



ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет гірничо-металургійний
Кафедра безпеки праці та охорони довкілля

**Кваліфікаційна робота
допущена до захисту**
Гарант ОПП «Інноваційні технології та
системи захисту навколишнього
середовища»

ПІКАРЕНЯ Д.С. _____

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня магістра

за підсумками виконання
освітньо-професійної програми
«Інноваційні технології та системи захисту навколишнього
середовища»
за спеціальністю 183 Технології захисту навколишнього середовища

на тему «Обґрунтування та аналіз екологічної ефективності
впровадження автоматизованої системи контролю забруднюючих
речовин в межах санітарно-захисної зони впливу підприємства»

Керівник Максимова Н.М. _____
(Прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант від
бази практики Копійка А.Л. _____
(Прізвище та ініціали) (підпис)

*Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання
ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело*

Здобувач Лобко М.Р. _____
(Прізвище та ініціали) (підпис)

Кам'янське 2025

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
 Факультет гірничо-металургійний
 Кафедра безпеки праці та охорони довкілля
 Освітньо-кваліфікаційний магістр
 рівень
 Спеціальність 183 Технології захисту навколишнього середовища
 Освітньо-професійна Інноваційні технології та системи
 програма захисту навколишнього середовища

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант ОПП «Інноваційні технології та системи захисту навколишнього середовища»

Пікареня Д.С.

«27» грудня 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Лобко Маргарита Романівна

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема роботи Обґрунтування та аналіз екологічної ефективності впровадження автоматизованої системи контролю забруднюючих речовин в межах санітарно-захисній зоні впливу підприємства

керівник роботи Максимов Н.М., кандидат технічних наук, доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Університету від 14.10. 2024 р. №238/14.10.2024

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи 03.02.2025 р.

Вихідні дані до роботи Навчальна література, державні стандарти, методична література з спеціальних дисциплін та дипломування, науково-дослідницькі роботи з тематики природокористування та захисту навколишнього середовища, літературні джерела, технологічні інструкції, дані ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» результати власних експериментів та досліджень, матеріали зібрані під час інженерно-природоохоронної практики.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань) Реферат. Вступ. 1 Аналіз систем з контролю за станом забруднення атмосферного повітря. 2 Визначення параметрів розсіювання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі в межах санітарно-захисної зони. 3 Принцип роботи та вдосконалення автоматизованої системи екологічного моніторингу забруднюючих речовин у атмосферному повітрі. 4 Охорона праці. 5 Економічне обґрунтування встановлення стаціонарних постів екологічного моніторингу забруднення атмосферного повітря на межі санітарно-захисної зони.

5. Перелік графічного (демонстраційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) презентація Microsoft Power Point в кількості 20 слайдів.

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта
1	Максимова Н.М., доцент кафедри безпеки праці та охорони довкілля
2	Максимова Н.М., доцент кафедри безпеки праці та охорони довкілля
3	Максимова Н.М., доцент кафедри безпеки праці та охорони довкілля
4	Максимова Н.М., доцент кафедри безпеки праці та охорони довкілля
5	Максимова Н.М., доцент кафедри безпеки праці та охорони довкілля

7. Дата видачі завдання 27.12.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи
1	Аналіз систем з контролю за станом забруднення атмосферного повітря	28.12.2024 – 08.01.2025
2	Визначення параметрів розсіювання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі в межах санітарно-захисної зони	28.12.2024 – 13.12.2025
3	Принцип роботи та вдосконалення автоматизованої системи екологічного моніторингу забруднюючих речовин у атмосферному повітрі	03.01.2025 – 17.01.2025
4	Охорона праці	08. 01.2025 – 22.01.2025
5	Економічне обґрунтування встановлення стаціонарних постів екологічного моніторингу забруднення атмосферного повітря на межі санітарно-захисної зони	15. 01.2025 – 21.01.2025
6	Висновки, перелік посилань, вступ, зміст, реферат	21.01.2025 – 28.01.2025
7	Подання завершеної роботи. Перевірка на академічний плагіат	28.01.2025 – 10.02.2025
8	Остаточне оформлення роботи, презентаційного матеріалу, автореферату	10.02.2025 – 16.02.2025

Здобувач

Лобко М.Р.

Керівник

Максимова Н.М.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 104 с., 25 рис., 7 табл., 37 літературних джерел, 1 додаток.

Об'єкт дослідження: підвищення екологічного контролю за станом забруднення атмосферного повітря в межах санітарно-захисної зони підприємства за рахунок автоматизації моніторингу.

Предмет дослідження: автоматизована система екологічного моніторингу атмосферного повітря на межі санітарно-захисної зони.

Мета кваліфікаційної роботи: обґрунтування та аналіз сучасних автоматизованих систем моніторингу, заснованих на європейському досвіді та українських практиках.

У вступі розглядається актуальність теми досліджень, визначається формулювання об'єкту та предмету досліджень, формується мета та завдання подальшої дослідницької роботи, а також формується план реалізації поставлених завдань.

Перший розділ містить огляд сучасних інформаційних джерел та прикладів міжнародного досвіду у сфері моніторингу атмосферного повітря. Зокрема, розглядається закордонний досвід моніторингу забруднення повітря, аналізуються актуальні проблеми моніторингу забруднюючих речовин у межах санітарно-захисної зони, а також пропонуються шляхи вдосконалення сучасних технологій автоматизованих систем екологічного моніторингу для контролю забруднення повітря.

Другий розділ присвячений наступним питанням: характеристиці підприємства як джерела впливу на навколишнє середовище; розгляду природно-кліматичних умов району розташування; оцінці впливу викидів забруднюючих речовин на стан атмосферного повітря; визначенню зон забруднення та розрахунку розсіювання забруднюючих

речовин в атмосферному повітрі, що присутні у викидах у зоні розташування промислового майданчика.

Третій розділ містить огляд призначення та цілей автоматизованої системи моніторингу забруднюючих речовин у повітрі. Розглядаються принципи побудови, комплектація та основні характеристики автоматизованої системи екологічного моніторингу (АСЕМ), особливості управління об'єктом автоматизації, а також конфігурація та модернізація цієї системи.

Четвертий розділ містить низку аспектів та заходів з безпеки при роботі з електроустаткуванням автоматизованої системи екологічного моніторингу (АСЕМ); вимоги безпеки у аварійних ситуаціях; порядок надання долікарської допомоги постраждалим при нещасних випадках.

П'ятий розділ включає економічне обґрунтування запропонованої автоматизованої системи екологічного моніторингу (АСЕМ); розрахунки витрат на заробітну плату працівникам лабораторії при проведенні моніторингу забруднення атмосферного повітря в межах санітарно-захисної зони; порівняльний аналіз економічної доцільності встановлення автоматизованих постів екологічного моніторингу в межах санітарно-захисної зони та виконання відповідних лабораторних досліджень.

В висновках наведені основні результати кваліфікаційної роботи.

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ,
САНІТАРНО-ЗАХИСНА ЗОНА, ВИКИДИ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН,
ГРАНИЧНО ДОПУСТИМИЙ ВИКИД, МОНІТОРИНГ АТМОСФЕРНОГО
ПОВІТРЯ, ПОСТ АВТОМАТИЧНОГО СПОСТЕРЕЖЕННЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1 АНАЛІЗ СИСТЕМ З КОНТРОЛЮ ЗА СТАНОМ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ	11
1.1 Огляд сучасних автоматизованих систем екологічного моніторингу за станом атмосферного повітря.....	11
1.2 Моніторинг забруднення атмосферного повітря на прикладі закордонного досвіду.....	18
1.3 Аналіз сучасних проблемних ситуацій моніторингу забруднюючих речовин у атмосферному повітрі в межах санітарно-захисної зони.....	23
1.4 Вдосконалення сучасних технологій АСЕМ з контролю за забрудненням атмосферного повітря.....	26
1.5 Висновки до розділу 1.....	31
2 ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РОЗСІЮВАННЯ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН В АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ В МЕЖАХ САНІТАРНО-ЗАХИСНОЇ ЗОНИ	33
2.1 Характеристика підприємства як джерела впливу на навколишнє середовище.....	33
2.2 Природно-кліматичні умови району розташування.....	35
2.3 Оцінка впливу викидів забруднюючих речовин на стан атмосферного повітря.....	36
2.4 Визначення параметрів розсіювання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі та зон забруднення в зоні розташування проммайданчика.....	40
2.5 Висновки до розділу 2.....	56
3 ПРИНЦИП РОБОТИ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ЗАБРУДНЮЮЧИХ	57

РЕЧОВИН У АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ	
3.1 Призначення автоматизованої системи екологічного моніторингу забруднюючих речовин у повітрі	57
3.2 Принцип побудови, комплектація та основні характеристики системи АСЕМ.....	59
3.3 Особливості управління об'єктом автоматизації АСЕМ.....	73
3.4 Конфігурація та модернізація системи АСЕМ	74
3.5 Висновки до розділу 3.....	78
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	79
4.1 Заходи з безпеки при роботі з електроустаткуванням АСЕМ.....	79
4.2 Вимоги безпеки у аварійних ситуаціях.....	81
4.3 Порядок надання долікарської допомоги потерпілому при нещасному випадку.....	82
4.4. Висновки до розділу 4.....	84
5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВСТАНОВЛЕННЯ СТАЦІОНАРНИХ ПОСТІВ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ НА МЕЖІ САНІТАРНО-ЗАХИСНОЇ ЗОНИ.....	85
5.1 Визначення вартості впровадження автоматизованої системи екологічного моніторингу	85
5.2 Розрахунок витрат на заробітну плату працівникам лабораторії при проведенні моніторингу атмосферного повітря в межах санітарно-захисної зони	87
5.3 Обґрунтування економічної ефективності впровадження автоматизованих постів екологічного моніторингу в межах санітарно-захисної зони металургійного підприємства повного циклу	89
5.4 Висновки до розділу 5.....	90
ВИСНОВКИ.....	91

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	93
ДОДАТОК А Публікація за темою досліджень.....	98

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Автоматизована система екологічного моніторингу атмосферного повітря (АСЕМ) є незамінним інструментом для сучасних промислових підприємств та міст. Її основна мета полягає в забезпеченні безперервного контролю за станом повітряного середовища з метою виявлення і усунення забруднюючих речовин, які можуть мати негативний вплив на здоров'я людей та навколишнє середовище.

Доцільність впровадження АСЕМ обумовлена зростаючими вимогами до якості повітря та необхідністю дотримання екологічних нормативів. Система дозволяє оперативно виявляти перевищення гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин, що дає змогу своєчасно реагувати на виникаючі проблеми та вживати заходи для їх усунення. Крім того, АСЕМ сприяє підвищенню екологічної свідомості суспільства, забезпечуючи доступ до актуальної інформації про стан атмосферного повітря. Тому постійний аналіз ефективних рішень задля модернізації існуючих та впровадження сучасних АСЕМ є досі актуальним науково-практичним завданням.

Об'єкт дослідження – підвищення екологічного контролю за станом забруднення атмосферного повітря в межах санітарно-захисної зони підприємства за рахунок автоматизації моніторингу.

Предмет дослідження – автоматизована система екологічного моніторингу атмосферного повітря на межі санітарно-захисної зони.

Мета та завдання кваліфікаційної роботи. Метою цієї роботи є обґрунтування та аналіз сучасних автоматизованих систем моніторингу на основі європейського досвіду та українських систем.

Для досягнення мети в роботі необхідно розв'язати наступні завдання:

- 1) проаналізувати сучасні інформаційні джерела та приклади закордонного досвіду з моніторингу атмосферного повітря;
- 2) визначити джерела впливу на навколишнє середовище, параметри розсіювання забруднюючих речовин та оптимальні розміри санітарно-захисної зони;
- 3) виконати порівняльний аналіз за основними показниками модернізованої автоматизованої системи моніторингу та її попередника;
- 4) розглянути заходи з безпеки при експлуатації системи безперервного моніторингу атмосферного повітря;
- 5) економічно обґрунтувати доцільність впровадження АСЕМ на підставі порівняння варіанту виконання аналогічних функцій силами працівників лабораторії.

Методи дослідження. Під час виконання визначених завдань у процесі досліджень використовувались загальнонаукові, теоретичні, емпіричні та спеціальні методи досліджень; еколого-гігієнічний аналіз інформації щодо забруднення атмосферного повітря викидами промислових підприємств; системний аналіз сучасних інформаційних та науково-літературних джерел; розрахунки з визначення параметрів розсіювання забруднюючих речовин у повітрі, графічна розробка карти розсіювання виконана за допомогою програми AutoCAD відповідно до отриманих розрахункових результатів.

За результатами досліджень опубліковано тези Міжнародної наукової конференції “MININGMETALTECH 2024 – The mining and metals sector: integration of business, technology and education”, яка відбулась 28-29.11.2024р.

1 АНАЛІЗ СИСТЕМ З КОНТРОЛЮ ЗА СТАНОМ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

1.1 Огляд сучасних автоматизованих систем екологічного моніторингу за станом атмосферного повітря

Сучасні технології моніторингу забруднення атмосферного повітря обґрунтовуються на поєднанні автоматизованих постів спостереження, супутникових даних та інформаційно-аналітичних систем. Вони забезпечують швидке збирання, обробку та поширення інформації про стан повітря, що є місцем для прийняття ефективних рішень у сфері захисту навколишнього середовища (дод. А) [1-2].

Автоматизовані екологічні пости забезпечені сучасними сенсорними та аналітичними засобами, які безперервно виробляють рівень основних забруднювачів, таких як діоксид сірки, оксид азоту, озон, тверді частинки (PM₁₀, PM_{2.5}) тощо. Наприклад, автоматизований постекологічний моніторинг, встановлений на ПрАТ «Укрграфіт» інтегрований в європейську систему моніторингу. Це забезпечує отримання достовірних даних у реальному часі та оперативне реагування на перевищення допустимих концентрацій забруднювачів [2].

Під час розробки цього стали використовуватися газоаналітичні прилади компанії Teledyne API (США) (рис. 1.1), яка має понад 30 років досвіду у виробництві обладнання для безперервного екологічного моніторингу. Устаткування сертифіковане в Україні та відповідає стандартам Агентства з охорони довкілля США (EPA), Європейського Союзу та інших міжнародних регуляторних органів для вимірювання рівня забруднюючих речей [2].

Унікальна функція AutoZero підтримує стабільність, постійно коригуючи нульовий дрейф, а адаптивна фільтрація дозволяє аналізатору ефективно досягти ефективності.



Рисунок 1.1 – Газоаналітичні прилади референтного посту моніторингу атмосферного повітря [2]

Супутникові технології, такі як програма Copernicus, надають можливість моніторингу якості повітря на великій території з високою роздільною здатністю. Служба Copernicus EMS забезпечує надійну та точну геопросторову інформацію, отриману з даних супутникового спостереження та локальних джерел даних, що є місцем для управління природними катастрофами та техногенними надзвичайними ситуаціями [3].

Служба моніторингу атмосфери Copernicus (CAMS) забезпечує якісну та достовірну інформацію про забруднення повітря, вплив на здоров'я, сонячної енергії, парникових газів і зміни клімату по всьому світу.

CAMS є одним із шести основних сервісів програми спостереження Землі Європейського Союзу Copernicus, яка закликає розвивати планету та її довкілля для добробуту громадян Європи.

Для отримання додаткових даних CAMS співпрацює з Європейським центром середньострокових прогнозів погоди (ECMWF), Європейським космічним (ESA), Європейською організацією з використання метеорологічних супутників (EUMETSAT) та іншими організаціями, які надають супутникові й наземні спостереження (рис. 1.2). Ці дані є основою для формування послуг CAMS. Інформація зі спостережень інтегрована з комп'ютерними моделями атмосфери, що дозволяє точно оцінювати параметри атмосфери, таку як температуру, рівень озону та концентрацію аерозолів [3].

На основі таких оцінок моделі створюють прогнози на кілька днів вперед. Дані спостережень також аналізуються для перевірки точності прогнозів. Щоденні порівняння прогнозів CAMS із фактичними спостереженнями допомагають оцінити їх якість і вдосконалити моделі прогнозування. Ці спостереження на місці використовуються CAMS для покращення щоденних прогнозів, оцінки якості прогнозів і моніторингу обміну вуглекислого газу (CO_2), метану (CH_4) і закису азоту (N_2O) на поверхні Землі [3].

Безпілотні літальні апарати (БПЛА), оснащені датчиками для вимірювання якості повітря, є ефективним інструментом для підвищення просторової та часової точності даних про стан повітря, ідентифікації вихідних джерел та моніторингу забруднення як стаціонарних, так і мобільних джерел. Одночасне застосування БПЛА супроводжує низькі виклики, які обмежують їхнє поширення. Крім того, БПЛА потребують оптимізованих алгоритмів і компонентів для зменшення енергоспоживання, а також компактного корисного навантаження для забезпечення мобільності, що забезпечує обмеження на типи датчиків, які можна інтегрувати [5].

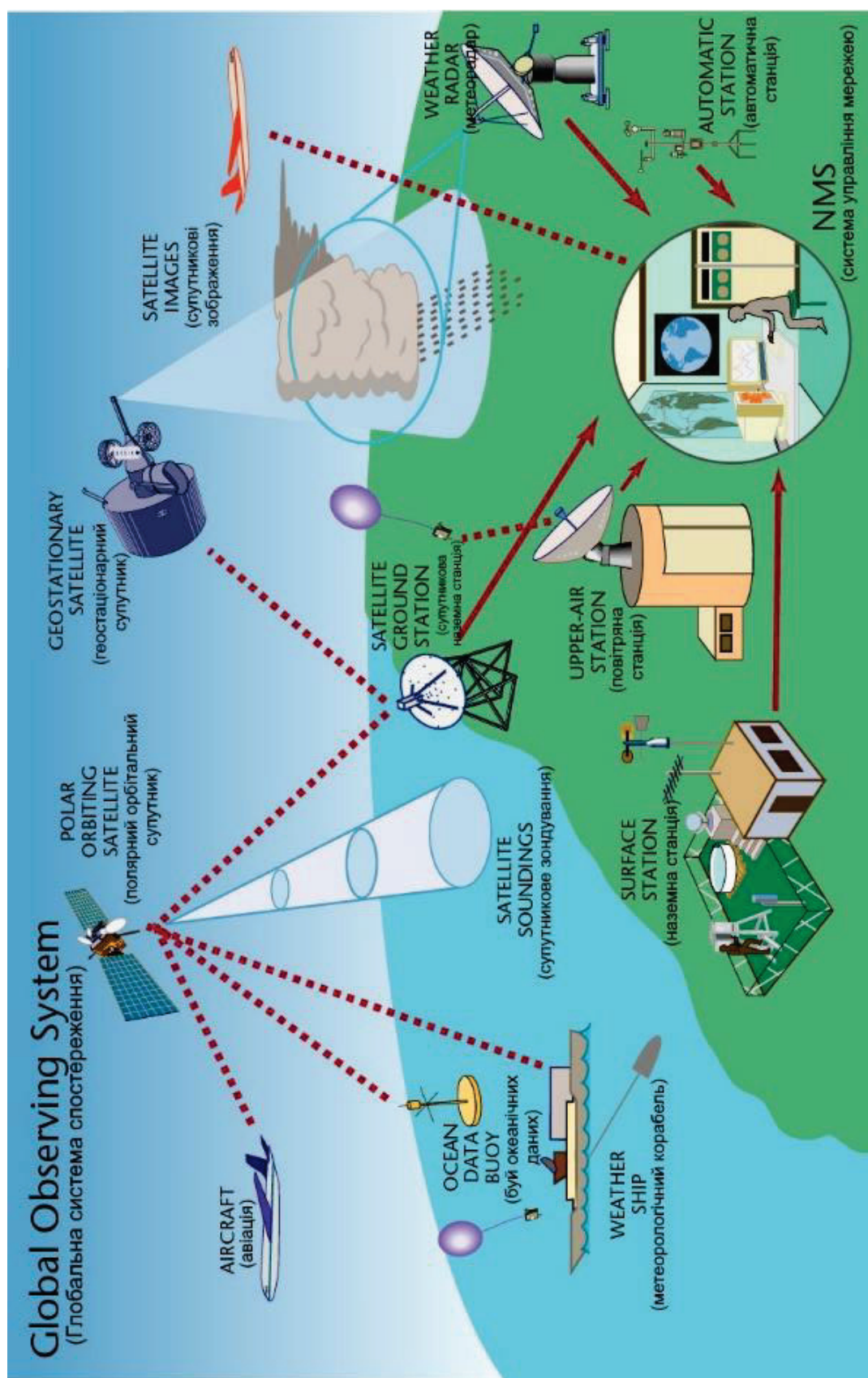


Рисунок 1.2 – Глобальна система моніторингу SAMS [4]

Крім того, необхідні спеціалізовані алгоритми, наприклад, для ідентифікації та локалізації джерела забруднення. На сьогоднішній день усі рішення з використанням БПЛА для моніторингу можуть сприяти якості повітря на вирішення окремих задач або демонстрацій таких технологій. Водночас бракує комплексного аналізу дослідницького прогресу та відкритих проблем у цій галузі [5].

Існуючі рішення обмежені у своїй ефективності, а розгортання та обслуговування стаціонарних станцій моніторингу є затратними. Це створює потребу у альтернативних підходах, які здатні підвищити масштабність і деталізацію даних про якість повітря.

Безпілотні літальні апарати (БПЛА), оснащені недорогими сенсорами для вимірювання параметрів якості повітря (наприклад, газоподібних забруднювачів, таких як CO, CO₂, SO₂, O₃, або концентрації твердих частинок, як-от PM_{2.5} і PM₁₀), є перспективним рішенням для розширення охоплення і підвищення точності моніторингу. Вони здатні швидко збирати дані на великих територіях, значно спрощуючи процес отримання масштабних даних.

Окрім цього, БПЛА відкривають нові можливості для атмосферних досліджень, сприяючи більш глибокому розумінню розподілу забруднювачів. Зокрема, їх можна використовувати для збору проб у середовищах із різними рівнями забруднення, забезпечуючи тривимірне картування та моделювання розподілу шкідливих речовин у вертикальних стовпах повітря [5].

Також БПЛА ефективно застосовуються для виявлення неорганізованих викидів і визначення джерел забруднення.

На рисунку 1.3 показано можливості використання БПЛА в умовах "розумних міст" для моніторингу зон із різними рівнями забруднення повітря, зокрема житлових і будівельних районів, портів, автомобільних доріг і промислових зон [5].

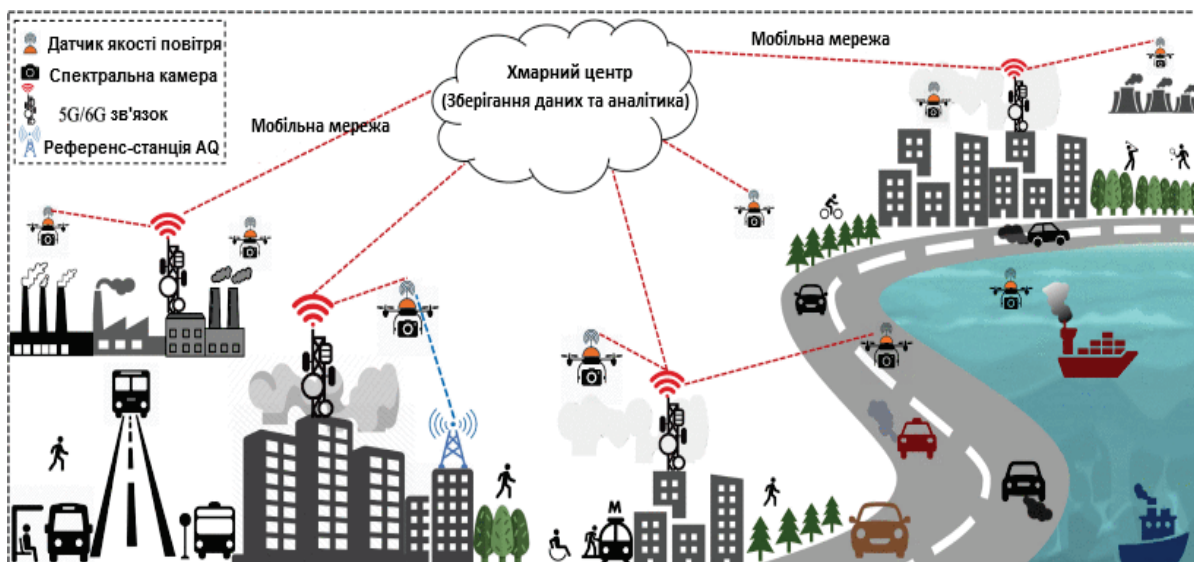


Рисунок 1.3 – Моніторинг забруднення повітря за допомогою БПЛА в місті з різними профілями забруднення повітря, такими як житлові, транспортні, портові та промислові райони [5]

БПЛА може забезпечити високоточний збір даних про якість повітря, зокрема щодо твердих частинок, вуглекислого газу, летких органічних сполук та інших шкідливих газів у широких просторових і часових масштабах. Вони ефективні для оцінки стану повітря в містах, дозволяючи визначати деякі джерела забруднення та зони підвищеної концентрації шкідливих речовин. Особливо корисним є використання БПЛА в місцях, де інстальовані традиційні станції моніторингу обмежене через особливості міської інфраструктури або просторові обмеження [5].

Основна перевага БПЛА не здатна забезпечити моніторинг викидів у важкодоступних місцях, таких як заводські та корабельні димові труби, з можливістю налаштування та точного вимірювання забруднювачів у реальному часі. Вони також придатні для спостереження за віддаленими об'єктами, наприклад, морськими нафтовими чи газовими платформами.

Для моніторингу повітря датчики (рис. 1.4), що фіксують

забруднення, кріпляться до БПЛА як окреме корисне навантаження. такі датчики повинні бути компактними та легкими, щоб не перевантажувати дрон. Зазвичай ціна таких датчиків варіюється від 100 до 10 000 доларів США, що значно дешевше за стаціонарні станції моніторингу професійного рівня, вартість яких може перевищити мільйон доларів [5].

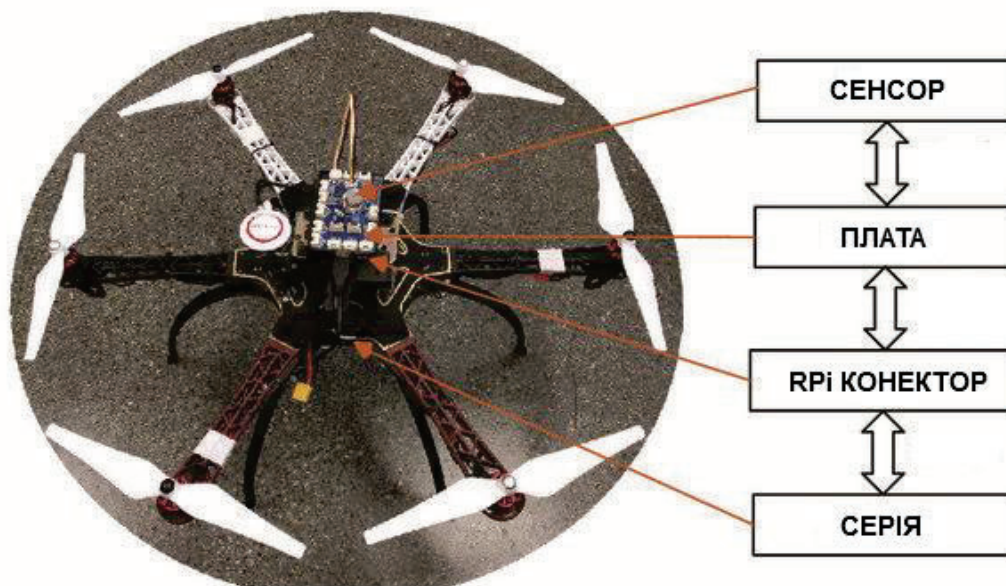


Рисунок 1.4 – БПЛА з датчиками забруднення повітря [6]

Недорогі датчики також добре підходять для виявлення забруднень, спричинених транспортом і промисловими викидами. Мобільність і невелика вага також дозволяють використовувати їх громадянами для виявлення зон у містах. Такі сенсори здатні вимірювати як тверді частинки (PM_1 , $PM_{2.5}$, PM_{10}), так і газоподібні речовини, включаючи аміак (NH_3), вуглекислий газ (CO_2), чадний газ (CO), сірководень (H_2S), метан (CH_4), діоксид азоту (NO_2), озон (O_3), діоксид сірки (SO_2) та леткі органічні сполуки (ЛОС). виключно, цим вони фіксують метеорологічні параметри, такі як температура, вологість, тиск і вітер [5].

Інтеграція даних з автоматизованих постів та супутникових спостережень в єдині інформаційно-аналітичні системи дозволяє проводити комплексний аналіз стану атмосферного повітря. Такі системи забезпечують візуалізацію даних, прогнозування змін якості повітря та підтримку рішень органів влади та громадськості. В Україні розробляються та впроваджуються подібні системи для підвищення ефективності моніторингу довкілля. Таким чином, сучасні системи контролю за станом забруднення атмосферного повітря є комплексними та багаторівневими, поєднуючи передові технології збору та аналізу даних для забезпечення екологічної безпеки та здоров'я населення.

1.2 Моніторинг забруднення атмосферного повітря на прикладі закордонного досвіду

Моніторинг якості атмосферного повітря має вирішальне значення для охорони здоров'я населення та навколишнього середовища. Різні країни розробили комплексні системи відстеження та контролю забруднення повітря.

Програма глобального спостереження за атмосферою – Global Atmospheric Watch Program (GAW), створена Всесвітньою метеорологічною організацією, є всесвітньою системою моніторингу тенденцій в атмосфері Землі. Його місія включає проведення достовірних спостережень за складом атмосфери, надання даних для наукових прогнозів і підтримку розробки екологічної політики. GAW складається з вимірювальних станцій, центрів калібрування та якості даних, а також центрів обробки даних, які разом забезпечують збір і розповсюдження високоякісних атмосферних даних [7].

Програма «Глобальної служби атмосфери (GAW)» зосереджена

на побудові єдиного скоординованого глобального розуміння складу атмосфери, її змін і допомагає покращити розуміння взаємодії між атмосферою, океанами та біосферою. Він координує високоякісні спостереження за складом атмосфери в глобальному та локальному масштабах, щоб стимулювати високоякісну та впливову науку, одночасно створюючи нове покоління дослідницьких продуктів і послуг. Близько 100 країн беруть участь у програмі GAW [8].

Мережа вимірювальних станцій є основою програми GAW. Ця мережа складається з глобальних і регіональних вимірювальних станцій GAW з додатковими вимірюваннями від станцій, що вносять свій внесок. Як Глобальними, так і Регіональними станціями керують приймаючі країни, або національні метеорологічні служби, або інші національні наукові організації. Понад 80 країн активно розміщують станції GAW [8].

В даний час GAW координує діяльність і дані з 30 глобальних станцій, понад 400 регіональних станцій і близько 100 станцій, що вносять свій внесок, якими керують мережі, що вносять внесок.

«Мета програми Глобальної служби атмосфери (GAW) — забезпечити довгострокові вимірювання з метою виявлення тенденцій глобального розподілу хімічних складових у повітрі та їх причин. Стосовно аерозолів, мета GAW полягає у визначенні просторово-часового розподілу властивостей аерозолів, пов'язаних із впливом клімату та якості повітря, у багатодесятилітніх масштабах часу та в регіональному, півкульному та глобальному просторових масштабах» [8].

Телеметрична система для моніторингу якості повітря та шуму в містах в режимі реального часу на основі технології IoT. У Сінгапурі використовується Телеметрична система моніторингу та управління якістю повітря, яка включає кілька станцій дистанційного моніторингу повітря по всій країні. Ці станції вимірюють концентрації ключових

забруднюючих речовин, таких як діоксид сірки (SO_2), оксиди азоту (NO_x), чадний газ (CO), озон (O_3) і тверді частинки (PM_{10} і $\text{PM}_{2,5}$). Ці дані використовуються для інформування громадськості про якість повітря та впровадження стратегій контролю забруднення [9].

Лондонська мережа якості повітря (LAQN) заснована в 1993 році, є однією з наймасштабніших у світі систем моніторингу якості повітря (рис. 1.5-1.6). Він складається з автоматизованих станцій, які регулярно вимірюють такі забруднюючі речовини, як діоксид азоту (NO_2), тверді частинки (PM_{10} і $\text{PM}_{2,5}$) і озон (O_3). Зібрані дані інформують про наукові дослідження, державну політику та надають інформацію про якість повітря в режимі реального часу для громадськості через спеціальний веб-сайт і мобільні додатки [10-11].

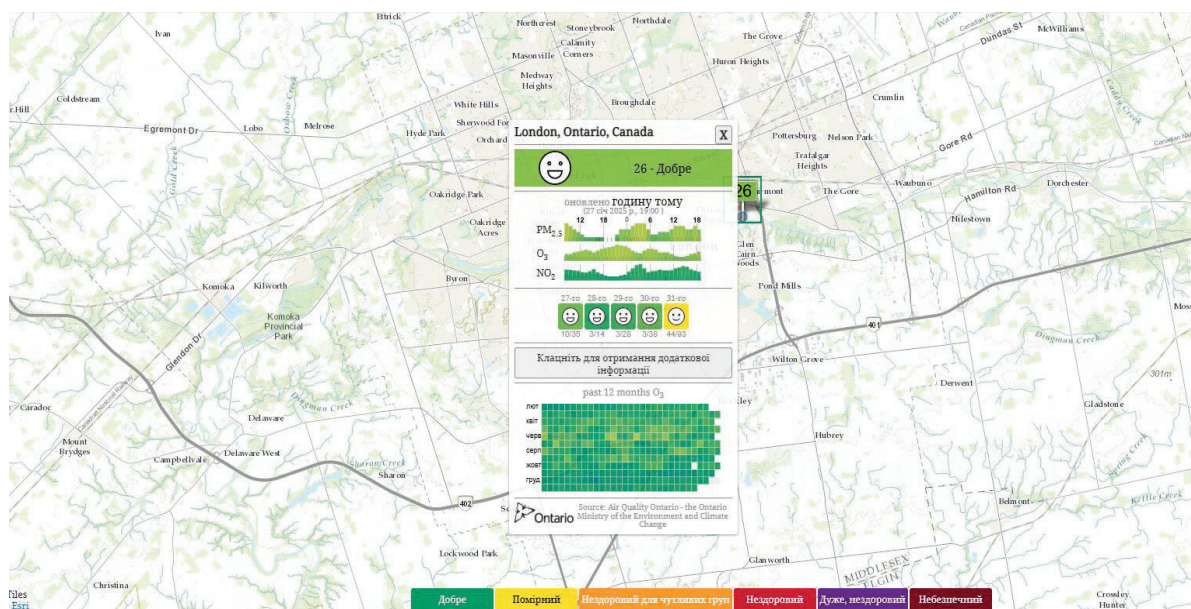


Рисунок 1.5 – Забруднення повітря в Лондон: візуальна карта індексу якості повітря в реальному часі [11]

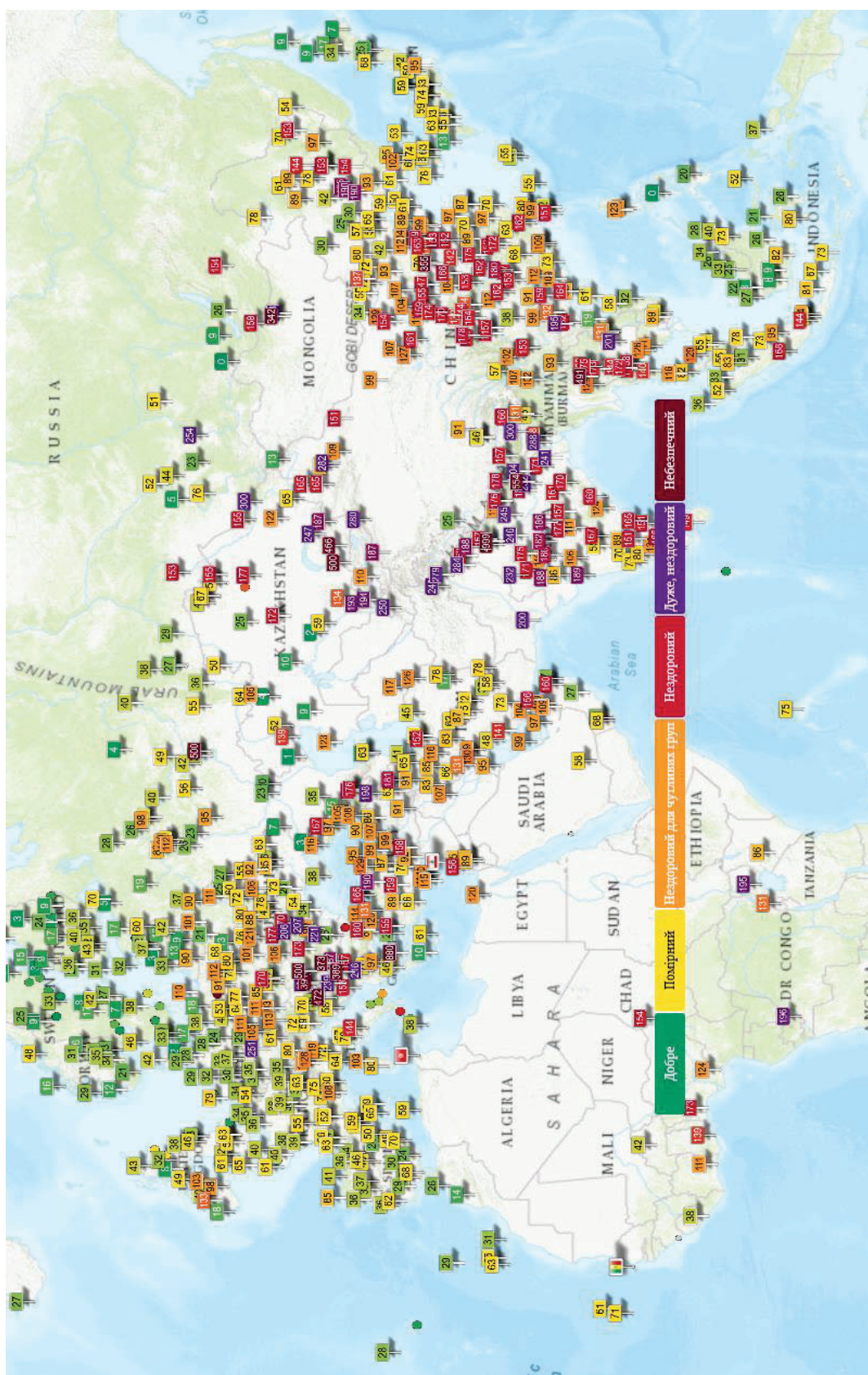


Рисунок 1.6 –Світова візуальна карта індексу якості повітря в реальному часі [11]

Автоматичні методи є більш точними та мають кращу роздільну здатність за часом, зазвичай забезпечуючи зчитування кожні 15 хвилин. Автоматичні методи передбачають використання електронного запису та аналізу. Повітря втягується в спеціальне обладнання з вибраного місця приблизно на висоті дихання. Потім дані завантажуються до Групи дослідження навколишнього середовища (ERG) Імперського коледжу Лондона, перш ніж поширюватися серед громадськості різними способами. Мережа використовує еталонне обладнання, яке підтримує суворі процедури якості для забезпечення надійних результатів [9].

Місто Київ інтегрувало свої дані моніторингу якості повітря в платформу IQAir AirVisual (рис. 1.7), надаючи інформацію в режимі реального часу про такі забруднювачі, як $PM_{2,5}$, діоксид азоту, діоксид сірки, чадний газ та озон. Ця інтеграція покращує доступ громадськості до даних про якість повітря та відповідає світовій практиці поєднання офіційних і неурядових зусиль моніторингу. Окрім надання даних про якість повітря в режимі реального часу, AirVisual також повідомляє список найбільш забруднених міст світу на основі показників навколишнього повітря [12].

IQAir – це швейцарська технологічна компанія, яка надає можливість окремим особам, організаціям і урядам у всьому світі покращувати якість повітря за допомогою інформації, співпраці та технологічних рішень. Додаток і веб-сайт IQAir AirVisual (рис.1.8) надають дані про якість повітря в режимі реального часу для понад 10 000 міст у понад 140 країнах.

Зараз у Києві Департаментом екології та природних ресурсів КМДА працює мережа з п'яти високоточних станцій моніторингу якості повітря. Системи з подібними принципами роботи працюють у Лондоні, Парижі, Мюнхені та інших містах Європи.

Станції автоматично вимірюють пил трьох фракцій (PM_1 , $PM_{2,5}$ і PM_{10}), діоксид азоту, діоксид сірки, оксид вуглецю, аміак, озон, сірководень і формальдегід, а також метеорологічні показники [12].

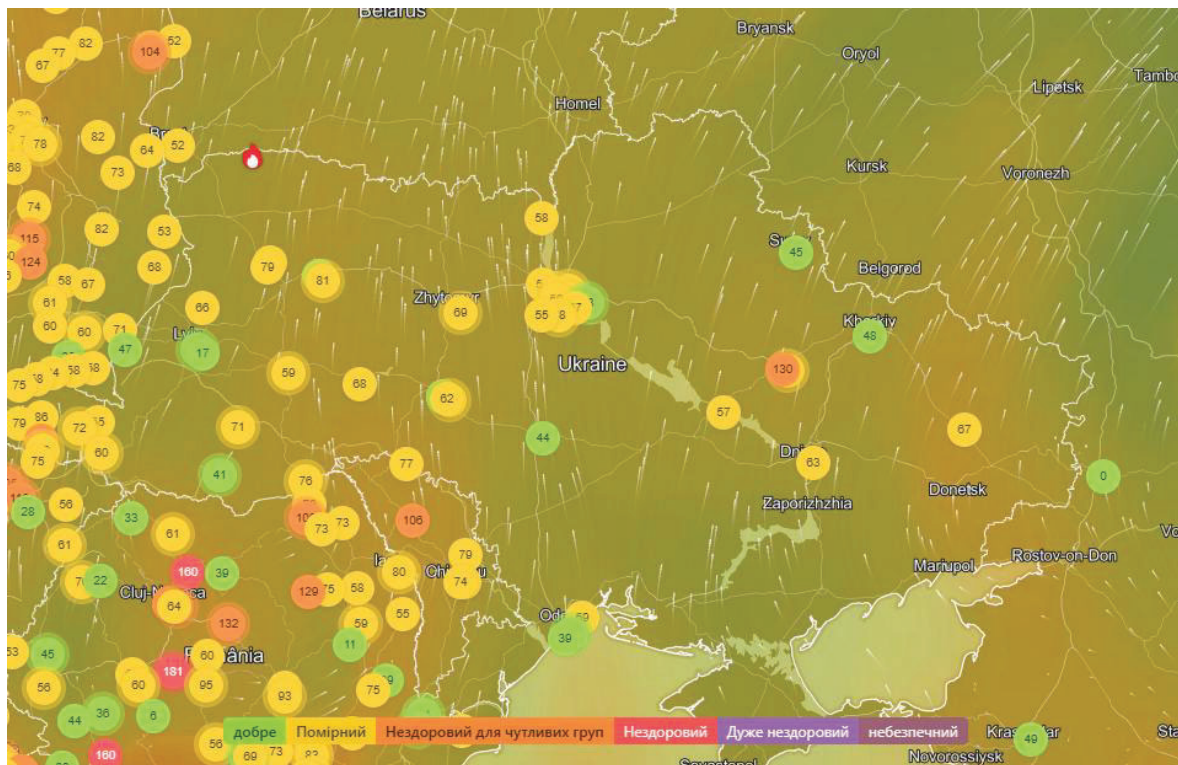


Рисунок 1.7 – Тривимірна карта забруднення повітря в реальному часі [13]

1.3 Аналіз сучасних проблемних ситуацій моніторингу забруднюючих речовин у атмосферному повітрі в межах санітарно-захисної зони

Через велику кількість промислових підприємств відбувається значне техногенне навантаження на довкілля та атмосферне повітря.

Сучасна атмосфера відчуває на собі значний вплив продуктів згоряння, що генеруються різноманітними теплоенергетичними установками, такими як котельні, ТЕС, ТЕЦ, а також численними печами, які використовуються в металургії, нафтопереробці, виробництві будівельних матеріалів, хімічних сполук тощо. Окрім цього, значну частку забруднення вносять транспортні засоби [14].

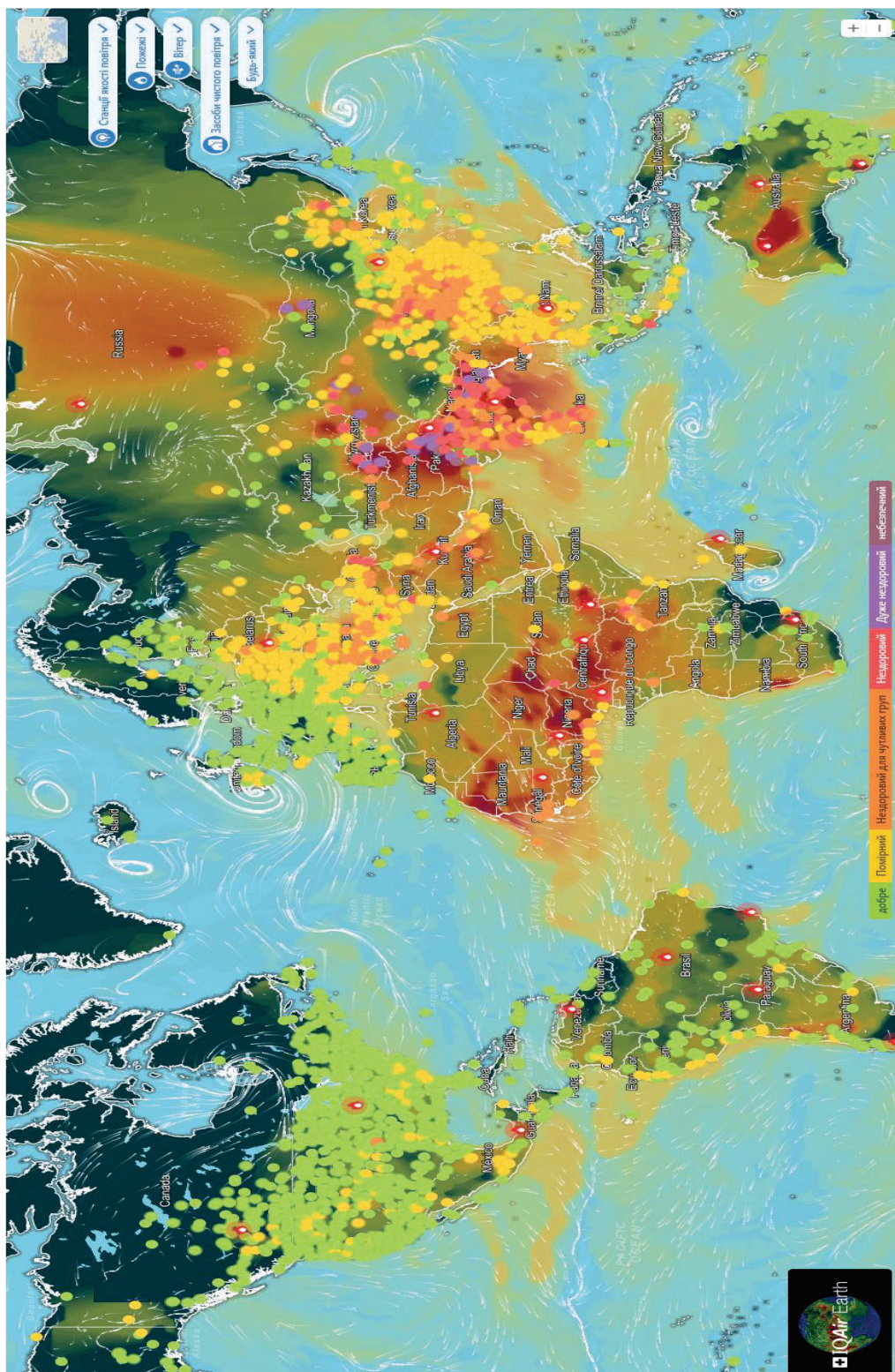


Рисунок 1.8 – Світова карта забруднення повітря, осередків пожеж, пилових бур в реальному часі [13]

Ці викиди призводять до низки серйозних екологічних проблем глобального масштабу, серед яких:

- парниковий ефект. Завдяки здатності поглинати теплову енергію, парникові гази, що викидаються в атмосферу, спричиняють її поступове нагрівання, що призводить до глобального потепління з усіма його негативними наслідками;
- озонові діри. Деякі хімічні сполуки, що викидаються в атмосферу, руйнують озоновий шар, який захищає Землю від шкідливого ультрафіолетового випромінювання;
- кислотні опади. Кислотні дощі та сніг, які утворюються внаслідок хімічних реакцій в атмосфері за участю викидів сірчаного та азотного газів, негативно впливають на ґрунт, водойми та рослинність;
- смог. Фотохімічні реакції між забруднювальними речовинами в атмосфері за сприятливих погодних умов призводять до утворення смогу густої суміші пилу, газу та водяної пари, що негативно впливає на здоров'я людей та видимість.

На практиці часто виникають певні проблемні ситуації, які ускладнюють ефективне проведення моніторингу [14].

Одним із важливих факторів є недостатнє фінансування, більшість підприємств не виділяють достатньо коштів на моніторинг, обладнання працює з перебоями, обладнання морально старіє та виходить з ладу. Заміна на сучасні вдосконалені системи автоматичного моніторингу наразі оцінюються в Україні від 1 млн.грн в залежності якими датчиками і скільки датчиків буде встановлено. Це є суттєвою проблемою, адже проводити модернізацію на новітні сучасні системи та вкладати кошти в поліпшення операційної системи обробки показників моніторингу не доцільно з точки зору фінансово.

Недосконалість нормативно-правової бази та чинні нормативи якості атмосферного повітря не завжди враховують всі особливості

санітарної зони, це ризик недооцінки що може вплинути на здоров'я людей.

Неефективне використання ресурсів та недосягнення цілей моніторингу. Метеорологічні умови, такі як вітер, температура і вологість, можуть суттєво впливати на розподіл та розсіювання забруднюючих речовин в атмосфері, що ускладнює інтерпретацію результатів моніторингу.

Більш за все на забруднення атмосферного повітря впливають сторонні джерела не пов'язані з конкретним підприємством, найбільшими негативними чинниками є автотранспорт, ТЕЦ, малі промислові об'єкти, міські заклади харчування це ускладнює визначення внеску конкретного підприємства в забруднення повітря [14].

1.4 Вдосконалення сучасних технологій АСЕМ з контролю за забрудненням атмосферного повітря

Сучасні методи моніторингу атмосферного повітря в Україні та світі включають застосування різноманітного обладнання та технологій. Основними методами контролю за забрудненням повітря сьогодні є автоматизовані станції моніторингу, які поділяються на стаціонарні та мобільні.

Стаціонарні станції (пости моніторингу) розташовані на фіксованих місцях і забезпечують безперервний моніторинг концентрацій забруднювачів. Вони обладнані датчиками для вимірювання таких параметрів, як тверді частинки (PM_{10} , $PM_{2.5}$), діоксид сірки (SO_2), оксиди азоту (NO_x), озон (O_3), оксид вуглецю (CO) та інші [15].

Мобільні станції використовуються для тимчасового моніторингу в різних локаціях. Вони встановлюються на транспортних засобах і

можуть переміщатися залежно від потреб. Серед поширеного обладнання також використовуються лазерні аналізатори та спектрофотометри для вимірювання концентрацій газоподібних забруднювачів.

Лазерні аналізатори (рис.1.9) використовують лазерне випромінювання для аналізу складу повітря, тоді як спектрофотометри вимірюють поглинання або розсіювання світла певної довжини хвилі забруднювачами, зазвичай у лабораторних дослідженнях у підфакельних викидах [16].



Рисунок 1.9 – ElvaX PmX-5050 безперервний елементний лазерний аналізатор важких металів у навколишньому повітрі [16]

Технологія датчика частинок у лазерному лічильнику частинок AQT420 (рис. 1.10) базується на розсіюванні лазерного світла частинками, що проходять через нього. Оптичні компоненти та світлочутливі датчики лічильника вимірюють інтенсивність кутового розсіювання, а результати аналізуються за допомогою цифрової обробки сигналів (DSP). Цей підхід дозволяє визначати частинки розміром від 0,3 до 10 мкм і обчислювати масу частинок $PM_{2,5}$ та PM_{10} . Лазерний лічильник частинок (LPC) належить до лазерних продуктів класу 1. Вимірювання базуються на кількості частинок, зібраних протягом 60 секунд, а стандартний інтервал вимірювання становить 10 хвилин, з можливістю налаштування через інтерфейс командного рядка. Під час відбору проб LPC-насос видає звук [17].



Рисунок 1.10 – Vaisala AQT420 перетворювач якості повітря для забруднюючих газів і твердих частинок [17]

Для впровадження сучасних методів моніторингу атмосферного повітря можна розглянути метод дистанційного зондування та супутниковий моніторинг. Супутники, оснащені спеціалізованими датчиками, можуть забезпечувати широкомасштабний моніторинг якості повітря. Вони здатні виявляти великі зони забруднення, моніторити транскордонне переміщення забруднювачів та оцінювати глобальні тренди.

Також можна застосувати метод спектроскопії з поглинанням диференціальних оптичних довжин (DOAS).

Метод спектроскопії з поглинанням диференціальних оптичних довжин (DOAS) використовується для моніторингу якості атмосферного повітря, базуючись на вимірюванні поглинання світла різних довжин хвиль для визначення концентрації забруднювачів [18].

DOAS працює шляхом пропускання світла через атмосферу та аналізу поглинання цього світла певними газами. Кожен газ має унікальний спектр поглинання, що дозволяє визначити його концентрацію. Метод поділяється на активний і пасивний варіанти. Активний DOAS використовує штучні джерела світла, тоді як пасивний DOAS покладається на природні джерела, такі як сонце або місяць [18].

Серед обладнання, що використовується для DOAS, виділяють системи відкритого шляху UV-DOAS та IR-DOAS, мобільні системи та спеціалізовані газоаналізатори, які здатні здійснювати моніторинг на відстанях до 10 км і більше.

Основні застосування DOAS включають контроль атмосферних забруднювачів, таких як оксиди азоту (NO_x), оксиди сірки (SO_x), озон, формальдегід, бензол та інші леткі органічні сполуки. Цей метод активно використовується для моніторингу якості повітря в містах, на промислових об'єктах, для контролю викидів на межах підприємств та в інших екологічних дослідженнях [18].

Методи моніторингу атмосферного повітря також можуть включати мережі невеликих, недорогих сенсорів, розміщених у міських районах, які передають дані в режимі реального часу на централізовану платформу. Це дозволяє швидко реагувати на зміни якості повітря.

В Україні моніторинг атмосферного повітря здійснюється Державним агентством екологічного моніторингу та іншими організаціями. У деяких містах, таких як Київ, Львів та Дніпро, діють власні системи моніторингу якості повітря. Останніми роками активно розвиваються громадські проекти, що використовують IoT-сенсори для моніторингу повітря, такі як ініціативи SaveEcoBot та інші екологічні організації [15].

Моніторинг якості повітря є складною задачею, яка потребує використання різних технологій та методів. Сучасне обладнання, таке як автоматизовані станції, лазерні аналізатори, супутниковий моніторинг та IoT-сенсори, забезпечує точний та оперативний контроль якості атмосферного повітря. Подальший розвиток цих технологій сприятиме поліпшенню екологічної ситуації та збереженню здоров'я населення.

1.5 Висновки до розділу 1

Сучасні технології моніторингу забруднення повітря включають автоматизовані пости, супутникові дані та безпілотні апарати. Це дозволяє швидко збирати та аналізувати дані, виявляти джерела забруднення та приймати ефективні рішення для захисту довкілля. Інтеграція передових технологій підвищує точність та масштабність моніторингу, що є критично важливим для екологічної безпеки та здоров'я населення.

Моніторинг якості повітря є ключовим для здоров'я людей і навколишнього середовища. Програма Global Atmospheric Watch (GAW), що координується Всесвітньою метеорологічною організацією, забезпечує глобальне спостереження за атмосферою, сприяючи науковим дослідженням та екологічній політиці. Подібні системи моніторингу, як у Лондоні та Києві, надають точні дані, що є основою для прийняття ефективних рішень.

Промислові підприємства та транспортні засоби створюють значне техногенне навантаження на атмосферу, що призводить до глобальних екологічних проблем. Ефективний моніторинг ускладнюється через фінансові обмеження, застаріле обладнання та недосконалу нормативно-правову базу. Потрібно вдосконалити системи моніторингу та знайти альтернативні методи для підвищення точності даних.

Методи моніторингу в Україні та світі включають автоматизовані станції, лазерні аналізатори, супутниковий моніторинг та IoT-сенсори. Стаціонарні та мобільні станції забезпечують безперервний контроль за забруднювачами, такими як тверді частинки, діоксид сірки, оксиди азоту, озон та оксид вуглецю. Лазерні аналізатори та супутниковий моніторинг виявляють великі зони забруднення, а громадські проекти з

IoT-сенсорами сприяють поліпшенню екологічної ситуації та збереженню здоров'я населення.

2 ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РОЗСІЮВАННЯ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН В АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ В МЕЖАХ САНІТАРНО-ЗАХИСНОЇ ЗОНИ

2.1 Характеристика підприємства як джерела впливу на навколишнє середовище

ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» – підприємство з повним коксохімічним та металургійним циклом. В 2021 р. у зв'язку з купівлею та зміною власника, ПУБЛИЧНЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО «ДНІПРОВСЬКИЙ МЕТАЛУРГІЙНИЙ КОМБІНАТ» та ПРИВАТНЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО «ДНІПРОВСЬКИЙ КОКСОХІМІЧНИЙ ЗАВОД» були об'єднані (коксухімічне та металургійне виробництва) в єдиний промайданчик ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ». До складу ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» входять виробничі споруди та ділянки, які розміщено на двох окремих промислових майданчиках (відстань між ними менше 500 м) з повним коксохімічним та металургійним циклом. На промисловому майданчику коксохімічного виробництва (КХВ) розташовані: вуглепідготовчий цех; коксовий цех; цех уловлювання хімічних

продуктів коксування, цех сіркоочищення, енергосиловий цех ТЕЦ, лабораторія (КХВ) цеху випробувань. На промисловому майданчику металургійного виробництва (МВ) розташовані: агломераційний цех №2, доменний цех, конвертерний цех, вапняно-випалювальний цех, прокатний цех, газовий цех, управління залізничного транспорту, цех підготовки виробництва (ЦПВ), цех випробувань (ЦВ), управління автомобільного транспорту, теплоелектроцентраль (ТЕЦ), киснево-компресорний цех, цех мереж і підстанцій, цех водопостачання, управління автоматизації, управління ремонтів та інші допоміжні підрозділи [19].

Режим роботи підприємства – 365 днів на рік (цілодобово, позмінно).

Основною господарською діяльністю ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» є: виробництво доменного коксу з вугільних концентратів, як супутня продукція – коксовий газ та продукти його переробки (смола кам'яновугільна, сульфат амонію, сирий бензол, полімери, пек кам'яновугільний, масла кам'яновугільні, феноляти натрію); виробництво агломерату, чавуну, різних марок сталі, прокату вуглецевих, конструкційних, легованих та низьколегованих марок сталі.

Основними факторами можливого несприятливого впливу проммайданчиків ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» на навколишнє природне середовище та прилеглу житлову й громадську забудову є забруднення атмосферного повітря шкідливими речовинами та шуму від господарської діяльності підприємства.

Основні валові характеристики у цілому коксохімічного та металургійного виробництва ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» – завислі речовини, азоту оксиди, ангідрид сірчистий, вуглецю оксид, заліза оксид та ін.

Розміри та конфігурація санітарно-захисної зони проммайданчика ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» визначаються, головним чином, впливом підприємства на атмосферне повітря. В основному, це фізико-хімічний вплив внаслідок викидів в атмосферу забруднюючих речовин. Рівень фізико-хімічного впливу на атмосферне повітря, на межі встановленої санітарно-захисної зони проммайданчика підприємства та на межі житлової забудови поблизу неї не перевищує санітарно-гігієнічних нормативів [19].

2.2 Природно-кліматичні умови району розташування

Метеорологічні характеристики і коефіцієнти, які визначають умови розсіювання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі м. Кам'янське Дніпропетровської області, наведені у таблиці 2.1 за даними статистики Дніпропетровського регіонального центру з гідрометеорології [19].

Таблиця 2.1 – Кліматичні характеристики і коефіцієнти, які визначають умови розсіювання забруднюючих речовин [19]

Найменування характеристик	Величина
Коефіцієнт, який залежить від стратифікації атмосфери, А	200
Коефіцієнт рельєфу місцевості	1
Середня тах температура зовнішнього повітря найбільш спекотного місяця року, С	26,7
Середня температура зовнішнього повітря найбільш холодного місяця, Т, С	-8,4
Середньорічна роза вітрів, %:	
Пн	10
ПнСх	10
Сх	12
ПдСх	12
Пд	10
ПдЗх	10
Зх	8
ПнЗх	8
Швидкість вітру (за середніми багаторічними даними), повторення перевищення якої складає 5%, U^* , м/с	9-10

Вітровий режим району формується під впливом циркуляційних процесів і особливостей рельєфу. Найбільшу повторюваність у холодний період року мають вітри східного і північно-східного напрямів, в теплий період – північного. Середньорічна швидкість вітру – 5 м/с. Значення коефіцієнта «А» приймається рівним 200 [19].

2.3 Оцінка впливу викидів забруднюючих речовин на стан атмосферного повітря

Зона забруднення являє собою територію навколо джерел забруднення підприємства, в межах якої приземний шар атмосфери забруднений шкідливими речовинами, що містяться у промислових викидах. Розміри зон забруднення встановлюються шляхом розрахунку розсіювання в атмосфері забруднюючих речовин, що містяться у викидах від стаціонарних джерел забруднення атмосферного повітря [19].

У таблиці 2.2 [20] наведені дані гранично-допустимі концентрації (ГДК) забруднюючих речовин, які містяться в викидах стаціонарних джерел підприємства та у таблиці 2.1 [19] наведені кліматичні дані, відповідно до яких можна виконати розрахунки розсіювання забруднюючих речовин (ЗВ) в атмосферному повітрі від одного із джерел викидів.

Таблиця 2.2 – Склад викидів та гранично-допустимі концентрації забруднюючих речовин, що містяться у атмосферному повітрі [20]

Код ЗР	Найменування ЗР	Агрегатний стан	ГДК _{ден}	ГДК _{мак}	Клас небезпеки
1	2	3	4	5	6
2902	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок недиф. за складом	пил	0,5	0,15	3
123	Залізо та його сполуки (у перерахунку на залізо)	пил	-	0,04	3
133	Кадмію оксид (у перерахунку на кадмій)	пил	0,0003		1
143	Манган та його сполуки (у перерахунку на діоксид мангану)	пил	0,01	0,001	2
146	Мідь та її сполуки в перерахунку на мідь	пил	-	0,002	2
150	Натрію гідроксид (натр. їдкий, сода каустична)	пил	-	-	-
164	Нікель та його сполуки (у перерахунку на нікель)	пил	-	0,001	2

Код ЗР	Найменування ЗР	Агрегатний стан	ГДК _{ден}	ГДК _{мак}	Клас небезпеки
1	2	3	4	5	6
184	Свинець та його сполуки (у перерахунку на свинець)	пил	0,0003	0,001	1
203	Хром шестивалентний (в перерахунку на триокис хрому)	пил	0,002	0,0015	1
207	Цинк та його сполуки (у перерахунку на цинк)	пил	-	0,05	3
301	Оксиди азоту (оксид та діоксид азоту) у перерахунку на діоксид азоту	газ	0,2	0,04	3
323	Кремнію діоксид аморфний (Аеросил-175)	аерозоль	-	-	-
330	Сірки діоксид	газ	0,5	0,05	3
337	Оксид вуглецю	газ	5	3	4
343	Фториди добре розчинені	пил	0,03	0,01	2
344	Фториди погано розчинені	пил	0,2	0,03	2
342	Фтористий водень	газ	0,02	0,005	2
2735	Масло мінеральне нафтове(веретенне,машинне, циліндров.та інш.)	аерозоль	-	-	-
1728	Етантіол (етилмеркаптан)	аерозоль	-	-	-
183	Ртуть металева	пил	-	0,0003	1
322	Сульфатная кислота (H ₂ SO ₄) (сірчана кислота)	аерозоль	0,1	0,3	2
333	Сірководень	газ	0,008	-	2
325	Арсен та його сполуки (у перерахунку на арсен)	пил	0,003	-	2
2732	Керосин	аерозоль	-	-	-
110	Ванадій та його сполуки (у перерахунку на п`ятиоксид ванадію)	пил	-	0,002	1
316	Водню хлорид (соляна кислота за молекулою HCl)	аерозоль	0,2	0,2	2
2754	Вуглеводні насичені C ₁₂ -C ₁₉	аерозоль	1,0	-	4
2704	Бензин (нафтовий, малосірчистий, в перерахунку на вуглець)	аерозоль	1,5	5	4
228	Хрому тривалентні сполуки (у перерахунку на Cr ³⁺)	пил			
1240	Етилацетат	аерозоль	0,1	0,1	4
621	Толуол	аерозоль	0,6	0,6	3
1210	Бутилацетат	аерозоль	0,1	0,1	4
1401	Ацетон	аерозоль	0,35	0,35	4
1151 0	Аерозоль лакофарбових матеріалів	аерозоль	-	-	-
616	Ксилол	аерозоль	0,2	0,2	3
620	Стирол	аерозоль	0,002	0,04	2

Код ЗР	Найменування ЗР	Агрегатний стан	ГДК _{ден}	ГДК _{мак}	Клас небезпеки
1	2	3	4	5	6
1071	Фенол	пил	0,01	0,003	2
1325	Формальдегід	газ	0,035	0,003	2
2750	Сольвент нафта	аерозоль	-	-	-
2752	Уайт-спірит	аерозоль	-	-	-
303	Аміак	газ	0,2	0,04	4
317	Водень ціаністий (синильна кислота)	аерозоль	0,01	-	2
331	Сірка елементарна	пил	-	-	-
334	Сірковуглець	аерозоль	0,005	0,03	2
703	Бенз(а)пірен	аерозоль	-	0,0000 1	1
602	Бензол	аерозоль	0,1	1,5	2
708	Нафталін	пил	0,007	0,003	4
1852	Моноетаноламін	аерозоль	0,02	-	2
101	Алюмінію оксид	пил	0,01	-	2
348	Кислота о-фосфорна	пил	-	-	-
138	Магнію оксид	пил	0,05	0,4	3
112	Вольфрама оксид	пил	0,1	-	3

Щоб оцінити відповідність якості атмосферного повітря нормативам на межі санітарно-захисної зони (СЗЗ) та на кордонах земельних ділянок індивідуальної житлової забудови, можна виконати розрахунок забруднення повітря для всіх речовин, зазначених у таблиці 2.2 [20].

Для оцінки впливу підприємства на навколишнє середовище виконуються розрахунки рівня забруднення атмосферного повітря на межі житлової забудови та санітарно-захисної зони підприємства згідно з вимогами чинної «Методики розрахунку концентрацій шкідливих речовин в атмосферному повітрі, що містяться у викидах підприємств» [21].

Розрахунки проводяться з урахуванням максимально можливого навантаження обладнання та небезпечної швидкості вітру. Проте в реальних умовах діяльність зазвичай не передбачає одночасного і повного завантаження технологічного обладнання. Крім того, у разі виникнення небезпечних метеорологічних умов, включаючи підвищену

швидкість вітру, передбачено здійснення заходів відповідно до Методичних вказівок «Регулювання викидів при несприятливих метеорологічних умовах» (РД 52.04.52-85) [22]. Ці заходи включають внесення змін до технологічного процесу з метою зменшення інтенсивності викидів у відповідний період.

У розрахунках викидів зазвичай враховуються всі джерела, геокодування яких визначається в місцевій системі координат фактично та зазначається на карті-схемі.

Для визначення відповідності нормативам якості атмосферного повітря на межі нормативної і запропонованої СЗЗ, а також на межі земельних ділянок індивідуальної житлової забудови, проводять розрахунок забруднення атмосферного повітря по всіх речовинах, наявність яких у складі викидів, або у наданій інформації визначеної у звіті з інвентаризації викидів забруднюючих речовин.

Для визначення розмірів зон забруднення атмосферного повітря викидами підприємства і визначення зон впливу, розраховуються поля максимальних концентрацій. Розрахунковий майданчик представляють у вигляді прямокутника, розбитого сіткою з кроком 1000 м вздовж осей X і Y на розрахункові вузли [19].

Розмір розрахункового прямокутника, відповідно до вимог ОНД-86, прийнятий дорівнюючим 13000×9000 м з кроком сітки 250 м.

Гігієнічним критерієм для визначення граничнодопустимих викидів в атмосферу є відповідність їх розрахунковим концентраціям на межі СЗЗ гігієнічним нормативам (граничнодопустимим концентраціям та орієнтовно-безпечним рівням, встановленим для населених місць).

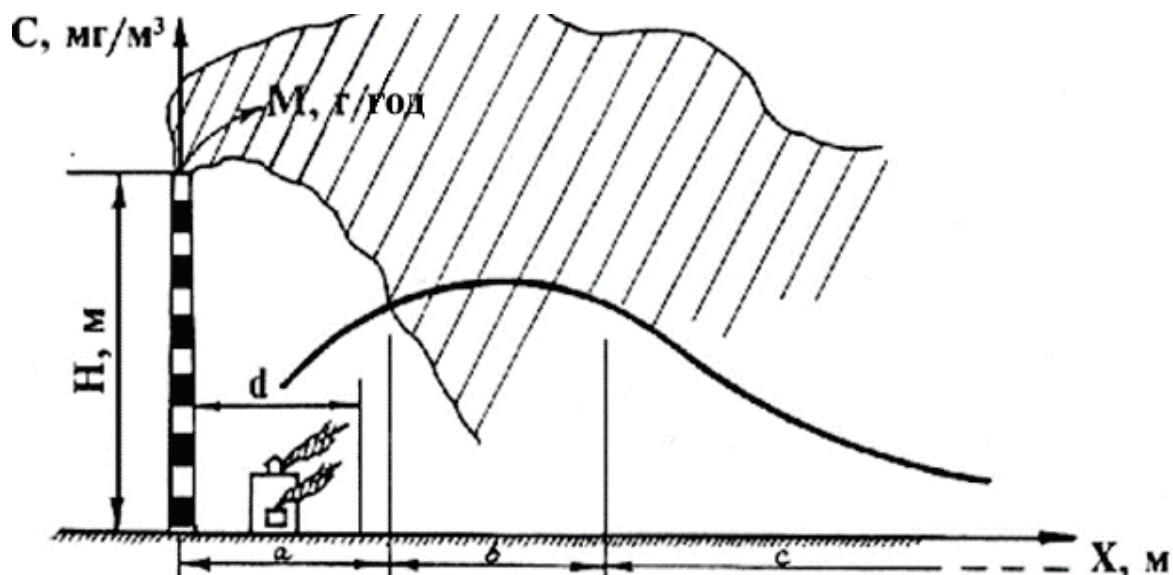
По кожній забруднюючій речовині і групі сумації речовин визначають максимальні приземні концентрації в розрахункових точках на проммайданчику, межі нормативної СЗЗ і в довколишній житловій зоні [19].

2.4 Визначення параметрів розсіювання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі та зон забруднення в зоні розташування проммайданчика

Доцільність проведення розрахунків забруднення атмосферного повітря для кожної окремої речовини визначається згідно з вимогами ОНД-86. Процес розрахунку розсіювання здійснюється для всіх речовин та груп речовин сумарної дії, за винятком тих, для яких, відповідно до ОНД-86, розрахунки не мають сенсу. У цьому розділі, ґрунтуючись на вихідних даних, ми можемо провести розрахунок розсіювання забруднюючих речовин у атмосферному повітрі, що містяться у викидах металургійного підприємства [23].

У аналітичному дослідженні визначаються наступні задачі:

- оцінити максимальну приземну концентрацію забруднюючої речовини (ЗР) при заданій небезпечній швидкості вітру і викиді нагрітої газоповітряної суміші з одного джерела з круглим устям, а також встановити відстань, на якій ця концентрація досягає свого максимуму;
- розрахувати значення приземної концентрації забруднюючої речовини (ЗР) вздовж осі факела викиду (рис. 2.1) на різних дистанціях від джерела;
- побудувати графік зміни концентрації забруднюючої речовини вздовж осі факела викиду;
- встановити санітарно-захисну зону навколо ділянки промислового об'єкта [23].



Зона а – зона перекидання факелу; Зона b – зона завихрення;
Зона с – зона поступового зниження рівня забруднення; Зона d – зона
забруднення неорганізованими викидами

Рисунок 2.1 – Розподіл концентрацій забруднюючих речовин в
приземному шарі атмосфери від факелу стаціонарного викиду [24]

Для розрахунку розсіювання забруднюючої речовини наведено
вихідні дані в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Вихідні дані для розрахунку дослідження [23]

Речовина	M , г/с	W_0 , м/с	H , м	D , м	u , м/с	ΔT , °C	$\Gamma ДК_{мр}$, мг/м³	L_0 , м	A
Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок недиф. за складом (пил)	6,7	9,2	85	0.7	5,0	130	0,5	1000	200

1. Визначаємо максимальну приземну концентрацію речовин у вигляді суспендованих твердих частинок недиференційних. за складом в атмосфері при небезпечній швидкості вітру U_m . [23].

Об'єм газоповітряної суміші визначається за формулою:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot W_0 = \frac{3,14 \cdot 0,7^2}{4} \cdot 9,2 = 3,54 \text{ м}^3/\text{с} \quad (2.1)$$

де D – діаметр устя джерела викиду, м;

W_0 – середня швидкість виходу газоповітряної суміші із джерела викиду, м/с.

Безрозмірний коефіцієнт m визначається в залежності від параметра f , м/(с²·град). Для визначення m необхідно розрахувати величину f .

$$f = \frac{1000 \cdot W_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T} = \frac{1000 \cdot 9,2^2 \cdot 0,7}{85^2 \cdot 130} = 0,06 \quad (2.2)$$

де H – висота джерела над рівнем землі, м;

ΔT – різниця між температурою газоповітряної суміші, яка викидається T , и температурою оточуючого атмосферного повітря T_n , °С;

Безрозмірний коефіцієнт m визначається за формулою:

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f} + 0,1 \cdot \sqrt{f}} = \frac{1}{0,67 + 0,34 \cdot \sqrt[3]{0,06} + 0,1 \cdot \sqrt{0,06}} = 1,10 \quad (2.3)$$

Значення безрозмірного коефіцієнта n визначається за формулами (2.4) – (2.6) у залежності від параметра V_M , що обчислюється за формулою (2.7):

$$\text{При } V_M \leq 0,3 \quad n=3 \quad (2.4)$$

$$\text{при } 0,3 < V_M \leq 2 \quad n = 3 - \sqrt{(V_M - 0,3) \cdot (4,36 - V_M)} \quad (2.5)$$

$$\text{при } V_M > 2 \qquad n = 1 \qquad (2.6)$$

$$\text{де} \qquad V_M = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}} \qquad (2.7)$$

Для визначення n необхідно розрахувати коефіцієнт V_M :

$$V_M = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}} = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{3,54 \cdot 130}{85}} = 1,51$$

Так як $0,3 < V_M \leq 2$, то n визначається за формулою:

$$n = 3 - \sqrt{(V_M - 0,3) \cdot (4,36 - V_M)} = 3 - \sqrt{(1,51 - 0,3) \cdot (4,36 - 1,51)} = 1,14$$

Максимальна приземна концентрація забруднюючих речовин для викиду нагрітої газоповітряної суміші із одиничного (точкового) джерела з круглим устям при несприятливих метеорологічних умовах на відстані X_m (м) від джерела повинна визначатися за нижче наведеною формулою [23]. Підставимо визначені параметри та параметри з таблиці і отримаємо:

$$C_M = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}} = \frac{200 \cdot 6,7 \cdot 1 \cdot 1,10 \cdot 1,14}{85^2 \cdot \sqrt[3]{3,54 \cdot 130}} = 0,36 \text{ мг/м}^3 \qquad (2.8)$$

де A – коефіцієнт, який залежить від температурної стратифікації атмосфери і визначає умови вертикального і горизонтального розсіювання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі, $\text{с}^{2/3} \cdot \text{мг} \cdot \text{град}^{1/3} / \text{г}$;

- M – кількість забруднюючої речовини, що викидається в атмосферу, г/с;
- F – безрозмірний коефіцієнт, який враховує швидкість осідання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі;
- m, n – безрозмірні коефіцієнти, які враховують умови виходу газоповітряної суміші із устя джерела викиду;
- V_1 – об'єм газоповітряної суміші, м.

2. Визначимо відстань X_m , на якому реєструється C_m .

Розрахунок відстані X_m від джерела викиду при небезпечній швидкості вітру U_m .

Максимальна приземна концентрація забруднюючих речовин C_m при несприятливих метеорологічних умовах досягається на осі факелу викиду (за напрямом середнього вітру за даний період) на відстані X_m (м) від джерела викиду [23].

Величина X_m визначатися за формулою:

$$X_m = d \cdot H \quad (2.9)$$

де d – безрозмірна величина, визначається за формулами:

$$\text{при } V_m \leq 0,5 \quad d = 2.48 \cdot (1 + 0.28 \cdot \sqrt[3]{f}) \quad (2.10)$$

$$\text{при } 0,5 < V_m \leq 2 \quad d = 4.95 \cdot V_m \cdot (1 + 0.28 \cdot \sqrt[3]{f}) \quad (2.11)$$

$$\text{при } V_m > 2 \quad d = 7 \cdot \sqrt{V_m} \cdot (1 + 0.28 \cdot \sqrt[3]{f}) \quad (2.12)$$

Коли безрозмірний коефіцієнт $F \geq 2$, розмір X_m визначається за формулою:

$$X_m = \frac{5-F}{4} \cdot d, \text{ м} \quad (2.13)$$

Для визначення X_m , необхідно розрахувати коефіцієнт d .

Так як $V_m \leq 2$, то

$$d = 4.95 \cdot V_m (1 + 0.28 \sqrt[3]{f}) = 4.95 \cdot 1.51 \cdot (1 + 0.28 \sqrt[3]{0.06}) = 8.81 \quad (2.14)$$

Значення X_m визначається за формулою:

$$X_m = d \cdot H = 8.81 \cdot 85 = 749 \text{ м} \quad (2.15)$$

3. Визначимо небезпечну швидкість вітру U_m .

Небезпечна швидкість вітру U_m (м/с) на рівні флюгера (звичайно 10 м від рівня землі), при якій має місце найбільше значення приземної концентрації забруднюючих речовин в атмосферному повітрі C_m повинна прийматися:

$$\text{при } V_m \leq 0.5 \quad U_m = 0.5 \quad (2.16)$$

$$\text{при } 0.5 < V_m \leq 2 \quad U_m = V_m \quad (2.17)$$

$$\text{при } V_m > 2 \quad d = V_m \cdot (1 + 0.12 \cdot \sqrt[3]{f}) \quad (2.18)$$

Так як $0.5 < V_m \leq 2$, то $U_m = V_m = 1.51 \text{ м/с}$.

4. Визначимо максимальну приземну концентрацію забруднюючих речовин в атмосфері при швидкості вітру u .

За вихідними визначаємо максимальну приземну концентрацію фенолу в атмосфері при швидкості вітру $u=5$ м/с [23].

Максимальна приземна концентрація забруднюючої речовини C_{MH} (мг/м³) при несприятливих метеорологічних умовах і швидкості u (м/с), що відрізняється від небезпечної швидкості вітру U_M визначається за формулою:

$$C_{MH} = r \cdot C_M, \quad (2.19)$$

де r – безрозмірна величина, що визначається в залежності від відношення u/U_M за формулами:

$$\text{при } u/U_M \leq 1 \quad r = 0.67 \cdot \left(\frac{u}{U_M}\right) + 1.67 \cdot \left(\frac{u}{U_M}\right)^2 - 1.34 \cdot \left(\frac{u}{U_M}\right)^3 \quad (2.20)$$

$$\text{при } u/U_M > 1 \quad r = \frac{3 \cdot \left(\frac{u}{U_M}\right)}{2 \cdot \left(\frac{u}{U_M}\right)^2 - \left(\frac{u}{U_M}\right) + 2} \quad (2.21)$$

Для визначення C_{MH} необхідно розрахувати коефіцієнт r .

Безрозмірна величина r визначається в залежності від відношення u/U_M :

$$u/U_M = 5/1.51 = 3.31. \quad (2.22)$$

При $u/U_M > 1$ безрозмірна величина r визначається за формулою:

$$r = \frac{3 \cdot \left(\frac{u}{U_M}\right)}{2 \cdot \left(\frac{u}{U_M}\right)^2 - \left(\frac{u}{U_M}\right) + 2} = \frac{3 \cdot 3.31}{2 \cdot (3.31)^2 - (3.31) + 2} = 0.48 \quad (2.23)$$

Значення максимальної приземної концентрації забруднюючої речовини C_{MH} визначається за формулою:

$$C_{MH} = r \cdot C_M = 0,48 \cdot 0,6 = 0,28 \quad (2.24)$$

Таким чином, $C_{MH} \leq \text{ГДК}$ пилу не перевищує.

5. Визначимо відстань X_{MH} при швидкості вітру u .

За вихідними даними швидкість вітру $u = 5$ м/с.

Відстань від джерела викиду X_{MH} (м), на якому при швидкості вітру u і несприятливих метеорологічних умовах приземна концентрація досягає максимального значення C_{MH} (мг/м³), повинна визначатися:

$$X_{MH} = p X_M, \quad (2.25)$$

де p – безрозмірна величина, що визначається в залежності від відношення u/U_M за формулами:

$$\text{при } u/U_M \leq 0,25 \quad p = 3 \quad (2.26)$$

$$\text{при } 0,25 < (u/U_M) \leq 1 \quad p = 8,43 \cdot \left(1 - \frac{u}{U_M}\right)^5 + 1 \quad (2.27)$$

$$\text{при } (u/U_M) > 1 \quad p = 0,32 \cdot \left(\frac{u}{U_M}\right) + 0,68 \quad (2.28)$$

Для визначення X_{MH} необхідно розрахувати коефіцієнт p .

Безрозмірна величина p визначається в залежності від відношення u/U_M :

$$u/U_m = 5/1,51 = 3,31. \quad (2.29)$$

При $u/U_m > 1$ безрозмірна величина p визначається за формулою:

$$p = 0,32 \cdot \left(\frac{u}{U_m} \right) + 0,68 = 0,32 \cdot 3,31 + 0,68 = 1,73 \quad (2.30)$$

Значення X_{MH} визначається за формулою:

$$X_{MH} = p X_M = 1,73 \cdot 749 = 1295,7 \text{ м} \quad (2.31)$$

6. Визначимо приземну концентрацію C , мг/м³ пилу в атмосфері по осі факелу викиду на різних відстанях X , м від джерела викиду при небезпечній швидкості вітру U_m [23].

Розрахунок розподілу концентрації C по осі факелу викиду проводиться при небезпечній швидкості вітру поки концентрація C_x не буде дорівнювати значенню ГДК пилу [23].

Значення приземних концентрацій забруднюючих речовин C в атмосфері по осі факелу викиду на різноманітних відстанях від джерела викиду повинні визначатися за формулою:

$$C = s_1 C_M, \quad (2.32)$$

де C_M – максимальна приземна концентрація, мг/м³;
 X_M – максимальна відстань, на якій спостерігається максимальна приземна концентрація рівна ГДК, м;
 s_1 – безрозмірний коефіцієнт, який визначається в залежності від відношення x/X_M і коефіцієнта F (відстань, на якій проводиться визначення концентрацій забруднюючих речовин) за формулами:

$$\text{при } x/X_M \leq 1 \quad s_1 = 3 \cdot \left(\frac{x}{X_M}\right)^4 - 8 \cdot \left(\frac{x}{X_M}\right)^3 + 6 \cdot \left(\frac{x}{X_M}\right)^2 \quad (2.33)$$

$$\text{при } 1 < x/X_M \leq 8 \quad s_1 = \frac{1,13}{0,13 \cdot \left(\frac{x}{X_M}\right)^2 + 1} \quad (2.34)$$

$$\text{при } x/X_M > 8 \text{ та } F=1 \quad s_1 = \frac{\frac{x}{X_M}}{3,58 \cdot \left(\frac{x}{X_M}\right)^2 - 35,2 \cdot \left(\frac{x}{X_M}\right) + 120} \quad (2.35)$$

$$\text{при } x/X_M > 8 \text{ та } F \geq 2 \quad s_1 = \frac{1}{0,1 \cdot \left(\frac{x}{X_M}\right)^2 + 2,47 \cdot \left(\frac{x}{X_M}\right) - 17,8} \quad (2.36)$$

Аналогічно визначається значення концентрації забруднюючих речовин на різноманітних відстанях по осі факелу при інших значеннях швидкостей вітру u і несприятливих метеорологічних умовах. За формулами (2.24) і (2.25) визначаються значення величин C_{MH} і X_{MH} . По відношенню x/X_{MH} знаходиться значення s_1 за формулами (2.33)-(1.36). Відповідна концентрація забруднюючої речовини визначається множенням C_{MH} на s_1 [23].

Для визначення C визначимо відстані по осі факелу викиду X та розрахуємо коефіцієнт s_1 [23]. Результати представимо в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Розрахунок приземної концентрації C по осі факелу викиду

$X, м$	50	100	300	500	1000
x/X_M	0,06	0,13	0,4	0,6	1,3
s_1	0,02	0,09	1,11	1,10	1,02
$C, мг/м^3$	0,01	0,04	0,05	0,41	0,45

Визначаємо відношення x/X_M та розраховуємо безрозмірний коефіцієнт s_1 :

$$50/749 = 0,06 \quad x/X_M \leq 1 \quad s_1 = 3 \cdot \left(\frac{x}{X_M}\right)^4 - 8 \cdot \left(\frac{x}{X_M}\right)^3 + 6 \cdot \left(\frac{x}{X_M}\right)^2 \quad s_1=0,02$$

$$100/749 = 0,13 \quad x/X_M \leq 1 \quad s_1 = 3 \cdot \left(\frac{x}{X_M}\right)^4 - 8 \cdot \left(\frac{x}{X_M}\right)^3 + 6 \cdot \left(\frac{x}{X_M}\right)^2 \quad s_1=0,09$$

$$300/749 = 0,40 \quad 1 < x/X_M \leq 8 \quad s_1 = \frac{1,13}{0,06 \cdot \left(\frac{x}{X_M}\right)^2 + 1} \quad s_1=1,11$$

$$500/749 = 0,66 \quad 1 < x/X_M \leq 8 \quad s_1 = \frac{1,13}{0,06 \cdot \left(\frac{x}{X_M}\right)^2 + 1} \quad s_1=1,10$$

$$1000/749 = 1,33 \quad 1 < x/X_M \leq 8 \quad s_1 = \frac{1,13}{0,06 \cdot \left(\frac{x}{X_M}\right)^2 + 1} \quad s_1=1,02$$

Приземну концентрацію C пилу в атмосфері по осі факела викиду визначимо за формулою:

$$C = s_1 C_M, \quad (2.37)$$

при $C_M = 0,5 \text{ мг/м}^3$.

Дані розрахунків заносимо в табл. 2.4 і будуємо епюру розсіювання (рис. 2.2).

Протяжність зони по осі факела викиду становить приблизно 1000 м.

7. Визначення санітарно-захисної зони для підприємств.

Важливим місцем у системі захисту атмосферного повітря є планові заходи, які дозволяють при збереженні обсягу валових викидів значно зменшити негативний вплив забруднення на людину. Особливу увагу слід приділити вибору місць для розташування гірничого підприємства, а також правильному плануванню внутрішнього розташування виробничих об'єктів і житлових районів [23].

Санітарно-захисна зона виконує такі функції: забезпечення зменшення впливу на рівень, що відповідає гігієнічним нормам за її межами; створення санітарно-захисного та візуального бар'єру між підприємствами і житловими районами; налаштування додаткових зелених насаджень, які сприяють екрануванню, фільтрації та асиміляції забруднювачів [23].

Розмір санітарно-захисної зони L повинен уточнюватись як у бік збільшення, так і у бік зменшення в залежності від рози вітрів району розташування підприємства за формулою:

$$L = L_0 \cdot \frac{P}{P_0}, \text{ м} \quad (2.38)$$

де L_0 – розрахункова відстань, м, від джерела забруднення до межі СЗЗ;

P – середньорічна повторюваність напрямів вітрів розглядуваного румба, %;

P_0 – повторюваність напрямів вітрів одного румба при круговій розі вітрів.

Відповідно до вихідних даних $L_0=1000$ м; P – середньорічна повторюваність напрямку вітру (%) представлена в табл. 2.5; P_0 – повторюваність напрямку вітрів одного румба при круговій «розі вітрів» (при восьми румбовій «розі» $P_0 = 100/8=12,5\%$).

$$L(\text{Пн}) = 1000 \cdot \frac{10}{12,5} = 800 \text{ м},$$

$$L(\text{Сх}) = 1000 \cdot \frac{10}{12,5} = 800 \text{ м},$$

$$L(\text{Пд}) = 1000 \cdot \frac{12}{12,5} = 960 \text{ м},$$

$$L(\text{Зх}) = 1000 \cdot \frac{12}{12,5} = 960 \text{ м},$$

$$L(\text{Пн} - \text{Сх}) = 1000 \cdot \frac{10}{12,5} = 800 \text{ м},$$

$$L(\text{Пд} - \text{Сх}) = 1000 \cdot \frac{10}{12,5} = 800 \text{ м},$$

$$L(\text{Пд} - \text{Зх}) = 1000 \cdot \frac{8}{12,5} = 640 \text{ м},$$

$$L(\text{Пн} - \text{Зх}) = 1000 \cdot \frac{8}{12,5} = 640 \text{ м}$$

Результати розрахунків зведені у табл. 2.5 [23].

Таблиця 2.5 – Розрахунок уточнення СЗЗ [23]

Напрямки	Пн.	Пн.Сх.	Сх.	Пд.Сх.	Пд.	Пд.Зх.	Зх.	Пн.Зх.
P	10	10	12	12	10	10	8	8
P/P_0	0,8	0,8	0,9	0,9	0,8	0,8	0,64	0,64
L	800	800	960	960	800	800	640	640
СЗЗ	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000

Отже під час проведення аналітично розрахункового дослідження, виконавши відповідні розрахунки розсіювання забруднюючих речовин від одиночного джерела на відстані 749 м при швидкості вітру 1,51 м/с

ГДК_{мр} пилу не зафіксовано, на відстані до 1000 м та на межі СЗЗ 1000 м (стандартна СЗЗ підприємства) при різних напрямках вітру ГДК_{мр} пилу також не зафіксовано [23].

Відповідно до отриманих розрахункових даних табл.(2.5) на рисунку (2.2) зображено розмежування зони розсіювання забруднюючої речовини при різних напрямках вітру від одинокого джерела викиду.

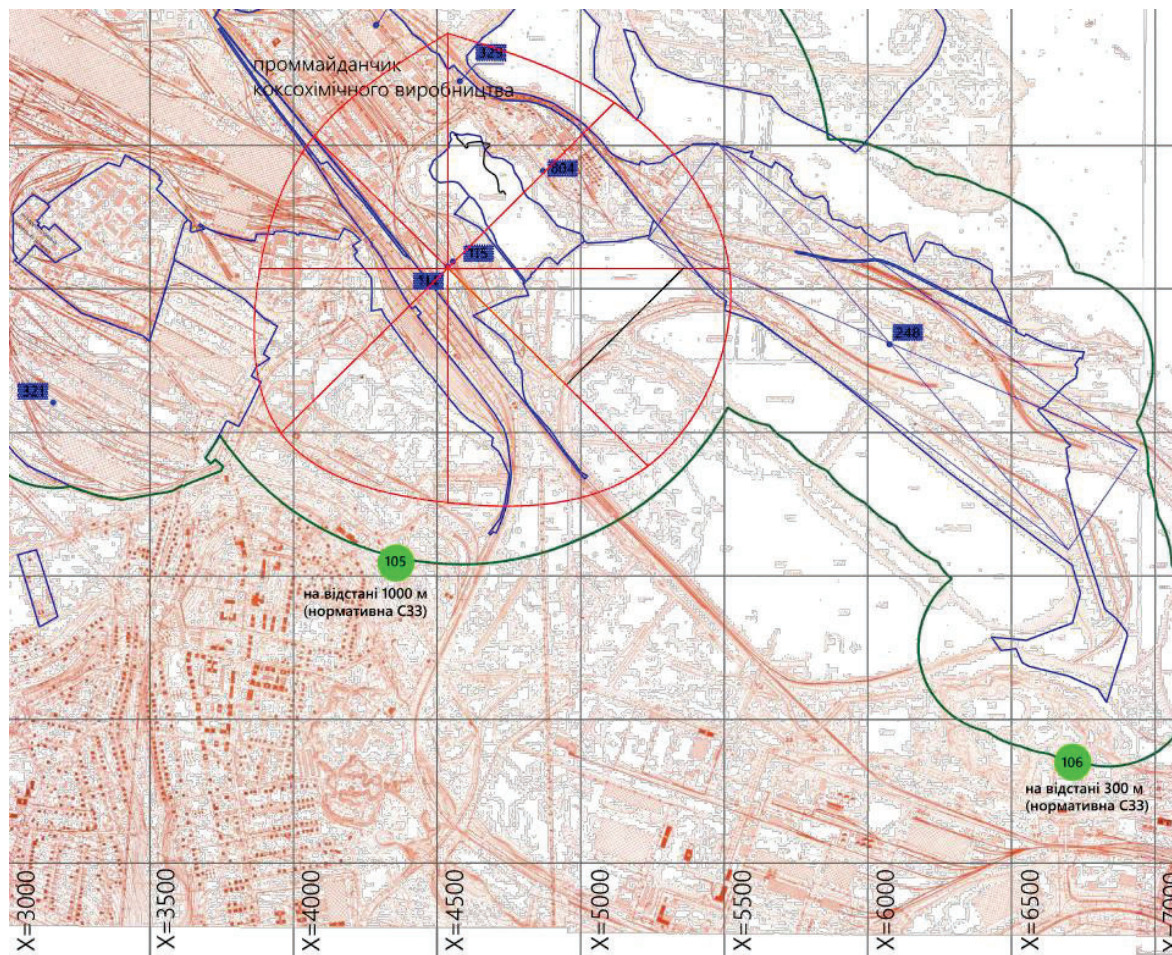


Рисунок 2.2 – Зона розсіювання забруднюючих речовин [25]

Також, слід зазначити, що на підприємстві ведеться безперервний моніторинг метеорологічних показників, які впливають на розсіювання забруднюючих речовин. Показники метеоумов представлені на рисунку 2.3 та роза вітрів на рисунку 2.4 [26].



Рисунок 2.3 – Поточні метеорологічні дані [26]

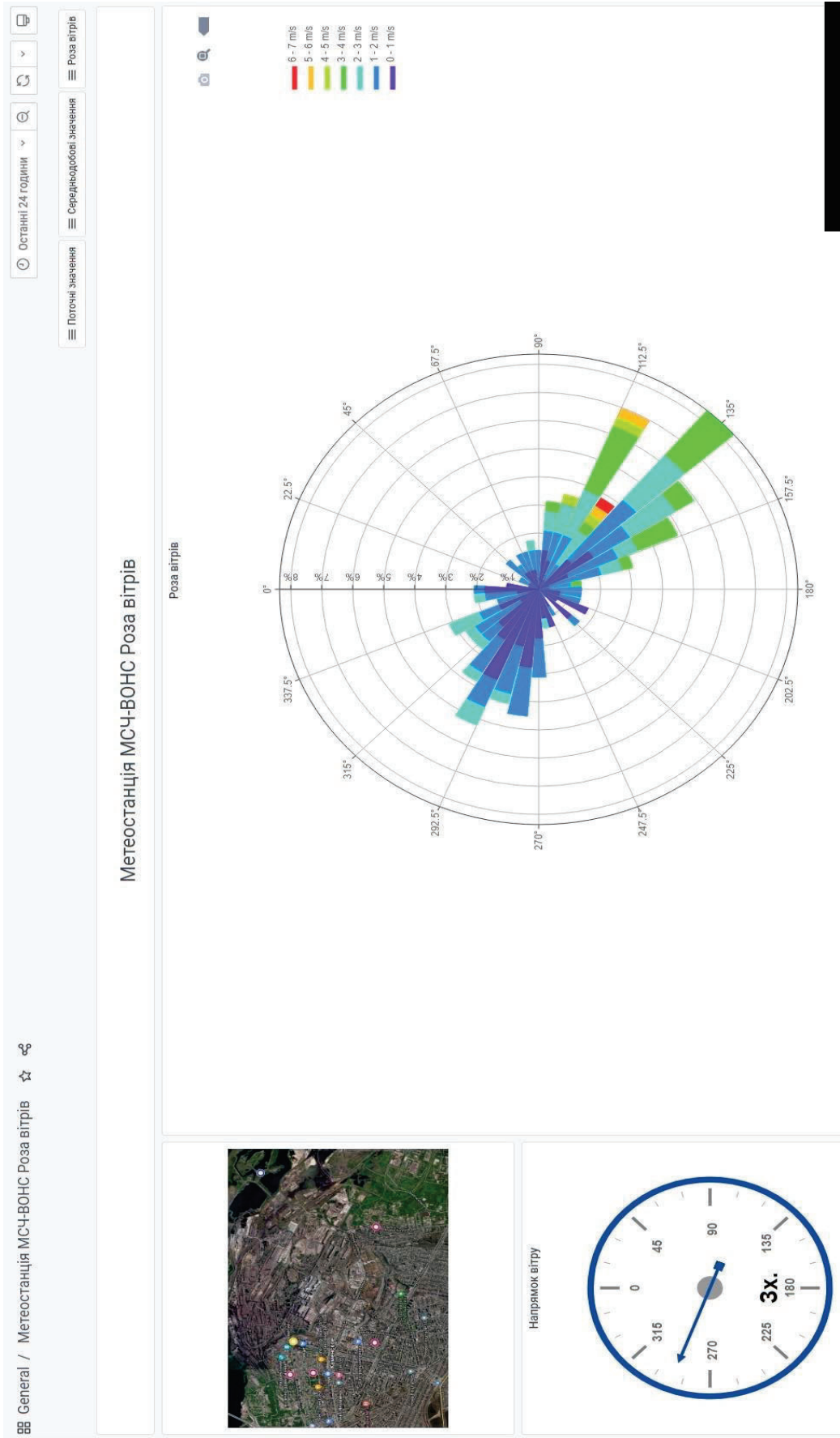


Рисунок 2.4 – Роза вітрів [26]

2.5 Висновки до розділу 2

ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» є промисловим підприємством з повним коксохімічним і металургійним циклом, утвореним у 2021 році шляхом об'єднання відповідних виробництв. Підприємство працює цілодобово протягом року, виробляючи доменний кокс, агломерат, чавун, різні марки сталі та продукти переробки коксового газу.

Основні негативні фактори, які впливають на довкілля включають забруднення повітря шкідливими речовинами та шум. Проте, рівень забруднення на межі санітарно-захисної зони та прилеглих житлових районів не перевищує нормативів, що було доведено проведеними розрахунками, також з визначенням відстані санітарно-захисної зони.

У розділі були проведені розрахунки, які враховують метеорологічні умови та небезпечну швидкість вітру. Результати показують, що в межах 1000 м від підприємства при різних напрямках вітку концентрації шкідливих речовин відповідають нормативам гранично-допустимого вмісту у атмосферному повітрі.

Санітарно-захисна зона зменшує вплив промислових викидів на населення, створюючи межу (бар'єр) між промисловими об'єктами та житловими районами. Підприємство також безперервно здійснює моніторинг метеорологічних показників для кращого розуміння процесів розсіювання забруднюючих речовин в атмосфері.

3 ПРИНЦИП РОБОТИ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН У АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ

3.1 Призначення автоматизованої системи екологічного моніторингу забруднюючих речовин у повітрі

Системи безперервного моніторингу стану атмосферного повітря в Україні були запроваджені за ініціативи Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України. Основні етапи впровадження цих систем були ухвалені Кабінетом Міністрів України 14 серпня 2019 року [27].

Важливим аспектом стало впровадження європейських стандартів якості повітря, які передбачають систематичний збір та аналіз даних для керування якістю повітря. На основі цих даних приймаються рішення для поліпшення стану довкілля [28].

Автоматизовані системи екологічного моніторингу призначені для постійного спостереження за станом довкілля, вимірювання концентрацій забруднюючих речовин у повітрі, воді та ґрунті, сповіщення про перевищення норм, візуалізації даних, збереження інформації та створення звітів [29].

Система АСЕМ призначена для:

- забезпечення моніторингу, збору та початкової обробки екологічної інформації щодо стану атмосферного повітря на межі санітарно-захисної зони (СЗЗ) об'єкта потенційної небезпеки в режимі реального часу;
- попередній аналіз контрольованих параметрів (перевірка достовірності даних, контроль виходу параметрів стану повітря за межі встановлених рівнів, а також розгляд і втручання в разі необхідності);
- констатація нормального стану показників;

- реєстрації змін стану показників;
- організація своєчасної передачі достовірної оперативної та звітної інформації про екологічний стан на межі санітарно-захисної зони ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» керівництву та екологічній службі підприємства, а також органам місцевого самоврядування і громадськості;
- архівування та документування екологічної інформації [29].

Метою створення системи АСЕМ та її впровадження є покращення спостереження за екологічною ситуацією у контрольованій СЗЗ і прилеглий заселеній зоні, для забезпечення високої достовірності та своєчасності екологічної інформації [29].

Система АСЕМ дозволяє здійснювати моніторинг атмосферного повітря в межах СЗЗ підприємства шляхом безперервного вимірювання параметрів автоматичними аналізаторами на автоматичних постах спостереження. Вона також оперативно ідентифікує аварійні ситуації (перевищення допустимих концентрацій шкідливих домішок в атмосфері), створює та веде бази даних екологічної інформації, узагальнює її та надає користувачам відповідно до регламенту і за запитами.

Автоматизація збору та обробки екологічної інформації про стан атмосферного повітря підвищує її достовірність та оперативність, що дозволяє керівництву комбінату своєчасно приймати обґрунтовані рішення щодо управління екологічною ситуацією в СЗЗ підприємства [29].

Оперативна інформація про екологічну ситуацію в атмосфері на СЗЗ надходить з контролерів постів автоматичного спостереження (ПАС) на сервер АСЕМ, де реалізуються всі основні функції системи (визначення разових значень параметрів, усереднення результатів вимірювань за добу, порівняльний аналіз вимірювань із заданими значеннями з відповідною сигналізацією у разі перевищення рівнів

реєстрації, розгляду і втручання, візуалізація інформації, формування звітних документів, архівування даних протягом 1 року та ін.) [29].

3.2 Принцип побудови, комплектація та основні характеристики системи АСЕМ

Автоматизована система екологічного моніторингу є програмно-технічним комплексом, розташованим в шафі (ступінь захисту не нижче IP54), що містить змонтовані всередині процесорні модулі контролерів, модулі введення сигналів, повторювачі інтерфейсів (I-7510), блоки живлення, GSM/GPRS модем, елементи комутації та провідні лінії [29-30]. До складу ПАС також входить вимірювально-аналітична частина, яка складається з:

- метеостанція багатоцільова;
- вимірювач аерозольних часток стаціонарний оптичний (вимірювач пилу);
- газоаналізатор стаціонарний.

У період з 2014 по 2020 рік металургійне підприємство ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» використовувало систему безперервного моніторингу забруднення атмосферного повітря на санітарно-захисній зоні, яка носила назву «Пост автоматичного спостереження санітарно-захисної зони 1 км» (ПАС-С33-1). Метою створення цієї системи було покращення екологічної ситуації в контрольованій С33 та прилеглій селитебній зоні загалом, шляхом підвищення рівня автоматизації та забезпечення своєчасної передачі екологічної інформації [29].

До складу системи ПАС-С33-1 входили російські аналізатори, такі як вимірювач вмісту пилу "Аерокон-С" (рис. 3.1) [31], газоаналізатор "Sensis 310" (рис. 3.2) та газоаналізатор Р-310А (рис. 3.3).



Рисунок 3.1 – Вимірювач масової концентрації аерозольних часток (пиломір) «АЕРОКОН-С» [31]

Призначенням цього приладу є вимірювання масової концентрації аерозольних частинок у повітрі та контроль чистоти повітря об'єктів різного призначення.

Вимірювач АЕРОКОН-С складається з блоку вимірювання, інформація з якого передається на ПЛК через інтерфейс RS-485 і відображається за допомогою стандартних програм операційної системи. Крім того, пристрій має аналоговий вихід і можливість передачі керуючих сигналів через релейні виходи [31].

Модель АЕРОКОН-С додатково оснащена блоком обробки інформації. Проба повітря проходить через осередок вимірювального блоку за допомогою розрядження, створюваного вбудованим вентилятором. Електричні сигнали передаються в блок обробки інформації, а результати вимірювань відображаються на дисплеї [31].

Основні технічні характеристики вимірювача пилу АЕРОКОН-С:

- напруги живлення 12-24 В;
- споживана потужність – 2,4 ВА;
- діапазон вимірювання пилу від 0 до 100 мг/м³ (з кроком 0,001 мг/м³);

- межі допустимої відносної похибки: 25%;
- середнє напрацювання годин не менше 5000 год;
- вага вимірювального блоку – 4,7 кг.

Газоаналізатор Sensis 310 призначений для безперервного автоматичного вимірювання концентрацій шкідливих і забруднювальних речовин в атмосферному повітрі [31].

Основні технічні характеристики газоаналізатора Sensis 310:

- кількість одночасно вимірюваних речовин – від 1 до 4;
 - час прогрівання газоаналізатора - не більше 3 хв;
 - тип інтерфейсу з технікою IT RS-485;
 - мінімальний час формування вихідного сигналу (t_{90}) не більше 40с.
- напруги живлення 176-264 В;
 - вага вимірювального блоку – 13 кг.



Рисунок 3.2 – Газоаналізатор Sensis 310 [31]

Діапазони вимірювання:

- SO_2 від 0 до 10 мг/м^3 (з кроком 0,001 мг/м^3), ($\pm 25\%$);
- NH_3 від 0 до 10 мг/м^3 (з кроком 0,001 мг/м^3), ($\pm 25\%$);
- CO від 0 до 50 мг/м^3 (з кроком 0,001 мг/м^3), ($\pm 25\%$);

- H_2S від 0 до 20 мг/м^3 (з кроком 0,001 мг/м^3), ($\pm 25\%$).



Рисунок 3.3 – Газоаналізатор ОПТЕК Р-310А [31]

Хемілюмінесцентний газоаналізатор призначений для вимірювання концентрації оксиду і діоксиду азоту в атмосферному повітрі. Газоаналізатор Р-310А є стаціонарним автоматичним приладом безперервної дії, конструктивно виконаним в одному блоці [31].

Основні технічні характеристики газоаналізатора ОПТЕК Р-310А:

- напруги живлення 12 В;
- кількість одночасних вимірювальних речовин – від 1 до 2;
- тип інтерфейсу «сухий контакт» RS-232;
- мінімальний час формування вихідного сигналу не більше 20 с.
- час прогріву газоаналізатора не більше 24 годин;
- вага вимірювального блоку 30кг.

Діапазон вимірювання:

- NO від 0 до 1 мг/м^3 (з кроком 0,001 мг/м^3);
- NO_2 від 0 до 1 мг/м^3 (з кроком 0,001 мг/м^3).

Система ПАС-С33-1 функціонувала майже шість років, забезпечуючи безперервний моніторинг забруднення атмосферного повітря. До переваг цієї системи належали простота в експлуатації, низька вартість та широкий діапазон вимірюваних концентрацій. Проте недоліками були складне технічне обслуговування, неможливість

ремонту через російське походження комплектуючих запчастин, великі габарити та вага газоаналізаторів (близько 30 кг), складність демонтажу та передача газоаналізаторів на калібрування, а також майже повна відмова датчиків контролю. Через це у 2020 році було реалізовано проєкт повної модернізації об'єктів АСЕМ ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ».

У 2021 році ПРАТ «Дніпровський металургійний комбінат» об'єдналося зі структурою ПРАТ «ДКХЗ». На сьогоднішній день підприємство ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» має чотири діючі пости АСЕМ у межах СЗЗ. Пост автоматизованого спостереження 1 (ПАС 1), ПАС 2 та ПАС 3 розташовані в зоні впливу металургійного відділу, а ПАС 4 – у зоні впливу коксохімічного відділу.

До складу АСЕМ входить вимірювально-аналітична частина, яка включає:

- багатоцільову метеостанцію «APS-L» – українського виробництва;
- стаціонарний оптичний вимірювач аерозольних часток «DMS-2» (вимірювач пилу) – українського виробництва;
- стаціонарний газоаналізатор «MGM-3» – українського виробництва.

Для забезпечення вимог надійності технічних засобів системи модулі ПАС оснащені джерелами безперебійного живлення.

Кожна шафа (рис. 3.4-3.5) [31] обладнана замком з ключем та кінцевим вимикачем, який формує сигнали відкриття шафи. Ці сигнали передаються на сервер системи і далі до АРМ оператора-еколога, де вони видаються і реєструються [29, 31].

Перелік елементів

Позн.	Найменування	Кіл.	Примітка
1	Шафа TSB 800x2000x800	1	
	Бокові стінки на винтах	1	
2	Сповіщувач пожежний ІПК-8/1	1	
3	Кабельний канал 40x85, L=2000мм	3	
4	Кабельний канал 40x85, L=2000мм	2	
5	Газоаналізатор «MGM-3»	1	
6	Газоаналізатор «MGM-3»	1	
7	Контролер «BRN-191»	1	
8	Блок живлення DR100-12, 230VAC/12VDC	1	
9	Блок живлення DR100-24, 230VAC/24VDC	1	
10	Модульний контактор ESB 24, 4NO	1	
11	Вимикач автоматичний S202-C 16	3	SF1...SF3
12	Дистанційний розчеплювач S2C-A1	3	
13	Інтерфейсне реле RI84 з колодкою GZM80	9	
14	Монтажна рейка TS35/7.5, L=2000мм	2	
15	Клема прохідна UT 2,5 прохідна	60	
16	Джерело безперебійного живлення 1100VA	1	
17	Вимірювач аерозольний частинок	1	
	стаціонарний оптичний «DMS-2»		
18	Зонд пробовідбірний «BREEZE-SMALL»	1	
19	Пробовідбірний зонд ПЗ 83 «Атмосфера»	1	
20	Додатковий контактний блок ЕНО4-11	1	
21	Кнопковий вимикач E215-16-11B	2	
22	GSM модем MC52	2	
23	GSM модем GWR-1352	1	

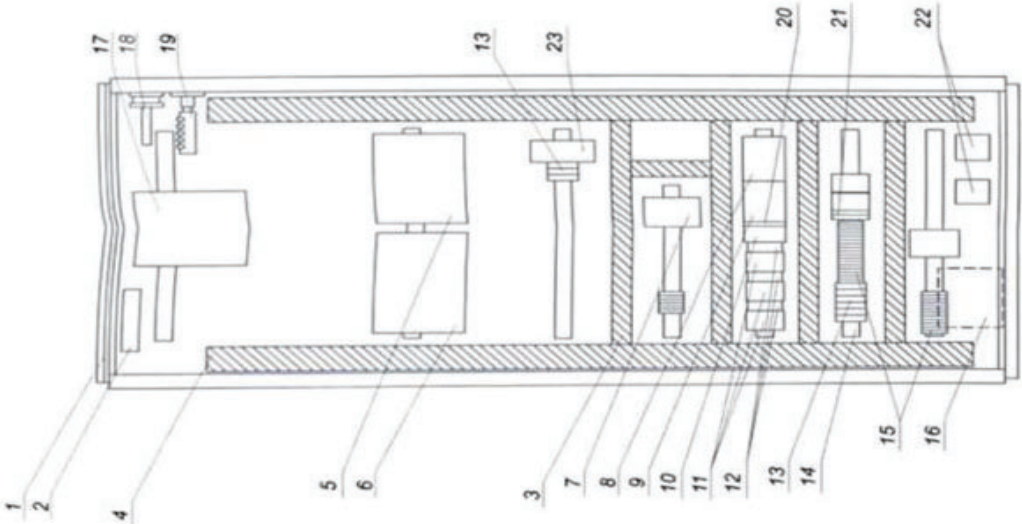


Рисунок 3.4 – Загальний вигляд шафи ПАС [31]



Рисунок 3.5 – Реальный вид шафи ПАС

Багатоцільова метеостанція "APS-L" для моніторингу навколишнього середовища має шість інтегрованих датчиків, що вимірюють такі метеорологічні параметри: температура повітря, атмосферна вологість, тиск повітря, напрям вітру, швидкість вітру та кількість опадів. Серед переваг метеостанції – висока точність, швидкий час відгуку та вихід послідовного порту. Користувачі можуть безпосередньо вимірювати результати через ПК або зовнішні прилади [29].



Рисунок 3.6 – Метеостанція "APS-L"[29]

Основні технічні характеристики метеостанції APS-L:

- Напруга живлення: 9 ... 30 В постійного струму.
- Інтерфейс: RS-485.
- Промислова захисна оболонка (забезпечує довгострокове використання на відкритому повітрі).
- Температура повітря: – 40 °C ... +60 °C.
- Вологість повітря: 0 ... 100% Rh.
- Тиск повітря: 10 ... 1300 hPa.
- Напрямок вітру: 0 ... 360 °.
- Швидкість вітру: 0 ... 60 м/с.
- Кількість опадів: 0 ... 5 мм/хв.

Вимірювач DMS-2 (рис. 3.7) [29] призначений для визначення масової концентрації аерозольних часток (пилу) різного походження та хімічного складу в атмосферному повітрі. Його можна використовувати у складі автоматичної станції моніторингу, яка має власні системи регулювання температури в заданих межах та підготовки проби аналізованого повітря [29].

Основні технічні характеристики вимірювачів "DMS-2":

- Напруга живлення: 198 ... 242 В;
- Інтерфейс зв'язку: RS-485;
- Споживання енергії: 15 Вт;
- Діапазон вимірювань:
- $PM_{2.5}$ – від 0 ... 1,99 мг/м³;
- PM_{10} – від 0 ... 2,99 мг/м³;
- Межі відносної похибки: 10%, 15%;
- Середнє напруцювання годин: не менше 15000 г.;
- Умови експлуатації:
- діапазон температури навколишнього середовища: -30..+50 °C;
- діапазон відносної вологості: 0 ... 95%;
- діапазон атмосферного тиску: 90,6 ... 106 кПа.



Рисунок 3.7 – Вимірювач аерозольних часток стаціонарний оптичний "DMS-2" [29]

Газоаналізатор (рис. 3.8) [29] використовується для вимірювання концентрації забруднюючих речовин в атмосферному повітрі як на межі, так і поза межами санітарно-захисної зони з метою виробничого, екологічного та санітарно-гігієнічного контролю. Результати вимірювань відображають концентрацію шкідливих і забруднюючих речовин у технологічних процесах на об'єктах та газах, що виходять з енергетичних підприємств [29].



Рисунок 3.8 – Газоаналізатор стаціонарний багатофункціональний "MGM-3" [29]

Основні технічні характеристики вимірювачів "MGM-3":

- Напруга живлення: 198 ... 242 В.
- Кількість одночасно вимірюваних речовин: 1 – 3.
- Тип інтерфейсу: RS-485.
- Час прогріву газоаналізатора: не більше 30 хв .
- Мінімальний час формування вихідного сигналу (T90): не більше 300 с.
- Температура аналізованої проби: +15 ... +25 °С.
- Середнє напруцювання годин: не менше 15000 г.

Діапазони вимірювань:

- SO₂: від 0 до 2 мг/м³, $\Delta \pm 0,25$ мг/м³;
- NO₂: від 0 до 2 мг/м³, $\Delta \pm 0,2$ мг/м³;
- CO: від 0 до 20 мг/м³, $\Delta \pm 0,5$ мг/м³;
- NO: від 0 до 1 мг/м³, $\Delta \pm 0,2$ мг/м³;
- NH₃: від 0 до 20 мг/м³, $\Delta \pm 0,8$ мг/м³;
- H₂S: від 0 до 1 мг/м³, $\Delta \pm 0,05$ мг/м³

Існуючий верхній рівень системи виконує завдання контролю, візуалізації та взаємодії інженера-еколога з об'єктом контролю і системою на базі робочої станції (автоматизоване робоче місце (АРМ) інженера-еколога), яка працює разом з сервером системи. Також здійснюється архівування інформації та передача даних іншим користувачам через сервер системи [29].

Серверна частина системи реалізована у вигляді серверної шафи (ШС) формату Rack на базі сервера HP ProLiant з сучасним швидкісним мережним адаптером та TFT-монітором.

Як і інші модулі, ШС оснащується джерелом безперебійного живлення UPS 3000VA.

Інформаційний обмін між компонентами системи (рис. 3.9) [29] здійснюється наступним чином:

- на зміни повітряного середовища реагують датчики, які встановлені в метеостанції, вимірювачах пилу та газоаналізаторах. Ці зміни перетворюються у цифровий сигнал всередині приладів і передаються на контролер ПАС через інтерфейс RS-485;
- зв'язок між контролером ПАС і датчиком відкриття дверей, пожежним датчиком, системою сигналізації, контролем наявності напруги, а також аварійним відключенням напруги здійснюється через дискретні вводи-виводи контролера;
- зв'язок між існуючими ПАС та сервером здійснюється через канал GSM за допомогою GSM/GPRS модему;
- зв'язок між новим ПАС і сервером, а також віддалений перезапуск контролера ПАС реалізуються через канал GSM за допомогою GSM/GPRS модему;
- модем Geneko GWR-I352 на ПАС і USB модем з маршрутизатором Mikrotik RB952Ui на сервері забезпечують цей зв'язок;
- зв'язок між АРМ оператора-еколога і сервером здійснюється через мережу Ethernet [29].

Контролери ПАН у реальному часі формують достовірні значення вимірюваних параметрів (первинні дані) і передають їх на сервер, де відбувається:

- виділення значень, що перевищують гранично допустимі концентрації;
- розрахунок середньодобових значень концентрацій контрольованих забруднюючих речовин (ЗР);
- порівняння разових концентрацій ЗР із встановленими значеннями рівнів реєстрації, розгляду і втручання, та формування й видача відповідних повідомлень із прив'язкою до часу.

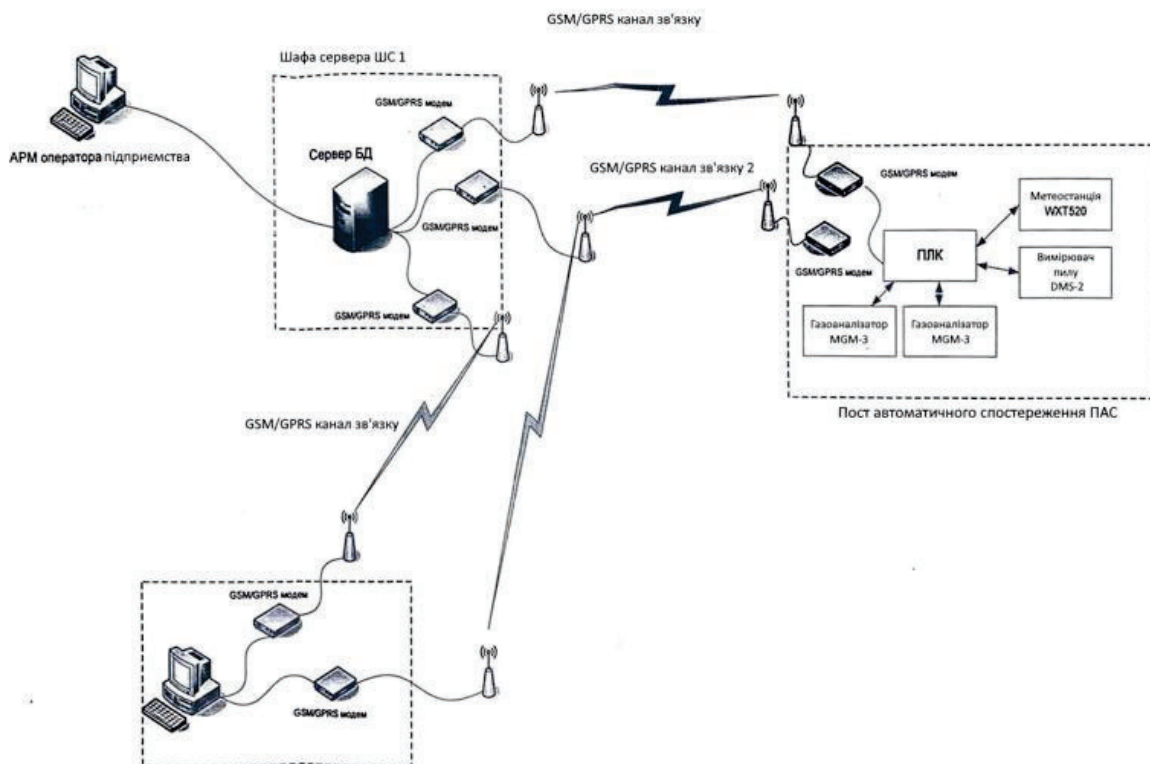


Рисунок 3.9 – Структурна схема автоматизації [31]

Середньодобові значення концентрацій ЗР обчислюються як середнє арифметичне значення разових концентрацій, отриманих через рівні проміжки часу (20 хв.). Останні розраховані значення разових концентрацій ЗР у цифровому вигляді відображаються на екрані АРМ оператора-еколога з оновленням кожні 20 хв. У разі перевищення допустимих концентрацій ЗР на екрані АРМ оператора-еколога відображається значення забруднюючого параметра із відповідною кольоровою (при досягненні рівнів реєстрації та розгляду), звуковою та голосовою (при досягненні рівнів розгляду та втручання) сигналізацією. Кольорові сигнали знімаються при досягненні параметром норми, звукові сигнали знімаються при досягненні параметром норми [31].

Після модернізації у 2020 році система АСЕМ функціонує вже майже 5 років. Перевагами нової сучасної АСЕМ є нова комплектація від українського виробника, простота та зручність у технічному обслуговуванні. Пиломіри та газоаналізатори мають компактні розміри та дуже легко демонтуються та передаються на калібрування. Діапазон вимірювання відповідає нормативам ГДК речовин в атмосферному повітрі. Найважливішим є те, що модернізована АСЕМ відповідає вимогам Директиви 2008/50/ЕС про якість повітря.

3.3 Особливості управління об'єктом автоматизації АСЕМ

Об'єктом управління АСЕМ є приземний шар (0-50 м) санітарно-захисної зони підприємства. Особливістю цього об'єкта є його залежність від поточних атмосферних процесів, зокрема від температурної інверсії приземного шару та ступеня його турбулентності. Тому одне з основних завдань АСЕМ – розрахунок узагальненого критерію несприятливих метеорологічних умов.

Ще однією особливістю об'єкта управління є відсутність на момент проектування статистичних даних про метеорологічні умови та рівень шкідливих домішок у місці розташування поста автоматичного спостереження, що потребує значних коригувань стратегії спостереження після встановлення поста [32].

На практиці, для збору статистичної інформації та уточнення статистичних критеріїв, оптимальною є періодичність автоматичних спостережень раз на 5 хвилин з розрахунком середніх годинних значень. Вихідними даними будуть метеорологічні та екологічні параметри, накопичені під час дослідно-промислової експлуатації [32].

Для забезпечення цілісності системи АСЕМ та уникнення зовнішнього пошкодження, крадіжки компонентів моніторингу та впливу

2. Заміна Wi-Fi модемів: Виконати заміну існуючих Wi-Fi модемів на сучасні промислові моделі.
3. Поліпшення системи віддаленого перезапуску: Покращити систему віддаленого перезапуску обладнання на постах АСЕМ.
4. Мобільний застосунок: Розробити мобільний застосунок для контролю постів АСЕМ у будь-який час доби, що допоможе оперативніше реагувати на можливі збої в системі, перезапускати шафи з обладнанням, відключати та вмикати сигналізацію.
5. Доступ до системи даних: Забезпечити доступ до системи даних з робочого комп'ютера та можливість вивантаження даних за будь-який період.
6. Модернізація інтерфейсу: Оновити інтерфейс програми для відображення концентрацій ЗР.
7. Резервне живлення: Оснастити сервер постів АСЕМ акумуляторами резервного живлення.
8. Заміна комп'ютерного обладнання: Замінити комп'ютерне обладнання на автоматизованому робочому місці (АРМ) оператора на сучасне, що суттєво вплине на швидкість реагування на зміну концентрацій ЗР, які передаються з постів АСЕМ.

3.5 Висновки до розділу 3

Системи безперервного моніторингу стану атмосферного повітря в Україні впроваджені Міністерством захисту довкілля та затверджені Кабінетом Міністрів 14 серпня 2019 року. Впровадження європейських стандартів якості повітря дозволяє збирати та аналізувати дані для поліпшення стану довкілля.

Автоматизовані системи моніторингу безперервно спостерігають за станом довкілля, вимірюють концентрації забруднювачів та створюють звіти. Система АСЕМ забезпечує моніторинг і обробку екологічної інформації, що підвищує достовірність і своєчасність даних.

ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» модернізувало систему АСЕМ наближену до європейських стандартів включивши сучасні метеостанції, вимірювачі аерозольних часток та газоаналізатори. Ці заходи покращують надійність моніторингу та сприяють поліпшенню екологічної ситуації.

Система АСЕМ також дозволяє оперативно ідентифікувати аварійні ситуації та створювати бази даних, забезпечуючи прийняття обґрунтованих рішень щодо управління екологічною ситуацією.

Враховуючи специфіку приземного шару санітарно-захисної зони підприємства, основним завданням є розрахунок критерію несприятливих метеорологічних умов. Для забезпечення цілісності системи, пости розміщені в приміщеннях з належними умовами.

Висновки та рекомендації для оптимізації роботи системи включають вдосконалення каналів зв'язку, заміну Wi-Fi модемів, покращення системи віддаленого перезапуску, розробку мобільного застосунку, забезпечення доступу до даних, модернізацію інтерфейсу та встановлення резервного живлення.

Ці заходи сприятимуть підвищенню ефективності роботи системи та покращенню екологічної ситуації.

4 ОХРОНА ПРАЦІ

4.1 Заходи з безпеки при роботі з електроустаткуванням АСЕМ

Електроживлення обладнання ПАС організовано застосуванням джерел живлення А1, А2 – відповідно $\pm 24\text{В}$ і $\pm 12\text{В}$, від джерела А1 ($\pm 24\text{В}$) безпосередньо живиться аналітична приладова частина, споживачі контролера, модем, метеостанція; від джерела А2 ($\pm 12\text{В}$) живляться дискретні вводи-виводи через «сухі» контакти станів, обігрів зонда, пожежна сигналізація, сирена. Обидва джерела живляться по стороні 220В від джерела постійного живлення.

До роботи допускаються особи, які пройшли інструктаж та техніку безпеки роботи з електроприладами, що використовуються на автоматизованих постах. Перед початком роботи на посту АСЕМ має бути перевірено стан проводів живлення засобів відбору проб та інших вимірювальних засобів і заземлення цих засобів. Не рідше одного разу на місяць проводиться перевірка відсутності замикань на корпусі шафи, стан ізоляції проводів, кваліфікаційна група перевіряючого не нижче III. У разі виявлення несправностей устаткування, вони повинні бути негайно вимкнені [32].

Шафа поста АСЕМ заземлена з боку правого борту шафи, водночас заземлювальний дріт має бути виведений назовні і прикріплений до заземлювального штиря, який має бути заглиблений у ґрунт на всю довжину. Живильні кабелі та дроти мають бути надійно закріплені в кабель-канали, кріплення повинно унеможливити пошкодження ізоляції ланцюгів живлення [32].

Під час проведення робіт, пов'язаних із регулюванням, налаштуванням обладнання АСЕМ і під час експлуатації слід

керуватися вимогами з техніки безпеки роботи з електрообладнанням, викладеними в інструкціях, що додаються заводом-виготовлювачем, на виробі, що входять до складу АСЕМ.

Шафа поста АСЕМ має бути обладнана системою захисного вимкнення напруги в разі можливих перевантажень і контуром заземлення [32].

Приміщення, де розміщується шафа поста АСЕМ, має бути обладнане вуглекислотним вогнегасником, аптечкою, приточно-втяжною вентиляцією для циркуляції чистого повітря в приміщення, кондиціонером та у зимній період приміщення повинно опалюватись для підтримки стабільної температури у кімнаті.

При виконанні робіт з технічного обслуговування обладнання та електроустаткування шафи АСЕМ слід виконати наступні дії:

- відкрити двері відповідного ПАС;
- відключити автоматичні вимикачі загального введення, він же виключає підтримування мікроклімату шафи;
- відключити ДБЖ (джерело безперебійного живлення шафи ПАС);
- відключити автоматичний вимикач живлення шафи від ДБЖ.

Після виконання цих дій шафа готова до виконання роботи з технічного обслуговування, після закінчення робіт відповідно виконуються ті ж самі дії для включення шафи АСЕМ :

- відкрити двері відповідного ПАС;
- включити автоматичні вимикачі загального введення, він же виключає підтримування мікроклімату шафи;
- включити ДБЖ (джерело безперебійного живлення шафи ПАС);
- включити автоматичний вимикач живлення шафи від ДБЖ [32].

Забороняється виконувати роботи з незаземленим електрообладнанням.

Забороняється під час увімкненого обладнання проводити профілактичні роботи, технічне обслуговування, знімати і встановлювати прилади або будь-яке інше електричне обладнання.

Забороняється при увімкненій та відкритій шафі поста АСЕМ вживати їжу, воду, палити, вживати алкогольні напої.

Забороняється проводити профілактичні роботи на посту АСЕМ у стані алкогольного сп'яніння [32].

4.2 Вимоги безпеки у аварійних ситуаціях

Порядок повідомлення адміністрації про випадки травмування та допущені порушення, які можуть призвести до аварії або нещасних випадків:

- Помітивши небезпеку, яка може спричинити нещасний випадок з людьми або аварійну ситуацію, вживай заходів щодо попередження цієї небезпеки і повідом про це безпосередньому керівнику робіт.

- Отримавши під час роботи травму (поранення, засмічення ока, опік, забій), попередь безпосереднього керівника та звернися до медичний закладу разом з ним.

- При нещасному випадку, що сталося поза територію підприємства, повідоми про те, що трапилося безпосереднього керівника і звернися в медичний заклад разом з ним. При нещасному випадку що сталося у структурному підрозділі комбінату, у якому виконувались роботи, повідоми як безпосереднього керівника і адміністрацію цього підрозділу.

- Про будь-яке, навіть незначне або різке погіршення стану здоров'я повідоми безпосереднього керівника і зверніться до найближчого мед. закладу разом з ним [35].

При раптовому відключенні електроенергії:

- відключи обладнання та прилади від електромережі;
- доповісти безпосередньому керівнику;
- не приступай до роботи до усунення цього порушення.

У разі обриву заземлювальних проводів видимого контуру металевих корпусів обладнання та приладів:

- відключи обладнання та прилади від електромережі;
- доповісти безпосередньому керівнику;
- не приступай до роботи до усунення цього порушення.

У разі виникнення загоряння:

- доповісти про спалах безпосередньому керівнику;
- особисто чи через іншого працівника викликай пожежну охорону за телефоном 41-51 або 66-01.

– приступи до гасіння спалаху первинними засобами пожежогасіння. При займанні електропроводки попередньо відключи обладнання від електромережі, прилади від електромережі та туші її вуглекислотним вогнегасником або піском;

- під час прибуття пожежної команди вказати місце загоряння.

4.3 Порядок надання долікарської допомоги потерпілому при нещасному випадку

При ураженні електричним струмом необхідно якнайшвидше звільнити постраждалого від дії електроструму, так як від тривалості його на організм залежить тяжкість електричної травми. Дотик до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою, викликає в більшості випадків мимовільне судомне скорочення м'язів і загальне збудження, яке може призвести до порушення і навіть до повного припинення діяльності органів дихання і кровообігу. Якщо потерпілий тримає провід руками, його пальці стискаються так сильно, що звільнити

провід з його рук стає неможливим. Тому першою дією, що надає допомогу, має бути швидке відключення тієї частини електроустановки, якої стосується постраждалий. Вимкнути електроустановку можна за допомогою вимикача чи рубильника [35].

Якщо на людині спалахнув одяг, то потрібно якнайшвидше погасити вогонь, але при цьому не можна збивати полум'я незахищеними руками. Людина в одязі зазвичай починає метатися, бігати, тому необхідно вжити найрішучіших заходів, щоб зупинити його. Рух сприяє роздмухування полум'я. Зайнявся одяг терміново скинути, зірвати або погасити, заливаючи водою.

Можна збити полум'я, гойдаючись у одязі, що горить, по підлозі, землі. На людину в одязі, що горить, можна накинути щільну тканину, ковдру, брезент, які після ліквідації полум'я необхідно прибрати, щоб зменшити термічну дію на шкіру людини. Людину в одязі, що горить, не можна укутувати з головою, так як це може призвести до поранення дихальних шляхів і отруєння токсичними продуктами горіння [35].

Надаючи першу допомогу при пораненнях і опіках, необхідно дотримуватися наступних правил: не можна промивати рани водою або якоюсь лікарською речовиною, засипати порошком, змащувати маззю, так як це перешкоджає загоєнню рани, викликає нагноєння і сприяє занесенню до неї бруду з поверхні шкіри. Для надання першої допомоги при пораненнях необхідно розкрити перев'язувальний пакет, що є в аптечці, відповідно до вказівки, надрукованої на обгортці. При накладенні перев'язувального матеріалу не слід торкатися його частини, яка повинна бути накладена на рану. Якщо первинного пакета виявилось, то перев'язки можна використовувати чисту хустку, тканину, так як накладати вату безпосередньо на рану не можна. На місце тканини, що накладається на рану, потрібно крапнути кілька крапель йоду, а потім накласти тканину на рану. Той, хто надає допомогу,

повинен вимити руки або змастити пальці йодом. Доторкання до рани навіть вимитими руками не допускається [35].

4.4 Висновки до розділу 4

У даному розділі розглянуто основні вимоги з охорони праці та безпеки.

Шафа поста спостереження має бути обов'язково заземлена та обладнана системою захисного вимкнення. У приміщення з шафою обов'язково повинен бути вуглекислотний вогнегасник, аптечка, вентиляція та кондиціонер.

Забороняється виконувати роботи з незаземленим обладнанням або в стані алкогольного сп'яніння. Всі дії виконуються з дотриманням інструкцій, що додаються заводом-виробником такого обладнання.

При раптовому відключенні електроенергії або загорянні обладнання, необхідно відключити його від електромережі та повідомити керівника. У випадку ураження електричним струмом або займання одягу, слід терміново надати першу допомогу та викликати медичну допомогу чи пожежну охорону.

5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВСТАНОВЛЕННЯ СТАЦІОНАРНИХ ПОСТІВ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ НА МЕЖІ САНІТАРНО-ЗАХИСНОЇ ЗОНИ

5.1 Визначення вартості впровадження автоматизованої системи екологічного моніторингу

Економічна доцільність впровадження автоматизованої системи екологічного моніторингу забруднення атмосферного повітря на межі санітарно-захисної зони досягається завдяки наступним факторам:

- самодіагностика комп'ютерно-технічних засобів;
- безперервний моніторинг вмісту шкідливих газових домішок в приземному шарі атмосфери в місці дислокації постів автоматичного спостереження;
- безперервний моніторинг вмісту шкідливих пилових домішок в приземному шарі атмосфери в місці дислокації постів автоматичного спостереження;
- безперервний моніторинг метеорологічних умов в приземному шарі атмосфери в місці дислокації постів автоматичного спостереження;
- збір статистичних даних через метеорологічні умови в санітарно-захисній зоні (СЗЗ) підприємства.

Для визначення економічної доцільності проєкту проведемо розрахунки капітальних вкладень (таблиця 5.1) [36] реалізації встановлення автоматизованих постів екологічного моніторингу (АСЕМ) в межах санітарно-захисної зони. Для обґрунтування економічної ефективності прийнятого рішення співставимо з витратами на заробітну плату працівникам, які виконували б безперервний моніторинг атмосферного повітря (12 години на добу) [36].

Таблиця 5.1 – Капітальні вкладення при реалізації проекту автоматизованої системи екологічного моніторингу [36]

№п/п	Найменування обладнання	Одиниці виміру	Кількість	Вартість одиниці обладнання, млн. грн	Загальна вартість, млн. грн.
1	Автоматизована система екологічного моніторингу атмосферного повітря на межі санітарно-захисної зони (ПОСТ АСЕМ)	шт	4	1 100 000	4 400 000

Виходячи з орієнтовної вартості чотири автоматизовані пости екологічного моніторингу (АСЕМ) становить – 4 400 000 грн. Враховуючи вартість комплектуючих засобів та складність монтажну додаємо 120 000 грн на виконання монтажних робіт за один об'єкт, вартість монтажних робіт на чотирьох об'єктах становить 480 000 грн.

Загалом вартість проекту «під ключ» становить 4 880 000 грн.

Щомісячне технічне обслуговування чотирьох постів АСЕМ становить 8 000 грн.

Термін експлуатації автоматизованої системи екологічного моніторингу згідно паспортних даних становить 10 років.

Витрати на технічне обслуговування в продовж терміну експлуатації чотирьох постів АСЕМ становить:

$$8\,000 \text{ грн} \times 12 \text{ міс} \times 4 \text{ 10 років} = 3\,840\,000 \text{ грн}$$

Загальні витрати на впровадження проекту становить 8 720 000 грн.

5.2 Розрахунок витрат на заробітну плату працівникам лабораторії при проведенні моніторингу атмосферного повітря в межах санітарно-захисної зони

Для виконання плану моніторингу забруднення атмосферного повітря в межах санітарно-захисної зони лабораторним методом, працює штат лаборантів за 12 часовим 4 бригадним графіком (табл.5.2) [37], які відповідають за відбір проб, доставку проб, виконання хімічного аналізу (х/а) та видачу результатів аналізу.

Таблиця 5.2 – Штат персоналу лабораторії [37]

Бригада	Найменування штатної одиниці	Кількість, од	Робоча зміна, годин	Заробітна плата на місяць
1	Лаборант хімічного аналізу 5 розряду	4	12	11 000
	Лаборант хімічного аналізу 6 розряду	4	12	12 000
2	Лаборант хімічного аналізу 5 розряду	4	12	11 000
	Лаборант хімічного аналізу 6 розряду	4	12	12 000
3	Лаборант хімічного аналізу 5 розряду	4	12	11 000
	Лаборант хімічного аналізу 6 розряду	4	12	12 000
4	Лаборант хімічного аналізу 5 розряду	4	12	11 000
	Лаборант хімічного аналізу 6 розряду	4	12	12 000

Відповідно до (табл. 5.2) розраховуємо заробітну плату лаборанта хімічного аналізу 5 розряду в продовж 10 років роботи

$$Q_{\text{лаб.х/а 5р}} = Z_{\text{пл}} \times M_{\text{рік}} \times K_{\text{од}} \times P, \text{ грн} \quad (5.1)$$

де $Z_{\text{пл}}$ – заробітна плата лаборанта х/а 5 розряду;

$M_{\text{рік}}$ – місяців на рік;

$K_{од}$ – кількість лаборантів у бригаді;

P – 10 років

$$Q_{\text{лаб.х/а 5р}} = 11\,000 \times 12 \times 16 \times 10 = 21\,120\,000 \text{ грн}$$

Відповідно до (табл.6.1) розраховуємо заробітну плату лаборанта хімічного аналізу 6 розряду в продовж 10 років роботи

$$Q_{\text{лаб.х/а 6р}} = Z_{\text{пл}} \times M_{\text{рік}} \times K_{од} \times P, \text{ грн} \quad (5.2)$$

$$Q_{\text{лаб.х/а 6р}} = 12\,000 \times 12 \times 16 \times 10 = 23\,040\,000 \text{ грн}$$

Розрахунок загальної витрати заробітної плати лаборантам х/а 5 та 6 розряду за 10 років роботи

$$Q_{\text{заг}} = Q_{\text{лаб.х/а 5р}} + Q_{\text{лаб.х/а 6р}}, \text{ грн} \quad (5.3)$$

$$Q_{\text{заг}} = 21\,120\,000 + 23\,040\,000 = 44\,160\,000 \text{ грн}$$

Відповідно до проведених розрахунків заробітної плати лаборантів 5 та 6 розряду за 10 років роботи у лабораторії ми отримуємо загальні витрати у розмірі 44 160 000 грн [37].

5.3 Обґрунтування економічної ефективності впровадження автоматизованих постів екологічного моніторингу в межах санітарно-захисної зони металургійного підприємства повного циклу

З приведених вище розрахунків можна спостерігати, що вартість впровадження проєкту по встановленню автоматизованих систем екологічного моніторингу атмосферного повітря разом з технічним обслуговуванням становить 8 720 000 грн, термін експлуатації яких становить 10 років безперервної роботи при постійному технічному обслуговуванні системи.

Поточні витрати на моніторинг забруднення атмосферного повітря лабораторією з розрахунку за 10 років роботи становить 44 160 000 грн.

Отже, при впровадженні автоматизованої системи екологічного моніторингу (АСЕМ) атмосферного повітря ми отримуємо витрати 8,7 млн. грн враховуючи що система працює у режимі 24/7, та витрати на заробітну плату лаборантів 44,2 млн. грн враховуючи що робітники працюють 12 годин у зміну, враховуючи всі розраховані дані можна вирахувати економічний ефект від реалізації проєкту встановлення АСЕМ [37].

Економічний ефект від реалізації впровадження безперервної системи екологічного моніторингу забруднення атмосферного повітря розраховується наступним чином:

$$E_{\text{еф}} = Q_{\text{заг}} - B_{(\text{АСЕМ})}, \text{ грн} \quad (5.4)$$

де $Q_{\text{заг}}$ – загальна витрата на заробітну плату лаборантам за 10 років роботи;

$B_{(\text{АСЕМ})}$ – витрати на реалізацію проєкта АСЕМ.

$$E_{\text{eff}} = 44\,160\,000 - 8\,720\,000 = 35\,440\,000 \text{ грн}$$

Відповідно від отриманих результатів ми отримуємо економічну ефективність від впровадження АСЕМ у 35,4 млн. грн за 10 років безперервної роботи з постійним технічним обслуговуванням, на відміну від витрат на заробітну плату штату лаборантів упродовж 10 років роботи [37].

5.4 Висновки до розділу 5

Впровадження автоматизованої системи екологічного моніторингу (АСЕМ) є економічно доцільним, оскільки забезпечує безперервний моніторинг забруднюючих речовин та метеорологічних умов, самодіагностику і збір статистичних даних безперервно на протязі 10 років експлуатації за умов виконання щомісячного технічного обслуговування. Загальні витрати на встановлення та технічне обслуговування АСЕМ за 10 років становлять 8,7 млн грн, що суттєво менше порівняно з витратами на заробітну плату лаборантів, які виконують ті ж самі функції за аналогічний період, які становлять 44,2 млн грн. Таким чином було досягнута економічна ефективність впровадження АСЕМ складає 35,4 млн грн за 10 років.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі вирішена актуальна науково-практична задача, що включає підбір найбільш продуктивних та оптимальних параметрів робочих характеристик автоматизованої системи екологічного моніторингу забруднення атмосферного повітря в межах санітарно-захисної зони, через зростаючі вимоги до якості повітря та необхідність дотримання екологічних нормативів. Система АСЕМ сприяє підвищенню поінформованості та екологічної свідомості суспільства, оскільки забезпечуючи доступ до актуальних даних про стан атмосферного повітря у селітебній зоні.

Основні результати досліджень представлені нижче.

1. На підставі аналізу сучасних національних та закордонних практик та результатів науково-практичних досліджень моніторингу атмосферного повітря виявлено стрімкий розвиток систем моніторингу різних рівнів – від глобального до локального, підходи удосконалення вже існуючих технологій АСЕМ. Безпілотні літальні апарати (БПЛА) з датчиками стають популярними для виявлення джерел забруднення, візуалізації зон забруднення повітря та вимірювання концентрацій забруднювачів. Програма Global Atmospheric Watch (GAW) забезпечує глобальне спостереження за атмосферою, підтримуючи наукові дослідження та екологічну політику.

Моніторинг у світі та Україні включає автоматизовані станції, лазерні аналізатори, супутниковий моніторинг та IoT-сенсори. Лазерні аналізатори та супутниковий моніторинг виявляють великі зони забруднення.

2. Визначено оптимальні розміри ділянки санітарно-захисної зони та її відповідність до вимог Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів, з урахуванням параметрів

розсіювання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі в межах санітарно-захисної зони за умов несприятливої погоди.

3. Розглянуто системи екологічного моніторингу, принцип роботи та основні характеристики системи до модернізації та сучасної безперервної системи, які реалізовані на металургійному підприємстві. На підставі аналізу та порівняння технічних характеристик сучасної АСЕМ з її попередником, показані переваги реалізованого проєкту. За результатами співставлення параметрів роботи, показників моніторингу та експлуатаційних характеристик реалізованої АСЕМ з кращими закордонними технічними практиками були зроблені пропозиції рекомендаційного характеру, спрямовані на підвищення ефективності роботи АСЕМ та, як наслідок, ще більш надійної актуалізації інформації про стан забруднення атмосферного повітря на межі санітарно-захисної зони в безперервному режимі інтерфейсу.

4. Встановлені заходи з охорони праці для забезпечення безпечної експлуатації шафи поста моніторингу та проведення технічного обслуговування.

5. Вартість установки та технічного обслуговування автоматизованих систем моніторингу забруднення атмосферного повітря на період експлуатації 10 років виявилася в 5,06 разів нижчою у порівнянні із загальною заробітною платою працівників лабораторії, які б виконували аналогічні функції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Lobko M.R. Development and implementation of an effective automated monitoring system within the sanitary protection zone in accordance with european standards. *“Miningmetaltech 2024 – The mining and metals sector: integration of business, technology and education”*: conference proceedings (November 28-29, 2024. Riga, the Republic of Latvia). Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2024. Vol. 2. P. 200-202. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-161>.
2. Автоматизований пост екологічного моніторингу інтегровано в європейську систему: кейс ПрАТ «Укрграфіт». ECOBUSINESS GROUP : веб-сайт URL: <https://surl.li/zzfmvw> (дата звернення: 03.02.2025).
3. Atmosphere Monitoring Service. Служба моніторингу атмосфери Copernicus (CAMS) Services : веб-сайт URL: <https://atmosphere.copernicus.eu/about-us> (дата звернення: 03.02.2025).
4. World Meteorological Organization. Observation components of the Global Observing System : веб-сайт URL: <https://community.wmo.int/en/observation-components-global-observing-system> (дата звернення: 03.02.2025).
5. Motlagh N. H., Kortoçi P., Su X., Lovén L., Hoel H. K., Haugsvær S. B. Unmanned Aerial Vehicles for Air Pollution Monitoring: A Survey. *IEEE Internet of Things Journal*. 2023. Vol. 10, no. 24. P. 21687–21704. DOI: <https://doi.org/10.1109/JIOT.2023.3290508> (дата звернення: 03.02.2025).
6. Alvear O., Zema N. R., Natalizio E., Calafate C. T. Using UAV-Based Systems to Monitor Air Pollution in Areas with Poor Accessibility. *Journal of Advanced Transportation*. 2017. P. 1–14. DOI: <https://doi.org/10.1155/2017/8204353> (дата звернення: 03.02.2025).

7. The World Data Centre for Aerosols (WDCA). Global atmosphere watch : веб-сайт URL: <https://www.gaw-wdca.org/> (дата звернення: 03.02.2025).

8. GAW stations network and other measurements. World Meteorological Organization : веб-сайт URL: <https://community.wmo.int/en/activity-areas/gaw/research-infrastructure/gaw-stations> (дата звернення: 03.02.2025).

9. Зелений план Сінгапуру. Вікіпедія : веб-сайт. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Singapore_Green_Plan?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 03.02.2025).

10. Лондонська мережа якості повітря. Вікіпедія : веб-сайт. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/London_Air_Quality_Network?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 03.02.2025).

11. Візуальна карта індексу якості повітря в реальному часі. Забруднення повітря в World : веб-сайт. URL: <https://aqicn.org/map/world/uk/> (дата звернення: 03.02.2025).

12. Дані моніторингу якості повітря в Києві інтегровані в IQAir платформа моніторингу якості повітря AirVisual. IQ Air : веб-сайт. URL: <https://www.iqair.com/ru/newsroom/city-kiev-air-quality-monitoring-data-airvisual-platform> (дата звернення: 03.02.2025).

13. IQ Air Earth : веб-сайт. URL: <https://www.iqair.com/air-quality-map> (дата звернення 03.02.2025).

14. Найбільші забруднювачі повітря в Україні – передбачувано, авто й ТЕЦ : веб-сайт. URL: <https://goo.su/lekz> (дата звернення: 03.02.2025).

15. Якість повітря в населених пунктах України. SaveEcobot : веб-сайт. URL: <https://www.saveecobot.com/maps/cities> (дата звернення: 03.02.2025).

16. ElvaX PmX-5050 – Heavy Metal Air Quality Analyzer. Elvatech : веб-сайт. URL: <https://elvatech.com/products/elvax-pmx-5050/> (дата звернення: 03.02.2025).

17. AQT420 (10 pcs) від Vaisala. ANAPART промислові поставки : веб-сайт. URL: <https://surl.li/gddzua> (дата звернення: 03.02.2025).

18. DOAS Explained. OPSIS : веб-сайт. URL: <https://www.opsis.se/en/knowledge-base/opsis-blog/doas-explained/> (дата звернення 03.02.2025).

19. Матеріали «Обґрунтування розміру санітарно-захисної зони для проммайданчиків ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ», розташованого у м. Кам'янське». Пояснювальна записка : Стадія: робочий проект. Книга 1. Київ, 2023. 78 с. (Виробнича внутрішня документація).

20. Про затвердження державних медико-санітарних нормативів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць: Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 10.05.2024 № 813. Верховна Рада України : офіційний веб-сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0763-24#Text> (дата звернення: 04.02.2025).

21. Про затвердження Порядку визначення величин фонових концентрацій забруднювальних речовин в атмосферному повітрі : наказ Міністерства екології та природних ресурсів України від 30.07.2001 № 286. Дата оновлення: 17.12.2021. Верховна Рада України : офіційний веб-сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0700-01#Text> (дата звернення: 04.02.2025).

22. РД 52.04.52-85 Регулювання викидів при несприятливих метеорологічних умовах. Методичні вказівки. Будстандарт : веб-сайт. URL: <https://surl.li/qgwmimi> (дата звернення: 04.02.2025).

23. Екологія гірництва : Матеріали методичного забезпечення до практичних робіт / І. Г. Миронова, А. А. Юрченко. Дніпро: Національний

гірничий університет, 2018. 28 с.

24. Вплив метеорологічних умов на тип димового факелу. StudFiles : веб-сайт. URL: <https://studfile.net/preview/5170947/page:10/> (дата звернення: 04.02.2025).

25. Ситуаційний план промислових майданчиків ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ»: генеральний план санітарно-захисної зони. (Виробнича внутрішня документація).

26. Інтерфейс робочої програми відображення параметрів контролю автоматизованої системи екологічного моніторингу. Метеорологічні дані. TRACE MODE 6RTM. (Внутрішня інформація відділу охорони навколишнього середовища).

27. Порядок створення та функціонування інформаційно-аналітичної системи даних про якість атмосферного повітря : Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 08.12.2021 № №12-02/1276ВН-21. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України : офіційний веб-сайт. URL: <https://mepr.gov.ua/> (дата звернення: 04.02.2025).

28. Директива 2008/50/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 21 травня 2008 року про якість атмосферного повітря та чистіше повітря для Європи. Офіційний вебпортал Верховної Ради України : веб-сайт. URL: <https://surl.li/feuuyq> (дата звернення: 04.02.2025).

29. Автоматизована система екологічного моніторингу атмосферного повітря. Пояснювальна записка. Стадія : робочий проєкт. Том 1. Київ, 2020. 12 с. (Виробнича внутрішня документація).

30. Про затвердження Правил створення та експлуатації автоматизованих систем екологічного контролю і моніторингу об'єктів підвищеної екологічної небезпеки та Регламенту створення та функціонування автоматизованих систем екологічного контролю і моніторингу об'єктів підвищеної екологічної небезпеки : наказ Міністерства охорони навколишнього природного середовища України

від 27 березня 2009 року N 148. ligazakon: веб-сайт. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/TM046871> (дата звернення: 04.02.2025).

31. Автоматизована система екологічного моніторингу атмосферного повітря на межі санітарно-захисної зони. Дозвіл на внесення змін 13-626-АТХ. Стадія : робочий проєкт. Київ, 2020. 100 с. (Виробнича внутрішня документація).

32. Автоматизована система екологічного моніторингу атмосферного повітря. документація загальносистемної частини. Стадія : робочий проєкт. Том 2. Київ, 2020. 54 с. (Виробнича внутрішня документація).

33. Акумулятор GPL 12-250 Ventura. Volta : веб-сайт. URL: <https://surl.li/rhjact> (дата звернення: 04.02.2025).

34. МЕТЕОСТАНЦІЯ – VAISALA. Digitex : веб-сайт. URL: <https://www.publicalerting.com/> (дата звернення: 04.02.2025).

35. Інструкція з охорони праці №126.01.22 провідного інженера відділу охорони навколишнього середовища. Кам'янське, 2022. 20 с. (Виробнича внутрішня документація).

36. Комерційна пропозиція «Комплексні автоматизовані системи» №02-05/17.58 ТОВ «ЦЕРН» для ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» 2020 рік, м. Кам'янське. (Виробнича внутрішня документація).

37. Адамовська В.С. Особливості методики розрахунку ефективності використання нової техніки у порівнянні з базовою. *Електронний журнал Ефективна економіка*. 2011. № 5. URL: <https://surl.li/jimlvw> (дата звернення: 04.02.2025).

Публікація за темою досліджень



International scientific conference

**MININGMETALTECH 2024 – THE MINING
AND METALS SECTOR: INTEGRATION
OF BUSINESS, TECHNOLOGY
AND EDUCATION**

November 28–29, 2024

Volume 2



Продовження дод. А

International scientific conference “MININGMETALTECH 2024 – The mining and metals sector: integration of business, technology and education” : conference proceedings (November 28–29, 2024. Riga, the Republic of Latvia). Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2024. Vol. 2. 368 pages.

Program Committee

Chairman of the program committee of the conference – Yuriy RYZHENKOV, General Director, METINVEST HOLDING LLC

Vice-chairman of the program committee of the conference – Oleksandr POVAZHNY, DSc (Economics), Professor, Rector, “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC” LLC

Secretary of the program committee of the conference – Maksym KARAKAI, PhD (Public Administration), Scientific Secretary, “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC” LLC

Oleksandr MYRONENKO – Operations Director, METINVEST HOLDING LLC

Tetyana PETRUK – Director of sustainable development and interaction with personnel, METINVEST HOLDING LLC

Olga OVCHYNNIKOVA – Director of economics and development of business systems, METINVEST HOLDING LLC

Yuliya DANKOVA – Financial director, METINVEST HOLDING LLC

Svitlana ROMANOVA – Director of legal support, METINVEST HOLDING LLC

Andriy YEMCHENKO – PhD (Engineering), Director of technical development, METINVEST HOLDING LLC

Dmytro TEVELEV – Adviser to the general director, METINVEST HOLDING LLC

Oleksandr PODKORYTOV – Director of technology and quality, METINVEST HOLDING LLC

Pavlo UZBEK – Director of the LP, IS, HC and EP department, METINVEST HOLDING LLC

Vitaly KOVALENKO – Director of the Department of Sustainable Development and Environmental Management, METINVEST HOLDING LLC

Marya VASILYEVÁ – General director, “Metinvest Sichstal” LLC

Gregory MASON – member of the Supervisory Board

Andrii KOSTRYZHEV – Project Manager – Material Characterization Scientist, The University of Queensland

Conference organizing committee

The head of the organizing committee of the conference – Volodymyr KUKHAR, DSc (Engineering), Professor, Vice-rector for research work, LIMITED LIABILITY COMPANY “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Deputy head of the conference organizing committee – Nataliya REKOVA, DSc (Economics), Professor, First vice-rector – vice-rector for educational work, LIMITED LIABILITY COMPANY “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Secretary of the organizing committee of the conference – Khrystyna MALII, PhD (Engineering), Head of the research department, LIMITED LIABILITY COMPANY “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Volodymyr PASHYNSKY – DSc (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Materials Science and Applied Mechanics, LIMITED LIABILITY COMPANY “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Vyacheslav KAMENETS – PhD (Engineering), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Mining, LIMITED LIABILITY COMPANY “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Riga, the Republic of Latvia	November 28–29, 2024
The prospects of using the constructed wetland for decontamination of the aquatic ecosystems from radiation pollution Yesipova N.B.	190
Overview of some of the results of the educational technical and environmental practice at a steelmaking enterprise Zhelezniak Ye.M., Repin M.V., Maksymova N.M.	193
Analysis of the system of standards and standards for environmental protection Zhelezniak Ye.M., Cheberiachko Yu.I., Maksymova N.M.	195
Evaluation of the environmental efficiency of the improvement of the coke gas purification system from hydrogen sulfide at coke chemical production Kopiika I.V.	199
Development and implementation of an effective automated monitoring system within the sanitary protection zone in accordance with European standards Lobko M.R.	200
Aridization of the lands of Ukraine Miniailo D.O.	202
Overview of the factors of the influence of military actions on the environment Navolniev I.Yu., Maksymova N.M.	206
Impact of mining operations on the development of man-made fractures in crystalline rocks Pikarenia D.S., Orlinska O.V.	211
Ecological and economic feasibility study of the implementation of the ACS in transport for reduction of emissions into the atmosphere Pinchuk O.M., Maksymova N.M.	215
Normative and methodological aspects of metrological support for environmental monitoring of industrial emissions Podobnyi A.D., Cheberiachko Yu.I., Maksymova N.M.	218
On the importance of cultivating environmental awareness among vocational education students Romashyna V.V., Davydov S.M.	220
Ways to reduce dust emissions at a concrete production plant Stepanenko O.M.	223

найефективніших – він добре абсорбує H_2S та має можливість регенерування розчину абсорбенту.

Модернізація системи очищення коксового газу є важливим кроком до екологічної безпеки в коксохімічному виробництві. Для абсорбційного методу МЕА необхідна модернізація конструкції абсорберу шляхом виготовлення додаткових насадок – це збільшить площу контакту газу та рідини і підвищить ефективність абсорбції. Дане рішення значно знизить рівень викидів H_2S , зменшить шкідливий вплив на довкілля, покращить умови праці для працівників, допоможе досягти екологічних стандартів, позитивно вплине на репутацію підприємства, що прагне до стійкого та екологічно відповідального розвитку.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-183>

DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF AN EFFECTIVE AUTOMATED MONITORING SYSTEM WITHIN THE SANITARY PROTECTION ZONE IN ACCORDANCE WITH EUROPEAN STANDARDS

РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ В МЕЖАХ САНІТАРНО-ЗАХИСНОЇ ЗОНИ ДОВКІЛЛЯ ЗА ЄВРОПЕЙСЬКИМИ СТАНДАРТАМИ

Lobko M.R.,
*Student (group 183-23-1m),
LLC "Technical university
"Metinvest polytechnic",
Zaporizhzhia, Ukraine*

Лобко М.Р.,
*студент гр. 183-23-1м,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна*

Санітарно-захисні зони (СЗЗ) – це ділянки навколо промислових об'єктів або джерел підвищеної екологічної небезпеки, де необхідно особливо стежити за станом довкілля та здоров'ям населення. Створення автоматизованої системи моніторингу в межах такої зони стає інструментом контролю екологічних ризиків забруднення атмосферного повітря, зменшення шкідливого впливу на природу та здоров'я.

Європейські стандарти в цій сфері базуються на принципах прозорості, точності, безперервного збору та аналізу даних, а також

використовуються у новітніх технологіях, таких як автоматизація та дистанційні сенсори. Розглянемо основні етапи розробки та впровадження таких систем відповідно до європейських стандартів і директив. Основні принципи автоматизованої системи моніторингу (АСМ) на СЗЗ базуються на безперервному моніторингу ключових екологічних параметрів у режимі реального часу. До параметрів належать рівні забруднення повітря, води, рівень шуму, радіаційний фон, а також інші фізико-хімічні показники. Європейські стандарти вимагають автоматизації процесу збору та обробки даних із зазначенням оперативного реагування на відхилення від норми [1]. Автоматизовані системи базуються на використанні сучасних технологій: датчиків, сенсорних мереж, штучному інтелекті, супутникових знімків та геоінформаційних систем (ГІС). Це дозволяє створювати динамічні моделі стану довкілля і виявляти тенденції розвитку екологічної ситуації. Програма *Copernicus*, ініційована Європейським Союзом, є прикладом ефективного використання супутникових даних для екологічного моніторингу та аналізу змін навколишнього середовища [2].

Європейські стандарти встановлюють чіткі правила обробки даних, що обґрунтовуються на уніфікованих методах збору, зберігання та аналізу інформації. Це дозволяє досягти високої точності та полегшує порівняння даних між кращими регіонами ЄС. Стандарти ISO у сфері екологічного менеджменту включають систематичні підходи до управління інформацією в рамках системи моніторингу [3].

Одним із ключових задач автоматизованої системи є забезпечення швидкого реагування на екологічні надзвичайні ситуації. Відповідно до європейських стандартів необхідно впроваджувати автоматизовані механізми, що запобігають та зменшують вплив промислових аварій на навколишнє середовище і здоров'я населення в рамках системи моніторингу [4].

Автоматизована система моніторингу будується за кількома ключовими принципами, у межах санітарно-захисних зон працює мережа аналізаторів, які можуть бути як стаціонарними, так і мобільними. Ці аналізатори здатні відслідковувати різні види вмісту забруднюючих речовин у повітрі і закінчуючи шумовим впливом на населення. Отримані дані надходять до серверу АСМ, який їх обробляє, аналізує та інтерпретує. Таку систему також можна адаптувати під різне промислове підприємство, що спричиняє негативний вплив на довкілля для прогнозування подальшого розвитку екологічної ситуації.

Впровадження автоматизованої системи моніторингу в межах СЗЗ за європейськими стандартами є важливим кроком щодо зниження екологічних ризиків і забезпечення безпеки довкілля. Досвід ЄС може значно покращити захист навколишнього середовища та здоров'я населення в Україні за умов належного фінансування та використання сучасних технологій для контролю якості повітря..

Перелік використаних джерел

3. Денисенко І. Ю., Івашенко Т. Г., Печений В. Л. Система моніторингу довкілля в Україні: проблеми та шляхи їх вирішення. *Суднобудування та морська інфраструктура*. 2020. № 1. С. 51–57. URL: [https://doi.org/10.15589/smi2020.1\(13\).7](https://doi.org/10.15589/smi2020.1(13).7) (дата звернення: 22.10.2024).
4. Atmosphere. Copernicus. *Homepage Copernicus*. URL: <https://www.copernicus.eu/en/copernicus-services/atmosphere> (date of access: 22.10.2024).
5. ДСТУ ISO 14001:2015 Системи екологічного управління. Вимоги та настанови щодо застосовування (ISO 14001:2015, IDT). *БУДСТАНДАРТ Online – нормативні документи будівельної галузі України*. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=64015 (дата звернення: 22.10.2024).
6. EUR-Lex : Офіційний сайт Європейського Союзу. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32012L0018> (дата звернення: 22.10.2024).

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-184>

TSC-2829165-MIP dated 29.11.2024

CERTIFICATE **mip** metinvest
polytechnic

Marharyta LOBKO

for Participation in the International scientific-technical conference

**MININGMETALTECH 2024 - The mining
and metals sector: integration of business,
technology and education**

November 28-29, 2024

Total: 15 hours – 0.5 ECTS credit



Oleksandr POVAZHNYI
Doctor of Economics, Professor
Rector of LLC "TECHNICAL UNIVERSITY"
"METINVEST POLYTECHNIC"