

**ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Навчально-науковий інститут агротехнологій, селекції та**  
**екології**

**Кафедра екології, збалансованого природокористування та захисту**  
**довкілля**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**на тему: «Перспективи та ефективність пилогазоочисного обладнання»**

Виконав: здобувач вищої освіти  
СВО Магістр за освітньо-професійною  
програмою Агроекологія  
спеціальності 101 Екологія  
Матухно Григорій Іванович

Керівник: Писаренко Павло Вікторович,  
доктор сільськогосподарських наук,  
професор

Рецензент: \_\_\_\_\_

**Полтава – 2023 року**

# ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-науковий інститут агротехнологій, селекції та екології

Кафедра екології, збалансованого природокористування та захисту довкілля

Освітньо-професійна програма Агроекологія

Спеціальність 101 Екологія

Освітній ступінь магістр

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Матухно Григорію Івановичу

1. Тема роботи: Перспективи та ефективність пилогазоочисного обладнання

Керівник роботи: Писаренко Павло Вікторович, доктор сільськогосподарських наук, професор

затверджено наказом вищого навчального закладу  
від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ року №\_\_\_

2. Строк подання здобувачем роботи

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

3. Вихідні дані до роботи

«Збірник показників емісії (питомих викидів) в атмосферне повітря різними виробництвами. УкрНЦТЕ. Донецьк 2004. Том 1», Документи у яких обґрунтовуються обсяги викидів для отримання дозволу на викиди забруднюючих речовин стаціонарними джерелами для ТОВ «Бейкені Енергетика Україна» Свердловини №3 Ковалівсько-Сулімівського родовища.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Особливості основних проблем забруднення атмосферного повітря викидами промисловості, аналіз технічних засобів та способів очистки пило-газо

потокү викидів стаціонарними джерелами, технічні особливості та різновиди  
пилогозоочисного обладнання.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)  
Ситуаційна карта-схема місця розташування об'єкта дослідження

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи
1	Розділ 1 Огляд літературних джерел	20.10.2023
2	Розділ 2 Дослідницький розділ	20.11.2023
3	Розділ Висновки	30.11.2023

**Здобувач вищої освіти** \_\_\_\_\_  
 (підпис) (прізвище та ініціали)

**Керівник роботи** \_\_\_\_\_  
 (підпис) (прізвище та ініціали)

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ**

АП – Атмосферне повітря

ГДВ – Гранично допустимий викид

ГДК – Гранично допустима концентрація

ЗР – Забруднююча речовина(и)

ЄС – Європейський Союз

НПС – Навколишнє природне середовище

НС – Навколишнє середовище

ПГО – Пилогазоочисне обладнання

СЗЗ – Санітарно захисна зона

## ЗМІСТ

### ВСТУПНА

**ЧАСТИНА**.....6

**РОЗДІЛ 1**.....  
8

**ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ**  
.....8

1.1. Аналіз проблеми дослідження .....  
8

1.2. Формулювання точок зору науковців .....  
16

1.3. Постановка основної задачі досліджень та підпорядкованих задач,  
що забезпечують її вирішення  
.....19

1.4. Аналіз досліджень за класифікаційними ознаками .....  
23

1.5. Теоретичне обґрунтування методів дослідження .....  
33

**РОЗДІЛ** ..... **2**  
.....36

**ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ** .....  
36

2.1. Характеристика об'єкту дослідження .....  
36

2.2. Підготовка інформаційного блоку .....  
39

2.3. Використання програмного забезпечення та основний хід  
роботи.....41

2.4. Аналіз результатів дослідницького розділу.....52

**ВИСНОВКИ** .....55

<b>СПИСОК</b>	<b>ВИКОРИСТАНИХ</b>	<b>ДЖЕРЕЛ</b>
.....	57	
<b>ДОДАТКИ</b> .....		64

## ВСТУПНА ЧАСТИНА

*Актуальність теми.* Наукові дослідження в сфері застосування та впровадження пилогазоочисного обладнання є важливим напрямком в сьогоденні, оскільки дозволяє розробляти нові ефективні технології очистки викидів від газів та твердих частинок, що сприяє зменшенню викидів забруднюючих речовин в атмосферу та покращенню екологічної ситуації в цілому. Нині ситуація з якістю атмосферного повітря має тенденцію погіршення, і тому потребує не лише наукових досліджень, а й нагальних технічних рішень, одним з яких і може слугувати пилогазоочисне обладнання. Поряд з цим викиди діоксиду сірки від промисловості є серйозною екологічною проблемою, яка несе виключно негативний вплив на здоров'я людей, навколишнє середовище та економіки країн, створюючи при цьому ряд негативних наслідків.

*Мета і завдання дослідження.* Завданням дослідження було проаналізувати сучасний стан проблематики викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від промисловості, виявити та встановити можливі шляхи вирішення існуючих проблем шляхом технічних рішень. Метою дослідження було практичне використання сучасного теоретично-інформаційного підґрунтя проблематики викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря із застосування пилогазоочисного обладнання в промисловій галузі.

*Об'єкт і предмет досліджень.* Об'єктом дослідження було обрано виробничий процес буріння газової Свердловини №3 Ковалівсько-Сулимівської площі. Предметом дослідження було обрано особливості виробничого процесу буріння, а саме викид діоксиду сірки в атмосферне повітря при спалюванні дизельного палива, що використовується буровим обладнанням.

*Структура та обсяг роботи.* Кваліфікаційна робота загальним обсягом 69 сторінок, складається з 7 основних розділів та 9 підрозділів, до складу яких входить 4 таблиці, 4 формули, 28 рисунків, 1 діаграма, 2 додатки,

все це на основі наукової бази з 67 використаних джерел та 2 застосунків програмного забезпечення.

## РОЗДІЛ 1

### ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

#### 1.1. Аналіз проблеми дослідження

Наукові дослідження щодо викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря є актуальним та широким напрямком у галузі екології та охорони навколишнього середовища починаючи з 80-х років 20 століття, де в часовому проміжку рушійними науковими роботами можна вважати напрацювання видатного австралійця Тома Віглі, котрий одним з перших досліджував, описував, аналізував та прогнозував процеси зміни клімату[1], коливань температур повітря обох півкуль[2], зміни теплофізичної структури атмосфери, кругообігу речовин та окремих елементів[3]. В своїх роботах автор створив десятки енергетичних моделей поведінки кліматичної системи за умов можливого впровадження політики «стабілізації» вмісту та викиду окремих речовин та парникових газів, а також посприяв введенню в науковий обіг та на міжнародну політичну арену поняття «Зобов'язання щодо зміни клімату», яким нині керуються Організація об'єднаних націй та більшість наукових асоціацій.

Однак загальноприйнятою, незворотною точкою, котру науковці та експерти приймають початком критичних змін – вважають 1850 рік[4]. Ознайомившись з роботою Сари Джосефін Сміт та Тамі С. Бонд «Двісті п'ятдесят років аерозолів і клімату»[5], отримуємо можливість чітко відслідкувати та прогнозувати якісні зміни складу атмосферного повітря, котрі спровокувала діяльність людства, зокрема видобуток і спалювання палива, що також значною мірою збільшило викид сірки ( $\text{SO}_2$ ) та сажі (BC), до прикладу співвідношення кількісного викиду яких, відносно лінії часу, висвітлено на рис. 1.

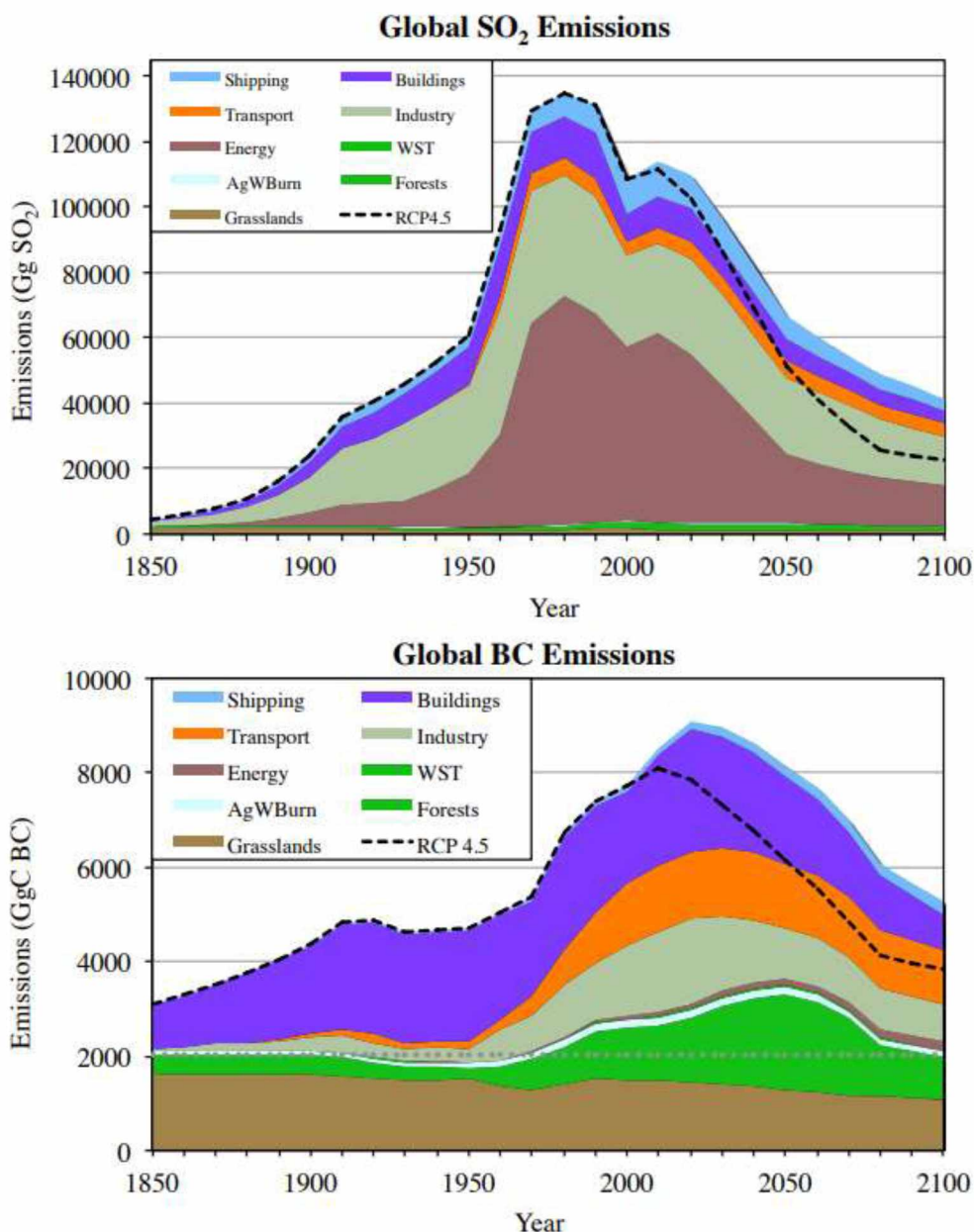


Рис. 1 Характеристика кількісних змін глобальних викидів діоксиду сірки та сажі [авторська розробка [5]]

Технічний прогрес збільшив об'єм виробництва, а нові методи землекористування призвели до зміни рівня тропосферного і стратосферного озону, збільшилися навантаження на атмосферу і концентрації парникових газів. Починаючи з 1850 року, глобальні викиди мали тенденцію на зростання через індустріальний період, в першу чергу це пов'язано з стрімким розвитком промисловості та розбудовою електростанцій на вугіллі, розвитком урбанізації з пришвидшеним споживання біомаси та ресурсів в цивільному та виробничому секторах [6]. Найбільш швидке зростання

викидів сірки спостерігалось в проміжку з 1950 по 1970 роки, головним чином через викиди від електростанцій[7]. З часом викиди  $\text{SO}_2$  сягають піку в 1970-ті роки, і тоді вперше виникає впровадження контролю за викидами, що зменшує темпи і об'єми викидів сірки. Натомість масштабне збільшення викидів сажі у 20 столітті почалося пізніше, зокрема з розвитком транспорту, інтенсивності будівництва та розвитком промислового сектору, поряд з цим явні зміни клімату вже були помітні, як і перші наслідки у вигляді збільшення лісових пожеж, які також збільшили кількість викидів парникових газів і забруднюючих речовин в атмосферне повітря. На думку Фернадеса С. Д. – в порівнянні з викидами діоксиду сірки, рекордні антропогенні викиди сажі не досягли піку за останньою оцінкою першої декади 21 століття[8].

Проте, всі особливості викиду сажі не вивчено досконало. Відомо що елементарний вуглець (ЕС) є одним з найважливіших компонентів атмосферного аерозолі. Аерозоль в свою чергу, характеризується оптичними властивостями, на які впливає вуглець, оскільки фізично він є найефективнішим поглиначем частинок світла [9]. В окремих регіонах з сильним забрудненням, високі коефіцієнти поглинання найчастіше зменшують альbedo одиночного розсіювання аерозолі, що і призводить до потепління шару атмосфери. Поряд з цим дослідники Попей К. А. та Докері Д. В., доводять, що сажа з її основною сполукою ЕС, відіграє значну роль у спричиненому аерозолями впливі на здоров'я людей[10]. З досліджень Крейлінга В. Г., слід зауважити, що частинки сажі не розчиняються ні у воді, ні в ліпідах, і тому мають зовсім інший вплив на здоров'я, ніж водорозчинні сполуки[11]. У загальному масштабі масова частка вуглецю в атмосфері є низькою і зазвичай не перевищує кількох відсотків. Однак, значна частка частинок сажі в густонаселених чи індустриальних регіонах може бути значною в діапазоні розмірів нижче 100 нм, що залежить від малої відстані до джерел викиду, які переважно є викидами від транспорту. Після викиду в атмосферу, частинки сажі утворюють зовнішньо-змішану субпопуляцію. Вже

у повітрі, під час переміщення частинки сажі або коагулюють з іншими частинками, або піддаються конденсації та можуть покриватися такими матеріалами, як сульфати, нітрати або органічні сполуки.

За дослідженнями Індара Гоклені, використання пилогазоочисного обладнання почалося експериментально застосовуватися з певним розривом у кілька десятків років в передових країнах, та з розривом у століття у країнах з меншим технологічним та економічним прогресом[12]. З часом, у більш розвинених країнах, впровадження пилогазоочисного обладнання розвивалося, як потреба технічної відповіді на промислову революцію та зростаюче усвідомлення проблем забруднення навколишнього середовища та повітря зокрема. Історія перших юридичних методів та технологічних засобів з контролю забруднення повітря починається з кінця 19-го століття, та має чітку послідовність свого розвитку:

#### *1. Кінець 19 століття;*

Перші прояви та спроби контролювати забруднення повітря датуються кінцем 1800-х років, майже по завершенню промислової революції[13]. Урбанізовані поселення, діяльність яких була пов'язана з інтенсивною промисловістю, зокрема країни в Європи та Північної Америки, вже тоді почали потерпати від наслідків проблеми із забруднення повітря через спалювання вугілля в енергетиці, розвиток транспортних технологій та важку промисловість. Так широке використання вугілля на заводах у Великобританії, Німеччині, Сполучених Штатах посприяло створенню поняття «Епоха диму», або словами психологів, дослідників соціального питання[14], а саме «ставлення до проблеми» – розпочався етап усвідомлення, що розвинуло і спровокувало розуміння ролі промисловості та її впливу на життя людини. Згубний вплив антропогенного забруднення, особливо від, раніше згаданого вугільного диму, став очевидним у таких містах, як Лондон. Тоді ж, у 1840-х і 1850-х роках, Британським урядом

піднімалося питання нововведень і корегувань до вже існуючого законодавства, а саме написання нових обмежень та правок до окремого закону «Smoke Abatement Acts» – «Про боротьбу з димом», що мав за ідею контролювати викиди диму з труб важкої промисловості. А згодом, у 1863 році, було створено перший нормативно-правовий акт, що регулював викиди від процесів виробництва лугів, тоді вже «The Alkali Acts» – «Закону про регулювання лужних заводів», який мав на меті контролювати викиди кислотних і шкідливих речовин у повітря, зокрема в регіонах і містах, де було провадилось виробництво лугів[15].

2. *Електрофільтр Коттрелла (1907);*

Однією з найперших і найвпливовіших технологій, котрі дали змогу контролювати викиди твердих частинок став – електрофільтр. Він був винайдений американським хіміком Фредеріком Г. Коттреллом у 1907 році. Перша успішна розробка Коттрелла, в якості електрофільтру, використовувала електростатичні сили для видалення зважених часток з промислових газів [16].

3. *Рукавні фільтри (1920-ті роки);*

Розробка тканинних фільтрів, нині відомих як «рукавні фільтри», мала найбільшу тенденцію розвитку у 1920-х роках. Ця технологія передбачала використання тканинних мішків для фільтрації та збору частинок пилу з промислових газових потоків[17].

4. *Закон про чисте повітря (1963);*

Закон «Про чисте повітря», що був прийнятий 1963 роком у Сполучених Штатах – став значним кроком до можливого вирішення проблеми забруднення повітря. Закон надав уряду повноваження регулювати якість повітря і встановлювати стандарти для потенційних забруднювачів. Практична реалізація закону відзначилась малою ефективністю, проте його прийняття призвело

до активізації досліджень і розробки нових технологій з контролю забруднення повітря[18].

5. *Мокрі скрубери (1960-ті);*

Мокрі скрубери, які використовують рідину, найчастіше воду, для видалення забруднювачів з газових потоків, стали більш широко використовуватися в 1960-х роках. Вони стали ефективними у вловлюванні різних забруднювачів, включаючи діоксид сірки та тверді частинки. З часом та розвитком потреб і технологій, було розроблено нові та більш адаптовані моделі скруберів котрі мають підвищену продуктивність [19].

6. *Розвиток технологій (1970-1980-ті роки);*

У 1970-1980-х роках відбувся прогрес у технологіях контролю за забрудненням повітря, що також зумовлено посиленням екологічних норм. Промисловість (в розвинених країнах) почала впроваджувати більш досконалі та ефективні системи для дотримання нових екологічних стандартів та дотримання політики викидів забруднюючих речовин[20].

7. *Глобальна обізнаність і регулювання (кінець 20-го століття);*

Зростання глобальної обізнаності про екологічні проблеми та впровадження суворих норм щодо якості повітря в усьому світі призвело до подальшого розвитку пилогазоочисного обладнання. У цей період були розроблені нові технології та вдосконалені існуючі.

Нині варто відзначити, що екологічне регулювання, як ми його знаємо і розуміємо сьогодні, це вже результат поступового розвитку, а початок офіційного встановлення комплексних екологічних законів у світі припадає на середину 20 століття, коли в Україні перший головний Закон «Про охорону атмосферного повітря», котрий встановлює екологічних вимоги та керує всіма юридичними та практичними засадами сфери впливу на атмосферне повітря, був прийнятий лише у 1992 році[21].

В усьому світі, саме у 20-му столітті почали з'являтися спеціалізовані природоохоронні агентства та більш складні законодавчі рамки для вирішення проблем пов'язаних із забрудненням повітря викидами емісій, відразу локально та у невеликих масштабах, а потім на міжнародному рівні. А вже сьогодні, в різних галузях промисловості, по всьому світу використовуються різні типи устаткування та обладнання для контролю, зменшення та мінімізації викидів у повітря. З сучасними потребами, новими регуляторними вимогами, досконалішими та вибагливішими нормами щодо викидів, ці технології, як і обладнання, продовжують розвиватися та завжди оновлюються. Саме з цим, в розвинених країнах спостерігається постійний розвиток і впровадження чистіших технологій [22], що також, на соціальному рівні, відображає постійне прагнення зменшити антропогенний вплив на якість повітря та здоров'я населення. Натомість сьогоденна екологічна ситуація в Україні, далека від тенденцій економічно-прогресивних країн світу, і характеризується, зокрема зниженням якостей навколишнього природного середовища, що також беззаперечно пов'язано із забрудненням атмосфери, при цьому, не менше варті уваги ситуації та проблеми з забрудненням ґрунтів, поверхневих та підземних вод, накопиченням відходів, вирубки лісів, свавілля природоохоронних об'єктів тощо. Сталий розвиток вимагає збереження навколишнього середовища, ощадливого використання природних ресурсів і забезпечення екологічної безпеки для існування людини, в звичних нам умовах. Через це, запобігання та своєчасне виявлення забруднення навколишнього середовища, має ключове значення та необхідне задля досягнення сталого розвитку за сучасною екологічною стратегією, яка передбачає не лише відповідальне розпорядження природними ресурсами, а й екологічно-ефективну економічну діяльність людини на всіх рівнях[23], від розвитку екологічних технологій виробництв в промисловості до виховання сприйняття екологічної ментальності суспільством. Забруднення повітря, головним чином, від пересувних джерел (транспорту) та промислових виробництв, є однією з головних екологічних

проблем, з якими стикаються інфраструктурно розвинені міста. Згідно даних останнього доступного, опублікованого звіту Державної служби статистики України, лише від стаціонарних джерел викиду нашої держави (котрі офіційно інвентаризовані і є на обліку), протягом 2020 року в атмосферу було викинуто 2238628,440 тонн забруднюючих речовин та парникових газів[24], в тому числі 45814,475 тонн в межах Полтавської області. До цього переліку речовин відносяться: метали та їх сполуки, речовини у вигляді суспендованих частинок, об'єднаний перелік групи речовин оксидів азоту, діоксид азоту, аміак, сірководень та сполуки сірки, вуглецю оксид, об'єднаний перелік групи речовин НМЛОС, метан, об'єднаний перелік групи речовин вуглеводнів (в тому числі поліароматичних), вуглецю діоксид тощо. Для якісного відображення оцінюваної ситуації та порівняння статистичних даних, автором кваліфікаційної роботи відтворено кількісні показники викидів від стаціонарних джерел у вигляді діаграми 1, де винесено та продемонстровано найбільш впливові види економічної діяльності відносно об'єму викидів ними забруднюючих речовин та парникових газів.



## Діаграма 1. Валовий викид забруднюючих речовин від основних видів економічної діяльності

Одним із головних критичних факторів, що впливає на кількість і об'єми викидів в атмосферне повітря, є не оновлені технічні потужності, з малим рівнем оснащення пилогазоочисного устаткування на потенційних (стаціонарних) джерелах викину, а подекуди й взагалі – відсутність спеціальних установок для вловлювання твердих частинок та газоподібних сполук. Поряд з цим, в науковому просторі, серед досліджень та пошуків шляхів вирішення існуючої проблеми, переважають думки, що для реального і якісного зменшення впливу на атмосферне повітря та кількості викидів забруднюючих речовин, слід притримуватись вже загальноприйнятих напрямків[25]:

- підтримка та впровадження доступних технічних рішень (технологічних нововведень) в очищенні промислових викидів, поширення та популяризація практичного застосування пилогазоочисного обладнання;
- переобладнання та облаштування технологічного устаткування на підтримку альтернативних, більш екологічних видів палива;
- дотримання чинних міжнародних екологічних стандартів та практична реалізація програм природоохоронних заходів, згідно планування проектних нормативів ГДВ.

### 1.2. Формулювання точок зору науковців

Думки сучасних дослідників промислової екології, котра все тісніше пов'язується з міжнародною політикою, здебільшого розгалужені, і не завжди мають реалістичний план дій з чіткою імплементацією, але чимало робіт, суджень та інтелектуальних напрацювань добігають подібних (схожих) висновків з орієнтовно визначеними прагненнями.

Соціально-економічне майбутнє нашої країни критично залежить від вже існуючих, далеко не досконалих, досягнень в напрямку екологічної безпеки, та найближчим часом буде пов'язано з наростанням, впровадженням і розвитком потенціалу науково-технічного прогресу, який за політики сучасної євроінтеграції та екологізації може бути направлений на прагнення досягнути європейського рівня екологічної безпеки [26], при цьому збалансовано забезпечувати постійно зростаючі потреби населення, і головним чином реалізовувати всі можливі методи задля створення та підтримання умов самовідновлення навколишнього природного середовища. Аналізуючи сьогоденну ситуацію маємо зниження якості стану НПС, у зв'язку з продовженням експлуатації застарілого та енергоємного промислового обладнання провідними секторами виробничої галузі економіки, браком фінансування та відсутністю достатнього забезпечення ресурсу природоохоронних фондів, незадовільним станом облаштування очисних елементів на виробництвах та недотриманням вимог і правил експлуатації підприємствами по відношенню до пилогазоочисного обладнання, навіть за можливості потенційної очистки пилогазоповітряної суміші. В більшості досліджуваних ситуацій, атмосфера, як і навколишнє середовище піддається впливу, і отримує основне навантаження саме від джерел забруднень (викиду) на підприємствах, здебільшого промислового сектору [27]. Далека від сучасних норм не викінченість технічного обладнання, машин, верстатів, технологічних процесів що їх поєднує – допускає надходження в атмосферне повітря широкий перелік забруднюючих речовин, твердих і дрібнодисперсних частинок, їх різних фракцій, токсичних та парникових газів, парів органічних рідин тощо. А вже існуючі і обладнані системи очистки газів на виробництвах вже випрацювали свій строк амортизації й вважаються застарілими, попри умови що проектувалися й розроблялися вони без розрахунку екологічної або економічної перспективи. В результаті це призвело до значного кількісного та вираженого індексного забруднення повітря, з негативними відхиленнями

від норм концентрації забруднюючих речовин в промислово-індустріальних регіонах (таких як Донецька, Дніпропетровська, Запорізька області тощо) [28]. В державному масштабі та у всьому світі в цілому, проблема з очисткою викидів (від різнодисперсних домішок, парів, окремих емісій та газових елементів) не є новою, а загальна екологічна ситуація зазнає погіршення. Ця ситуація отримує загострену увагу та особливе значення, у зв'язку з невідвістю захисних та попереджувальних заходів, направлених на охорону природи.

Знову ж таки, в різних роботах і дослідженнях, як вченими так і природоохоронними діями визнається доволі вутлий перелік основоположних причин, що зумовлюють та підтримують забруднення атмосферного повітря, які зазвичай є суміжними в більшості наукових трактатах [29], виконавці яких підмічають спільні незадовільні чинники:

- недотримання та порушена нормативність СЗЗ, відносно житлових забудов від джерел викиду;
- відсутність, невиконання або ігнорування заходів та періодів по зниженню викидів зазначених забруднюючих речовин відносно виданих підприємствам дозволів;
- порушення технологічного процесу та незабезпечення відповідних умов експлуатації передбаченого пилогазоочисного обладнання;
- повільна тенденція оновлення допоміжного та основного виробничого обладнання новітніми системами очищення викидів;
- загальна відсутність обладнання з вловлювання часток та домішок викидів, відсутність обладнання з очистки газоподібних викидів, відсутність систем фільтрації та контролю за викидами тощо.

Окрім змін фізичних якостей та хімічного стану повітря, забруднення спричинене людською діяльністю неминуче несе вплив популятивного характеру, і може вносити зміни до формування громадського здоров'я, як окремих поселень так і населення в цілому [30]. Тож ця проблематика отримує все більше уваги, а актуальність негативного впливу атмосферне

повітря, в тому числі від перелічених чинників, вже має рису як загострення одної з соціальних проблем на міжнародному рівні. Характеризуючи території з екологічною проблематикою викидів в атмосферне повітря, нерідко підкріплюються дані щодо завищеного рівня захворюваності населення, коротка тривалість життя, а в окремих характеристиках і його смертність. Цей принцип аналітики ґрунтується на даних дослідження ВОЗ, котрі зауважили та виділили, що фактор екології та навколишнього середовища впливає на стан здоров'я населення не менше як на 30% від загального впливу всіх факторів [31]. Тому не лише законодавчі норми мають надихати розробників, проектувальників чи керівників підприємств щодо нагального вирішення питання з зменшенням впливу на атмосферне повітря та поширенням тенденції реального застосування установок очистки пило-газового потоку.

### **1.3. Постановка основної задачі досліджень та підпорядкованих задач, що забезпечують її вирішення**

Виробничі підприємства мають відповідні технологічні шляхи обробки та реалізації попередньо обраних та доставлених ресурсів чи то сировини, котрі можуть потрапляти до навколишнього середовища в якості відходів, скидів та викидів різноманітних процесів. В свою чергу, газоочисне обладнання, параметри географічного розташування із кліматичною характеристикою, методи обробки сировини і технології виробництва з передбаченими показниками емісії речовин викиду формують характеристику розсіювання цих речовин, і можуть оцінювати максимально можливий вплив і обсяг забруднення АП. Коротко характеризуючи розсіювання, частко виділяють головний її принцип, де «Враховуючи всі можливі процеси акумуляції, трансформації, міграції забруднюючих речовин у повітрі – будуються ланцюги енергетичного перерозподілу в техногенних та природних потоках», при цьому, за якісними і фізичними

характеристиками градуються і утворюються системи, де наприклад максимально природньою системою буде – лісостеп, а штучною системою буде – промислове виробництво, тобто потенційний забруднювач [32].

Градація розподілу систем зазвичай відбувається за критеріями:

- ізолюваність від навколишнього середовища;
- особливості розміщення;
- зонового впливу (безпосередній або ядро впливу, та непрямий);
- масоенергоперенесення (інтенсивність);
- можливість до самовідновлення.

Зазвичай виробничу територію підприємства з джерелами викиду розглядають як окрему зону впливу (безпосередній). Зона впливу характеризується обов'язковою наявністю «першоджерела» та «ядром», яке також називають «імпактною зоною». Де «ядро» впливу - це вже технічно облаштована частина земельної ділянки, з усіма головними потужностями, технічним обладнанням, будівлями і допоміжними елементами виробництва. Найбільшу частину впливу під час викиду речовин та інших технічних операцій виробництва, зазнає саме ця зона. Залежно від обсягу та інтенсивності впливу(викиду) ядро розділяють на: 1) «активна зона»; 2) «зона послаблення» або «зона послабленої активності»; 3) «периферійна зона». За міграції забруднюючих речовин у переміщуваних складових середовища, вплив передається на сталі елементи НПС (за не урбанізованих систем це ландшафт), що являє собою «зону непрямого» впливу. Її межі мають своєрідний природний (у більшості випадків) геохімічний фон. Саме в зоні не прямого впливу навантажується природний потенціал ландшафту і задіюється самоочисний механізм в біосфері. Стверджуючою думкою науковців є необхідність впровадження наступного принципу – для зменшення навантаження системою з виробництвом на НПС, необхідно оптимізувати систему, при цьому зменшити площу взаємодії виробничих потужностей з навколишнім середовищем, та забезпечити часткову, а в майбутньому, повноцінну ізоляцію шкідливо-впливових процесів на

виробництві від активних елементів НПС, з максимальним зменшенням об'єму викидів, їх температур та концентрацій. Цей принцип оптимізації також є розбудовним елементом майбутніх тактик екологічного менеджменту, та реалізацію їх у системах виробничих підприємств[33]. Де першочерговою перспективою буде впровадження екологічних заходів залежно від конкретного технологічного процесу, що залежить від багатьох факторів (в тому числі напрям виробництва, характеристики обладнання і потужностей, потреба в ресурсах, сировині чи матеріалах), а також з залученням до виробничих процесів відходів.

Окрему увагу науковці приділяють саме джерелам викиду, розрізняють за типом та класифікують їх, що слугує для формування екологічного моніторингу, планування заходів щодо зменшення викидів, розробки та реалізації визначеної екологічної політики, також дозволяє визначати склад викидів та врахувати можливість облаштування джерел пилогазоочисним обладнанням. Найчастіше джерела викидів класифікують за місцем розташування (стаціонарні, пересувні), за видом та викидом окремих речовин, за територіальними ознаками (масштабом викиду), та за характером викидів.

Одним з основних напрямків досліджень, та водночас природоохоронним оцінювальним критерієм підприємства, що здійснює викиди, є оцінка довготривалого викиду забруднюючих речовин і їх вплив на НПС [34]. Ця потреба також обумовлюється абсолютним впливом викидів, котрі характерні наявністю пилу чи газу, які спершу потрапляють до «імпаکتної зони», де чинять вплив на здоров'я робітників та персоналу, потім переходячи до непрямій зоні впливу, окрім забруднення АП, також чинять вплив й забруднюють водне середовище та ґрунти. Неодноразово дослідниками була зауважена потреба та актуальність очистки викидів, які також зумовлюються економічним фактором, що враховує можливе збереження потенційної сировини, котра потрапляє до атмосферного повітря разом з викидами, зменшуючи продуктивність та якість виробництва.

Чимало політиків та вчених наголошують на потребі дотримання умов сучасних Директив Європейського Союзу, які направлені на покращення якості повітря, до першочергових з них відносять:

- Директива «Про якість атмосферного повітря» 2008 р., яка встановила нові цілі та необхідні вимоги, щодо дотримання якості атмосферного повітря в ЄС. Вона направлена на захист здоров'я людини та збереження і захист довкілля від негативного впливу забруднення атмосферного повітря [35];
- Директива «про національні граничні значення викидів» 2016 р., яка встановлює національні граничні значення викидів для визначеного переліку забруднюючих речовин, які викидається промисловими підприємствами. Вона спрямована на зменшення впливу промисловості на навколишнє середовище [36].
- Директива «Про промислові викиди» 2010 р., яка встановила загальні правила для промислових викидів в ЄС. Вона діє на промислові підприємства, що були визначені за відповідними критеріями і мають значні обсяги викидів та зобов'язала їх розробити і впровадити програми управління викидами (ПУВ) [37];
- Директива «Про комплексне запобігання та контроль забруднення (ІРРС)» 1996 р., яка є основою для законодавства ЄС у сфері охорони навколишнього середовища. Вона спрямована на запобігання утворенню забруднення на першому етапі, а не лише контролювати його після утворення. Згідно Директиви, від підприємств зі значними обсягами викидів вимагається розробка та впровадження програми інтегрованого управління забрудненнями, котра має включати заходи з попередження забруднення, контроль за забрудненням, та утилізацію (знешкодження) відходів [39].

Вищезгадані директиви є ключовим інструментом природоохоронної політики ЄС до забезпечення сталого розвитку, та мають цільове спрямування на можливий захист та захист НПС від негативного впливу

викидів в атмосферне повітря від промисловості, встановлюючи при цьому змістовні правила та вимоги. Також мають нові (в порівнянні з законодавством України), трактування щодо правила видачі дозволів на викиди ЗР, які передбачають обов'язкове проведення процедури «Екологічний аудит», в якому: проводиться комплексне оцінювання, порівняння та співставлення всіх можливих видів навантаження та впливу на НПС підприємством; вимагається обов'язкове застосування принципу «Ліпші доступні рішень» або «Найкращі доступні методи», щодо зменшення або унеможливлення заподіяння шкоди довкіллю; проводиться економічно-енергетична оцінка підприємства; розраховуються та передбачаються можливі аварії на виробництві, з планом їх унеможливлення та ліквідації в разі події. Політика впровадження ліпших доступних рішень зосередила та посилила впровадження пилогазоочисного обладнання на більшості підприємствах ЄС, а конструктори та розробники почали адаптувати та оновлювати вже відомі моделі ПГО та створювати нові [39], із врахуванням потреб визначених потужностей, необхідних процесів відлову та очистки, окремих властивостей компонентів викиду.

#### **1.4. Аналіз досліджень за класифікаційними ознаками**

Для чіткої аналітики слід виділити змістовність цього підрозділу в кваліфікаційній роботі. Аналіз досліджень за класифікаційними ознаками щодо пилогазоочисних установок та проблематики викидів забруднюючих речовин можна відобразити в якості процесу систематизації та структурування інформації з наукових досліджень з метою виявлення закономірностей та тенденцій у розвитку цієї галузі. Залежно від наукових складових досліджень та оцінюючи характеристики проблеми, аналіз за класифікаційними ознаками слід розподілити за наступними критеріями:

- 1. Дослідження за типом пилогазоочисного обладнання.* Зазвичай ці дослідження проводять з метою визначення найбільш ефективного

типу ПГО для очищення від різних забруднюючих речовин [40]. Питання раціонального вибору та максимально ефективної роботи обраного типу газоочисного обладнання є актуальними темами більшості дослідників, котрі розробили системний підхід, та наполягають на дотриманні при виборі ПГО, нині це питанням також стали досліджувати інженери та енергетики щоб задовольнити та передбачити енергопотребуючу складову виробництва. Щодо типів використовуваного обладнання в тій чи іншій виробничій складовій, думки науковців різняться, і залежно від забруднюючих речовин та технологічних умов експлуатації отримують оптимальні унікальні рішення для кожної виробничої ситуації на підприємствах, де в більшості випадків ПГО представлено обладнанням з різними технологіями і принципами дії:

- *Електрофільтри (ESP)* – пристрої для очищення викидів від твердих частинок, в основу яких покладено використання електричного поля, під дією якого, тверді частинки (що є складовими викиду) заряджаються і притягуються до електродів з протилежним зарядом, принцип роботи зображено на рис 1.4.1.

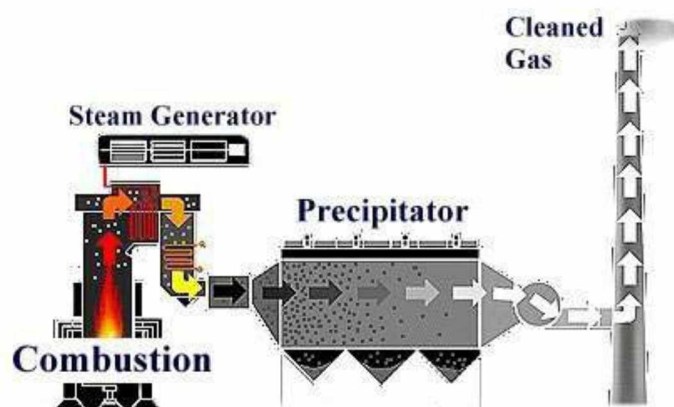


Рис. 1.4.1. Принцип роботи електрофільтру

[авторська розробка[41]]

Осаджені тверді частинки потім видаляються з електрофільтру за допомогою механічного або пневматичного методу. Складова електрофільтрів розглядається як дві окремі системи: «Електродна

система», що складається з двох наборів електродів (позитивних і негативних) та «Збірна система», що призначена безпосередньо для збору та осадження твердих частинок викидів. Головні напрямки досліджень щодо електрофільтрів пов'язані з їх потужністю та продуктивністю (зокрема в металургії та гірництві досягнуто ефективності очистки газового потоку із збором пилу концентрацією від 100 до 120 мг/м<sup>3</sup> [42]). Також на практиці досліджено доцільність їх використання в поєднанні з циклонами за умов високої запиленості. Актуальні дослідження електрофільтрів зосереджені на впровадженні засобів зменшення їх собівартості та засобів автоматизації в обслуговуванні, оскільки є найдорожчим типом ПГО та задля постійної високої ефективності потребує регулярного обслуговування;

- *Циклони* – пристрої для очищення викидів від твердих частинок, принцип роботи яких полягає в тому, що при надходженні викидів до циклону, вони потрапляють під дію відцентрової сили та відхиляються від осі потоку і рухаються по спіралі до стінок циклону, в результаті тверді частинки викидів, відкладаються на стінах циклону, а очищений пило-газовий потік виводяться з циклону через вихідний патрубок (приклад циклонів наведено на рис 1.4.2).

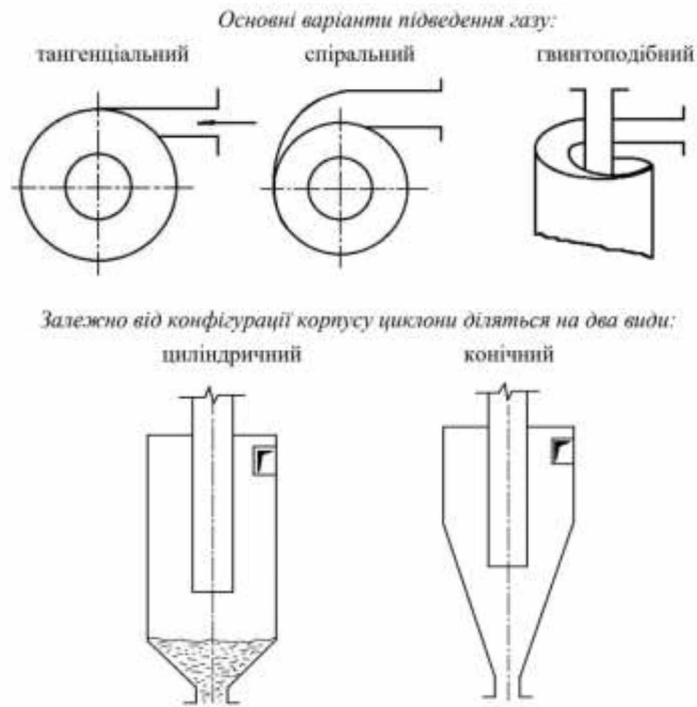


Рис. 1.4.2. Конфігурації циклонів [авторська розробка[43]]

В експлуатації визначаються дешевизною, простотою в обслуговуванні та широким діапазоном застосування. Серед досліджень, визначається широкий ряд розробок та досліджень саме промисловими підприємствами, які на практиці дозволяють ряд розробок та досліджень саме промисловими підприємствами, які на практиці дозволяють розраховувати ефективність нових конструкцій, моделювати можливі вдосконалення та спрощення із застосуванням нових знань про аеродинаміки всередині циклонів та гідравлічного опору. Як відмічається науковцями [44], ефективність циклонів залежить не лише від його конструкції а й від щільності матеріалу пилових частинок і дисперсного складу, що водночас робить його малоефективним по вловлюванні окремих газових речовин, зокрема димів;

- *Вологі скруббери* – пристрої для очищення викидів від твердих частинок, рідин і газів, котрі використовують рідину для абсорбції (де забруднюючі речовини осідають або розчиняються в рідині) або адсорбції (де забруднюючі речовини адсорбуються на поверхні

рідини)[45]. Залежно від складових, приклад яких висвітлено на рис 1.4.3,

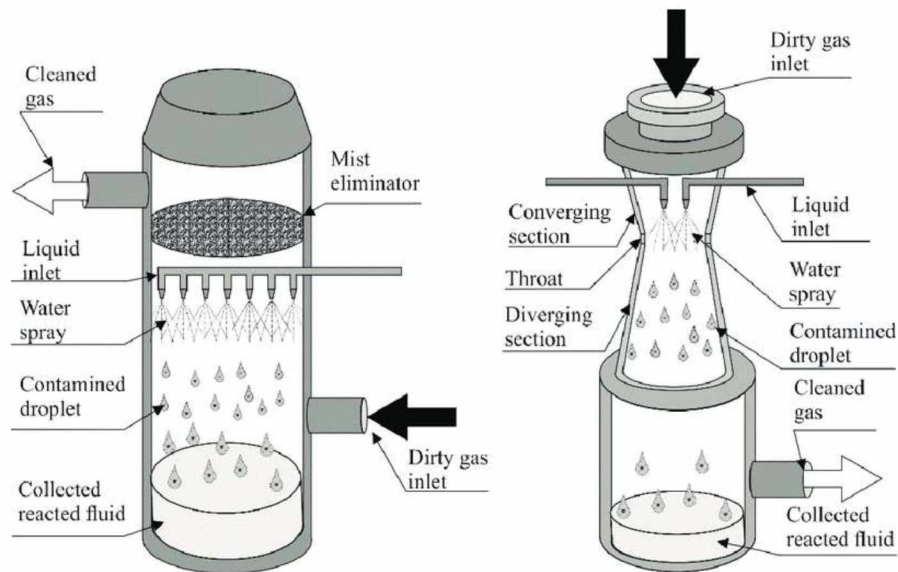


Рис. 1.4.3. Складові та принцип роботи вологих скрубберів  
[авторська розробка[47]]

скрубери можуть працювати на основі різних рідин (вода, хімічні розчини, органічні розчини). Останні дослідження пов'язуються з розширенням застосування скрубберів до уловлення різних фракцій з різною ефективністю, їх практичне застосування в гірництві, а також їх вплив на водне середовище за умов утворення стічних вод та при вторинному використанні водних ресурсів [48];

- *Сухі скруббери* – пристрої для очищення викидів від твердих частинок і газів, які використовують реагенти для адсорбції (забруднюючі речовини адсорбуються на поверхні реагентів, потім реагенти з адсорбованими ЗР видаляються з скруббера), або використовують каталізatori для окислення (каталізatori прискорюють хімічні реакції, в результаті яких забруднюючі речовини перетворюються в нешкідливі речовини), принцип роботи яких продемонстровано на рис 1.4.4.

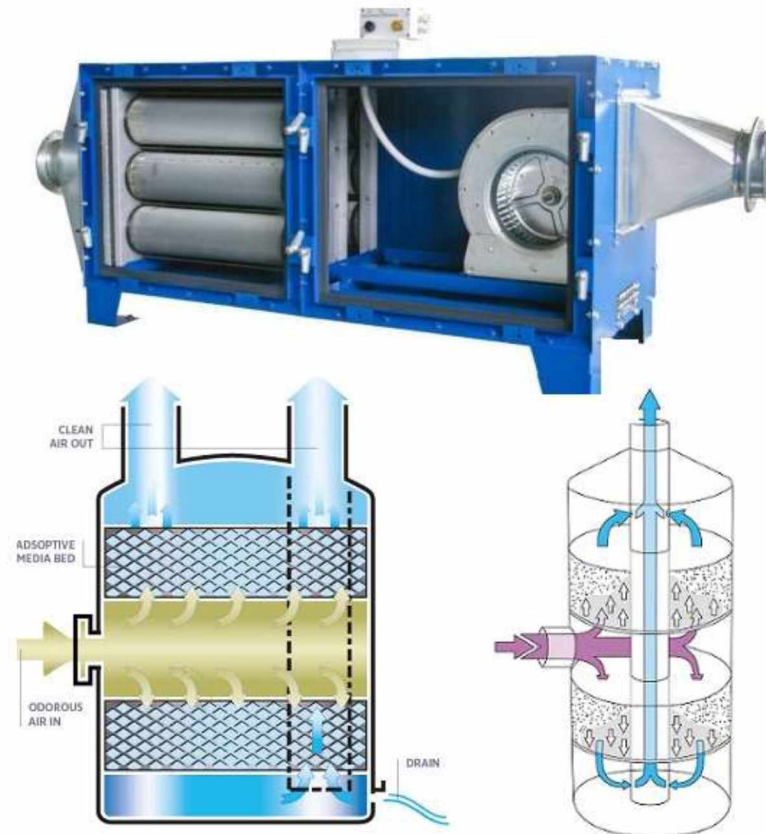


Рис. 1.4.4. Принцип роботи та сухого скрубберу

[авторська розробка[49]]

Сухі скруббери мають левову частку досліджень ефективності застосувань в металургії [50]. Окрім традиційного застосування з очистки викидів, має багато напрямків вдосконалення, зокрема роботи при високих температур (при спалюванні сировини) та розробка більш ефективної десульфурації, також в пошуку технічних рішень по економічності та дешевшого обслуговування.

- *Фільтрувальні системи* – пристрої для захоплення твердих частинок і частинок газу з газо-потoku, принцип дії яких використовує пористі матеріали, що затримують частинки забруднюючих речовин, де пори мають «ефект сита», це дозволяє молекулам газу проходити крізь них, утримуючи більші тверді частинки та частинки газу. Розрізняють декілька підтипів фільтрувальних систем[51], найпопулярніші з них це «Фільтрувальні тканини» які виготовляються зі спеціальних тканин, переплетених або нетканих

(таких як поліестер, нейлон або скловолокно), та «Фільтри мішки» або «Рукавні фільтри» які складаються з окремих мішків, виготовлених з фільтрувальної тканини, розташованих у камері або окремими огорожами, комбіноване відображення яких висвітлене на рис 1.4.5. Мають позитивну тенденцію широкого застосування на фармацевтичному, харчовому та промисловому виробництвах тощо. Неодноразово піддаються модифікаціям та адаптації для окремих умов та видів очистки, останні дослідження пов'язані з впровадженням нових термостійких тканин та підвищення ефективності фільтраційних рукавів для швидкого потоку викиду.

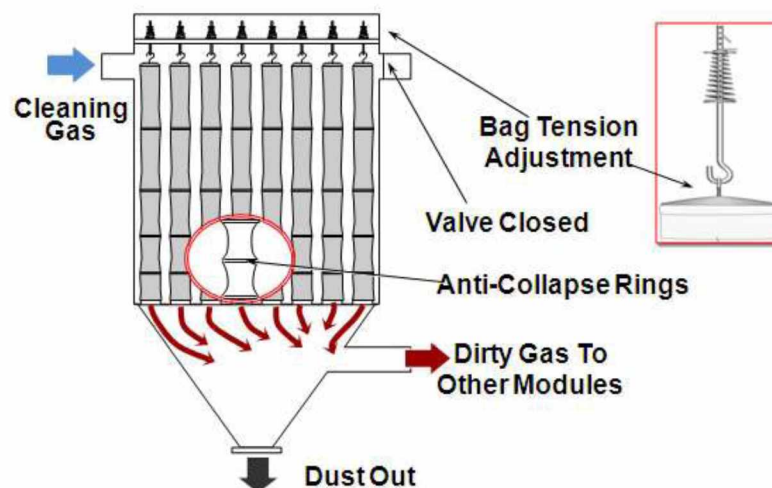


Рис. 1.4.5. Принцип роботи фільтрувальної системи «фільтрів мішків» [авторська розробка[52]]

- *Скруббери Вентури* – пристрій типу мокрого скруббера, принцип роботи якого базується на використанні ефекту Вентури, який висвітлено на рис 1.4.6. В свою чергу «Ефект Вентури» – явище, при якому швидкість потоку рідини або газу збільшується при проходженні через звужений перетин, це призводить до розпилення рідини, яка подається в скруббер, в процесі розпилена рідина захоплює тверді частинки і гази із газо-потoku до збиральної камери [53]. Вважається одним з найефективніших ПГО, з досягнутою ефективністю 99,9% для окремих речовин, але має ряд недоліків, яким присвячені більшість наукових праць, а саме підтримка

ефективності за різного тиску в скруббері, впровадження рідин різної в'язкості та робота за різних температурних режимів.

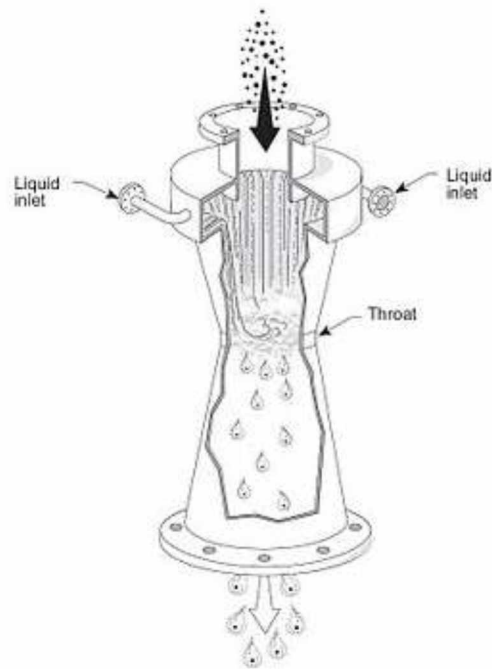


Рис. 1.4.6. Принцип роботи Скруббера Вентури  
[авторська розробка[54]]

2. *Дослідження за видом забруднюючої речовини.* Залежно від виду і особливостей технологічного процесу, що зумовлює викид забруднюючих речовин в АП, забруднюючі речовини поділяють на дві основні категорії:

- *Тверді частинки* – також згадувані як дрібні тверді частинки, що містяться в атмосфері. За характеристикою можуть бути органічними або неорганічними, розмір може варіюватися від кількох мікрометрів до нанометрів. Перелік джерел викиду твердих речовин не є вичерпний, можуть потрапляти в атмосферу з природних джерел (вулкани та лісові пожежі) або з антропогенних джерел (промисловість, транспорт, спалювання палива). До найпоширеніших твердих частинок відносять *пил* (дрібні тверді частинки, зазвичай утворюються від руйнування твердих матеріалів, таких як гірські породи, ґрунт, матеріали будівництва тощо), *смог* (суміш твердих частинок і газів, що зазвичай утворюється в

результаті спалювання палива), *аерозолі* (суміш твердих частинок і рідини) [55]. Чимало досліджень зорієнтовані на новітні конструктивні рішення щодо обладнання з уловленням частинок та фільтраційних елементів. Також приділяється увага токсичності окремих речовин в складі викидів, оцінюються та аналізуються фізично-механічні, хімічні, електричні особливості взаємодії твердих частинок з навколишнім середовищем, їх накопичення в довкіллі та вплив на біоту;

- *Газові забруднювачі* – газоподібні речовини, що містяться в атмосфері, також можуть бути органічними або неорганічними, їхня хімічна структура може бути різноманітною. Також як і тверді частинки можуть потрапляти в атмосферу з природних та антропогенних джерел (в більшості випадків від промисловості та транспорту). Розглядаються в наукових працях різних сфер, переважно важкої промисловості та металургії де визначаються окремими досягненнями в кінетиці, розширенні досліди глибокого та м'якого окислення газової фази окремих викидів дають змогу вивчати нові результати теплових ефектів з екзотермічністю та дослідження широкого діапазону енергетичних значень [56]. Мають значний теоретичний та практичний потенціал в наукових дослідженнях та застосуванні інноваційних технологій при моделюванні та вдосконаленні вже існуючих ПГО.

3. *Дослідження за сферою застосування.* Сфери застосування ПГО постійно розширюється, що безпосередньо пов'язано з посиленням вимог до якості атмосферного повітря та нових технологій очистки викидів. Дослідження за сферами застосування дозволяють визначати, відповідно до яких галузей промисловості та інших сфер діяльності є найбільша потреба в ПГО, визначити який тип обладнання буде максимально ефективні для видалення різних видів ЗР, а також визначати та розробляти ефективні заходи по зменшенню викидів.

Найбільше досліджень зі сфери застосування пов'язані з промисловістю[57], та характеризуються наявністю масштабних виробничих потужностей, таких як виробництво електро- та теплоенергії, цементне виробництво, металургія, хімічна промисловість.

4. *Дослідження за технологією очищення.* Одним із першочергових вирішень завдання очистки промислових викидів, від окремих газів та пилу, є розробці передових технологій та ефективного обладнання, вдосконалення вже існуючих пристроїв пило та газо відлову, їх окремих елементів, що також потребує окремих наукових, технологічних і конструктивних досліджень. Конструкторські особливості ПГО завжди залежать від технології очищення, які нині представлені у вигляді:

- *Фізичних технологій*, принцип дії яких заснований на використанні законів фізики, електрики та механіки, які в фізичному процесі для захоплення забруднюючих речовин. В сучасних працях відмічаються нові досягнення прояву та задіяння термофоретичної сили [58], яка проявляється в якості надання забруднюючим частинкам імпульсу, що виникає за визначеною градацією їх температур, внаслідок чого від високо нагрітої частини газу молекули відриваються з вищою швидкістю в порівнянні до більш холодної частини газу. Найбільшої популярності з використанням фізичних технологій зазнали раніше згадані циклони, фільтруючі тканини і матеріали та електростатичні осаджувачі, котрі комбінують між собою різні методи очистки задля ефективної багатокомпонентної очистки.
- *Хімічних технологій*, принцип дії яких заснований на використанні хімічних реакцій, найчастіше це *сорбція* – процес поглинання молекул однієї речовини (сорбенту) поверхнею іншої речовини (сорбату), та *реакція з каталізатором* , де каталізатори

використовуються в якості речовин для пришвидшення хімічних процесів та реакцій при видаленні забруднюючих речовин з газопотоку [59]. Переважна кількість наукових праць направлена на розробку та впровадження здешевлених засобів та задіяних речовин, модернізації та автоматизацію вже існуючого ПГО, що працює за методом хімічної очистки викидів, оскільки забезпечення вискоєфективної роботи обладнання та його обслуговування потребує значного ресурсу.

5. *Дослідження за економічним критерієм.* За цим критерієм дослідження розподіляються та залежать від ряду особливостей [60], такі як напрям діяльності підприємства, кінцева мета та результат впровадження технологій, доступний кошторис, врахування доступних рішень та впровадження можливих заходів тощо, формує відповідну залежність, яка також вивчається інженерами з охорони природи, економістами та енергетиками підприємств, і залежно від потреб, технічного рішення, вибору та ефективності ПГО, характеризується та розподіляється за:
- *Вартість обладнання*, є одним з основних економічних факторів, що потребують вивчення та впливають на рішення придбання ПГО. Де в свою чергу вартість обладнання залежить від *типу технології очистки* (чим складніший процес – тим дорожче обладнання), від *розміру обладнання*, від *виробника обладнання* та його регіону;
  - *Витрати на експлуатацію*, які попередньо повинні враховувати енергетичні можливості підприємства, та передбачити всі можливі *витрати на електроенергію* (ПГО споживає достатню кількість електроенергії, що становитиме значну частку загальних витрат при його експлуатації), *витрати на обслуговування та ремонт* (оскільки усі види ПГО потребують регулярного обслуговування), *витрати на утилізацію відходів*;
  - *Економічна ефективність*, яка визначається результатом співвідношенням витрат на його використання та дійсної вигоди, що

отримуватиметься від зменшення викидів забруднюючих речовин. Економічні дослідження цієї ефективності полягають у отриманні максимальної вигоди за майбутніми шляхами *зменшення витрат на охорону здоров'я* (за принципом зменшення викидів – зменшення витрат), *зменшення витрат на природоохоронні заходи* (до прикладу зменшення викидів може послугувати зменшенню кількості податків), *підвищення конкурентоспроможності* (компанії, які дотримуються екологічних норм, стандартів та методів «ліпших доступних рішень», отримують конкурентну перевагу над компаніями, які не дбають про це).

### 1.5. Теоретичне обґрунтування методів дослідження

В якості головного методу, на яке буде спиратися дослідницький розділ, було обрано «Методику розсіювання ОНД-86», або «Методика розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин, що містяться в викидах підприємств, затверджена Держкомітетом охорони навколишнього середовища СРСР 25.06.1986 р. (РД 52.04.212-86)» [61]. Вона є нормативним документом, що чітко визначає порядок розрахунку концентрацій шкідливих речовин в атмосферному повітрі від викидів підприємств. Обрана методика ґрунтується на наступних принципах:

1. *Принцип дифузії.* За принципом якого забруднюючі речовини, що викидаються в атмосферне повітря, поширюються в атмосфері за законами дифузії.

2. *Принцип сумачії.* Де концентрація шкідливої речовини в атмосферному повітрі є сумою концентрацій, що утворюються в результаті викидів від різних джерел.

3. *Принцип приземної концентрації.* Де розрахункова концентрація шкідливої речовини в атмосферному повітрі визначається як концентрація в точці на рівні землі.

Методика передбачає наступні етапи розрахунку концентрацій шкідливих речовин в АП:

1. Оцінка викидів шкідливих речовин. На цьому етапі визначається кількість ЗР, що викидаються в атмосферне повітря від кожного джерела. Оцінка викидів шкідливих речовин проводиться на основі даних про технологічні процеси, що застосовуються на підприємстві, і про характеристики обладнання, що використовується для викидів. Для оцінки викидів використовуються:
  - Методи обліку, що засновані на обліку кількості сировини, яка використовується, та кількості готової продукції, що виробляється;
  - Експериментальні методи, що засновані на вимірах викидів у спеціальних лабораторіях, або безпосередньо на джерелах викиду сертифікованим обладнанням для вимірів.
2. Розрахунок параметрів дифузії. На цьому етапі визначаються параметри дифузії шкідливих речовин в атмосфері, а саме висота змішування, середній час перебування ЗР в атмосфері та інші. Розрахунок параметрів дифузії проводиться на основі даних про метеорологічні умови в місці розташування підприємства. Для розрахунку використовуються такі методи:
  - Метод статистичного опису метеорологічних умов, що заснований на аналізі даних про метеорологічні умови, що спостерігалися в минулому;
  - Метод кінетики турбулентності, що заснований на використанні математичних моделей, що описують процеси турбулентності в атмосфері.
3. Розрахунок концентрацій шкідливих речовин. На цьому етапі визначається концентрація ЗР в атмосферному повітрі в точці на рівні землі. Розрахунок концентрацій шкідливих речовин проводиться за формулою методики:

$$C = Q / (4\pi H^2 D t)$$

Де С - розрахункова концентрація шкідливої речовини в атмосферному повітрі, мг/м<sup>3</sup>;

Q - викид шкідливої речовини, мг/с;

H - висота змішування, м;

D - коефіцієнт дифузії, м<sup>2</sup>/с;

t - середній час перебування шкідливої речовини в атмосфері, с.

Методика ОНД-86 є досить складною і вимагає використання значної кількості інформаційних даних та показників, та водночас є достатньо точною і дозволяє отримати достовірні результати розрахунків.

В сучасному застосуванні методика отримала широке застосування:

- При визначенні допустимих рівнів викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря;
- При розробці заходів щодо зменшення викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря.
- Для здійснення моніторингу якості атмосферного повітря.

Незважаючи на те що методика була прийнята ще в 1986 році, станом на сьогодні вона має і не втрачає актуальність. Саме ця методика покладено в основу сучасного програмного забезпечення серії «ЕОЛ» та «ЕОЛ+», яке використовуються для укладання нормативної документації пов'язаної з викидами, моделювання розсіювань забруднюючих речовин, моніторингу якості АП та можливого впливу на довкілля. Саме це програмне забезпечення, на основі цієї методики буде використано в наступному розділі цієї роботи.

## РОЗДІЛ 2

### ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

#### 2.1. Характеристика об'єкту дослідження

В якості об'єкта дослідження, виконавцем кваліфікаційної роботи було обрано дійсний об'єкт планової діяльності, представлений Сverdловиною №3 Ковалівсько-Сулимівської площі, що знаходиться за межами населених пунктів на території Воскобійницького старостинського округу Шишацької селищної ради, Миргородський району, Полтавської області.

Особливості розташування майданчика свердловини, що межує з наступними об'єктами:

- з півночі — сільськогосподарські угіддя, дорога, найближча житлова забудова в с. Романки на відстані 596 м від гирла свердловини;
- зі сходу — сільськогосподарські угіддя, дорога;
- з півдня — сільськогосподарські угіддя, дорога, найближча житлова забудова від майданчику в с. Носи на відстані 1140 м;
- з заходу — сільськогосподарські угіддя, дорога, лісосмуга.

Найближча житлова забудова знаходиться на відстані більше 500 м у північному напрямку в с. Романки. Рельєф району представляє собою степову рівнину, що розділена багаточисельними балками та ярами.

Головним призначенням обраного об'єкту, в якості свердловини №3 Ковалівсько-Сулимівської площі є видобуток газоконденсатної суміші з подальшим транспортуванням її по шлейфах на установку підготовки газу.

Основна увага дослідження буде зорієнтована на процес спорудження та буріння свердловини, який характеризується піковим періодом і найбільшою кількістю викидів забруднюючих речовин, зокрема діоксиду сірки, при реалізації планової діяльності. Для цього використовуємо офіційні, затверджені підприємством, елементи документів «Звіт по інвентаризації

викидів забруднюючих речовин» та «Документи у яких обґрунтовуються обсяги викидів». Буріння розвідувальної свердловини №3 Ковалівсько-Сулимівського родовища передбачався за допомогою бурового верстату з дизельним приводом. Спосіб буріння – роторний, та за допомогою гідравлічного вибійного двигуна, комбіновано. Змонтований наземний комплекс бурового обладнання і привезових споруд, що використовувалися при споруджуванні свердловин, можна віднести до мобільних та тимчасових. Технологічні операції при бурінні мали наступний порядок:

- підготовка майданчика до буріння, монтаж устаткування;
- буріння свердловини;
- підготовка та випробування свердловини;
- демонтаж бурового устаткування.

Буріння свердловини №3 Ковалівсько-Сулимівського родовища відбувалося за допомогою бурового верстату «УРБ-ЗА3», з дизельним приводом. Під час підготовчих та монтажних робіт, бурінні стволу свердловини, її випробуванні та демонтажу обладнання використовувалась дизельна електростанція. В якості пального в двигуні використовується дизпаливо. Також на майданчику було присутнє інше обладнання, але в подальшому буде розглянуто потенційні джерела викиду діоксиду сірки, а саме раніше перелічене устаткування, що використовувалось при бурінні, його можна ідентифікувати і впорядкувати наступними порядками джерел утворення та джерел викиду які буде розглянуто.

Характеристика джерел утворення:

- *Джерело утворення №1* – Дизельний двигун №1 приводу лебідки;
- *Джерело утворення №2* – Дизельний двигун №2 приводу лебідки;
- *Джерело утворення №3* – Дизельний двигун №3 приводу лебідки;
- *Джерело утворення №4* – Дизельний двигун №4 приводу лебідки.

Перелічені чотири двигуни мають однакові характеристики з базовим режимом роботи, балансом часу роботи – 4320 год/п.б.

кожен, об'єм використаного палива при бурінні – 169,7 т., дизельного пального кожним;

- *Джерело утворення № 5* – Дизельна електростанція (генератор), з базовим режимом роботи, балансом часу роботи – 2160 год/п.б., об'єм використаного палива при бурінні та експлуатації обладнання – 68,4 т., дизельного пального.

Та відповідно їх характеристики, як джерел викиду:

- *Джерело викиду №1* – Вихлопна труба дизельного двигуна (дизельний двигун №1 приводу ротора та лебідки), висота – 5 м, діаметр – 0,16 м.;
- *Джерело викиду №2* – Вихлопна труба дизельного двигуна (дизельний двигун №2 приводу ротора та лебідки), висота – 5 м, діаметр – 0,16 м.;
- *Джерело викиду №3* – Вихлопна труба дизельного двигуна (дизельний двигун №3 приводу ротора та лебідки), висота – 5 м, діаметр – 0,16 м.;
- *Джерело викиду №4* – Вихлопна труба дизельного двигуна (дизельний двигун №4 приводу ротора та лебідки), висота – 5 м, діаметр – 0,16 м.;
- *Джерело викиду №5* – Вихлопна труба дизельного двигуна (дизельна електростанція), висота – 2 м, діаметр – 0,16 м.

Відповідно, при роботі перерахованих двигунів на дизпаливі передбачено утворення та викид наступних забруднюючих речовин: речовини у вигляді суспендованих твердих частинок недиференційованих за складом, азоту діоксид, вуглецю оксид, діоксид вуглецю, азоту(1)оксид( $N_2O$ ), метан, суміш насичених вуглеводнів  $C_2-C_8$ (і суміш насичених і ненасичених вуглеводнів  $C_1-C_4$ ) та діоксид сірки, до якого і буде приділена увага в даному розділі.

## 2.2. Підготовка інформаційного блоку

Для вдалості і якості дослідження, попередньо, необхідно провести розрахунки викидів сірки від раніше перелічених дизельних двигунів. Для цього використовуємо затверджену законодавством чинну методику «Збірник показників емісії (питомих викидів) в атмосферне повітря різними виробництвами. УкрНЦТЕ. Донецьк 2004. Том 1»[62], звідки маємо: і

Що валовий викид  $j$ -ї забруднюючої речовини  $E_j$ ,  $t$ , що надходить у атмосферу з димовими газами теплосилової установки за проміжок часу  $P$ , визначається як сума валових викидів цієї речовини під час спалювання різних видів палива, у тому числі під час їх одночасного спільного спалювання, відповідно за формулою:

$$E_j = \sum_i E_{ji} = 10^{-6} \sum_i k_{ji} B_i (Q_i^r) \quad (1)$$

де  $E_{ji}$  – валовий викид  $j$ -ї забруднюючої речовини під час спалювання  $i$ -го палива за проміжок часу  $P$ ,  $t$ ;

$k_{ji}$  – показник емісії  $j$ -ї забруднюючої речовини для  $i$ -го палива,  $г/ГДж$ ;

$B_i$  – витрата  $i$ -го палива за проміжок часу  $P$ ,  $t$ ;

$(Q_i^r)_i$  – нижча робоча теплота згоряння  $i$ -го палива,  $МДж/кг$  (табл. Г.4 збірника).

Показник емісії ангідриду сірчистого:

Показник емісії  $k_{SO_2}$ ,  $г/ГДж$ , оксидів сірки  $SO_2$  та  $SO_3$ , які надходять у атмосферу з димовими газами, у перерахунку на діоксин сірки розраховується за формулою:

$$k_{SO_2} = \frac{10^6}{Q_i^r} \frac{2S^r}{100} (1 - \eta_r) (1 - \eta_{II} \beta) \quad (2)$$

де  $Q_i^r$  – нижча робоча теплота згоряння  $i$ -го палива,  $МДж/кг$  (42,62 за табл. Г.6 збірника);

$S^r$  – вміст сірки в паливі на робочу масу за проміжок часу  $P$ , % (0,2 за табл. Г.6 збірника);

$\eta_I$  – ефективність зв'язування сірки золюю або сорбентом в установці спалювання;

$\eta_{II}$  – ефективність очистки димових газів від оксидів сірки;

$\beta$  – коефіцієнт роботи сіркоочисної установки.

$$k_{SO_2} = (10^6 / 42,62) \cdot ((2 \cdot 0,2) / 100) \cdot (1-0) \cdot (1-0) = 93,85 \text{ г/ГДж}$$

Вихідні дані для розрахунку викидів діоксиду сірки від дизельних двигунів приводу лебідки джерела викидів №№1-4 та дизельної електростанції джерела викидів №5:

Таблиця 2.1 Вихідні дані для розрахунку викидів діоксиду сірки

№ п.п.	Найменування параметру, одиниці виміру	Значення параметру	
		Річна кількість палива, що використовується, тон/ п.б.	Річний час роботи обладнання, год/ п.б.
	Вид палива	Дизельне паливо	
1	Дизельний двигун приводу лебідки №1	169,7	4320
2	Дизельний двигун приводу лебідки №2	169,7	4320
3	Дизельний двигун приводу лебідки №3	169,7	4320
4	Дизельний двигун приводу лебідки №4	169,7	4320
5	Дизельна електростанція	68,4	2160

Згідно відібраних формул, задля точності результату, проводимо розрахунок за формулою (1) з допомогою використання програмного забезпечення «Excel», що відображено на рис. 2.2.1 та отримуємо результати розрахунку відображені у таблиці 2.2. Де для визначення значення потужності викиду в кг/год використовуємо формулу:

$$K = E \cdot 1000 / r \quad (3)$$

Де  $K$  – отримане значення потужності викиду в кг/год.

$r$  – кількість годин роботи обладнання на рік.

Для визначення значення потужності викиду в г/с використовуємо формулу:

$$G = 1000 \cdot K / 3600 \quad (4)$$

Де  $G$  – отримане значення потужності викиду в г/с.

=ОКРУГЛ(М3*І3*І3*К3;5)														
D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
	Речовина	Паливо	10 <sup>-6</sup>	Шк емісії	Т палива	НГЗ					Год/рік	г/с	кг/год	т/рік
Привід лебідки №1	Діоксид сірки	дизельне	0,000001	93,85	169,7	42,62					4320	0,0436	0,15713	0,678781
Привід лебідки №2	Діоксид сірки	дизельне	0,000001	93,85	169,7	42,62					4320	0,0436	0,15713	0,678781
Привід лебідки №3	Діоксид сірки	дизельне	0,000001	93,85	169,7	42,62					4320	0,0436	0,15713	0,678781
Привід лебідки №4	Діоксид сірки	дизельне	0,000001	93,85	169,7	42,62					4320	0,0436	0,15713	0,678781
Дизельна електростанція	Діоксид сірки	дизельне	0,000001	93,85	68,4	42,62					2160	0,0352	0,12666	0,273592

Рис. 2.2.1 Розрахунок валового викиду діоксиду сірки

Таблиця 2.2 Результати розрахунку викидів сірки

Номер джерела викиду	Назва обладнання	Паливо	Години роботи обладнання	Назва забруднюючої речовини	$k_{ji}$	$V_p$ , т/рік	$(Q_i)_i$ , МДж/кг	Потужність викиду г/сек	Потужність викиду кг/год	Валовий викид, т/рік
1	Дизельний двигун приводу лебідки №1	Диз-паливо	4320	Діоксид сірки (ангідрид сірчистий)	93,85	169,7	42,62	0,0436	0,1571	0,6788
2	Дизельний двигун приводу лебідки №2							0,0436	0,1571	0,6788
3	Дизельний двигун приводу лебідки №3							0,0436	0,1571	0,6788
4	Дизельний двигун приводу лебідки №4							0,0436	0,1571	0,6788
5	Дизельна електростанція		2160			68,4		0,0352	0,1267	0,2736

З отриманих результатів розрахунку викидів забруднюючих речовин, загальна сума викиду сірки становить:

$$0,6788 + 0,6788 + 0,6788 + 0,6788 + 0,2736 = 2,9888 \text{ т/рік}$$

### 2.3. Використання програмного забезпечення та основний хід роботи

Для графічного зображення результатів та відтворенні їх шляхом методу та умов розсіювання, використовуємо програмне забезпечення «ЕОЛ+ 1.5.2». Поетапний хід роботи складається з наступних дій:

1. Заповнюємо всі основні інформаційні поля розділу «Дані» програми та вносимо відомості про «викиди по об'єкту», при цьому також запозичуємо інформацію з раніше згаданих документів «Звіт по

інвентаризації викидів забруднюючих речовин» та «Документи у яких обґрунтовуються обсяги викидів», та використовуємо результати розрахунків з попереднього підрозділу. Де на рис. 2.3.1 відображається внесення необхідних програмі характеристик джерел викиду для розсіювання, в тому числі їх місця розташування за координатною сіткою відносно найвищого першоджерела на об'єкті, на рис. 2.3.2 відображається внесення кількісних складових викиду відповідно до кожного джерела, на рис. 2.3.3 відображається внесення характеристик джерел утворення, на рисунку 2.3.4 відображається внесення кількісних складових викиду відповідно кожного джерела утворення.

ПМ	№	T	Назва	X1	Y1	X2	Y2	Kут	H	D	м/с	м3/с	°C
1	1		Вихлопна труба дизельного двигуна	-51	7				5	0,16			150
1	2		Вихлопна труба дизельного двигуна	-51	-1				5	0,16			150
1	3		Вихлопна труба дизельного двигуна	-34	-5				5	0,16			150
1	4		Вихлопна труба дизельного двигуна	-29	-5				5	0,16			150
1	5		Вихлопна труба дизельного двигуна	-40	8				2	0,16			150

Рис. 2.3.1 Заповнення основних даних про джерела викиду

Речовина	мг/м3	г/с	кг/год	т/рік	Метод
05001 / 330		0,0436	0,1571	0,6788	«Збірник пок

Рис. 2.3.2 Заповнення даних обсягу та потужності викиду по кожному джерелу

№	В/с	Назва джерела виділення	Вироб.	N	Зав	м3/с	°C
5	0	Дизельна електростанція	130105	1	100		150

Рис. 2.3.3 Заповнення основних даних про джерела утворення

Речовина	мг/м3	г/с	кг/год	Метод
05001 / 330		0,0352	0,1267	«Збірник»

Рис. 2.3.4 Заповнення даних потужності викиду кожного джерела утворення

Далі зберігаємо всі внесені дані та експортуємо їх до розділу «Розсіювання».

- В розділі «Розсіювання», керуючись офіційними документами, зокрема короткою кліматичною характеристикою, виданою Полтавським обласним центром з гідрометеорології (висвітлено у додатках), поетапно вносимо необхідні дані для розсіювання до розділів та зберігаємо. Де на рисунку 2.3.5 відображається внесення метеорологічних умов та кліматичних характеристик місцевості розташування об'єкту, на рисунку 2.3.6 відображається внесення географічна прив'язка проммайданчика, на рисунку 2.3.7 відображається внесення опису джерел викиду забруднюючих речовин внесених до розсіювання, на рисунку 2.3.8 відображається внесення речовини та її ГДК що буде враховуватись при розсіюванні, на рисунку 2.3.9 відображається внесення фонових концентрацій, на рисунку 2.3.10 відображається внесення параметрів розрахункового майданчику, на рисунку 2.3.11 відображається внесення завдання на розрахунок розсіювання.

Розрахунок розсіювання

Опис метеорологічних умов

Код міста	Найменування міста	Середня темп. повітря		Гранична швид. вітру, м/с	Регіональний коеф. страт. атмосфери	Кут макс. північним напрямком і вісюю ОХ, град	Площа міста, кв. км	Рівень конц. в точці, що вимагається (у долях ГДК)
		найспек. місяця, град.С	найхолод. місяця, град.С					
1	Романки	27,2	-6,9	9	180	90	5	1

Рис. 2.3.5 Заповнення даних метеорологічних умов для розсіювання

Код міста	Код проммайданчика	Найменування проммайданчика	Прив'язка до основної с-ми коорд-т		
			X поч., м	Y поч., м	Кут повороту, град.
1	1	Свердловина №3 Ковалі всько-Сулімівської площі	0	0	0

Рис. 2.3.6 Заповнення опису проммайданчика

Розрахунок розсіювання

Опис джерел викиду шкідливих речовин

Код міста	Код пром-майд.	Код дже-рела	найменування джерела	Код моделі або кут між віссю ОХ і довжин. площадного джерела	Коеф. рельєфу	Коорд. то чового чи початку ліній. джерела або центру симетрії площадн.		Коорд. кінця ліній. або дов. жина та ширина площадн. чи то чового гв з прями гирлом		Висота джерела, м	Діаметр точ. або площ. з тип. чи шед. викид ПЛПС для лі. (для площ. 1 типу = 0)	Витрата ПЛПС (для площ. 1 типу = 0)	Темп-ра ПЛПС, град. С	Клас небезпечн.
						X1, м	Y1, м	X2, м	Y2, м					
1	1	1	Вихлопна труба дизельного двигуна	444	1	-51	7			5	0,16	0,28	150	2
		2	Вихлопна труба дизельного двигуна	444	1	-51	-1			5	0,16	0,28	150	2
		3	Вихлопна труба дизельного двигуна	444	1	-34	-5			5	0,16	0,28	150	2
		4	Вихлопна труба дизельного двигуна	444	1	-29	-5			5	0,16	0,28	150	2
		5	Вихлопна труба дизельного двигуна	444	1	-40	8			2	0,16	0,28	150	2

Рис. 2.3.7 Заповнення додаткових характеристик джерел викиду

Код реч-ни	Найменування речовини	ГДК	Коеф. упоряд. осідання
05001	Сірки діоксид	0,5	1
330			

Рис. 2.3.8 Визначення ГДК та встановлення цієї речовини на завдання розсіювання

Опис розподілу фонових концентрацій (U - швидкість вітру, м/с)

Код міста	Код реч-ни	Зад-ня фону	Код посту спост-вання		Концентрації (у долах ГДК) при 2*H<sup>0,3</sup> за напрямком												
			X, м	Y, м	Пх	ПхС	С	ПхС	Пд	ПдС	З	ПхЗ					
1	05001	а			0,4	0,4			0,4			0,4			0,4		
	330																

Рис. 2.3.9 Заповнення опису розподілу фонових концентрацій

№ літ	Коорд-ти ц симетрії		Довжина, м	Ширина, м	Крок сітки		Кут повороту від осі ОХ загальної с-ми к-т. град.	Ознака зони
	X, м	Y, м			вісь ОХ, м	вісь ОУ, м		
1	0	0	5000	5000	250	250		

Рис. 2.3.10 Заповнення параметрів розрахункового майданчика на розсіювання

Завдання на розрахунок															
Код міста	Швидкість вітру в м/с					Швидкість вітру в долях (U тс)					Крок перебору небезпечних напрямків вітру	Факт. напр. вітру	К-сть найб. вклад.	Число макс. конц-й	Ознака обчис. фону
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5					
1. Розівки	2,3					0,5	1	1,5	2		10		10	10	1

Рис. 2.3.11 Заповнення завдання на розрахунок

При заданні даних в завданні на розрахунок, задля показової якості дослідження, окрім крайніх точок на межах СЗЗ, котра становить 500 метрів для об'єктів, що здійснюють буріння газових свердловин за допомогою дизельних установок [63], також створюємо окрему робочу зону, радіусом 50 метрів від досліджуваних джерел викиду по основних напрямках, та вносимо ці точки до завдання розрахунку (зображено на рисунку 2.3.12), де відповідно маємо точку x-30;y-55 – крайню південну межу, точку x-101;y0 – крайню західну межу, точку x-40;y58 – крайню північну межу, точку x21;y-5 – крайню східну межу виділеної 50 метрової робочої зони. Після внесення точок на завдання – проводимо розсіювання.

Завдання на розрахунок		
Коорд-ти точки		Ознака зони
X, м	Y, м	
0	-519	
-30	-55	
21	-5	
-604	0	
-101	0	
500	0	
-40	58	
0	512	

Рис. 2.3.12 Заповнення завдання переліку точок для розрахунку розсіювання

За результатами розрахунків розсіювання, що зображені на рисунках 2.3.13-2.3.14, попри дотримання рівня ГДК на межах санітано-захисної зони, можемо спостерігати явне перебільшення гранично допустимої концентрації діоксиду сірки в виділеній робочій зоні.

Отже працюючий персонал буде знаходитись під впливом викиду сірки від роботи дизельних двигунів, з не витриманим рівнем ГДК, що за довгочасного і постійного впливу може нанести значної шкоди здоров'ю персоналу. Потенційна небезпека від впливу забрудненого повітря сіркою лежить у можливих погіршеннях окремих складових здоров'я, зокрема порушення легеневих функцій та дихальної системи, подразнення дихальних шляхів та очей, поява бронхіту чи астми, загострення інших хронічних захворювань тощо [64].

Коорд. X, м	Коорд. Y, м	Конц. в точ. мг/м <sup>3</sup>	Конц. в точ. долей ГДК	Напр. вітру, град	Швид. вітру, м/с	Код джерела	Внесок, %	Код джерела	Внесок, %	Код джерела	Внесок, %	Код джерела	Внесок, %	Код джерела	Внесок, %
0	-519	0,2295779740	0,459155949	270	2,8102169415	5	23,71264	3	21,22363	2	20,52362	1	17,43201	17,1078	
-30	-55	0,5310967981	1,062193596	260	1,4051084705	5	40,96903	3	19,31431	2	14,75284	1	12,69912	12,2445	
21	-5	0,5472126011	1,094425203	190	1,4051084705	5	39,08641	3	18,67622	2	15,41324	1	13,50063	13,3233	
-604	0	0,2303873800	0,4607747600	0	2,8102169415	5	23,84582	3	19,84621	2	19,75893	1	18,40944	18,1394	
-101	0	0,5601855141	1,1203710280	0	1,4051084705	5	30,48352	3	20,04293	2	17,23434	1	16,93961	15,2995	
500	0	0,2328629000	0,465725801	180	2,8102169415	5	23,85044	3	19,80843	2	19,48232	1	18,47031	18,3684	
-40	58	0,5397359231	1,079471846	90	1,4051084705	5	45,34743	3	17,78784	2	13,14512	1	12,63281	11,1066	
0	512	0,2302730330	0,460546066	90	2,8102169415	5	24,78774	3	20,54673	2	19,87671	1	17,55852	17,2322	

Рис. 2.3.13 Результати розсіювання розрахункових концентрацій діоксиду сірки у заданих точках

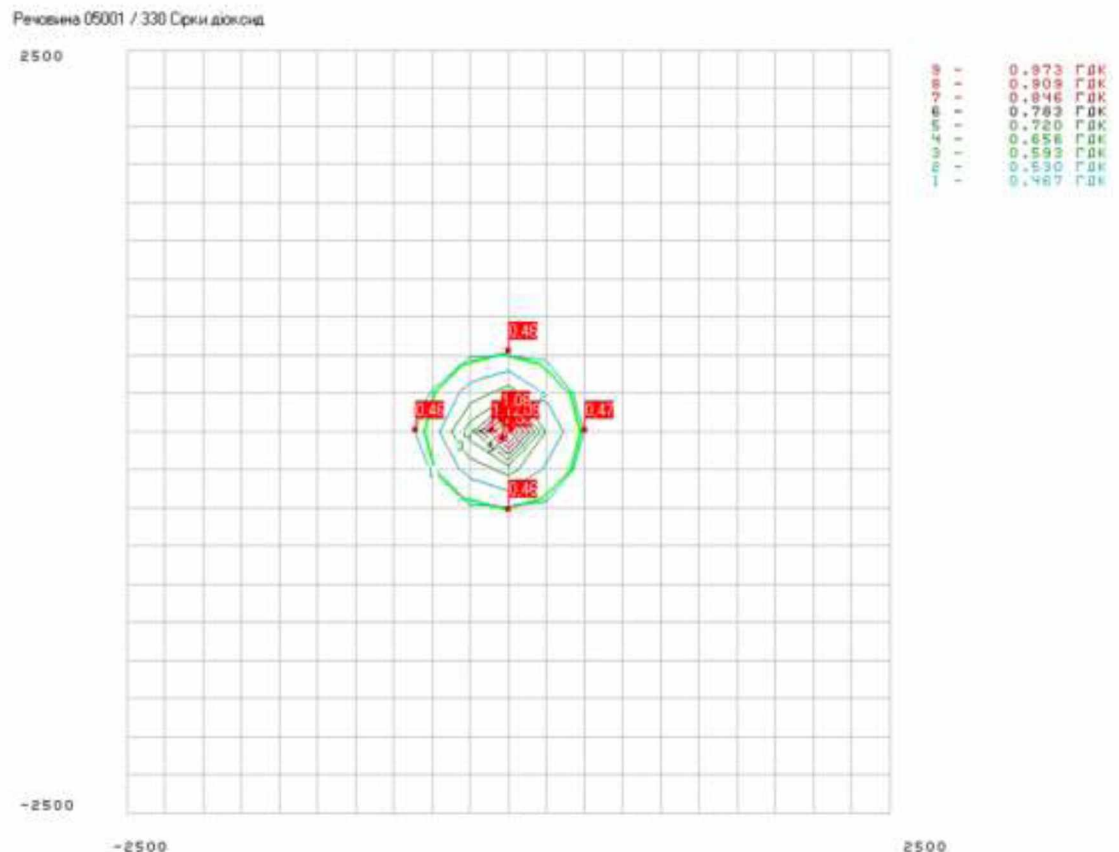


Рис. 2.3.14 Растрова карта розсіювання діоксиду сірки

3. В якості технічного заходу із метою зменшення впливу викидів сірки в робочій зоні на здоров'я працюючого персоналу, автором роботи буде запропоновано теоретичне впровадження пилогазоочисного обладнання на безпосередні джерела викидів двоокису сірки та моделювання цього ж завдання на розсіювання вже із застосуванням ПГО.
4. Як відомо з першого розділу цієї роботи, проблема забруднення атмосферного повітря діоксидом сірки не є новою, і станом на сьогодні науковцями розроблено чимало видів та технологій пилогазоочисних установок, ряд з яких націлений на уловлювання сірки з потоку викидів. Для якісного моделювання було обрано типовий скруббер з технологією мокрої очистки модельного ряду P483 (будову та характеристики якого проілюстровано на рисунках 2.3.15 та 2.3.16) від столичної компанії MRC, котрий є проектною

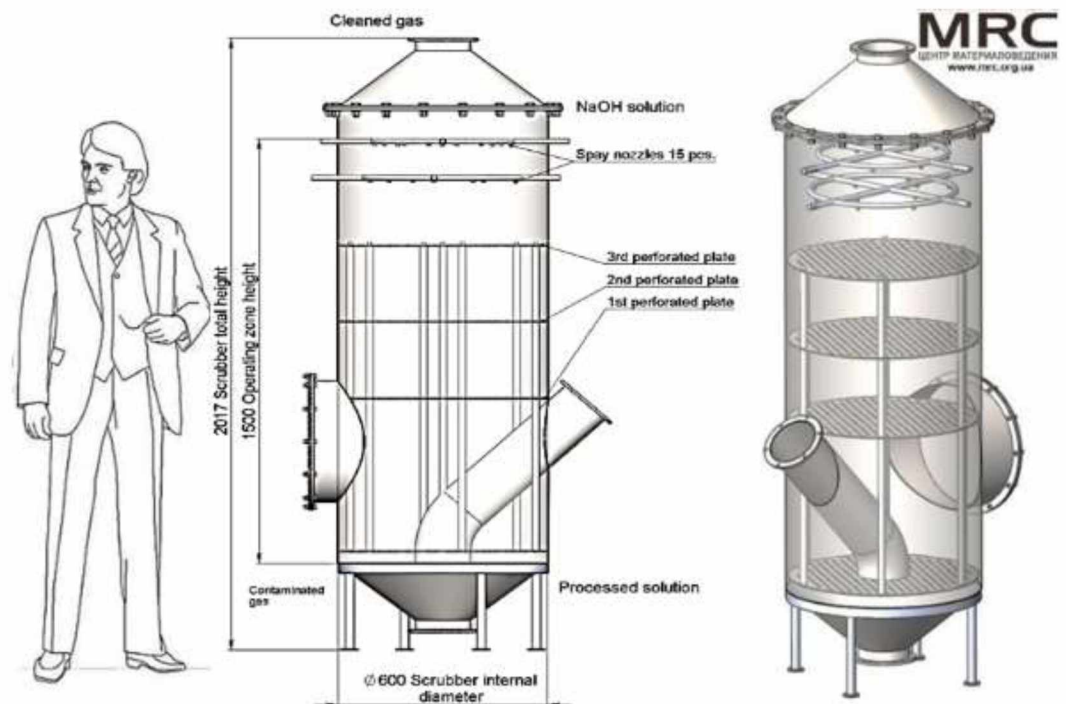


Рис. 2.3.15 Будова скрубберу MRC P483 [авторська розробка[65]]

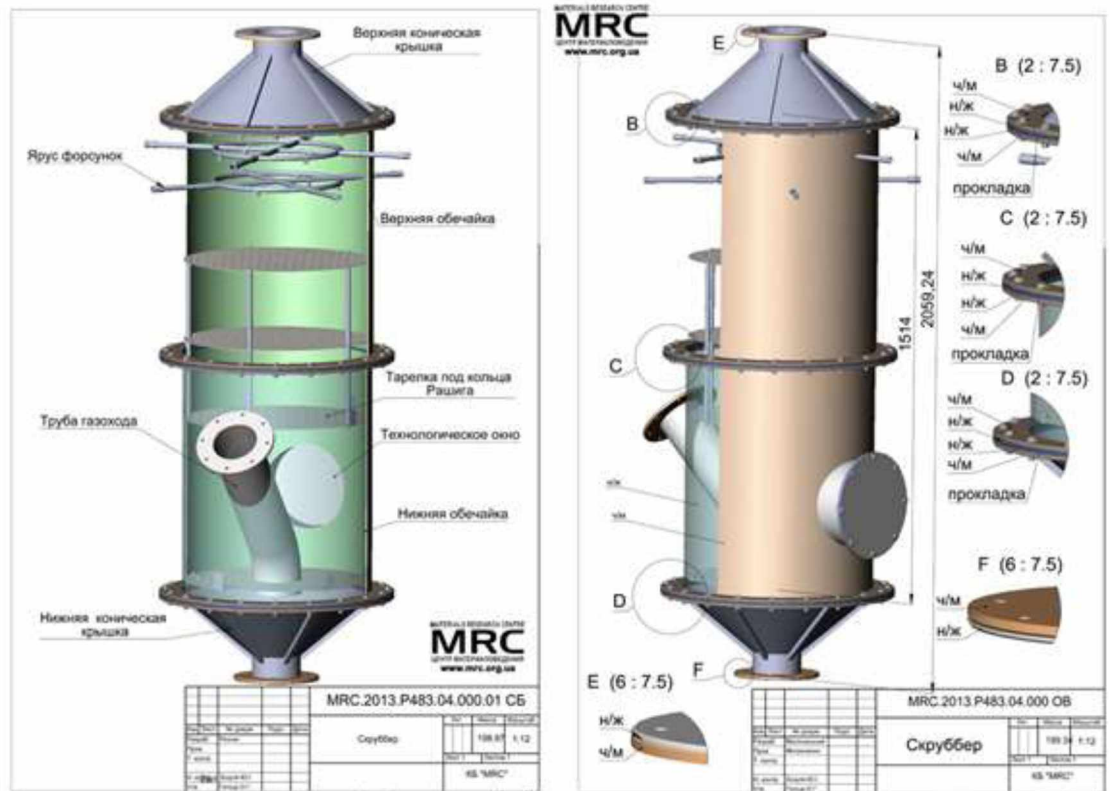


Рис. 2.3.16 Складові скрубберу MRC P483 [авторська розробка[66]]

розробкою компанії у взаємодії з американським замовником [67]. Цей скруббер характеризується абсорбційною технологією з діючим розчином NaOH, а також виділяється своєю мобільністю, невеликі габарити якого роблять його придатним до транспортування й переобладнання на інші джерела, не роблячи його стаціонарним, що також може бути актуально в поєднанні з постійним переміщенням бурових бригад та бурового обладнання.

- Для моделювання розсіювання з врахуванням теоретичного встановлення ПГО, в якості вище згаданого скрубберу, маємо потребу встановлення скрубберу на кожне джерело викиду, оскільки між джерелами достатня відстань, то поєднати витік викиду речовин з декількох джерел до одного скрубберу в даних умовах буде неможливим. Врахування ПГО до задачі розсіювання потребує внесення його впливу на характеристики викидів до першого розділу «Дані» - «Викиди». Оскільки програмне забезпечення не

моделює викиди і розсіювання з умовою ефективності і встановлення ПГО, то для його врахування проводимо розрахунок емісії викидів самостійно. Розрахунок буде проведений за умови врахування заявленої мінімальної ефективності даної моделі скруббера, що становить – 90%. Звідки маємо еквівалентний коефіцієнт  $\beta$  (коефіцієнт роботи сіркоочисної установки) рівний – 0,9. Використовуючи формулу (2) проводимо повторний розрахунок показника емісії ангідриду сірчистого з урахуванням ефективності встановлених ПГО на кожне джерело викиду, звідки маємо:

$$k_{SO_2} = (10^6 / 42,62) \cdot ((2 \cdot 0,2) / 100) \cdot (1 - 0) \cdot (1 - 0,9) = 9,385 \text{ г/ГДж}$$

Далі, використовуючи формули (1, 3, 4) та програмне забезпечення «Excel», зображено на рис. 2.3.17 проводимо повторний розрахунок викидів використовуючи поточні вихідні дані з Таблиці 2.1 та з показником емісії при врахуванні роботи скрубберів на кожному з джерел та отримуємо результати, що висвітлені в Таблиці 2.3:

f <sub>2</sub> = ОКРУГЛ((НЗ*ІЗ*ЈЗ*КЗ);6)														
D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
	Речовина	Паливо	10 <sup>-6</sup>	Пок емісії	Г палива	НГЗ					Год/рік	г/с	кг/год	т/рік
Привід лебідки №1	Діоксид сі	дизельне	0,000001	9,385	169,7	42,62					4320	0,00436	0,01571	0,067878
Привід лебідки №2	Діоксид сі	дизельне	0,000001	9,385	169,7	42,62					4320	0,00436	0,01571	0,067878
Привід лебідки №3	Діоксид сі	дизельне	0,000001	9,385	169,7	42,62					4320	0,00436	0,01571	0,067878
Привід лебідки №4	Діоксид сі	дизельне	0,000001	9,385	169,7	42,62					4320	0,00436	0,01571	0,067878
Дизельна електростанція	Діоксид сі	дизельне	0,000001	9,385	68,4	42,62					2160	0,00352	0,01267	0,027359

Рис. 2.3.17 Розрахунок валового викиду діоксиду сірки з врахуванням роботи ПГО

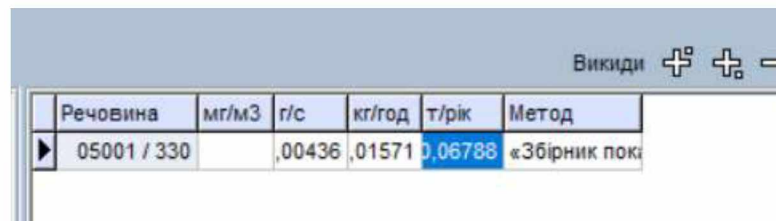
Таблиця 2.3 Результати розрахунку викидів сірки з врахуванням ПГО

Номер джерела викиду	Назва обладнання	Паливо	Години роботи обладнання	Назва забруднюючої речовини	$k_{ji}$	$V_i$ , т/рік	$(Q_i)_i$ , МДж/кг	Потужність викиду г/сек	Потужність викиду кг/год	Валовий викид, т/рік
1	Дизельний двигун приводу	Диз-паливо	4320	Діоксид сірки (ангідрид сірчистий)	9,385	169,7	42,62	0,00436	0,01571	0,06788
2	Дизельний двигун приводу							0,00436	0,01571	0,06788
3	Дизельний двигун приводу							0,00436	0,01571	0,06788
4	Дизельний двигун приводу							0,00436	0,01571	0,06788
5	Дизельна електростанція		2160			68,4		0,00352	0,01267	0,02736

З отриманих результатів розрахунку викидів забруднюючої речовини, з урахуванням роботи ПГО, загальна сума викиду сірки становить:

$$0,06788 + 0,06788 + 0,06788 + 0,06788 + 0,02736 = 0,29888 \text{ т/рік}$$

Далі повторно вносимо отримані дані викидів з врахуванням роботи ПГО до розділу «Дані» - «Викиди» програми «ЕОЛ», що зображено на рис. 2.3.18, відповідно для кожного джерела, та експортуємо до розділу «Розсіювання».



Речовина	мг/м3	г/с	кг/год	т/рік	Метод
05001 / 330		,00436	,01571	0,06788	«Збірник пок»

Рис. 2.3.18 Внесення даних обсягу та потужності викиду по кожному джерелу з врахуванням роботи ПГО

Не змінюючи завдання на розсіювання, проводимо повторне розсіювання за вже раніше внесеними та збереженими параметрами, враховуючи лише оновлення даних кількості викидів, та отримуємо результати розсіювання, що зображені на рисунках 2.3.19 - 2.3.20:

Коорд. X, м	Коорд. Y, м	Конц. в точ. мг/м <sup>3</sup>	Конц. в точ. долей ГДК	Напр. вітру, град	Швид. вітру, м/с	Код джерела	Внесок, %	Код джерела	Внесок, %	Код джерела	Внесок, %	Код джерела	Внесок, %	Код джерела	Внесок, %
0	-519	0,202957797	0,405915594	270	2,810216941	5	23,71264		21,22363		20,52362		17,43201		17,1078
-30	-55	0,233109679	0,466219359	260	1,405108470	5	40,98903		19,31431		14,75284		12,69912		12,2445
21	-5	0,234721260	0,469442520	190	1,405108470	5	39,08641		18,67622		15,41324		13,50063		13,3233
-604	0	0,203038738	0,406077478	0	2,810216941	5	23,84582		19,84621		19,75893		18,40944		18,1394
-101	0	0,238018551	0,472037102	0	1,405108470	5	30,48352		20,04263		17,23434		16,93961		15,2995
500	0	0,203286290	0,406572580	180	2,810216941	5	23,85044		19,80843		19,48232		18,47031		18,3884
-40	58	0,233973592	0,467947184	90	1,405108470	5	45,34743		17,76784		13,14512		12,63281		11,1066
0	512	0,203027303	0,406054606	90	2,810216941	5	24,78774		20,54673		19,87671		17,55652		17,2322

Рис. 2.3.19 Результати розсіювання розрахункових концентрацій діоксиду сірки у заданих точках з врахуванням роботи ПГО

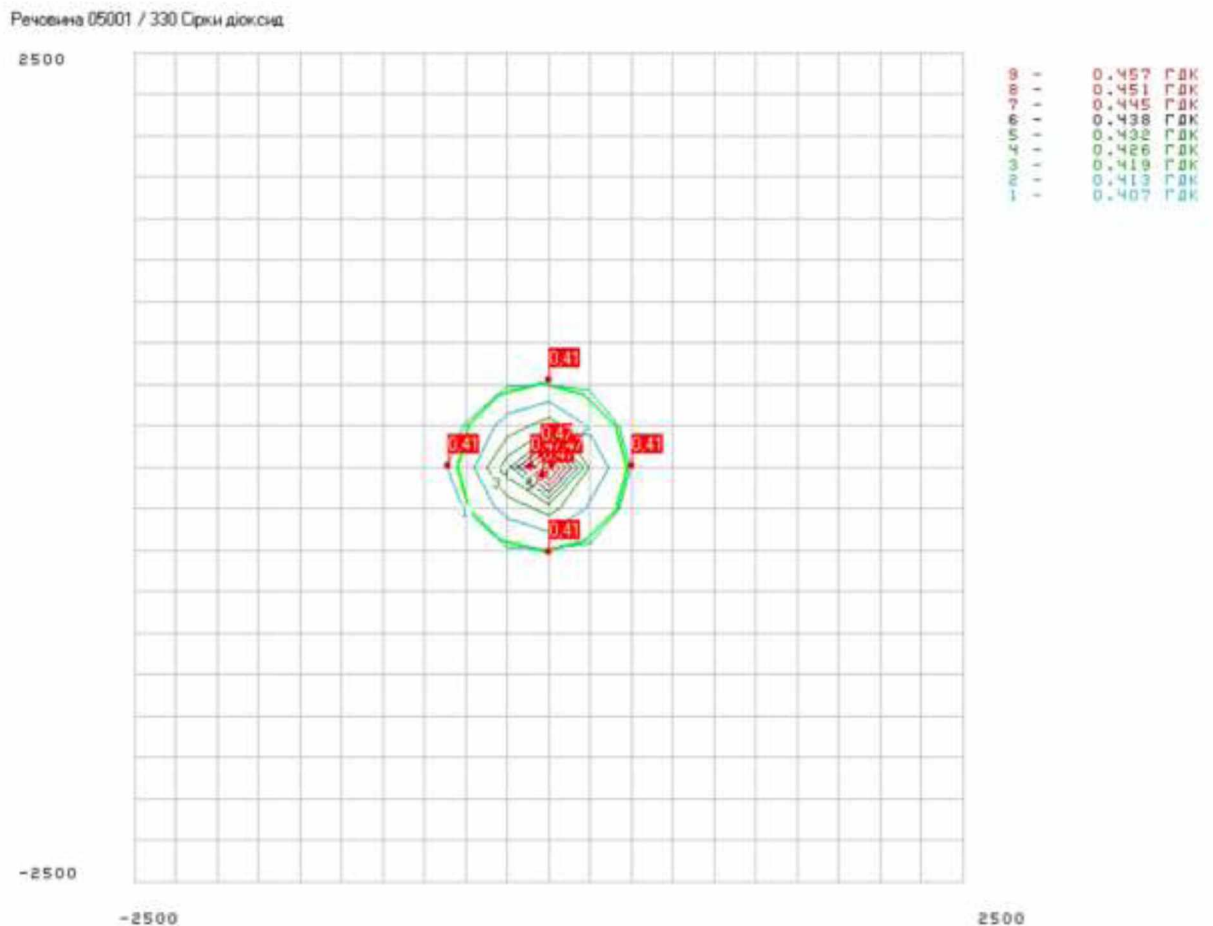


Рис. 2.3.20 Растрова карта розсіювання діоксиду сірки з врахуванням роботи ПГО

6. В результаті проведення моделювання повторного розсіювання можемо спостерігати позитивні якісні зміни, та графічне відображення продуктивності теоретичного застосування скруббера, використання якого дозволить зменшити концентрацію сірки в

робочій зоні до дозволеного ГДК та безпечних значень, що безумовно поліпшить умови роботи працюючої бригади в визначеній робочій зоні.

#### **2.4. Аналіз результатів дослідницького розділу**

*Сутність експерименту.* Вона полягала в дослідженні залежності викидів діоксиду сірки, її кількісних показників на реальному об'єкті з практичним застосуванням промислового обладнання. Метою дослідження було дослідити особливості утворення викидів сірки, оцінити просторове переміщення концентрацій діоксиду сірки в межах «імпаکتної зони», шляхом моделювання розсіювання обраної речовини в виробничих умовах, оцінити якість розсіювання, обрати необхідні заходи та рішення для зменшення впливу на навколишнє середовище. Умовою дослідження було створення виробничої моделі з утворенням та безпосередньо викидом забруднюючої речовини на основі справжніх умов існуючого виробничого об'єкту та застосування принципу «Ліпших доступних рішень».

*Результат експерименту в цифрах і фактах.* Провівши дослідження та моделювання розсіювання сірки, в якості забруднюючої речовини, можемо спостерігати значну ефективність застосування пилогазоочисного обладнання, тобто теоретично застосованого скрубберу, що зменшило показники ГДК в межах робочої зони фактично більше ніж вдвічі, для наочності результатів, створено порівняльну Таблицю 2.4 , де висвітлено концентрації в точках долями ГДК при розсіюванні до та після застосування пилогазоочисного обладнання.

Таблиця 2.4 Порівняння результатів дослідження

Розрахунковий майданчик Свердловина №3 Ковалівсько-Сулимівської площі без ПГО					
Концентрації у заданих точках 50010 / 330 Сірки діоксид					
Коорд.Х, м	Коорд.У, м	Конц. в точці мг/м <sup>3</sup>	Конц. в точці, долей ГДК	Напр. вітру, град.	Швид. вітру, м/с
0	-519	0,22958	0,45916	270,00	2,81
<b>-30</b>	<b>-55</b>	<b>0,53110</b>	<b>1,06219</b>	260,00	1,41
<b>21</b>	<b>-5</b>	<b>0,54721</b>	<b>1,09443</b>	190,00	1,41
-604	0	0,23039	0,46077	0,00	2,81
<b>-101</b>	<b>0</b>	<b>0,56019</b>	<b>1,12037</b>	0,00	1,41
500	0	0,23286	0,46573	180,00	2,81
<b>-40</b>	<b>58</b>	<b>0,53974</b>	<b>1,07947</b>	90,00	1,41
0	512	0,23027	0,46055	90,00	2,81
Розрахунковий майданчик Свердловина №3 Ковалівсько-Сулимівської площі з врахуванням ПГО					
Концентрації у заданих точках 50010 / 330 Сірки діоксид					
Коорд.Х, м	Коорд.У, м	Конц. в точці мг/м <sup>3</sup>	Конц. в точці, долей ГДК	Напр. вітру, град.	Швид. вітру, м/с
0	-519	0,20296	0,40592	270,00	2,81
<b>-30</b>	<b>-55</b>	<b>0,23311</b>	<b>0,46622</b>	260,00	1,41
<b>21</b>	<b>-5</b>	<b>0,23472</b>	<b>0,46944</b>	190,00	1,41
-604	0	0,20304	0,40608	0,00	2,81
<b>-101</b>	<b>0</b>	<b>0,23602</b>	<b>0,47204</b>	0,00	1,41
500	0	0,20329	0,40657	180,00	2,81
<b>-40</b>	<b>58</b>	<b>0,23397</b>	<b>0,46795</b>	90,00	1,41
0	512	0,20303	0,40605	90,00	2,81

З порівняльної таблиці можемо спостерігати наступні кількісні зміни, що є результатом застосування ПГО, в визначених точках робочої зони:

- в південній точці межі робочої зони (x-30;y-55) – значення концентрації діоксиду сірки в долях ГДК, після застосування ПГО зменшилось з 1,06219 до 0,46622;
- в західній точці межі робочої зони (x-101;y0) – значення концентрації діоксиду сірки в долях ГДК, після застосування ПГО зменшилось з 1,12037 до 0,47204;
- в північній точці межі робочої зони (x-40;y58) – значення концентрації діоксиду сірки в долях ГДК, після застосування ПГО зменшилось з 1,07947 до 0,46795;
- в східній точці межі робочої зони (x21;y-5) – значення концентрації діоксиду сірки в долях ГДК, після застосування ПГО зменшилось з 1,09443 до 0,46944.

Порівняння отриманих результатів розсіювання відображає теоретичне та практичне (в якості моделі розсіювання) підтвердження ефективності пилогазоочисного обладнання.

## ВИСНОВКИ

Під час виконання кваліфікаційної роботи було проведено теоретичний аналіз основних проблем забруднення атмосферного повітря, визначено основні негативні чинники викиду забруднюючих речовин, проведено аналіз сучасного стану запобігання викидам, проаналізовано та досліджено методи контролю за викидами, досліджено основні сучасні практичні заходи та технічні рішення щодо зменшення викидів окремих речовин та газів, присутніх у викидах окремих технологічних процесах, проведено порівняння законодавчих факторів, міжнародної екологічної політики та виробничих умов, які за яких відбувається процес оптимізації та зменшення викидів в атмосферу, зокрема для промислового сектору. Окремо було проведено аналіз та висвітлено ряд чинників, котрі формують проблематику незадовільного стану якості атмосферного повітря, спричинену викидами забруднюючих речовин від промисловості. Також, в якості застосування емпіричного методу дослідження, було проведено узагальнену класифікацію та структуровано можливі шляхи вирішення проблематики, технічні засоби та способи очистки пило-газо потоку та посилення контролю за викидами забруднюючих речовин. В ході роботи було обгрунтовано необхідність впровадження пилогазоочисного обладнання, приділено детальну увагу умовам ефективності та характеристикам пилогазоочисного обладнання за технологіями очистки, сферами застосувань, технічними особливостями різних видів, також визначено фактори які впливають на його впровадження.

В дослідницькому розділі було проведено розрахунки та прогнозування концентрацій забруднюючих речовин згідно стаціонарних параметрів забруднення по моделі існуючого об'єкту планової діяльності. В якості досліджуваного елемента було впроваджено теоретичну 50 метрову робочу зону навколо потенційних джерел викиду діоксиду сірки на час буріння газової свердловини. Проведено розрахунок обсягів викидів сірки від визначених джерел за звичайних умов експлуатації, та проведено моделювання розсіювання забруднюючої речовини на межах санітарно-

захисної зони та на визначених точках робочої зони, опісля отримання перевищення значень ГДК в досліджуваному елементі, в якості технічного заходу та засобу було долучене теоретичне впровадження вологого скрубберу, з метою ефективного зменшення викидів діоксиду сірки в робочій зоні та в загальних об'ємах в цілому. Для реалізації всіх етапів дослідницького розділу було використано програмне забезпечення «Excel», де було проведено більшість математичних розрахунків на етапі побудови задачі, та програмне забезпечення «ЕОЛ+ 1.5.2», де було проведено основні етап та здійснювалось розсіювання забруднюючої речовини та визначались її концентрації. Орієнтуючись на отримані результати розрахунків та розсіювання, проведено кількісну оцінку та порівняння стану забруднення атмосферного повітря в долях ГДК в робочій зоні.

Ключовим отриманим результатом роботи, є структурований аналіз та опис особливостей пилогазоочисного обладнання та приклад його практичного застосування висвітлений в розрахунковій моделі розсіювання діоксиду сірки на реальному виробничому об'єкті, що в майбутньому може слугувати як інформацією для порівняння або статистики, так і вагомим внеском до обґрунтування необхідності застосування пилогазоочисного устаткування на виробництвах та промислових об'єктах, де працюючий персонал піддається впливу від викидів забруднюючих речовин в межах робочих зон, також інформаційні здобутки даної роботи можуть слугувати матеріалом для майбутніх наукових робіт чи досліджень.

При виконанні роботи, виконавцем було здобуто розширене розуміння технічних процесів та технологій, що використовуються при впровадженні ПГО, його критеріїв в промисловій діяльності та місце в питанні викидів забруднюючих речовин. Здобуто нові навички та реалізовано засвоєні знання при здійсненні математичного моделювання та при роботі з спеціальним програмним забезпеченням. Розв'язано та практично продемонстровано один з елементів сучасної проблематики викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря, на прикладі викиду діоксиду сірки.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Wigley, T. M. L.: Possible climate change due to SO<sub>2</sub>-derived cloud condensation nuclei, *Nature*, 339, 365–367, 1989.
2. P.D. Jones, S.C.B. Raper, T.M.L. Wigley Southern Hemisphere surface air temperature variations: 1851–1984/ *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 1986/9. p1213-1230.
3. Thomas ML Wigley, Richard Richels, Jae A Edmonds Economic and environmental choices in the stabilization of atmospheric CO<sub>2</sub> concentrations/ *Nature*, 1996/1/18. Nature Publishing Group UK, p240-243
4. Smith, S. J., van Aardenne, J., Klimont, Z., Andres, R. J., Volke, A., and Delgado Arias, S.: Anthropogenic sulfur dioxide emissions: 1850–2005, *Atmos. Chem. Phys.*, 11, 1101–1116.
5. Two hundred fifty years of aerosols and climate: the end of the age of aerosols. S. J. Smith and T. C. Bond. *Atmos. Chem. Phys.*, 14, 537–549, 2014.
6. Santer, B. D., Taylor, K. E., Wigley, T. M. L., Penner, J. E., Jones, P. D., and Cubasch, U.: Towards the detection and attribution of an anthropogenic effect on climate, *Clim. Dynam.*, 12, 77–100, 1995.
7. Murphy, D. M., Solomon, S., Portmann, R. W., Rosenlof, K. H., Forster, P. M., and Wong, T.: An observationally based energy balance for the Earth since 1950, *J. Geophys. Res.*, 114, 2009.
8. Fernandes, S. D., Trautmann, N. M., Streets, D. G., Roden, C. A., and Bond, T. C.: Global biofuel use, 1850–2000, *Global Biogeochem. Cy.*, p 21, 2019.
9. Horvath, H.: Atmospheric Light Absorption – A Review, *Atmos. Environ.*, 27A, 293–317, 1993.
10. Pope, C. A. and Dockery, D. W.: Epidemiology of Particle Effects, in: *Air Pollution and Health*, edited by: Holgate, S. T., Samet, J. M., Koren, H. S., and Maynard, R. L., Academic Press, 673–705, 1999
11. Kreyling, W. G. and Scheuch, G.: Clearance of particles deposited in the lungs, in *Particle-Lung Interactions*, edited by: Gehr, P. and Heyder, J., 323–376, 2000.

12. M. Goklany *Clearing the Air: The Real Story of the War on Air Pollution*. Cato Institute, 1999. – 204p.
13. Jean-Pierre Candelone, Sungmin Hong, Christian Pellone, Claude F. Boutron: *Post-Industrial Revolution changes in large-scale atmospheric pollution of the northern hemisphere by heavy metals as documented in central Greenland snow and ice*, 1995. – 155p.
14. Ірина Черезова *Психологія життєвих криз особистості : навчальний посібник [для студентів вищих навчальних закладів] / І.О. Черезова. – Бердянськ, БДПУ, 2016. – 193 с.*
15. Roy M. MacLeod *The Alkali Acts Administration, 1863-84: The Emergence of the Civil Scientist*. Vol. 9, No. 2 (Dec., 1965), pp. 85-112.
16. H. J. White (1957) *Fifty Years of Electrostatic Precipitation*, *Journal of the Air Pollution Control Association*, 7:3, 2012. 166-177.
17. Joseph A. Amato, Joseph Anthony Amato *Dust: A History of the Small and the Invisible*. University of California Press, 2001. – 250p.
18. Hastings Env't L. J. 1 *The Clean Air Act of 1963: Postwar Environmental Politics and the Debate over Federal Power*, 2021.
19. Schiffner, K C, and Hesketh, H E. *Wet scrubbers*. United States: N. p., 1983.
20. C. David Cooper, F. C. Alley *Air Pollution Control: A Design Approach*, Fourth Edition. Waveland Press, 2010. 839 p.
21. Про охорону атмосферного повітря: Закон України від 16 жовтня 1992 року № 2707-XII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2707-12#Text> (дата звернення 24.09.2023).
22. М.О. Харченко, А.О. Панченко. Проблеми та перспективи впровадження екологічно чистого виробництва в Україні. *Механізм регулювання економіки*, 2011, №2. 176-182с.
23. Сталий розвиток: еколого-економічна оптимізація територіально-виробничих систем: навчальний посібник / Н. В. Караєва, Р. В. Корпан, Т. А.

Коцко [та ін.]; за заг. ред. І. В. Недіна. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2008. – 384 с

24. Архів Держстат України, 1998-2022. URL: [https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/ns/vzap/arch\\_vzrap\\_u.htm](https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/ns/vzap/arch_vzrap_u.htm) (дата звернення 30.09.2023).

25 Кірейцева Г.В., Полупан О.В, Екологічні проблеми житомирської області та шляхи їх вирішення. Житомир. URL: <https://eztuir.ztu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/580/34.pdf?sequence=1> (дата звернення 30.09.2023).

26. І. Hnatenko, Yu. Popova, I. Bachkir, K. Nechyporenko Strategies of state priorities in the context of scenario foresight of innovation economy management: modeling of scientific, technical and intellectual potential. *Журнал "Агросвіт"*. № 17, 2021, стор. 3-9.

27. В.А. Маляренко Енергетика і навколишнє середовище. САГА. Харків, 2008р. 364с.

28. Кауля В.С. Прогнозування динаміки забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя. Акту-альні питання біології, екології та хімії. 2015. Том 9, № 1. С. 56–63.

29. Теліженко, О.М. Аналіз теоретичних підходів до визначення сутності ризиків забруднення атмосферного повітря [Текст] / О.М. Теліженко, Ю.Т. Алібекова // *Механізм регулювання економіки*. — 2011. — № 1. — С. 24-33.

30. Галушкіна Т. П. Екологічний менеджмент та аудит: навчальний посіник / Т. П. Галушкіна, Л. М. Грановська, Р. А. Кисельова. – Херсон.: Олді-плюс, 2013. – 456 с.

31. Волкова Ю. В. Розгляд проблеми забруднення атмосферного повітря через призму нової парадигми охорони здоров'я / Ю. В. Волкова ; [наук. кер. проф., д-р філос. наук Утюж І. Г.] // *Соціально-етичні та деонтологічні проблеми сучасної медицини (немедичні проблеми в*

медицині) : зб. матеріалів IV міжнар. наук.-практ. конференції, м. Запоріжжя, 23-24 лютого 2023 р. – Запоріжжя : ЗДМУ, 2023. – С. 18-22.

32. Бондар О.І., Барановська В.Є., Березіна С.В. Сучасний стан та перспективи розвитку української системи технічного регулювання в галузі охорони навколишнього природного середовища, екологічної безпеки та раціонального використання природних ресурсів. Екологічні науки. 2012. №2.

33. Гончаренко Н.В. Класифікація екологічного аудиту / Н.В. Гончаренко //Актуальні проблеми економіки. – 2011. – №11(125). – С. 94–101.

34. Туниця Ю.Ю. Екологічна Конституція Землі. Ідея. Концепція. Проблеми. Львів: Вид. центр Львівського НУ ім. Івана Франка. 2002. – 298 с.

35. Директива 2008/50/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 21 травня 2008 року про якість атмосферного повітря та чистіше повітря для Європи. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994\\_950#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_950#Text)

36. Електронний ресурс – URL: <https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2020/12/dirty-skies-above-ua.pdf>

37. Директива Європейського Парламенту і Ради 2010/75/ЄС від 24 листопада 2010 року про промислові викиди (інтегрований підхід до запобігання забрудненню та його контролю). URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984\\_004-10#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_004-10#Text)

38. Директива Ради 96/61 / ЄЕС від 24 вересня 1996 року про комплексне запобігання та контроль забруднення, Урядовий Журнал Європейського Союзу з 1996 р. / Dyrektywa Rady 96/61/WE z dnia 24 września 1996 r. w sprawie zintegrowanego zapobiegania i ograniczania zanieczyszczeń, Dz. Urz. Unii Europejskiej z 1996 r.

39. Гурець, Лариса Леонідівна Науково-методологічні основи екологічної безпеки при забрудненні атмосферного повітря газопиловими викидами промислових підприємств : дис. ... д-ра техн. наук : спец. 21.06.01

"Екологічна безпека" : Дата захисту 20.04.17 / Л. Л. Гурець. - Суми, 2017. - 313 с.

40. Розум Р.І. Еколого-економічні системи: основні аспекти / Р.І. Розум, М.В. Буряк, І.В. Любезна //Науковий огляд. Науковий журнал. – Київ, 2015. – № 6 (16). – С. 33-49.

41. Електронний ресурс –  
URL:[https://web.archive.org/web/20111206045534/http://www.neundorfer.com/FileUploads/RichTextboxImages/Image/smokestack\\_b.jpg](https://web.archive.org/web/20111206045534/http://www.neundorfer.com/FileUploads/RichTextboxImages/Image/smokestack_b.jpg)

42. Процеси та апарати пилогазоочищення: практикум. Укладачі: О.В. Рибалова, Б.М. Цимбал, О.О. Бондаренко – Х: НУЦЗУ, 2023. – 54 с

43. Електронний ресурс – URL:  
[https://nmetau.edu.ua/file/21.\\_gichov\\_yu.o\\_ochischennya\\_gaziv.\\_chastina\\_i.pdf](https://nmetau.edu.ua/file/21._gichov_yu.o_ochischennya_gaziv._chastina_i.pdf)

44. Ярош Я. Д. Підвищення ефективності пиловловлювання батарейних циклонів за рахунок застосування елементів з жалюзійними решітками : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.17.08 «Процеси та обладнання хімічної технології» / Я. Д. Ярош. – Лівів, 2003. – 23 с.

45. Балюк, В. Ю., Ільченко, А. В. Класифікація пристроїв для очищення відпрацьованих газів двигунів внутрішнього згорання від частинок сажі. *Вісник ЖДТУ. Серія "Технічні науки"*, (4 (55)), 2010. 3-12. 46.

47. Електронний ресурс – URL:  
[https://www.researchgate.net/figure/Schematic-of-inertial-counter-flow-wet-scrubber-left-and-Venturi-scrubber-right\\_fig2\\_336804735](https://www.researchgate.net/figure/Schematic-of-inertial-counter-flow-wet-scrubber-left-and-Venturi-scrubber-right_fig2_336804735)

48. Schiffner, Kenneth C., and Howard E. Hesketh. "Wet scrubbers." (1983).

49. Електронний ресурс – URL: <https://www.degatec.com/molecular-filtration-carbon-scrubber/>

50. Wang, Lawrence K., et al. "Wet and dry scrubbing." *Air pollution control engineering*. Totowa, NJ: Humana Press, 2004. 197-305.

51. Numanovich, Abdullayev Ibrohim, and Umirzakov Zuxriddin Axtamjanovich. "Research on the operation of bag filters for dust and gas cleaning in cement production (on the example of factories in the Ferghana region of the republic of Uzbekistan)." *The American Journal of Interdisciplinary Innovations and Research* 2.11 (2020): 115-123.

52. Електронний ресурс – URL: <https://www.neundorfer.com/knowledgebase-posts/types-of-fabric-filters/>

53. Довгалюк В. Б. Ймовірнісна блок-схема моделювання процесу пилоочищення газів в скруберах Вентурі / В. Б. Довгалюк, І. О. Качан // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання : наук.-техн. зб. / Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт.; відп. ред. Е. С. Малкін. – Київ : КНУБА, 2015. – Вип. 19. – С. 131 – 136.

54. Електронний ресурс – URL: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8e/Wettedthroat.jpg?20070913162822>

55. Gieré, R., & Querol, X. (2010). Solid particulate matter in the atmosphere. *Elements*, 6(4), 215-222.

56. Rai, Richa, et al. "Gaseous air pollutants: a review on current and future trends of emissions and impact on agriculture." *Journal of Scientific Research* 55.771, 2011.

57. Cao, Jun-ji, Yu Huang, and Qian Zhang. "Ambient air purification by nanotechnologies: from theory to application." *Catalysts* 11.11, 2021.

58. Singh, Rishikesh Kumar, Arnab Sarkar, and Jyoti Prasad Chakraborty. "Influence of alternate fuels on the performance and emission from internal combustion engines and soot particle collection using thermophoretic sampler: a comprehensive review." *Waste and Biomass Valorization* 10 (2019): 2801-2823.

59. Friedrich, Rainer, and Stefan Reis, eds. *Emissions of air pollutants: measurements, calculations and uncertainties*. Springer Science & Business Media, 2013.

60. Zav'yalov, A. I. "System ensuring reliability of gas-cleaning and dust-catching equipment based on ecological standards." *Chemical and Petroleum Engineering* 31.7 (1995): 406-408.

61. Методика расчёта концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86 / Под ред. М. Е Берлянда. – Л.: Гидрометеодат, 1987. – 94 с.

62. «Збірник показників емісії в атмосферне повітря різними виробництвами. УкрНЦТЕ. Донецьк 2004. Том 1».

63. Про затвердження Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів: Наказ МОЗ від 19 червня 1996р. №173 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0379-96#Text> (дата звернення 12.11.2022).

64. Chen, Tze-Ming, et al. "Outdoor air pollution: nitrogen dioxide, sulfur dioxide, and carbon monoxide health effects." *The American journal of the medical sciences* 333.4 (2007): 249-256.

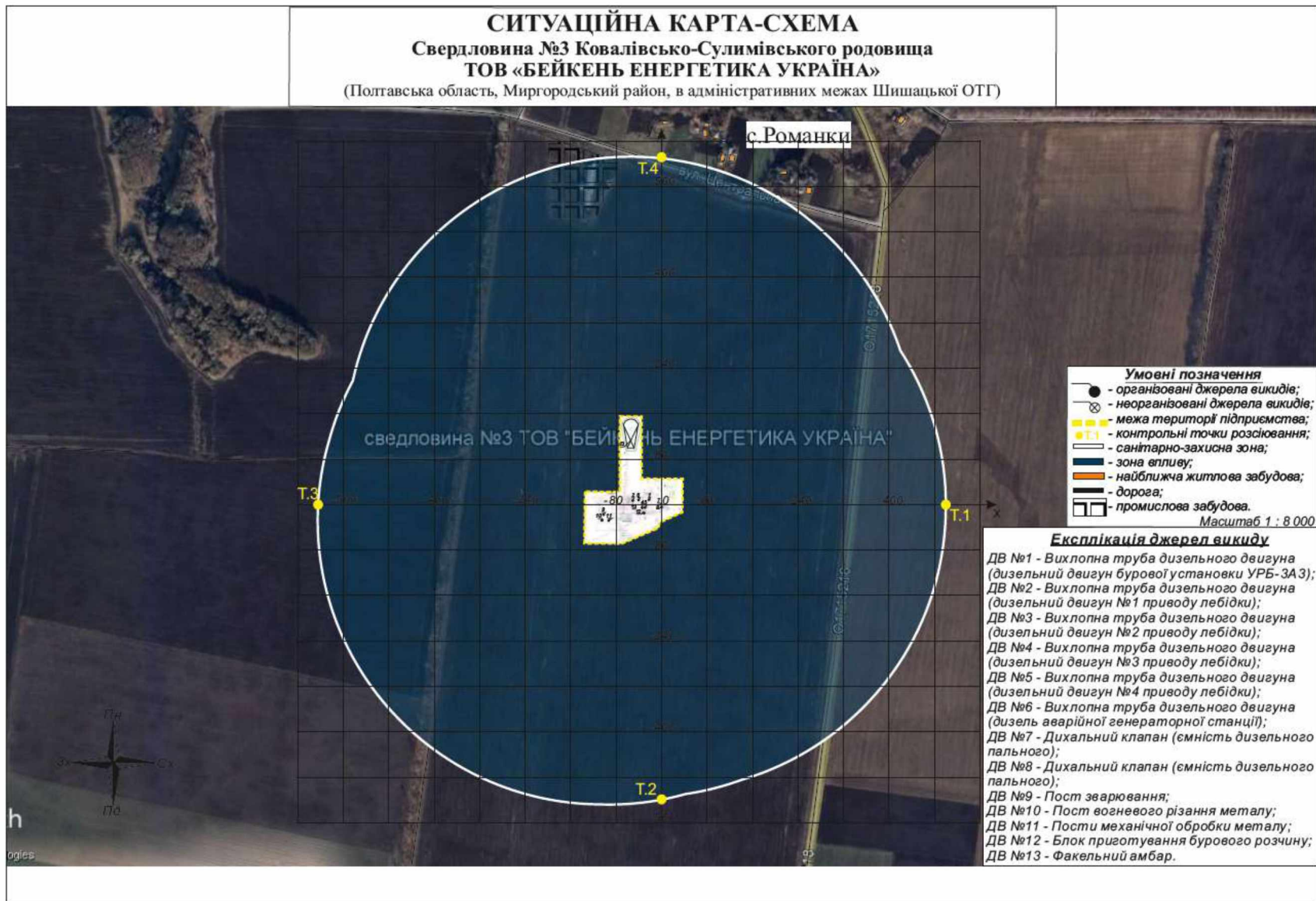
65. Електронний ресурс – URL: <https://mrc.org.ua/images/scrubber/3d-visualization/scrubber-general-view.jpg>

66. Електронний ресурс – URL: <https://mrc.org.ua/images/scrubber/3d-visualization/engineering-design-scrubber.jpg>

67. Електронний ресурс – URL: <https://mrc.org.ua/sistemy-ochistki-gaza>

## **ДОДАТКИ**

Ситуаційна карта-схема місця розташування об'єкту дослідження та джерел викиду



## Додаток Б


**Метеорологічні характеристики і коефіцієнти, які визначають умови розсіювання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населеного пункту**

Полтавська область, Миргородський район, територія Шишацької ОТГ

(назва населеного пункту, де розташований об'єкт)

*Таблиця 5.2*

Найменування характеристик	Величина
Коефіцієнт, який залежить від стратифікації атмосфери, А	180
Коефіцієнт рельєфу місцевості	1
Середня максимальна температура зовнішнього повітря найбільш жаркого місяця року, Т, °С	27,2
Середня температура зовнішнього повітря найбільш холодного місяця (для котельних, які працюють за опалювальним графіком), Т, °С	-6,9
Середньорічна роза вітрів, %	
П	12,1
ПС	13,2
С	14,0
ПдС	7,9
Пд	14,3
ПдЗ	10,8
З	16,2
ПЗ	11,5
Швидкість вітру (за середніми багаторічними даними), повторення перевищення якої складає 5%, U*, м/с	8-9



ДСНС України

**ПОЛТАВСЬКИЙ ОБЛАСНИЙ ЦЕНТР З ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЇ**  
(Полтавський ЦГМ)

вул. Зигіна 1, м. Полтава, 36014 тел. (0532) 56-07-42; тел/факс: (0532) 60-64-59  
www.poltava.meteo.gov.ua код ЄДРПОУ 22531005 E-mail: pgdpoltava@meteo.gov.ua

---

05 вересня 2022 року № 9916-03-41/209 На № 243 від 30 серпня 2022 року

Директору  
ПП «ЮК «Фелікс Арт-А»  
Олександрю ГРИЦЕНКУ

Про надання інформації

Надаємо коротку характеристику кліматичних умов метеостанції Гадяч, Миргородського району, Полтавської області, що характеризують місце розташування Шишацької об'єднаної територіальної громади, Миргородського району, Полтавської області, для ТОВ «БЕЙКЕНЬ ЕНЕРГЕТИКА УКРАЇНА».

Метеостанція Гадяч знаходиться в північній частині Полтавської області.  
Клімат помірно-континентальний, недостатньо вологий, теплий, сприятливий для розвитку промисловості та сільського господарства.  
Метеорологічні характеристики та коефіцієнти, які визначають умови розсіювання забруднюючих речовин в атмосферу:

1. Коефіцієнт, який залежить від стратифікації атмосфери,  $A = 180$ .
2. Коефіцієнт рельєфу місцевості  $= 1$ .
3. Середня місячна та середньорічна температура повітря (°C):

січень	-4,5	квітень	9,7	липень	21,2	жовтень	7,9
лютий	-3,6	травень	15,8	серпень	20,2	листопад	1,7
березень	1,4	червень	19,4	вересень	14,4	грудень	-2,8
Середня за рік	8,4						

Найбільш висока середня місячна температура повітря +25,2°C.  
Найбільш низька середня місячна температура повітря -16,0°C.  
Середня максимальна температура зовнішнього повітря найбільш жаркого місяця року +27,2°C.  
Середня мінімальна температура зовнішнього повітря найбільш холодного місяця року -6,9°C.

Рис. Б.1 Кліматична характеристика для місця розташування об'єкту дослідження (частина 1)

## Продовження додатку Б

2

Абсолютний максимум температури повітря за багаторічний період спостережень спостерігався  $+39,6^{\circ}\text{C}$  (2010 р.).

Абсолютний мінімум температури повітря за багаторічний період спостережень становив  $-33,5^{\circ}\text{C}$  (1935 р.).

## 4. Середня та річна відносна вологість повітря (%):

січень	85	квітень	69	липень	72	жовтень	79
лютий	83	травень	63	серпень	71	листопад	87
березень	81	червень	68	вересень	74	грудень	89
Середній за рік	77						

## 5. Пружність водяної пари по місяцях в гПа:

січень	3,5	квітень	7,5	липень	15,7	жовтень	8,2
лютий	3,7	травень	10,5	серпень	14,7	листопад	6,1
березень	5,1	червень	13,9	вересень	11,2	грудень	4,5
Середній за рік	8,7						

6. В літні місяці переважають вітри північно-східного напрямку, в холодну пору року – південного та західного напрямку.

## Повторюваність напрямку вітру та штилів (%):

М-ць	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Штиль
I	10,5	9,2	11,4	8,9	17,4	13,9	18,3	10,4	3,7
II	10,5	8,6	13,9	9,8	17,5	13,1	16,1	10,5	4,4
III	10,1	12,5	14,7	8,5	15,4	11,4	16,8	10,6	3,7
IV	11,1	13,9	16,6	9,6	14,6	10,2	14,2	9,8	5,0
V	13,1	15,1	16,7	6,9	12,0	10,1	14,1	12,0	8,3
VI	14,8	15,8	12,5	4,5	10,0	8,9	17,1	16,4	10,1
VII	16,5	18,1	10,6	4,8	8,5	9,3	17,2	15,0	12,7
VIII	17,5	19,7	12,0	3,5	9,0	7,6	15,8	14,9	11,4
IX	14,0	15,8	16,0	5,9	10,4	9,2	16,4	12,3	9,1
X	10,7	11,0	13,9	7,9	18,0	12,1	16,8	19,6	7,5
XI	8,0	10,4	15,5	12,8	19,2	11,0	15,0	8,1	4,4
XII	8,9	8,0	14,0	11,4	19,0	12,7	17,1	8,9	3,9
Рік	12,1	13,2	14,0	7,9	14,3	10,8	16,2	11,5	7,0

Рис. Б.2 Кліматична характеристика для місця розташування об'єкту дослідження (частина 2)

## Продовження додатку Б

3

Середня місячна та річна швидкість вітру (м/с):

січень	2,6	квітень	2,5	липень	1,9	жовтень	2,3
лютий	2,5	травень	2,3	серпень	2,0	листопад	2,4
березень	2,7	червень	2,2	вересень	2,1	грудень	2,5
Середній за рік		2,3					

Середнє число днів із швидкістю вітру 10 м/с та більше складає протягом року 145,9 днів.

Середнє число днів із швидкістю вітру 15 м/с та більше складає протягом року 23,4 днів.

Швидкість вітру з повторенням, перевищення якої складає 5%, становить 8-9 м/с.

7. В середньому за рік по метеостанції Гадяч випадає 590 мм опадів:

- 370 мм припадає на теплий період року (квітень-жовтень), що становить 63%,
- 220 мм в холодний період року (листопад-березень), що становить 37%.

Добовий максимум кількості опадів – 73 мм.

8. Середня кількість днів з туманом за рік становить 34,2 днів, які спостерігаються переважно в холодний період року.

Кліматична характеристика дійсна на період дії складеної екологічної документації для цього об'єкта підприємства.

Начальник департаменту



Ігор ЗАМИРАЙЛО

Олена Панченко  
(0532) 50-02-54

Рис. Б.3 Кліматична характеристика для місця розташування об'єкту дослідження (частина 3)