

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет водного господарства  
та природокористування  
Кафедра екології, технології захисту навколишнього середовища  
та лісового господарства

**05-02-392М**

### **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни  
«Природоохоронні технології захисту атмосфери»  
для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня  
за освітньо-професійною програмою «Технології захисту  
навколишнього середовища» спеціальності  
183 «Технології захисту навколишнього середовища»  
галузі знань 18 «Виробництво та технології»  
денної і заочної форм навчання

Рекомендовано  
науково-методичною радою з якості  
ННІ агроєкології та землеустрою  
протокол № 1 від 29.08.2023 р.

Рівне – 2023

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Природоохоронні технології захисту атмосфери» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за освітньо-професійною програмою «Технології захисту навколишнього середовища» спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища» галузі знань 18 «Виробництво та технології» денної і заочної форм навчання [Електронне видання] / Ковальчук Н. С. – Рівне : НУВГП, 2023. – 32 с.

Укладачі: Ковальчук Н. С., к.с.-г.н., доцентка кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства.

Відповідальний за випуск: Клименко М. О., д.с.-г.н., професор, завідувач кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства.

Керівник ОП  
183 «Технології захисту  
навколишнього середовища»

Прищеп А. М.

© Н. С. Ковальчук, 2023  
© Національний університет  
водного господарства та  
природокористування, 2023

## ЗМІСТ

Передмова.....	4
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1. Газоочисні обладнання .....	4
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2. Визначення мінімального розміру частинок пилу, які уловлюються циклоном.....	
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3. Пилоосаджувальні камери .....	10
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4. Розрахунок часу фільтрації тканинного фільтра.....	12
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5. Оцінювання забруднення атмосферного повітря населених пунктів.....	16
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6. Розрахунок викидів шкідливих речовин автомобільним транспортом.....	17
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 7. Основні принципи та умови раціонального розташування промислових підприємств.....	24
Рекомендована література.....	27
Додатки.....	30

## Передмова

Охорона атмосферного повітря – система заходів, пов'язаних із збереженням, поліпшенням та відновленням стану атмосферного повітря, запобіганням та зниженням рівня його забруднення та впливу на нього хімічних сполук, фізичних та біологічних факторів [закон].

Основа кліматичних і погодних умов в яких існує все живе на планеті Земля, це атмосферне повітря. Атмосферне повітря є необхідною умовою існування людини. Атмосферне повітря це обов'язковий елемент всієї екосистеми Землі, який забезпечує саме життя. Адже повітря захищає від космічних випромінювань, служить середовищем для викидів пиле- та газоподібних відходів, це транспортна та звукова комунікація.

Атмосферне повітря найважливіший природний ресурс, від якісного стану якого в значній мірі залежить здоров'я людини.

Сьогодні якість і чистота атмосферного повітря в значній мірі залежить від рівня забруднення не тільки природними факторами, але у першу чергу, антропогенної діяльності людини.

Забруднення повітря це присутність в атмосфері однієї або декількох шкідливих (забруднюючих) речовин. При чому їх кількість та термін перебування можуть спричиняють шкоду або можуть сприяти шкоді людям, тваринам, рослинам і майну або можуть призвести до погіршення здоров'я людини.

Україна, згідно з результатами дослідження авторів Звіту Програми розвитку ООН «Боротьба зі зміною клімату: людська солідарність в розділеному світі», посідає 18 місце серед 30 країн за найбільшим обсягом шкідливих викидів в атмосферу й восьме місце у світі за обсягами викидів парникових газів.

### Практична робота № 1

#### Тема. Газоочисні обладнання

**Мета роботи:** набути практичних навиків при виборі апаратів пиловловлювання

#### Теоретична частина

Всі промислові гази – як відхідні, так і технологічні – передаються газоходами чи трубопроводами, які можуть постачатися відповідними газоочисними пристроями. Природно, вибір придатного методу очищення залежить від природи вловлюваного матеріалу. Якщо вловлювана речовина газоподібна, можливі два альтернативних

варіанти: адсорбція чи абсорбція домішок з газової суміші або подальші хімічні перетворення компонентів суміші.

Абсорбція газів широко застосовується в тих випадках, коли очищенню підлягають великі газові потоки, наприклад, пари  $\text{HCl}$ , аміак,  $\text{SO}_2$  і  $\text{CO}_2$ .

Адсорбція газів на твердих сорбентах більш застосовується для поглинання невеликої кількості газів, наприклад, пари води силкагелем,  $\text{CO}_2$  вапном, або пари органічних з'єднань активованим вугіллям.

Під хімічними перетвореннями газів з метою очищення мають на увазі спалювання чи каталітичний процес, зокрема каталітичне окислення органічних з'єднань. Проте, до цього методу можна віднести і збільшення тривалості процесу для закінчення реакції замість того, щоб „заморозити” газову суміш перед безпосереднім викидом її в атмосферу.

Отже, технологія видалення газових забруднень з газового потоку оснований на хімічних реакціях чи на процесах адсорбції або абсорбції. В переважній більшості одночасно застосовують один із методів, тому для конструктивного розроблення газоочисних установок можуть застосовуватися типові заходи хімічного машинобудування.

Видалення твердих частинок малого діаметра і краплин рідини значно складніше і суворо фізична класифікація методів не є можливою, тому що в дію можуть вступати, а часто і вступають, різні комбіновані методи. До основних фізичних операцій, що використовуються для цієї мети, відносяться гравітаційне осадження, центрифугування, інерційний чи прямий захват, Броунівська або вихрова дифузія, осадження (термічне, електростатичне чи магнітне), броунівська чи акустична агломерація і турбулентне розділення.

В більшості пиловловлювальних пристроїв звичайно декілька згаданих вище процесів одночасно приймають участь в очищенні газового потоку, хоча частіше всього тільки один з них є основним при осадженні частинок визначеного типу. Так, процес фільтрування заснований на інерційному і прямому захваті та Броунівській дифузії. Проте, Броунівська дифузія грає домінуючу роль у видаленні частинок субмікронних розмірів, тоді як інерція і прямий захват є основними механізмами вловлювання частинок мікронного розміру. В цьому процесі важливу роль відіграють також електростатичні сили, тому що заряджені частинки можуть індукувати заряд на незарядженому, фільтрувальному середовищі.

Перш ніж рекомендувати той чи інший метод і, відповідно, сконструювати газоочисне обладнання, необхідно встановити, які речовини необхідно видалити з газового потоку, об'єм потоку і його параметри. Таким чином, необхідно провести аналіз газового потоку і його компонентів. До найнеобхіднішої інформації відносяться швидкість газового потоку, температура і склад газів, природа компонентів, які вилучаються, а також необхідний ступінь очищення.

В табл. 1 наведені розміри вловлюваних частинок апаратів пилоочищення та інших показників, які необхідно враховувати при виборі апаратів пилоочищення.

Таблиця 1

Показники для вибору апаратів пилувловлювання

Пиловловлювачі	Максимальний вміст пилу в газі, кг/м <sup>3</sup>	Розміри уловлюваних частинок, мкм	Ступінь очищення, %	Гідравлічний опір	Максимальна температура на вході в апарат, °С
Пилоосаджувальні камери	-	100	30-40	-	Не лімітується
Жалюзійні пилувловлювачі	0,02	25	60	500	400-500
Циклони	0,40	10	70-95	400-700	400
Батарейні циклони	0,10	10	85-90	500-800	400
Рукавні фільтри	0,02	1	98-99	500-2500	100-250
Від-центрові скрубери	0,05	2	85-95	400-800	Не лімітується
Пінні апарати	0,03	2	95-99	300-900	Не лімітується
Скрубери з рухомою насадкою	0,02	1	96-99	300-1000	Не лімітується
Електрофільтри	0,01-0,05	0,005	99 і менше	100-200	425

Наведені дані служать тільки попередньою інформацією при виборі способу і апаратів пилогазоочищення. Наприклад, при виборі варіанту фільтраційного очищення необхідно враховувати агресивність пилогазового потоку, а при електричному очищенні – питомий

електричний опір аерозольних частинок в газовому потоці та інші фізико-хімічні властивості дисперсної фази.

Подібний метод аналізу фізико-хімічних параметрів газів застосовують при виборі способів очищення від газових домішок. Якщо, наприклад, для вибору мокрого способу очищення достатньо мати дані про витрати газу, то для вирішення питання про застосування методу абсорбції необхідно знати склад і вміст газових домішок, які видаляються. Критерієм підбору абсорбенту є розчинність в ньому відповідного газу.

Деколи можливо, а в ряді виключно складних проблем і економічно необхідно, в принципі відмовитися від очищення газів або шляхом зміни самого технологічного процесу, або перемістити виробництво на придатний майданчик, або ж просто підвищити викидну трубу.

Якщо газоочисна установка призначена для нового технологічного процесу, то необхідно отримати і оцінити інформацію про швидкість газового потоку, температуру і склад газу. При цьому інформацію про природу речовин, які вилучаються, отримують з літературних джерел чи на основі аналогічного підприємства, або ж на даних лабораторних досліджень.

Після аналізу проблеми стає можливим провести розрахунки, віднесені до видалення газоподібних компонентів чи частинок.

**Завдання:** Провести аналіз газового потоку і його компонентів (додаток 1). На основі аналізу запропонувати необхідне газоочисне обладнання. Відповідь обґрунтувати.

## **Практична робота № 2**

**Тема: Визначення мінімального розміру часточок пилу, які уловлюються циклоном**

**Мета:**

1. Визначити мінімальний розмір часточок пилу, які вловлюються циклоном на 50%, при заданих діаметрі циклону і швидкості руху газу та заданому середньому діаметрі часток пилу, що вловлюються циклоном.
2. Оцінити вплив діаметра циклону і швидкості руху газу на мінімальний розмір часточок пилу, що вловлюються циклоном.

### **Теоретична частина**

Циклонний пиловловлювач призначений для механічної очистки від твердих часточок викидів силікатних, металургійних та інших

виробництв. Видалення пилу з газу відбувається на стінках корпусу циклона, куди відхиляються часточки під дією відцентрових сил, що виникають в результаті обертального руху газопилового потоку. Пил видаляється вздовж стінок циклону та опускається в бункер, після чого видаляється з апарату. Відцентрове прискорення в 100-1000 разів більше прискорення сили тяжіння. Тому навіть маленькі часточки відхиляються з газового потоку на стінки циклону. Перевага циклону – відсутність рухомих частин.

У циклонах ефективно можна вловлювати часточки розміром більше 5 мкм, але найкраще вловлюється пил, що має розміри часточок 15-20 мкм і вище. Відомо однак, що найбільшу екологічну небезпеку становлять часточки розміром менше 1 мкм.

Ефективність уловлювання позначається  $\eta$ . Вона знаходиться в залежності від швидкості газу  $\eta \sim \sqrt{u}$  і обернено пропорційна діаметру циклону  $\eta \sim \frac{1}{\sqrt{D}}$ . Оптимальне співвідношення висоти до діаметра

$$\frac{H}{D} = 2 \div 3.$$

**Вихідні дані:**

$D$ : = 1.N - діаметр циклону, м, де N - номер варіанта;

$\omega$ : = N - швидкість руху газу, м/с;

$d$ : = N - середній розмір часточок пилу, уловлюваних на 50%, мкм;

$k$ : = 41.4 - коефіцієнт, що враховує тип циклону;

$\mu$ : =  $22.2 \cdot 10^{-6}$  - в'язкість газу, Па·с;

$\rho$ : = 2150 - щільність пилових часточок, кг/м<sup>3</sup>. Мінімальний розмір часточок пилу розраховується за формулою:

$$d_{\min} := d \cdot K \cdot 10^3 \cdot \sqrt{10^{-3} \cdot D \cdot \frac{\mu}{\rho \cdot \omega}}.$$

Щоб визначити вплив діаметра циклону і швидкості руху газу на мінімальний розмір часточок пилу, уловлених циклоном, необхідно застосувати формулу

$$d_{\min}(D, \omega) := d \cdot K \cdot 10^3 \cdot \sqrt{10^{-3} \cdot \frac{\mu}{\rho \cdot \omega}},$$

і вказати, що  $D$  змінюється від 0,1 до 2 з кроком 0,1, а  $\omega$  від 1,2 до 10 з кроком 1. В результаті повинні бути побудовані графіки такого вигляду. При цьому на графіку 1  $D$  змінюється, а  $\omega$  змінюється із заданим інтервалом, а у 2 випадку із заданим інтервалом змінюється  $D$  при змінюваному  $\omega$ .



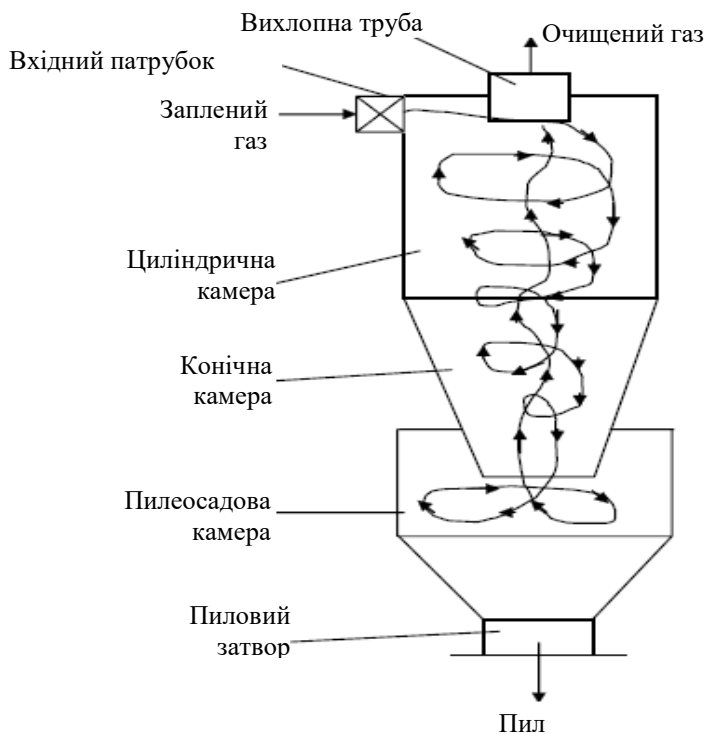


Рисунок 2.1 – Принципова схема циклону

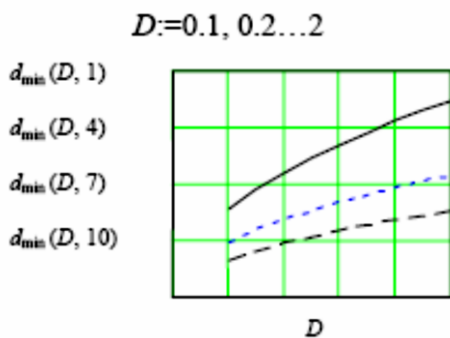


Рисунок 2.2 – Вплив діаметра

$$\omega = 1.2 \dots 10$$

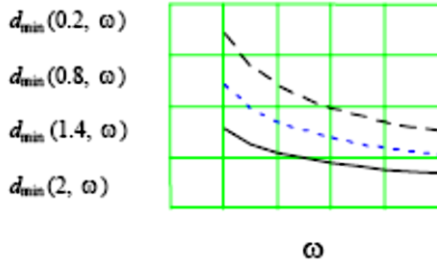


Рисунок 2.3 – Вплив швидкості

**Завдання.** Побудувати графіки, описати значення мінімального отриманого розміру часточок пилу, що уловлюються циклоном на 50% і оцінити вплив діаметра циклону і швидкості потоку на розмір пилових часточок, які проходять через фільтр.

### Практична робота 3

#### Тема. Пилоосаджувальні камери

**Мета.** Ознайомитися з принципом роботи та розрахунку пилоосаджувальних камер

#### Теоретична частина

Пиліві камери громіздкі і мають низьку ефективність. Тому вони застосовуються в основному для вловлювання великих частинок сировинних матеріалів після обертових цементних печей, печей для обпалювання магнезиту і доломіту тощо. Матеріалом для будовання камер можуть служити цегла, збірний залізобетон, сталь, дерево (для холодних газів).

Для рівномірного газорозподілення по перерізу пилоосаджувальні камери можуть обладнуватися дифузорами і газорозподільними решітками, а для зниження висоти осадження частинок – горизонтальними чи похилими полицями. В деяких конструкціях пилових камер для підвищення їх ефективності передбачається влаштування ланцюгових чи дротяних завіс і відхилюваних перегородок, що дозволяє додатково до гравітаційного ефекту використовувати ефект інерційного осадження частинок при обтіканні потоком газів різних перешкод.

Ступінь очищення газів у пилоосаджувальних камерах, звичайно, не перевищує 40...50%. При цьому задовільно осаджуються тільки частинки пилу більше 40...50 мкм.

1. Визначаємо витрати газу при робочих умовах

$$Q_p = \frac{QT_p}{T_o} \text{ (м}^3\text{/с)}.$$

2. За формулою знаходимо площу для камери

$$d_c = \sqrt{\frac{18\mu_c Q}{LBg\rho_c}}$$

де  $Q$  – витрати газу, м<sup>3</sup>/с;  $L$  – довжина камери, м;  $B$  – ширина камери, м;  $\mu_c$  – динамічна в'язкість, Па · с;  $g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;  $\rho_c$  – густина частинок, кг/м<sup>3</sup>.

3. Приймавши швидкість газу в горизонтальному напрямленні  $v = 1$  м/с, знаходимо площу вертикального перерізу камери

$$S_B = HB = \frac{Q\rho}{v} \text{ (м}^2\text{)}.$$

4. Приймаємо висоту осаджувальної камери  $H = 4$  м. Тоді ширина камери  $B$  і довжина  $L$  будуть рівні:

$$B = \frac{S_B}{H} \text{ (м)};$$

$$L = \frac{S}{B} \text{ (м)}.$$

5. Для зменшення довжини камери в ній можна встановити полицки, що еквівалентно збільшенню площі дна камери. При наявності  $n = 20$  полиць площа однієї полиці буде рівна

$$S_n = \frac{S}{n} \text{ (м}^2\text{)}.$$

6. Приймавши  $n = 20$  і відстань між полицками  $h = 0,2$  м, знаходимо загальну висоту камери

$$H = n \cdot h \text{ (м)}.$$

7. При швидкості газу  $v = 1$  м/с ширина камера залишається рівною 4,45 м, а довжина буда рівна

$$L = \frac{S_n}{B} \text{ (м)}.$$

**Завдання.** Визначити розміри пилоосаджувальної камери для

осадження частинок пилу  $d > 40$  мкм при витратах очищуваних газів  $Q = 20000$  м<sup>3</sup>/год., температурі газів  $t = 600^\circ\text{C}$  і атмосферному тиску; густина пилу  $\rho_n = 2500$  кг/м<sup>3</sup>, в'язкість газу при робочих умовах  $\mu = 39,2 \cdot 10^{-6}$  Па·с.

### Практична робота № 4

#### Тема: Розрахунок часу фільтрації тканинного фільтра

**Метою** роботи є визначення для заданих фільтрувальних матеріалів впливу швидкості фільтрації і дисперсності пилових часточок на час роботи фільтра до регенерації (розрахунковий час фільтрації).

#### Теоретична частина

Рукавні тканинні фільтри являють собою апарати з корпусами прямокутної або круглої форми. Всередині корпусів підвішені рукави діаметром від 100 до 300 мм, висотою від 0,5 до 10 м. Фільтрація повітря або газу відбувається шляхом пропущення газоповітряної суміші через тканину рукавів. Після того, як гідравлічний опір рукавів, зростаючи, досягає гранично допустимої величини, здійснюють їх регенерацію із скиданням у бункер шару пилу, що накопичився.

Рукавні фільтри забезпечують очистку повітря і газів від пилу з ефективністю 99% і вище.

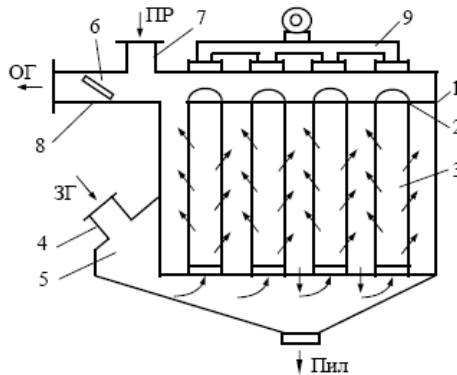


Рисунок 4.1 – Конструктивна схема рукавного фільтра: 1 – корпус, 2 – верхня решітка, 3 – рукав, 4 – газохід запилених газів, 5 – колектор, 6 – клапан, 7 – продуктивний колектор, 8 – патрубок очищених газів, 9 - струшувальний механізм

Ступінь очистки газу в рукавному фільтрі визначається дисперсністю пилу, якістю фільтрувального матеріалу та іншими параметрами.

У типових фільтрувальних тканинах, розмір наскрізних пор між нитками становить 100÷200 мкм. Із збільшенням запилення аеродинамічний опір тканини зростає, а витрата газу через фільтр скорочується. Тканину регенерують шляхом продувки у зворотному напрямку, механічного струшування, імпульсним та іншими методами.

Вимоги до тканини:

1. Висока пилоємність.
2. Оптимально висока повітропроникність.
3. Висока механічна міцність в різних середовищах та при різних температурах.
4. Здатність до легкого видалення накопиченого пилу.
5. Низька вартість.

**Вихідні дані** (відповідно до завдання викладача):

- $\epsilon_{\text{тк}}$  – пористість тканини (табл. 4.1);
- $h$  – гідравлічний опір тканини, кПа (табл. 4.1);
- значення  $i$  приймаємо 0 ... 10;  $j = 0 ... 5$ ;
- $w_0$  – швидкість фільтрації, м/с (табл. 4.2).

Середній медіанний розмір часточок пилу, мкм, визначається за формулою

$$dj = N + j,$$

де  $N$  - номер варіанту.

$$\omega_i = \omega_{\text{поч}} + \frac{\omega_{\text{поч}} - \omega_{\text{кін}}}{10} \cdot i, \text{ м/с},$$

де  $\omega_{\text{поч}}$   $\omega_{\text{кін}}$  – початкова та кінцева швидкості фільтрації (з табл. 4.2).

Таблиця 4.1

Значення пористості  $\epsilon_{\text{тк}}$  гідравлічного опору  $h$   
для деяких типів тканин

Матеріал	$\epsilon_{\text{тк}}$	$h$
Скловолокно	0,52	2700
Лавсан	0,75	189
Нетканый матеріал	0,35	9200
Шерсть	0,88	84
Нітрон	0,83	180
Поліфен	0,66	880

Таблиця 4.2

Значення способів регенерації й швидкості фільтрації  
для деяких матеріалів

Матеріал	Спосіб регенерації	Швидкість фільтрації, м/с
Скловолокно	Зворотна продувка	0,3...0,8
Лавсан	Зворотна продувка із струшуванням	0,5...0,9
	Імпульсна продувка	1,6...3,5
Нетканий матеріал	Імпульсна продувка	1,6...3,5
	Струминна продувка	3,0...6,0
Шерсть	Зворотна продувка із струшуванням	0,7...0,9
Нітрон	Струминна продувка	3,0...6,0
Поліфен	Струминна продувка	3,0...6,0

Для побудови графіків студенту необхідно під заголовком «залежність часу фільтрації від швидкості газового потоку» позначити вісь абсцис  $\omega_i$ , конкретні значення  $j$  (0-5) при змінюваному  $i$ . Аналогічно для графіка «Залежність часу фільтрації від розміру пилових часточок» необхідно вказати значення  $j$  (0-5) при змінюваному  $j$ , позначивши вісь абсцис  $d_j$ .

**Завдання** розглядаються 3 види матеріалу (визначає викладач). Робота повинна містити коротку теоретичну частину, вихідні дані і побудовані графіки.

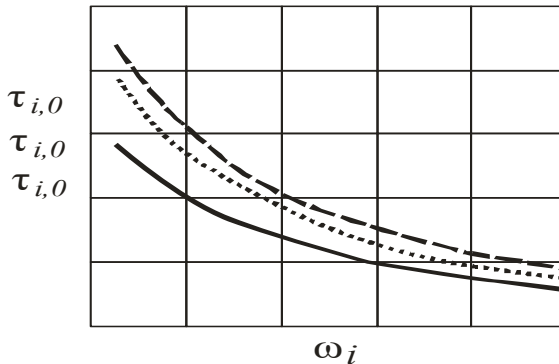


Рисунок 4.2 – Залежність часу фільтрації від швидкості газового потоку

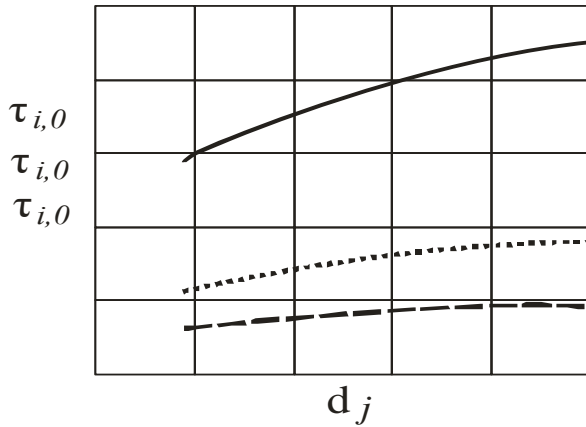


Рисунок 4.3. – Залежність часу фільтрації від розміру пилових часток

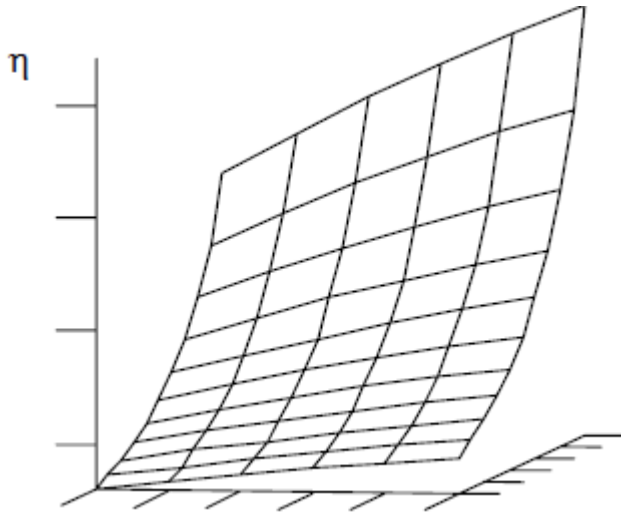


Рисунок 4.4. – Просторове зображення залежності часу фільтрації від швидкості газового потоку  $v$  й від розміру пилових часток.

Робота закінчується висновками, у яких відображається аналіз отриманих результатів, а саме: вплив збільшення розміру частинок пилу і збільшення швидкості газового потоку на час фільтрації в залежності від матеріалу фільтра. Студент повинен самостійно запропонувати оптимальний варіант очистки повітря від пилу.

## Практична робота № 5

**Тема.** Оцінювання забруднення атмосферного повітря населених пунктів

**Мета.** Опанувати методики розрахунку показників забруднення атмосферного повітря населених пунктів.

### Теоретична частина

В основу гігієнічної оцінки забруднення атмосфери покладена ідея нормування фактичного рівня концентрації шкідливої речовини щодо санітарного регламенту, а також процедура приведення його класу небезпеки до стандарту.

Як інтегральний критерій оцінки забруднення атмосфери було запропоновано середнє арифметичне значення величини відношення концентрації до ГДК:

$$K_n = (1/N) \sum (C_i / \text{ГДК}_i), \quad i = \overline{1, N}.$$

В якості комплексної оцінки забруднення атмосфери шкідливими домішками служило відношення узагальнених критеріїв фізичного та умовного забруднень:

$$K_g = \frac{\sum d_{ci} C_i}{\sum d_{ni} \text{ГДК}_i'}$$

де  $d_{ci}$ ,  $d_{ni}$  – відсоткова участь концентрації  $i$ -ої речовини у загальній сумі концентрацій (чи відповідно для ГДК).

Даному показнику треба віддати перевагу при порівняльній характеристиці забруднення повітряних басейнів з різною структурою шкідливих речовин.

Останнім часом одержав поширення у гігієнічних дослідженнях більш інформативний показник – індекс забруднення атмосфери міст:

$$ІЗА = \sum a_i (b_i C_i / \text{ГДК}_i - P_i), \quad i = \overline{1, N},$$

де  $a_i$  – коефіцієнт, що враховує клас небезпеки  $i$ -ої речовини;  $b_i$  – коефіцієнт, що враховує ефект дії  $i$ -ої речовини;  $P_i$  – величина, що враховує поріг дії  $i$ -ої речовини.

Застосування формули формули індексу забруднення атмосфери (ІЗА) має сенс тільки при виконанні умови – концентрації усіх домішок повинні бути вище їхніх ГДК.



Прикладом фізичного показника може служити вираз для розрахунку максимального значення приземної концентрації шкідливої речовини при викиді газоповітряної суміші джерелом, який рекомендований Держкомгідрометом для оцінки концентрації в атмосферному повітрі шкідливих речовин, що містяться у викидах підприємств, при проектуванні підприємств, а також при розробці нормативів гранично допустимих викидів (ГДВ) для діючих та підприємств, що проектуються або реконструюються. Одна з моделей фізичного індексу забруднення атмосфери широко застосовувалася в загальнодержавній системі спостереження і контролю за забрудненням атмосфери (ЗДССКА):

$$ІЗА = \Sigma (C_i / ГДК_i)^{m_i},$$

де  $m_i$  – показник ступеня, що враховує клас небезпеки домішки.  
Формула індексу забруднення атмосфери має вигляд

$$ІЗА = \left(\frac{C_1}{0,1}\right)^{0,87} + \left(\frac{C_2}{0,05}\right) + \left(\frac{C_3}{0,085}\right)^{1,4} + \left(\frac{C_4}{0,5}\right)^{0,87}.$$

У даному показнику враховувалися тільки чотири основні домішки – пил, сірчистий газ, окис азоту й окис вуглецю.

**Завдання:** Розрахувати індекс забруднення атмосфери обласного центру з практичної роботи 1. Вихідні дані щодо забруднюючих речовин взяти із «Регіональні доповіді про стан навколишнього природного середовища в Україні». URL: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/ekologichnyi-monitoring/regionalni-dopovidi-pro-stan-navkolyshnego-seredovyshha-v-ukrayini/>

### Практична робота № 6

**Тема.** Розрахунок викидів шкідливих речовин автомобільним транспортом

**Мета:** Опанувати методики розрахунку викидів автотранспорту у різних умовах

## Теоретична частина

Автомобільні гази – це надзвичайно складна, недостатньо вивчена суміш токсичних компонентів, основні з яких наведені в табл. 6.5.

Для оцінювання забруднення атмосферного повітря викидами авто-транспорту встановлені питомі значення газових викидів. Так, для одноповерхових гаражів, де характерним є режим холостого ходу, величини викидів  $M$ , г, розраховуються за формулою:

$$M = gNKС \quad (6.1)$$

де  $g$  – питома кількість шкідливих речовин, віднесена до одного виїзду з приміщення і умовної потужності двигуна в одну кінську силу, тобто в г/к.с. на 1 виїзд (приймається за табл. 6.5);  $N$  – потужність двигуна автомобіля, к.с;  $K$  – число виїздів автомобілів з приміщення на протязі 1 години, виїзд/год.;  $C$  – коефіцієнт для врахування інтенсивності руху автомобілів (приймається за табл. 6.6).

В багатоповерхових гаражах з виїздом автомобілів через нижче роз-ташовані поверхи (чи вище розташовані яруси в підземних гаражах) кількість шкідливих речовин  $M$ , г, які виділяються на кожному поверсі (ярусі), визначається за формулою:

$$M = qNK_1(1 + 0,7n), \quad (6.2)$$

де  $K_1$  – кількість виїздів на протязі 1 год. для даного поверху (ярусу), виїзд/год;  $n$  – число вище розташованих поверхів (нижче розташованих ярусів).

Таблиця 6.5

Питомі величини шкідливих речовин, які виділяються при одному виїзді автомобіля з приміщення г / (к.с. виїзд) [47]

Назва приміщень	Легкові автомобілі		Вантажні автомобілі та автобуси	
	Оксид вуглецю	Оксид азоту	Оксид вуглецю	Оксид азоту
Зберігання автомобілів	1,2	0,02	1,7/0,5	0,03/0,2
Пост технічного обслуговування і поточного ремонту автомобілів	0,8	0,016	1,0/0,4	0,024/0,16
Пост миття автомобілів	0,27	0,006	0,3/0,12	0,01/0,07

**Примітка.** В чисельнику наведені питомі величини шкідливих речовин для автомобілів і автобусів з карбюраторними двигунами, а в знаменнику – з дизельними двигунами.

Таблиця 6.6

Коефіцієнт С для врахування інтенсивності руху автомобілів

Назва приміщень	Число виїздів на протязі 1 години	Коефіцієнт С
Пост технічного обслуговування і ремонту автомобілів	1	0,5
	2	0,6
	3	0,7
	4	0,8
	> 4	1
Поточні лінії обслуговування автомобілів з переміщенням на конвеєрі	На все число виїздів	0,3
Зберігання автомобілів	Те ж	1

При змішаному парку карбюраторних і дизельних автомобілів кількість однойменних шкідливих речовин підсумовують.

В методичних вказівках для розрахунку викидів шкідливих речовин автомобільним транспортом при його русі основою є середній питомий викид автомобілями окремих груп (вантажні, автобуси, легкові). При цьому викид шкідливих речовин корегується залежно від технічного стану автомобілів, їх середнього віку, впливу природно-кліматичних умов на кількість викидів. Коефіцієнт впливу природно-кліматичних умов приймається рівним 1 (в подальшому підлягає уточненню).

Для автомобілів парку певного міста (району) маса викинутої за розрахунковий період шкідливої  $j$ -ої речовини  $M_j$ , г, при наявності в групі автомобілів з різними типами ДВЗ (бензиновими, дизельними, газовими тощо) визначається за формулою:

$$M_j^{\tau} = \sum_i^i \sum_k^k m_{jik} \cdot z_{ik} \cdot K_1 \cdot K_2 \quad (6.3)$$

де  $i$  – число груп автомобілів;  $m_{jik}$  – питомий викид  $j$ -ої шкідливої речовини автомобілем  $i$ -ої групи двигуном  $K$ -го типу за розрахунковий період (включає в себе пробіговий викид з урахуванням картерних викидів і випаровувань палива), г/км;  $z_{ik}$  – пробіг автомобілів  $i$ -ої групи з двигуном  $K$ -го типу за розрахунковий період, млн. км;  $K_1 \cdot K_2$  – добуток коефіцієнтів впливу технічного стану і середнього віку автомобілів на викид  $j$ -ої шкідливої речовини автомобілем  $i$ -ої групи з двигуном  $K$ -го типу в даному місті (табл. 6.7).

Питомі викиди  $m_{ijk}$ , г/км, оксиду вуглецю, вуглеводнів, оксидів азоту для всіх груп автомобілів залежно від розрахункового року прийняті постійними і наведені в табл. 6.8.

Таблиця 6.7

Вплив середнього віку парку і рівня технічного стану на викид шкідливих речовин

Група автомобілів	Викид оксидів вуглецю		Викид вуглеводнів		Викид оксидів азоту	
	$K_1$	$K_2$	$K_1$	$K_2$	$K_1$	$K_2$
Вантажні та спеціальні з бензиновими ДВЗ	1,33	1,69	1,2	1,86	1	0,8
Вантажні і спеціальні дизельні	1,33	1,80	1,2	2,0	1	1,0
Автобуси з бензиновими ДВЗ	1,32	1,62	1,2	1,86	1	0,8
Автобуси дизельні	1,27	1,80	1,17	2,0	1	0,85
Легкові службові і спеціальні	1,28	1,63	1,17	1,83	1	0,85
Легкові індивідуального користування	1,28	1,62	1,17	1,78	1	0,9

Для вантажних спеціальних автомашин, які працюють без значного переміщення (автокрани, бульдозери тощо), кількість речовин, які викидаються в атмосферу, повинна розраховуватися за умовним еквівалентним пробігом аналогічних автомобілів (бензинових чи дизельних) і питомими витратами палива на 1 км.

Таблиця 6.8

Питомі викиди для різних груп автомобілів на, г/км

Група автомобілів	CO	CH	NO <sub>2</sub>
Вантажні та спеціальні вантажні з бензиновими ДВЗ, які працюють на зрідженому нафтовому газі (пропан-бутан)	55,3	12,0	6,8
Вантажні та спеціальні вантажні дизельні	15,0	6,4	7,5
Вантажні та спеціальні вантажні, які працюють на стиснутому природному газі	24,8	7,4	6,6
Автобуси з бензиновими ДВЗ	51,5	9,6	6,4
Автобуси дизельні	15,0	6,4	8,5
Легкові службові та спеціальні	16,5	1,6	2,1
Легкові індивідуального користування	16,1	1,6	2,1

Для автомагістралей з інтенсивним рухом, які є значним джерелом шкідливих викидів, головна геофізична обсерваторія ім. А. І.

Войєкова на основі експериментальних даних, одержаних при оцінюванні токсичності викидів автомобільних двигунів під час випробувальних їздових циклів рекомендує використовувати коефіцієнти, які дозволяють визначити кількість шкідливих речовин,  $M$ , кг, при спалюванні одиниці (1 кг) палива за формулою:

$$M = K' \cdot \sigma, \quad (6.4)$$

де  $\sigma$  – кількість спалюваного палива, кг;  $K'$  – коефіцієнт, який враховує тип ДВЗ (приймається за табл. 6.9).

Таблиця 6.9

Значення коефіцієнтів  $K$  для визначення кількості шкідливих речовин при спалюванні 1 кг палива

Тип двигуна	Значення $K$ для		
	CO	CH	NO <sub>2</sub>
Карбюраторний	0,6	0,1	0,04
Дизельний	0,1	0,03	0,04

Для того, щоб визначити кількість шкідливих речовин, які виділяються автотранспортом, вводяться такі позначення:

$l$  – довжина заданої частини магістралі, м;  $n$  – число машин, які пройшли через контрольний пункт на цій частині магістралі в обидві сторони за 1 хв;  $V$  – середня швидкість автомобілів, км/год. (м/с);  $\Delta\tau$  – середній інтервал часу між машинами, с;  $\Delta l$  – відстань між центрами машин, м;  $N$  – число машин, які знаходяться в даний момент на заданій частині магістралі;  $q$  – середня кількість палива, спалюваного однією машиною (приймається за табл. 6.10).

Визначимо число автомашин, які знаходяться на ділянці автомагістралі:

$$N = l / \Delta l \quad (6.5)$$

Інтервал на довжині  $\Delta l$ , м, між машинами знаходиться за формулою:

$$\Delta l = \Delta\tau \cdot V \quad (6.6)$$

Інтервал часу між машинами  $\Delta\tau$ , с, визначається за формулою:

$$\Delta\tau = 60/n \quad (6.7)$$

Підставивши рівняння (6.6) і (6.7) у рівняння (6.5), одержимо:

$$N = \ln(60 \cdot V) \quad (6.8)$$

Витрати палива  $q'$ , кг/с однією машиною за 1 с знаходимо за формулою:

$$q' = \frac{q \cdot \rho \cdot 1000}{100000} V = 0,01q \cdot \rho \cdot V \quad (6.9)$$

де  $\rho$  – питома густина палива, кг/л (додаток 6).

Тоді витрати палива  $\sigma$ , г/с, всіма машинами, які знаходяться на ділянці довжиною  $l$  будуть:

$$\sigma = \frac{l \cdot n \cdot q \cdot \rho}{6000} \quad (6.10)$$

Таблиця 6.10

Витрати палива автотранспортом на 100 км пробігу

Група автомобілів	Витрати $q$ на 100 км пробігу		
	бензин, л	дизпаливо, л	газ, м <sup>3</sup>
Вантажні та спеціальні з бензиновими ДВЗ	27	-	-
Вантажні та спеціальні дизельні	-	33	-
Вантажні та спеціальні вантажні, які працюють на стиснутому природному газі	-	7	37
Вантажні та спеціальні вантажні газобалонні	-	-	31
Легкові службові та спеціальні	12	-	-

Знаючи загальну кількість спалюваного всіма машинами палива на заданій ділянці автомагістралі, можна визначити сумарний викид шкідливих речовин за формулою (6.4).

Одержана при розрахунку кількість шкідливих речовин, які викидаються автомобільним транспортом, порівнюється з гранично допустимим викидом для даного міста (району). При необхідності зменшення викидів шкідливих речовин автотранспортом необхідно провести аналіз впливу окремих факторів і можливих заходів.

**Завдання 1.** Розрахувати очікувану загальну кількість викидів шкідливих речовин рухомим транспортом автопідприємства №... на плановий рік.

Склад автомобільного транспорту, очікуваний пробіг автомобілів кожної групи і коефіцієнти впливу технічного стану та середнього віку автомобілів наведені в табл. 6.11.

**Завдання 2.** На ділянці автомагістралі з дворядним рухом в кожную сторону, яка довжиною  $l = 1000$  м прилягає близько до житлового району, рухається автотранспорт. Середня кількість спеціальних вантажних автомобілів з карбюраторними ДВЗ, які проходять в обидві сторони,  $n_k = 40$  хв<sup>-1</sup> і, з дизельними ДВЗ,  $n_d = 30$  хв<sup>-1</sup>. Визначити кількість шкідливих речовин, які виділяються на даній ділянці автомагістралі.

Таблиця 6.11

## Маса очікуваних шкідливих речовин рухомих транспортом автопідприємства

Група автомобілів	Кількість, шт.	Пробіг, млн. км/рік	Окис вуглецю			
			Питомі викиди на 1 км пробігу, г/км	Коефіцієнти впливу		Річний викид, т/рік
				Середнього віку парку	Рівня технічного стану	
1	2	3	4	5	6	7
1. Вантажні та спеціальні з бензиновими ДВЗ	223	6,777				
2. Вантажні та спецвантажні дизельні, які працюють на стиснутому природному газі	69	3,549				
3. Вантажні та спеціальні вантажні газобалонні	233	7,442				
4. Легкові службові та спеціальні	44	1,176				

Продовження таблиці 6.11

Вуглеводні				Окисли азоту			Річний викид, т/рік
Питомі викиди на 1 км пробігу, г/км	Коефіцієнти впливу		Річний викид, т/рік	Питомі викиди на 1 км пробігу, г/км	Коефіцієнти впливу		
	середнього віку парку	рівня технічного стану парку			середнього віку парку	рівня технічного стану парку	
8	9	10	11	12	13	14	15

Примітка: Згідно "Методики розрахунку викидів забруднюючих речовин від автотранспорту", Київ-95р., визначення кількості викидів проводимо за формулою:

$$П = q \cdot В \cdot K_T \cdot 10^{-3}, \text{ т/рік}$$

де: В - річні витрати пального, т/рік;  $K_T$  - коефіцієнт, що враховує вплив технічного стану автомобіля на величину питомих викидів (т.2); q - значення середніх питомих показників в кг/т палива

## Практична робота № 7

### Тема. Основні принципи та умови раціонального розташування промислових підприємств

**Мета:** засвоїти основні принципи раціонального розташування промислових підприємств та призначення, організації та використання санітарно-захисної зони

#### Теоретична частина

З організаційної точки зору розташування підприємств, споруд та інших об'єктів, які впливають на стан атмосферного повітря, а також вимоги до його охорони при розвитку міст та інших населених пунктів регламентуються Законом України „Про охорону навколишнього природного середовища” від 25 червня 1991 року, Законом України „Про охорону атмосферного повітря” від 16 квітня 1992 року, Державними санітарними правилами планування та забудови населених пунктів (ДСП 173-96).

Відповідно до діючих будівельних норм та правил територія населеного пункту з урахуванням переважного функціонального використання поділяється на *сельбищну, виробничу та ландшафтно-рекреаційну* територію.

Відповідно до вимог ДСП 173-96 навколо промислового підприємства встановлюється санітарно-захисна зона. Всі підприємства залежно від їх потужності, умов здійснення технологічного процесу, характеру і кількості шкідливих та таких, що неприємно пахнуть речовин, які викидаються в навколишнє середовище, а також інших шкідливих факторів поділяються на шість класів. Відповідно з санітарною класифікацією підприємств, виробництв і об'єктів встановлені такі розміри санітарно-захисних зон для підприємств:

Таблиця 7.1

Клас підприємства	І А	І Б	ІІ	ІІІ	ІV	V
Розмір, м	3000	1000	500	300	100	50

Основою для встановлення санітарно-захисних зон є санітарна класифікація підприємств, виробництв та об'єктів. Розмір санітарно-захисної зони, повинен уточнюватися як в сторону збільшення, так і в сторону зменшення залежно від рози вітрів району розташування підприємства за формулою:

$$l = l_0 \cdot \frac{P}{P_0},$$



де  $l_0$  – величина санітарно-захисної зони відповідно ДСП 173-96, чи одержана розрахунком без урахування поправки на розу вітрів, м;  $P$  – середньорічна повторюваність напрямку вітрів румба, що розглядається, %;  $P_0$  – повторюваність напрямків вітрів одного румбу при круговій розі вітрів (при восьмирумбовій розі вітрів  $P_0 = 100/8 = 12,5$  %).

**Завдання.** Запропонувати ситуаційну карту-схему промислового підприємства, яке розташовано в населеному пункті (поза населеним пунктом), визначити його клас (рис. 7.1, 7.2, табл. 7.2). На карті-схемі підприємства позначити можливі джерела викидів (контрольовані, неконтрольовані). Описати умови розташування підприємства. Визначити розміри СЗЗ та відкоригувати їх з врахуванням рози вітрів. Область розташування підприємства взяти з практичного завдання 1.

Таблиця 7.2

	Вид виробництва, підприємство	Клас
1.	Виробництво білково-вітамінного концентрату (поприну)	I А
2.	Підприємства по переробці нафти	I Б
3.	Виробництво глинозему (оксиду алюмінію)	I Б
4.	Виробництво асфальтобетону	I Б
5.	Виробництво свинцевих акумуляторів	II
6.	Виробництво гіпсу, азбесту, вапна	II
7.	Прокатні цехи	II
8.	Виробництво пластичних мас (карболіту, хлор-вінілу тощо)	III
9.	Виробництво штучних заповнювачів (керамзиту тощо), асфальтобетону, толю, руберойду	III
10.	Скотомогильники із захороненням в ямах кладовища	III
11.	Ділянки для парників, теплиць з використанням сміття	III
12.	Гальванічні цехи	III
13.	Виробництво штучного каміння і бетонних виробів	IV
14.	Комбикормові заводи (виробництво кормів для тварин з харчових залишків)	IV
15.	Виробництво червоної та силікатної цегли	IV
16.	Підприємства з обслуговування автомобілів (вантажні автомобілі, а також автобуси міського транспорту)	IV
17.	Підприємства з обслуговування автомобілів (легкові автомобілі, а також автобуси, крім автобусів міського транспорту)	IV
18.	Кондитерські фабрики	V
19.	Заводи спирто-горілчані	V
20.	Олійні (рослинні) масла	V
21.	Консервні заводи	V

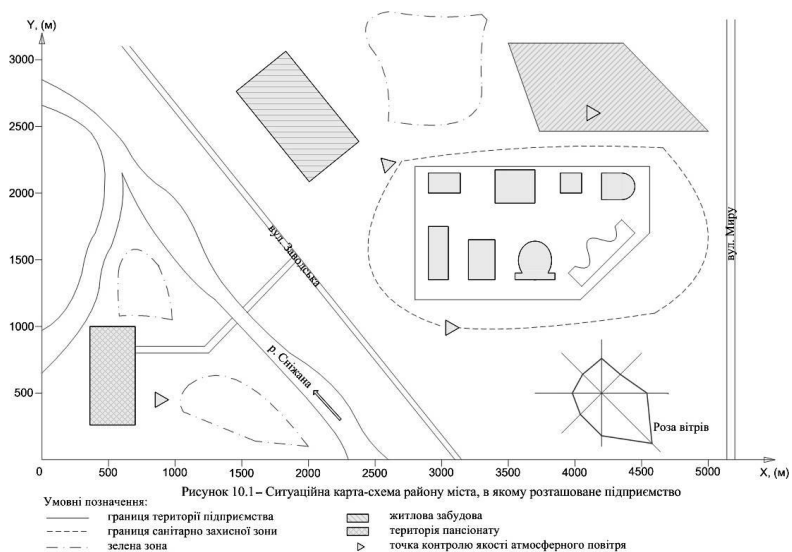


Рис. 7.1. Приклад 1

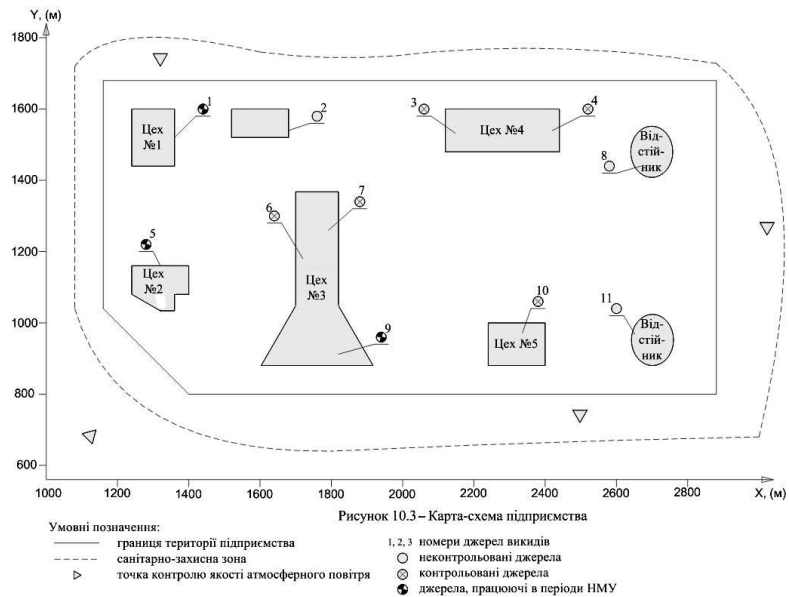


Рис. 7.2. Приклад 2

## Рекомендована література

### Основна

1. ДСП 201-97. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами). Гранично допустимі концентрації хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць. Із змінами і доповненнями, внесеними наказом Міністерства охорони здоров'я України від 23 лютого 2000 року № 30.

2. Конституція України. *Відомості Верховної Ради України*. № 254к/96-ВР. 28.06.1996. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/card/254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80>

3. Методика расчёта концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. Общесоюзный нормативный документ. ОНД-86. Л. : Гидрометеиздат.1987. 256 с.

4. Методичні вказівки обґрунтування орієнтовних безпечних рівнів впливу (ОБРВ) хімічних речовин в атмосферному повітрі населених місць. Наказ МОЗ України від 07.10.2004 № 485.

5. Про затвердження Порядку визначення величин фонових концентрацій забруднювальних речовин в атмосферному повітрі *{Із змінами, внесеними згідно з Наказами Міністерства екології та природних ресурсів № 485 від 08.12.2016 № 108 від 04.04.2018}* Наказ № 286 від 0.07.2001. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0700-01#n15> (дата звернення: 18.04.2020)

6. Про затвердження Порядку розроблення та затвердження нормативів граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел : Постанова Кабінету Міністрів України від 20.12.2001 р. №1780. *Офіційний Вісник України*. 18.01.2002. № 1. Ст. 12.

7. Про охорону атмосферного повітря : Закон України від 16 жовтня 1992 р. в редакції Закону від 21 червня 2001 року №2556-III. *Відомості Верховної Ради України*. 2001. № 48. Ст. 252.

8. Про охорону навколишнього природного середовища : Закон України від 25 червня 1991 р. *Відомості Верховної Ради України*. 1991. № 41. Ст. 546.

## Допоміжна

9. Дзюняк Д. Ю. Інформаційна технологія оцінювання параметрів викидів речовин за даними оперативного моніторингу забруднення атмосферного повітря : дис. ... канд. тех. наук : 05.13.06. Вінниця, 2017. 115 с.

10. Енциклопедія сучасної України. Атмосфера. URL: [http://esu.com.ua/search\\_articles.php?id=44601](http://esu.com.ua/search_articles.php?id=44601)

11. Інтегральні та комплексні оцінки стану навколишнього природного середовища : монографія / О. Г. Васенко, О. В. Рибалова, С. Р. Артем'єв, Н. С. Горбань, Г. В. Коробкова, В. О. Полозенцева, О. В. Козловська, А. О. Мацак, А. А. Савічев. : НУГЗУ. 2015. 419 с.

12. Клименко В. Г., Цигічко О. Ю. Забруднення атмосферного повітря : методична розробка для студентів-географів. Харків : ХНУ ім. В. Н. Каразіна. 2010. 26 с.

13. Клименко М. О., Ковальчук Н. С. Атмосфера Землі: основні аспекти та чинники впливу : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2022/ 269 с.

14. Костицький В. В. Екологія перехідного періоду: право, держава, економіка (економіко-правовий механізм охорони навколишнього природного середовища). К. : Інститут законодавчих передбачень і правової експертизи, 2003. С. 254.

15. Основні забруднювачі навколишнього середовища. Книга 5. *Електроенергетика та охорона навколишнього середовища. Функціонування енергетики в сучасному світі*. URL: Перелік програмних продуктів в галузі охорони атмосферного повітря. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. URL: <https://menr.gov.ua/content/perelik-programnih-produktiv-v-galuzi-ohoroni-atmosfernogo-povitrya.html>

16. Петрук В. Г., Васильківський І. В. Природоохоронні технології : навчальний посібник. Ч.1: Захист атмосфери / Вінниця : ВНТУ, 2010. 363 с.

17. Право довкілля (екологічне право) : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / за ред. П. Д. Пилипенка. К. : Ін Юре, 2010. С. 301.

18. Правова охорона атмосферного повітря: практичні аспекти. / *за заг. ред. Жиравецького Т. М., Кравченко О. В.; пер. Хомечко Г. І.* Львів : ЕПЛ. 2011. 120 с.

19. Про затвердження Порядку розроблення та затвердження нормативів вмісту забруднюючих речовин у відпрацьованих газах та впливу фізичних факторів пересувних джерел забруднення

атмосферного повітря : Постанова Кабінету Міністрів України № 303 від 13 березня 2002 р. *Офіційний Вісник України*. 05.04.2002, № 12. Ст. 575.

20. Ратушняк Г. С., Лялюк О. Г. Технічні засоби очищення газових викидів : навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2005. 158 с.

21. РД 52.04.52-85 Регулювання викидів при несприятливих метеорологічних умовах. Методичні вказівки. Державний комітет СРСР по гідрометеорології та контролю природного середовища. 01.12.1986.

22. Школьний Є. П. Фізика атмосфери : підручник. Одеса. 2005. 507 с.

## Завдання до практичного заняття 1

Варіант 1, 9. Джерела викиду розташовані у Волинській області

## Характеристика газопилового потоку

Найменування джерела	Характеристика пилоповітряної суміші			Забруднююча речовина		Визначена потужність викиду	
	Об'єм, м <sup>3</sup> /сек	Швидкість, м/с	T <sup>0</sup> C	Код	Найменування забруднюючої речовини	г/с	т/рік
Котел КВГ 7.56-150	8,21	16,3	123	0301	Діоксид азоту	0,2067	1,8560
				0337	Оксид вуглецю	0,0761	0,4207
Зварювальний пост	0,3	3,85	23	0123	Оксид заліза	0,0034	0,0137
				0143	Дв-с марганцю	0,0002	0,0009
				0203	Оксид хрому	0,0002	0,0003
				0301	Діоксид азоту	0,0058	0,0128
Варіант 2, 10. Джерела викиду розташовані у Сумській області							
Котел КВГ 7.56-150	8,21	16,3	123	0337	Оксид вуглецю	0,0010	0,0027
				0164	Оксид нікелю	0,00002	0,00002
Зварювальний пост	0,3	3,85	23	11141	Оксид кремнію	0,00004	0,00004
				0342	Фтор.водень	0,0001	0,0001
				0343	Флориди розч	0,8·10 <sup>-5</sup>	0,7·10 <sup>-5</sup>
				0344	Флориди не розчин.	0,0003	0,0003
Варіант 3, 11. Джерела викиду розташовані у Дніпропетровській області							
Машинований цех (МВЦ)	11,18	10,0	411	0301	Діоксид азоту	18,536	67,302
				0337	Оксид вуглецю	1,543	11,217
				0330	Сірчис. анг-д	1,949	0,1803
				10285	Пил шихти	0,5507	24,090
Машинований цех (МВЦ)	0,746	1,62	18	0301	Діоксид азоту	0,0078	0,2271
				0337	Оксид вуглецю	0,0047	0,1325
Варіант 4, 12. Джерела викиду розташовані у Сумській області							
Газонаплавочні роботи	0,314	7,15	20	0164	Оксид нікелю	0,00004	0,00008
				0123	Оксид заліза	0,00014	0,00035
				0143	Дв-с марганцю	0,00002	0,00005
Шліфувальні роботи				0146	Оксид міді	0,00008	0,0002
				0301	Діоксид азоту	0,0079	0,0214

				10431	Пил абраз-метал.	0,0130	0,1656
Варіант 5, 13. Джерела викиду розташовані у Рівненській області							
Склоформ.маш. Камери для прогріву форм	111,54	10	42	0301	Діоксид азоту	0,2342	5,5220
				0337	Оксид вуглецю	0,1561	3,7622
				0328	Сажа	0,0557	1,5831
				2754	Насич.вугл-ні	0,5575	15,8279
				10285	Пил шихти	1,0039	29,7921
Установка зміцнення склотари	0,163	1,55	45	0316	Хлорис.водень	0,0016	0,0473
Варіант 6, 14. Джерела викиду розташовані у Закарпатській області							
Дозувально- змішувальне відділення (ДЗВ)	0,419	18	18	10283	Пил піску	0,110	0,4212
				10759	Пил вапняку	0,0314	0,1202
				0155	Пил соди	0,0353	0,1352
				0158	Пил сульфату	0,0008	0,0031
			10290	Пил глинозему	0,0025	0,0096	
Формов.від-ня (чергове) цех №2 Очищення форм	0,256	11,1	20	2907	Пил неорган.	0,0034	0,0122
Варіант 7, 15 Джерела викиду розташовані у Чернівецькій області							
Формовочне від-ня (основне)	0,38	10	18	0123	Окис заліза	0,00014	0,00012
				0143	Дв-с марганцю	0,000015	0,00001
				0146	Оксид міді	0,000008	0,00003
				0138	Оксид магнію	0,00001	0,00005
				0101	Оксид алюмін.	0,00008	0,0003
				0301	Діоксид азоту	0,00002	0,00006
Варіант 8, 16. Джерела викиду розташовані у Одеській області							
Котельна	0,19	0,963	125	0313	Оксиди азоту	0,2226	3,2447
Котельна	0,1	0,51	120	0211	Оксид вуглецю	1,8001	26,2399
Кузня	0,42	3,34	110	2332	Зола	2,3878	34,8082
					Діоксид сірки	2,7625	40,2696
Зварювальний пост	0,59	3,006	21		Оксид заліза	0,00018	0,00266
					Діоксид марганцю	0,000024	0,00035

## Основні фізичні властивості газів

Газ	Фор- мула	Густи- на (при 0 °С і 0,101 МПа), кг/м <sup>3</sup>	Молеку- лярна маса М, кг/кмол ь	Газова постій- на К, Дж/кг ·К	Питома теплоємні- сть при 20 °С і 0,101 МПа, кДж/кг·К		В'язкість при 0 °С і 0,101 МПа, μ	
					Ср	СV	·10- 6 Па с	С
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Азот	N <sub>2</sub>	1,2507	28,02	297	1,04	0,745	17	114
Аміак	NH <sub>3</sub>	1,771	17,03	488	2,24	1,67	9,18	626
Аргон	Ar	1,782	39,94	209	0,53	0,32	20,9	142
Ацетилен	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	1,171	26,04	320	1,68	1,35	9,35	198
Бензол	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	-	78,11	106	1,25	1,14	7,2	-
Бутан	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	2,673	58,12	143	1,91	1,73	8,1	377
Повітря	-	1,293	28,95	288	1,01	0,72	17,3	124
Водень	H <sub>2</sub>	0,089	2,016	4130	1,42	1,01	8,42	73
Водневий пар	-	0,804	18,02	430	2,01	-	10,0	961
Гелій	He	0,1785	4,00	2080	5,27	3,18	18,8	78
Двоокис азоту	NO <sub>2</sub>	-	46,01	180	0,802	0,614	-	-
Двоокис сірки	SO <sub>2</sub>	2,927	64,07	130	0,631	0,501	11,7	396
Двоокис вуглецю	CO <sub>2</sub>	1,976	44,01	189	0,836	0,651	13,7	254
Кисень	O <sub>2</sub>	1,4289	32	260	0,911	0,651	20,3	131
Метан	CH <sub>4</sub>	0,717	16,04	519	2,22	1,67	10,3	162
Окис вуглецю	CO	1,250	28,01	293	1,05	0,753	16,6	100
Н-Пентан	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	-	72,15	115	1,715	1,57	8,74	-
Пропан	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	2,020	44,1	189	1,86	1,65	-	278
Пропілен	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	1,914	42,8	198	1,63	1,432	-	322
Сірководень	H <sub>2</sub> S	1,539	34,08	244	1,06	0,801	11,66	-
Хлор	Cl	3,217	70,91	177	0,482	0,36	-	351
Хлорний метил	CH <sub>3</sub> Cl	2,308	50,49	165	0,74	0,582	9,89	454
Етан	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	1,357	30,07	283	1,73	1,44	8,5	287
Етилен	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	1,261	28,05	296	1,53	1,22	9,85	241