Тонха, О.В. Піковська – К.: 2013. – 312 с.
5. Клименко М.О., Залеський І.І. Техноекоекологія. Підручник. – 2017. – 348 с.
6. Крусір Г. В., Мадані М. М., Гаркович О. Л. Техніка та технології очищення газових викидів. Одеса: ОНАХТ-Одеса, 2017. 207 с.
7. Мартинова О.А. Навчальний посібник з дисципліни «Заповідна справа» / О.А. Мартинова. - ДонНТУ, 2011. - 75 с.
8. Охорона атмосфери: методичні рекомендації до практичних робіт / Ірина Марківна Нетробчук. – Луцьк, 2019. – 38 с.
9. Паньків З.П. Ґрунти України: навч.-метод. посібник. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2017. – 112 с.
10. Посилкіна О.В., Онищенко Я.Г. Промислова екологія: навч. посіб. для здобувачів вищої освіти, що навчаються за освітньою професійною програмою «Технологія фармацевтичних препаратів» – Х.: Вид-во НФаУ, 2019. – 162 с.
11. Промислова екологія: навч. посіб. / С.О. Апостолук, В.С. Джигирей, І.А. Соколовський та ін.. – 2-ге вид., виправл. і доповн. – К.: Знання, 2012. – 430 с. – (Вища освіта ХХІ століття).
12. Про природно-заповідний фонд України : Закон України від 22.03.2018 р. № 2362-VIII. Відомості Верховної Ради України. 25.08.1992 – 1992 р., № 34, стаття 502
13. Сарапіна М. В. Процеси та апарати пилогазоочищення: курс лекцій. Харків: НУЦЗУ, 2018. 125 с.
14. Управління та поводження з відходами. Частина 2. Тверді побутові відходи. Навчальний посібник / В. Г. Петрук, І. В. Васильківський, С.М. Кватернюк, П.М. Турчик, В.А. Іщенко, Р.В. Петрук. – Вінниця: ВНТУ, 2015.– 100 с.
15. Хван Т.А. Екологічні основи природокористування. 2017.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/183.00.1/М/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 46 / 45

16. Fundamentals of Soil Science / D. Tripathi, S. Mani, Sh. Mohinder Singh. e-course of ICAR. – 133 pp. (www.agrimoon.com)

17. Henry D. Foth. Fundamentals of Soil Science / Henry D. Foth. - 8th ed. – 382 pp.

### *Допоміжна література*

1. Войтович О.П., Лико Д.В. Основи промислового і сільськогосподарського виробництва. Підручник. – 2017. – 388 с.

2. Ґрунтознавство: опорний конспект лекцій / укладач В.М. Савосько. – Кривий Ріг: КДПУ, 2021. – 306 с.

3. Davydova I., Korbut M., Malovanyu M., Shlapak V., Mamray V., Korobiichuk V. Mapping of Urbanized Territories Noise Level as a Basis for Developing a Complex of Noise-Reducing Measures. Ecological Engineering & Environmental Technology. 2022. 23(6). 32–41.  
<https://doi.org/10.12912/27197050/152523>

4. Екологія. Практичні та ігрові заняття: навч. посіб. / В.В. Березуцький, О.М. Древаль, В.Ф. Райко [та ін.]; за ред. В.В. Березуцького. – Х.: Вид-во «Підручник НТУ "ХПІ"», 2013. – 152 с.

5. Кляченко О.Л., Мельничук М.Д., Іванова Т.В. Екологічні біотехнології: теорія і практика.: Навчальний посібник. – Вінниця, ТОВ «НіланЛТД», 2015. – 254 с.

6. Контроль запиленості атмосфери гірничих підприємств на основі оптичного лічильно-інтегрального методу: моногр. Колесник В.Є., Юрченко А.А., Чеберячко С.І. – Д.: НГУ, 2013. – 135 с.

7. Лико С.М. Екологічний контроль в агропромисловому комплексі Навчально-методичний посібник. – 2016. – 304 с.

8. Malovanyu M, Korbut M, Davydova I, Tymchuk I. Monitoring of the Influence of Landfills on the Atmospheric Air Using Bioindication Methods on the Example of the Zhytomyr Landfill, Ukraine. Journal of Ecological Engineering. 2021; 22(6): 36-49.

9. Korobiichuk I., Davydova I., Korobiichuk V., Shlapak V., Panasiuk A.. Measurement of Qualitative Characteristics of Different Types of Wood Waste in the Forestries Zhytomyr Polissya. Automation 2021: Recent Achievements in Automation, Robotics and Measurement Techniques. AUTOMATION 2021. Advances in Intelligent Systems and Computing. 2021. vol 1390. pp 297-308.

10. Приходько В. Ю., Сафранов Т. А., Шаніна Т. П. Сучасний стан сфери управління та поведження з твердими побутовими відходами в Україні. Людина та довкілля. Проблеми неоекології. - № 32 (2019). – С. 58-66.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.07- 05.02/2/183.00.1/М/ОК8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 46 / 46

11. Проблеми утилізації люмінесцентних ламп. Гончарова Н. В., Токарев С. Ф., Клименко Г.О. // Матеріали НПК викладачів, аспірантів та студентів СНАУ (17 -20 квітня 2019 р). – Суми, 2019. – С.11.

12. Проць Б.Г., Іваненко І.Б., Ямелинець Т.С., Станчу Е. Експрес-оцінка стану територій природно-заповідного фонду України та визначення пріоритетів щодо управління ними. Львів: Гриф Фонд, 2010. 92 с.

13. Шестопалов О. В. Біологічна очистка та дезодорація газоповітряних викидів : навч. посіб. / Шестопалов О. В., Бахарева Г. Ю., Філенко О. М. та ін.– Х.: НТУ «ХПІ», 2015. – 116 с.

### ***Інформаційні ресурси в Інтернеті***

1. Закон України про охорону атмосферного повітря - <http://eclife.ru/laws/ua/laws/1992/01.php>

2. Закон України про охорону земель / <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/962-15>

3. Екологічне право України - [http://ebk.net.ua/Book/law/getman\\_ekoru/part17/1703.htm](http://ebk.net.ua/Book/law/getman_ekoru/part17/1703.htm)

4. Офіційний сайт Belona - <http://www.bellona.ru/subjects/1150120952.37>

5. Адаптивні системи землеробства <https://profbook.com.ua/adaptyvne-zemlerobstvo.html>.

6. Земельний кодекс України <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text>.

7. Реабілітація ґрунтів, забруднених аварійними виливами нафтопродуктів [https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2012/22\\_7/43\\_Gry.pdf](https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2012/22_7/43_Gry.pdf).

8. Монреальський протокол - <http://www.graton.su/kioto15.html>

9. журналу Устойчивое развитие: наука и практика - <http://srv5.uni-dubna.ru/journal/index.php>

10. Сайти ООН: <http://www.un.org>

11. ООН в Україні - <http://www.un.org.ua/ua/about>

12. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. <https://mepr.gov.ua/>

13. Промислова екологія. Спільнота фахівців-екологів. <http://www.eco.com.ua/>

14. Професійна Асоціація Екологів України. <https://paec.com.ua/>