



ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет гірничо-металургійний
Кафедра безпеки праці та охорони довкілля

«Допущено до захисту»
Гарант ОПП «Інноваційні технології та
системи захисту навколишнього
середовища»

Дмитро ПІКАРЕНЯ

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 «Вдосконалення системи аспірації та газоочисної
установки на дільниці коксортування коксового цеху»**

Керівник роботи

Наталія МАКСИМОВА

Консультант від
бази практики

Альона КОПІЙКА

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

Здобувач

Володимир ГАЛАЙ

| | | | |
|--------------------------------|--|--|--|
| Підсумкова оцінка за атестацію | | | |
|--------------------------------|--|--|--|

Голова ЕК

Альона КОПІЙКА

Кам'янське 2024

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

| | |
|----------------------|--|
| Факультет | гірничо-металургійний |
| Кафедра | безпеки праці та охорони довкілля |
| Ступінь вищої освіти | магістр |
| Спеціальність | 183 Технології захисту навколишнього середовища |
| ОПП | Інноваційні технології та системи захисту навколишнього середовища |

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант ОПП

_____ Дмитро ПІКАРЕНЯ

«11» вересня 2023 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Галай Володимир Анатолійович

(прізвище, ім'я, по батьковій здобувача)

1. Тема роботи Вдосконалення системи аспірації та газоочисної установки на дільниці коксортування коксового цеху

керівник роботи Максимова Наталія Миколаївна, канд. техн. наук, доцент

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

затверджені наказом Університету від 29.08.2023 р. №137.1/29.08.20232. Термін подання роботи 16.01.2024 р.3. Вихідні дані до роботи Навчальна і науково-технічна література, науково-дослідницькі роботи з тематики, технологічні інструкції, дані з переддипломної практики.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань) Реферат. Вступ. 1. Аналіз існуючих методів боротьби з викидами пилу в коксохімічній промисловості. 2. Обґрунтування вдосконалення системи аспірації та газоочисної установки на дільниці коксортування коксового цеху. 3. Технологічні та конструктивні рішення щодо вдосконалення системи аспірації та газоочисної установки на дільниці коксортування коксового цеху. 4. Охорона праці. 5. Розрахунок ефективності проекту з вдосконалення системи аспірації та газоочисної установки на дільниці коксортування коксового цеху. Перелік використаних джерел. Додаток.

5. Перелік графічного (демонстраційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Презентаційні матеріали 18 слайдів.

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

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта |
|--------|---|
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

7. Дата видачі завдання 11.09.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів роботи | Термін виконання етапів роботи |
|-------|---|--------------------------------|
| 1 | Реферат, зміст, вступ | 07-08.01.2024 |
| 2 | Розділ 1. Теоретичний розділ (аналітико-пошуковий) | 25-28.12.2023 |
| 3 | Розділ 2. Дослідницький розділ (аналітично-розрахунковий) | 25-28.12.2023 |
| 4 | Розділ 3. Технологічний розділ | 28.12.2023-02.01.2024 |
| 5 | Розділ 4. Охорона праці | 03-07.01.2024 |
| 6 | Розділ 5. Економічний розділ | 03-07.01.2024 |
| 7 | Висновки, перелік посилань | 07-08.01.2024 |
| 8 | Оформлення роботи, презентаційного матеріалу, автореферату | 08-10.01.24 |
| 9 | Подання завершеної роботи. Перевірка на відсутність академічного плагіату | 10-16.01.2024 |

Здобувач

Володимир ГАЛАЙ

Керівник роботи

Наталія МАКСИМОВА

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 83 с., 20 рис., 9 табл., 29 літературних джерел, 1 додаток.

Об'єкт дослідження: видалення забрудненого повітря із робочих зон персоналу та його рециркуляція після очищення.

Предмет дослідження: система аспірації коксортувалки коксового цеху.

Мета та завдання кваліфікаційної роботи: Метою кваліфікаційної роботи є обрати оптимальний варіант вдосконалення системи аспірації існуючої установки сортування коксу для забезпечення якості повітря в робочих зонах обслуговуючого персоналу, зменшення екологічного тиску на прилеглі території та оптимізацію операційних витрат.

У вступі розглянуто актуальність теми досліджень визначені формулювання об'єкту та предмету досліджень, сформульовані мета та завдання подальшої дослідницької роботи та сформовано план реалізації завдання.

В першому розділі виконано огляд та аналіз викидів які супроводжують коксохімічне виробництво, серед яких визначено найбільш небезпечні для персоналу та навколишнього середовища. Розглянуто природу пилоутворення під час сортування коксу та наведено огляд особливостей коксового пилу. Наведено огляд технологій які використовуються для аспірації та очищення забрудненого пилом повітря.

В другому розділі означені екологічні проблеми Дніпропетровщини та причини їх виникнення, надано історичну довідку з розвитку одного з металургійних підприємств області та огляд діючих виробництв, описано сутність коксохімічного виробництва та існуючу газоочисну

установку дільниці коксортування, наведено недоліки визначені за час її експлуатації. Представлені результати досліджень та зроблено висновки про напрямки для вдосконалення цієї установки.

У третьому розділі наведено огляд напрямків оптимізації аспіраційного обладнання та визначені його основні конструктивні параметри, розраховані оптимальні обсяги повітря, що необхідно видаляти, та виявлені їх визначальні чинники. Виконано розрахунок обладнання для очищення видаленого повітря. Надано основні напрямки для організаційних заходів для боротьби з пилоутворенням.

У четвертому розділі наведено огляд організаційної структури сучасного металургійного підприємства щодо управління охороною праці та захисту навколишнього середовища.

У п'ятому розділі визначено ефективність проєкту з вдосконалення системи аспірації та газоочисної установки на дільниці коксортування коксового цеху.

В висновках наведені основні результати кваліфікаційної роботи.

СИСТЕМА АСПІРАЦІЇ, ГАЗООЧИСНА УСТАНОВКА,
КОКСОРТУВАННЯ, КОКСОВИЙ ПИЛ, СТРУМЕНЕВИЙ РУКАВНИЙ
ФІЛЬТР

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ВСТУП..... | 8 |
| 1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ БОРТЬБИ З ВИКИДАМИ ПИЛУ В КОКСОХІМІЧНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ | 10 |
| 1.1 Аналіз викидів в навколишнє середовище, які супроводжують виробництва коксу | 10 |
| 1.2 Природа пилоутворення підчас сортування коксу на класи та особливості коксового пилу | 13 |
| 1.3 Обладнання для очищення повітря від пилу | 16 |
| 1.4 Аспіраційні пристрої..... | 18 |
| 2 ОБҐРУНТУВАННЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ АСПІРАЦІЇ ТА ГАЗООЧИСНОЇ УСТАНОВКИ НА ДІЛЬНИЦІ КОКСОСОРТУВАННЯ КОКСОВОГО ЦЕХУ..... | 20 |
| 2.1 Загальна характеристика ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ»..... | 20 |
| 2.2 Сутність технологічного процесу..... | 22 |
| 2.3 Експериментальні дослідження вмісту коксового пилу у повітрі робочої зони коксового цеху..... | 35 |
| 3 ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ ЩОДО ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ АСПІРАЦІЇ ТА ГАЗООЧИСНОЇ УСТАНОВКИ НА ДІЛЬНИЦІ КОКСОСОРТУВАННЯ КОКСОВОГО ЦЕХУ | 42 |
| 3.1 Визначення основних джерел викидів та аналіз їх основних параметрів..... | 42 |
| 3.2 Розрахунок оптимального об'єму аспірації..... | 45 |
| 3.3 Вибір способу очистки повітря, що аспірується від зон активного пилоутворення..... | 49 |
| 3.4 Розрахунок рукавного фільтра..... | 50 |

| | |
|---|----|
| 4 ОХОРОНА ПРАЦІ..... | 56 |
| 4.1 Огляд організаційної структури комбінату щодо управління охороною праці та захисту навколишнього середовища | 56 |
| 5 РОЗРАХУНОК ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЄКТУ З ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ АСПІРАЦІЇ ТА ГАЗООЧИСНОЇ УСТАНОВКИ НА ДІЛЬНИЦІ КОКСОСОРТУВАННЯ КОКСОВОГО ЦЕХУ..... | 62 |
| 5.1 Розрахунок екологічної ефективності від реалізації проєкту..... | 62 |
| 5.2 Розрахунок енергетичної ефективності від реалізації проєкту..... | 64 |
| 5.3 Розрахунок економічної ефективності від реалізації проєкту..... | 65 |
| ВИСНОВКИ..... | 67 |
| ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... | 69 |
| Додаток А Публікація за темою досліджень..... | 74 |

ВСТУП

Актуальність теми. Виробничі процеси супроводжуються впливом як на виробниче середовище, так і на довкілля, що проявляється, зокрема, за рахунок викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря. Тому, задача сталого розвитку технічних і організаційних заходів з покращення умов праці та мінімізації впливу на довкілля є актуальною. Аспірація є необхідною складовою процесів, що супроводжуються виділенням пилу і газів, тому пошук шляхів вдосконалення систем аспірації та газоочисних установок, зокрема на дільниці коксортування коксового цеху, є актуальним науково-практичним завданням.

Об'єкт дослідження – видалення забрудненого повітря із робочих зон персоналу та його рециркуляція після очищення.

Предмет дослідження – система аспірації коксортувалки коксового цеху.

Мета та завдання кваліфікаційної роботи. Метою кваліфікаційної роботи є обрати оптимальний варіант вдосконалення системи аспірації існуючої установки сортування коксу для забезпечення якості повітря в робочих зонах обслуговуючого персоналу, зменшення екологічного тиску на прилеглі території та оптимізацію операційних витрат.

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

- 1) проаналізувати особливості коксового пилу;
- 2) обрати оптимальний шлях для вдосконалення системи аспірації;
- 3) визначити найкращу технологію для очищення повітря від пилу в умовах удосконаленої системи аспірації;

4) розрахувати основні параметри для вибору газоочисного обладнання;

5) розглянути сучасні аспекти інтегрованої системи екологічного управління, управління охороною здоров'я та безпекою праці на металургійному підприємстві;

6) розрахувати очікувані еколого-економічні ефекти від вдосконалення системи аспірації та газоочисної установки на дільниці коксортування коксового цеху.

Методи дослідження. Для виконання визначених завдань було використано загальнонаукові методи досліджень, а саме: спостереження, інструментальні вимірювання, лабораторні дослідження, розрахунки, порівняння та аналіз результатів.

На підставі огляду науково-технічної літератури на тему облаштування вентиляційних систем та способів очищення повітря від пилу, проведено розрахунки продуктивності аспіраційних пристроїв необхідної для забезпечення прийнятних умов, виконані розрахунки екологічної та економічної ефективності проєкту.

Визначено спосіб оптимізації роботи аспіраційних пристроїв для зменшення експлуатаційних витрат. Вирішено проблему поводження з пилом отриманим із очищеного повітря.

За результатами досліджень опубліковано тези до конференції "MININGMETALTECH 2023 – The mining and metals sector: integration of business, technology and education", яка відбулась 29-30.11.2023р. (дод.А) [1].

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ БОРОТЬБИ З ВИКИДАМИ ПИЛУ В КОКСОХІМІЧНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

1.1 Аналіз викидів в навколишнє середовище, які супроводжують виробництва коксу

У низці основних металургійних виробництв коксохімічному належить "провідне" місце за різноманітністю, високою токсичністю і специфічним задушливим запахом багатьох газоподібних викидів [2-4], скидів і твердих відходів. Окрім типових для виробництва чавуну і сталі викидів пилу, оксидів вуглецю, сірки й азоту, в технологічних газах, аспірованому та навколишньому повітрі коксохімічних виробництв додатково визначають концентрації щонайменше 7-10 шкідливих речовин (табл. 1.1) [5]. Коксохімічне виробництво чинить найбільший шкідливий вплив на здоров'я персоналу, що працює, і населення прилеглих міст і селищ [3, 6-7].

Таблиця 1.1 – Питомі шкідливі викиди коксохімічного виробництва, гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в атмосферному повітрі [5]

| Найменування інгредієнтів | Викиди, г/т кокса (мг/м ³ у відходящих та аспіраційних газах) | Гранично допустима концентрація в повітрі, мг/м ³ | | Показник токсичності ЛД-50 |
|----------------------------------|--|--|----------|----------------------------|
| | | ГДК р.з. | ГДК с.д. | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1. Амміак, NH ₃ | 177-490 (220) | 0,2 | 0,004 | 3,8 |
| 2. Сірководень, H ₂ S | 15-20 (10) | 0,008 | 0,008 | 1200 |
| 3. Монооксид вуглецю, CO | 1050-1380 (706) | 20 | 3 | 3,6 |
| 4. Цианистий водень, HCN | 7-10 (5) | 0,3 | 0,01 | 0,2 |

| Найменування інгредієнтів | Викиди, г/т кокса (мг/м ³ у відходящих та аспіраційних газах) | Гранично допустима концентрація в повітрі, мг/м ³ | | Показник токсичності ЛД-50 |
|---|--|--|------------------|----------------------------|
| | | ГДК р.з. | ГДК с.д. | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 5.Фенол, С ₆ Н ₅ ОН | 80-90 (60) | 0,3 | 0,003 | 395 |
| 6.Бензол, С ₆ Н ₆ | 60-70 (46) | 5 | 0,1 | 5600 |
| 7.Нафталін, С ₁₀ Н ₈ | 30-50 (24) | 20 | 0,003 | 490 |
| 8.Бензапирен, С ₂₀ Н ₁₂ | 1-3 (1,2) | 0,00015 | 10 ⁻⁶ | н.д |
| 9.Діоксид сірки, SO ₂ | 500-1650 (630) | 10 | 0,5 | н.д |
| 10.Оксиди азоту, NO _x | 150-170 (94) | 5 | 0,085 | н.д |
| 11.Пил | 1750-2590 (1276) | 4-6 | 0,5 | н.д |
| 12.Сажа, графіт | Н.д. | 0,15 | 0,005 | н.д |

Примітка. «Н.д.» – немає даних.

Одною з головних проблем є велика кількість імовірних джерел неорганізованих викидів (рис. 1.1). Концентрації шкідливих речовин як он бензол, нафталін, бензапирен у продуктах горіння і неорганізованих викидах у десятки і сотні разів перевищують ГДК у повітрі (табл. 1.1) [5].



Рисунок 1.1 – Неконтрольований скид коксового газу

Розсіяні/неконтрольовані викиди летючих органічних сполук (ЛОС) в повітря можуть відбуватися з коксових батарей, а розсіяні

(неконтрольовані/неорганізовані) викиди аміаку і високотоксичних хімікатів (ВТХ) (бензолу, толуолу, ксилолу) – від установок для переробки побічних продуктів [6, 10], які мають потенціал утворення неприємних запахів. Викиди пилу і SO_2 з коксових заводів та інших установок, в яких коксовий газ використовується як паливо, також призводять до проблем [7-8] Зокрема, десульфуризація коксового газу є пріоритетним засобом мінімізації цих викидів [11-12]. Оптимізоване управління коксівним газом та його використання в інших процесах металургійних заводів із повним циклом допомагає економити енергію та мінімізувати викиди в повітря [9,12].

Уловлювання і нейтралізація токсичних речовин які спостерігаються у продуктах горіння та використаних водах є безумовною необхідністю, після очищення газу підлягають максимально можливому розбавленню та розсіюванню в атмосферному повітрі через високі димові труби [5, 7, 13, 12]

Кардинальне скорочення викидів, скидів і відходів, можливе й економічно виправдане шляхом глибокої модернізації основних технологічних процесів і обладнання, включно з газоочисними апаратами та установками [14-15].

В основних технологічних процесах на коксохімічних заводах неминуче утворюються газоподібні, рідкі та тверді відходи. Обсяги відходів становлять, у сукупності, багато тисяч і навіть мільйони тон, хімічний і речовинний їхні склади вирізняються великим розмаїттям, що вимагає застосування складного технологічного устаткування для їхнього знешкодження та утилізації. Найважливішою екологічною проблемою коксового цеху є викиди в повітря. Основне джерело викидів в повітря – це газу від процесу коксування. Крім того, багато викидів є розсіяними викидами від різних джерел, таких як розвантаження, зберігання, транспортування, дроблення і змішування (підготовлення) вугілля, витік із кришок і розрівнювачів, дверей коксових печей,

підйомних труб і завантажувальних вікон для вугілля та видачі коксу з камер, і, нарешті, гасіння коксу та сортування (дроблення і грохочення), транспортування, обіг і зберігання [11-12]. Згідно практичного завдання у представленій роботі буде розглянуто можливості вдосконалення системи аспірації коксового пилу з робочих зон персоналу дільниці коксортувалки з подальшим очищенням повітря що скидається від пилу.

1.2 Природа пилоутворення підчас сортування коксу на класи та особливості коксового пилу

Під час сортування валового коксу на товарні класи за крупністю основною забруднюючою речовиною повітря є пил. Затверджені наказом Міністерства охорони навколишнього природного середовища України від 27.06.2006 № 309 Про затвердження нормативів граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел. у вигляді суспендованих твердих частинок від коксових печей, недиференційованих за складом, становлять 50 мг/м^3 [16]. Однак рівні встановлені дозволами на такі викиди в повітря стаціонарними джерелами для підприємств зазвичай є меншими.

Властивості коксового пилу розглянемо нижче.

Дисперсний склад коксового пилу на коксортувалці можна відобразити у вигляді долі маси часток різних фракцій графік розподілу на рис. 1.2. Відповідно результатів вимірювань за допомогою каскадних імпакторів коксовий пил має крупність $d_m=80:340 \text{ мкм}$ [17].

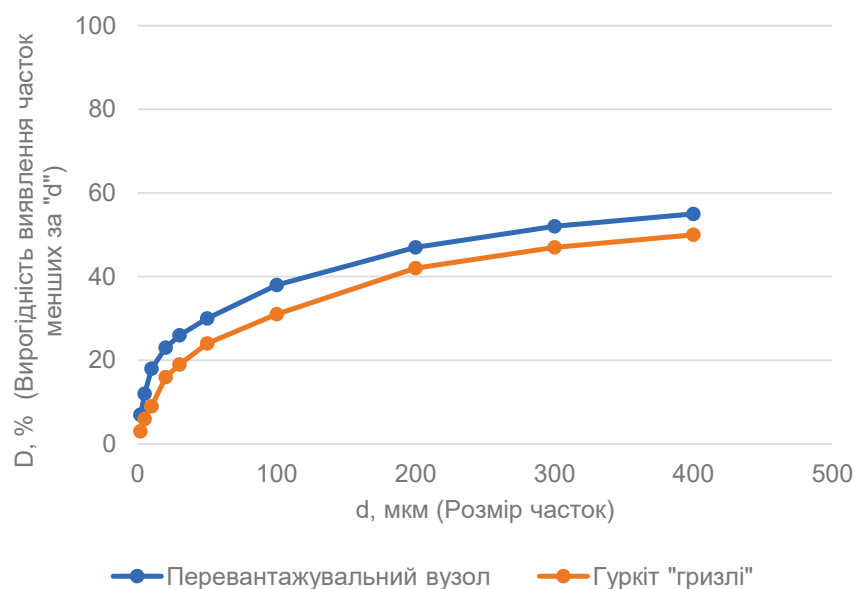


Рисунок 1.2 – Дисперсний склад коксового пилу [17]

Абразивність – властивість пилу, яка залежить не тільки від хімічного складу часток, а їх форми, розміру, щільності, твердості, концентрації та швидкості руху. Варто визначити домінуюче значення саме швидкості – абразивне зношення збільшується співвідносно росту швидкості у третьому ступені, та розміру часток пилу (найбільші значення в інтервалі від 80 до 200 мкм) [17].

Злипаємість – пов'язана з аутогезійною взаємодією часток між собою, характеризує розривну міцність шару пилу, пов'язана зі значенням кута природнього укусу та кута обрушення. Для коксового пилу ці значення відповідно 20-28 та 40-60 градусів. Коксовий пил майже не злежується [17].

Змочуваність пилу – показник який має найбільший вплив на ступінь очищення у мокрих пиловловлювачах. Коксовий пил належить до групи гідрофобних часток, що є протипоказником для уловлювання в мокрих апаратах [17].

Пожежо- та вибухонебезпечні властивості – визначають пріоритети під час вибору між мокрим та сухим способами

пиловловлювання та спонукають до розробки особливих технологічних та конструктивних заходів для попередження аварійних ситуацій[18]. Коксовий пил вибухових властивостей не має, температура займання – 470-670°C, зафіксованих випадків самозаймання в літературі не виявлено, також в спеціально створених умовах під час вогневих робіт займання коксового пилу не спостерігалось навіть від попадання крапель розжареного металу [17].

При транспортуванні, перевантаженні, грохоченні коксу відбувається інтенсивне пиловиділення (рис. 1.3) [19], що обумовлює необхідність передбачення потужної аспіраційної системи для видалення шкідливих речовин з повітря виробничих приміщень. До складу аспіраційних систем включають сухі і мокрі пиловловлювачі, зазвичай застосовують двоступінчасту схему очищення [20].

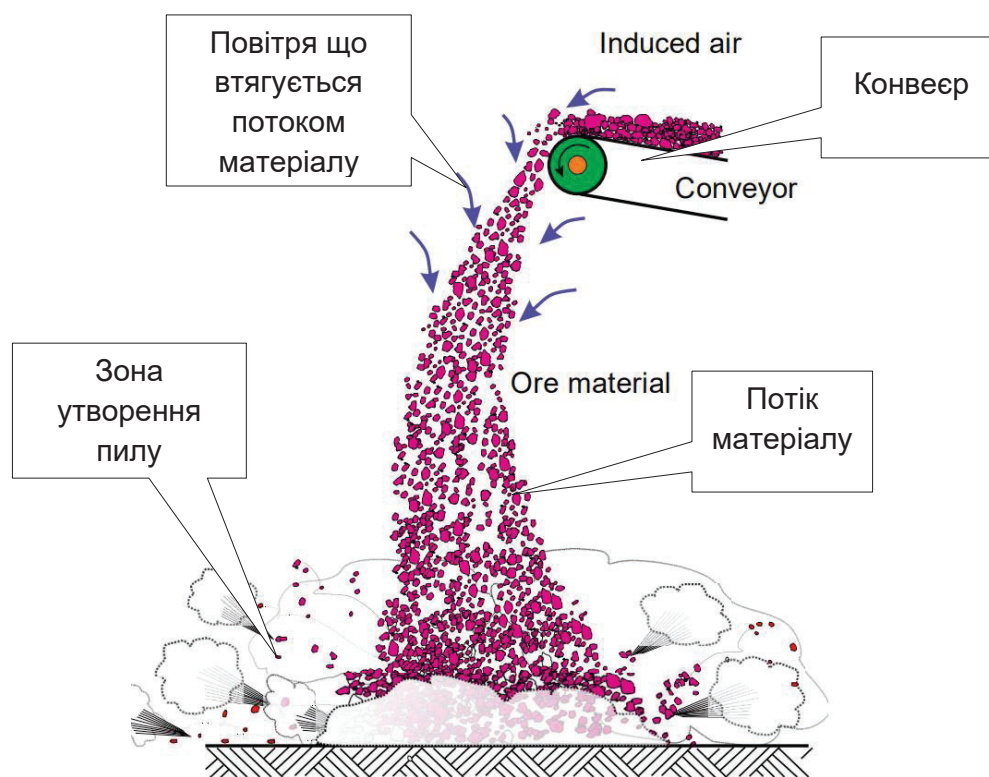


Рисунок 1.3 – Пилоутворення під час розвантаження гілки конвеєру [19]

1.3 Обладнання для очищення повітря від пилу

В якості першого ступеня використовують одиночні та групові циклони, що мають досить високу ефективність пиловловлювання (87-97%) для крупнодисперсного пилу. На рис. 1.4 наведено типовий вигляд одиночного циклону та принципу його роботи [19].

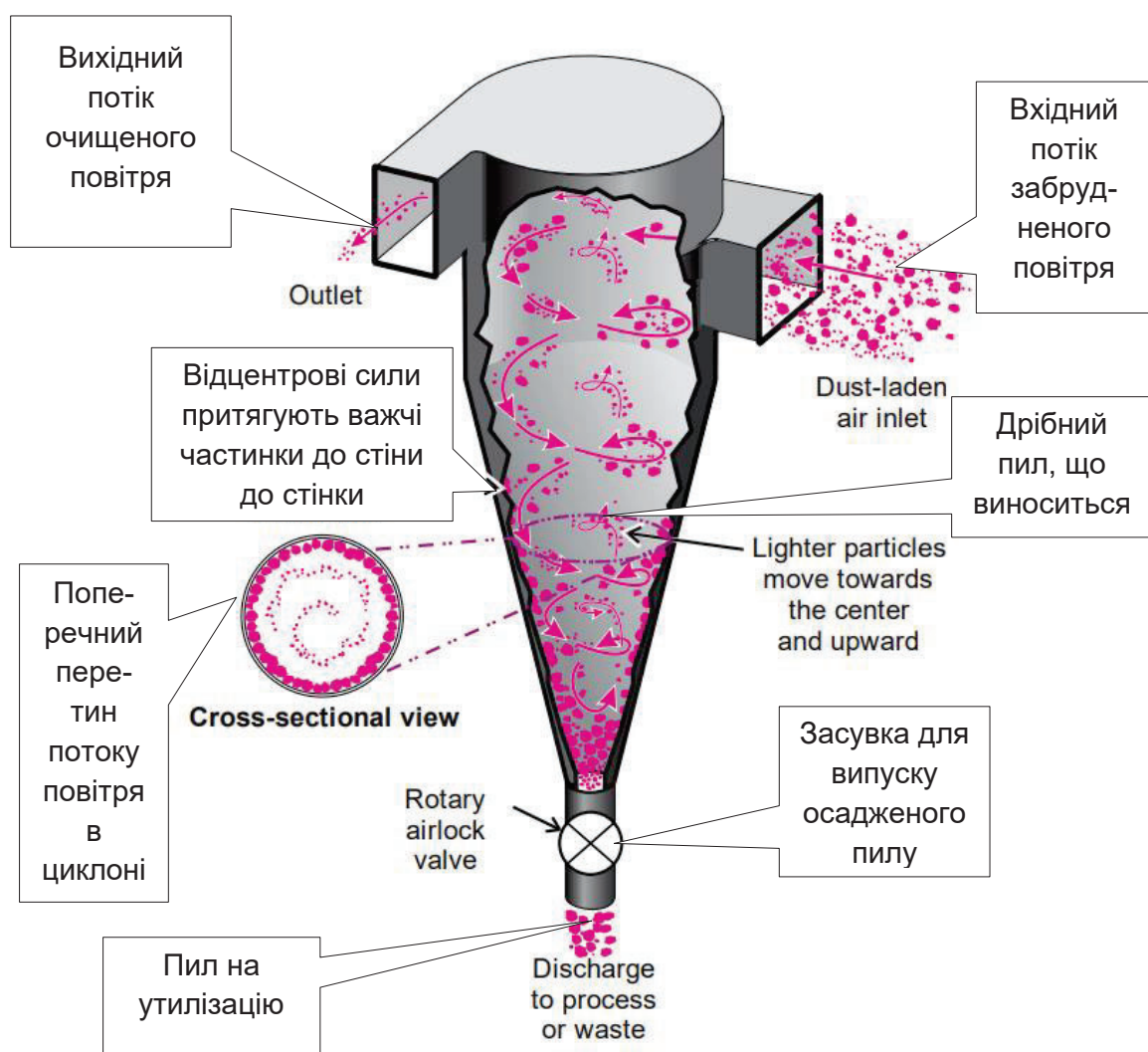


Рисунок 1.4 – Пиловловлювач типу «циклон» [19]

На другому ступені – мокрі пиловловлювачі, зокрема скрубери (до 99%). Типова схема скрубера з ілюстрацією його роботи наведена на

рис. 1.5. Ефективність роботи останніх обумовлена переважно витратою зрошувальної рідини і якістю її распилення [17].

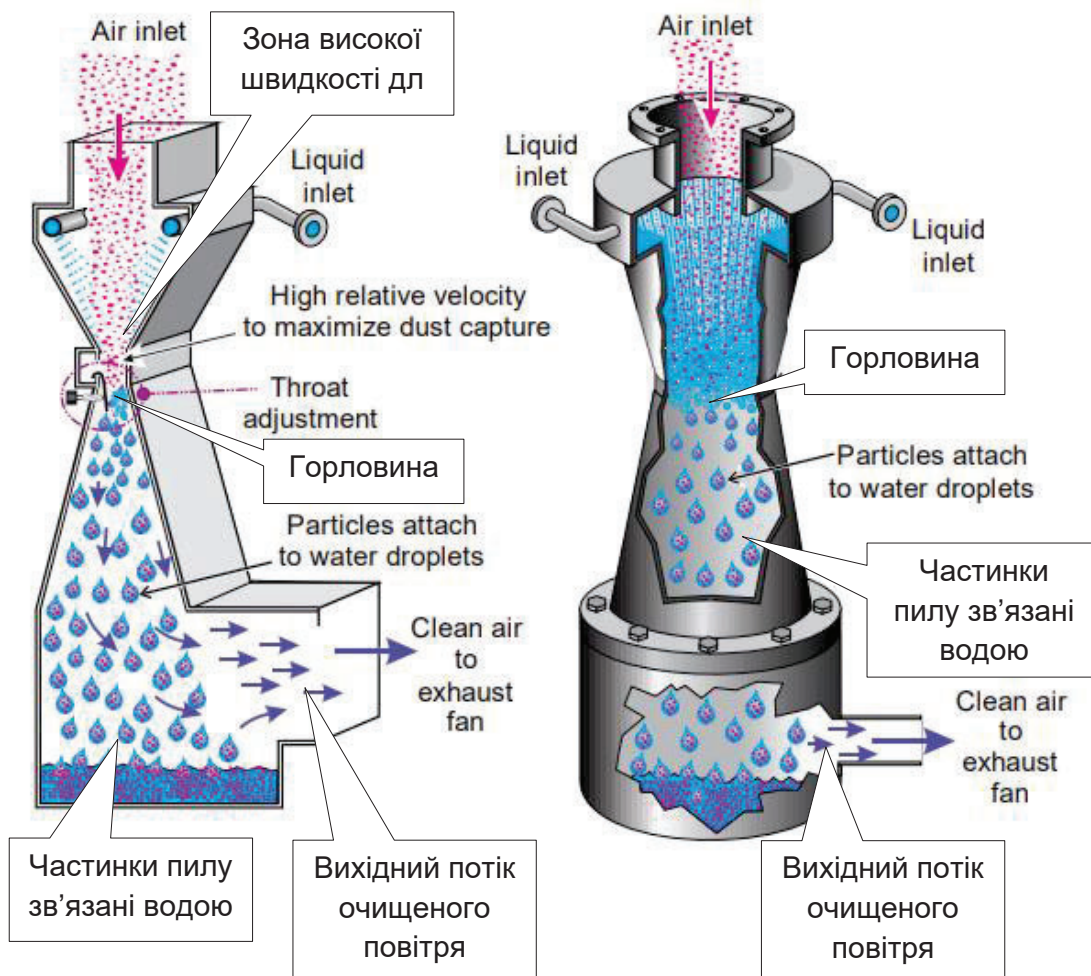


Рисунок 1.5 – Скрубер Вентурі [19].

Найбільш прогресивним і дієвим способом боротьби з пилом в промисловому виробництві, який дозволяє досягнути ступеню очищення повітря вище ніж 99,95%, є використання рукавних фільтрів [18, 21], схематичне зображення рукавного фільтру і принципу його роботи представлено на рис. 1.6. [19].

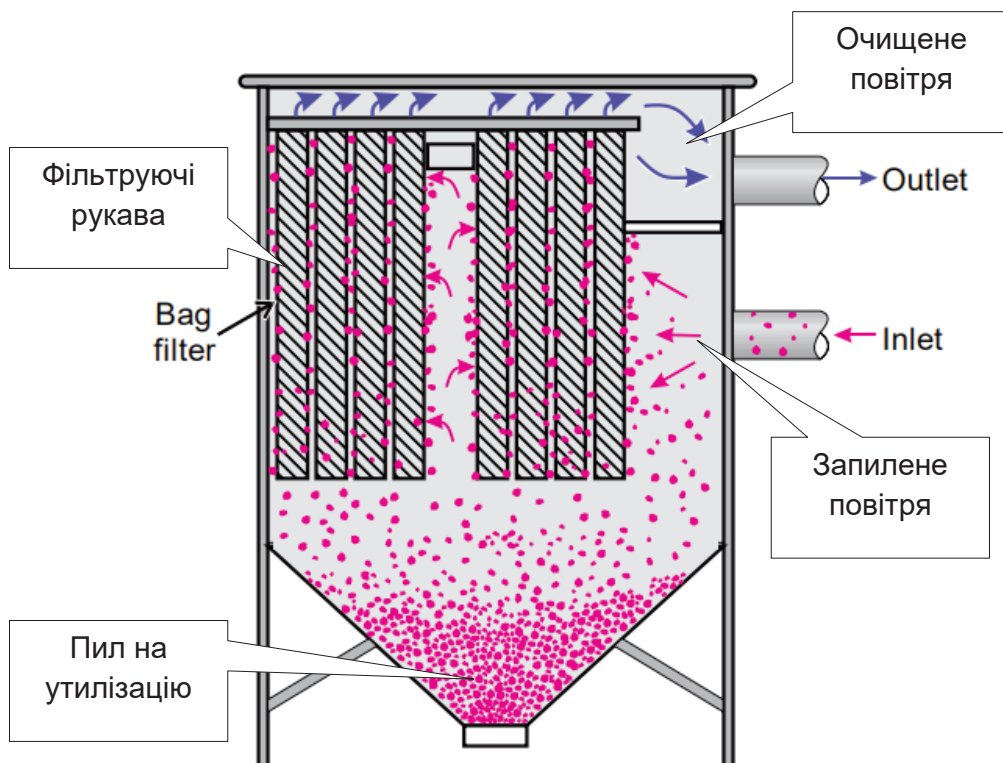


Рисунок 1.6 – Схематичне зображення рукавного фільтру та принципу його роботи [19]

1.4 Аспіраційні пристрої

Система збору та відведення пилових викидів від джерел пилоутворення значною мірою залежить від характеру виробничого процесу [22]. Найчастіше ця система включає в себе пиловловлюючий пристрій та систему повітропроводів для переміщення забрудненого повітря. Під час вибору конструкції та розробки проєкту місцевої аспірації важливо враховувати наступні аспекти [23]:

- повітрязаборні куполи (зонти) і повітропроводи повинні інтегруватися в єдину конструкцію з технологічним обладнанням і не перешкоджати виконанню технологічного процесу [23];

- зріз зонти має бути максимально наближеним до джерела пилоутворення;

- розміри зрізу зонту повинні бути або рівними, або трошки більшими за джерело пилоутворення;
- зменшення розмірів кожуха призводить до збільшення потрібного об'єму повітря;
- орієнтація зонту повинна враховувати можливі відхилення потоку виділень шкідливих речовин від природного напрямку руху [23];
- потрібно уникати проходження потоку виділень шкідливих речовин через зону, де працюють робітники, які можуть вдихати це повітря;
- гострі кромки забірної кожуха слід скруглювати для уникнення перешкод на шляху руху повітря;
- поле швидкостей в приймальному отворі кожуха рекомендується регулювати відповідно до швидкості в потоці виділень шкідливих речовин, використовуючи вставки, розсіювачі та випрямляючі решітки [23].

2 ОБҐРУНТУВАННЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ АСПІРАЦІЇ ТА ГАЗООЧИСНОЇ УСТАНОВКИ НА ДІЛЬНИЦІ КОКСОСОРТУВАННЯ КОКСОВОГО ЦЕХУ

2.1 Загальна характеристика ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ»

Актуальною проблемою для Дніпропетровської області є забруднення атмосферного повітря, пов'язане з досить щільною концентрацією гірничо-видобувної, металургійної та хімічної промисловості.

Будівництво металургійного підприємства у м. Кам'янське Дніпропетровської області було розпочато навесні 1887 року, а 2 березня 1889 року була задута перша доменна піч. Саме ця дата вважається днем народження Дніпровського металургійного заводу. Історія Дніпродзержинського коксохімічного заводу розпочалася в серпні 1927 року. Це був початок будівництва коксових батарей, спочатку окремого цеху металургійного заводу. 8 лютого 1931 року був виданий перший кокс – це день народження і перший робочий день Дніпродзержинського коксохімічного заводу. Вуглезбагачувальна фабрика, дві коксові батареї № 1 і № 2 системи «Дістікок» по 40 камер в кожній, проектною потужністю 415 тис. тонн металургійного коксу на рік. Цехи уловлювання і переробки смоли були введені в експлуатацію 18 березня 1931 року в числі об'єктів, що входять в першу чергу заводу. Друга черга – три коксові батареї по 45 камер в кожній, цехи уловлювання і ректифікації – вводилися в експлуатацію протягом 1932-1933 років.

У липні 2021 року розпочато процес інтеграції ПАТ «Дніпровський металургійний комбінат» у ПРАТ «Дніпродзержинський коксохімічний

завод». У лютому 2022 року підприємство, що об'єднало металургійний та коксохімічний підрозділи отримало назву ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» (рис. 2.1) [7, 9].



Рисунок 2.1 – Місце розташування коксохімічного виробництва ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» (створено за допомогою ресурсу GOOGLE MAPS)

На сьогодні ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» підприємство з повним металургійним циклом та має в своєму складі агломераційне, доменне, сталеплавильне, коксохімічне, прокатне виробництво і допоміжні цехи. Як будь-яке сучасне виробництво, підприємство насичене великою кількістю механічного та електричного обладнання, залізничним і безрейковим транспортом [24].

До основних виробничих підрозділів підприємства входять:

- агломераційний цех, який виготовлює шихту для доменного цеху;
- доменний цех, який призначений для вироблення чавуну для потреб конвертерного цеху;
- конвертерний цех виготовляє сталь для потреб прокатного цеху;
- прокатний цех призначений для виготовлення прокатної продукції різноманітного сортаменту;
- коксовий цех призначений для отримання з вугільної шихти коксу встановленої якості та забезпечення відводу парогазових продуктів коксування;
- вуглепідготовчий цех призначений для прийому та зберігання вугільних концентратів, що прибувають на підприємство, підготовки шихти для коксування і подачі її в коксовий цех;
- цех уловлювання хімічних продуктів коксування призначений для відсмоктування газу коксового з газозбірників коксових батарей та переробки продуктів, отриманих з коксового газу [24].

2.2 Сутність технологічного процесу

Основним процесом хімічної переробки кам'яного вугілля для отримання коксу є високотемпературне коксування.

Сутність високотемпературного коксування полягає в термічній переробці вугільної шихти без доступу повітря при температурі $1000\div 1050^{\circ}\text{C}$ протягом періоду коксування.

Процес коксування відбувається пошарово і закінчується при температурі кінцевого нагріву по осі коксового пирога $1050\pm 50^{\circ}\text{C}$. Коксування характеризується різночасністю явищ, що відбуваються в окремих шарах вугільного завантаження по ширині камери коксування. Хоча коксування в пічній камері відбувається пошарово, кокс

формується у вигляді монолітних і міцних шматків, що мають більшу або меншу кількість тріщин

Технологічний процес виробництва коксової продукції і коксового газу складається з наступних основних операцій (рис. 2.2):

- завантаження камер коксування вугільної шихтою;
- коксування;
- видача коксу;
- мокре гасіння коксу;
- сортування і відвантаження коксу;
- обігрів печей;
- відведення газу з камер коксування і його охолодження.

Завантаження коксових печей є найважливішою технологічною операцією, яка зумовлює продуктивність коксової батареї, якість продукції, рівномірність обігріву коксових печей. Для безперебійної роботи коксового цеху в вугільних баштах необхідно підтримувати достатній запас вугільної шихти (не менше 2/3 ємності башти), яка подається на вугільні башти стрічковими конвеєрами з вуглепідготовчого цеху.

Вугільні башти мають конусну нижню частину, облицьовану нержавіючою сталлю для полегшення сходу шихти в завантажувальний вагон, і обладнані системою пневматичного обвалення, сопла якої встановлені внизу бункерів вугільних башт поблизу місць, де найчастіше спостерігається зависання шихти. До сопел підводиться стиснене повітря тиском 4-5 кг/см² (0,5 МПа) від централізованої заводської компресорної установки.

Вугільна башта поділена на секції і ряди внутрішніми перегородками. Число бункерів в ряду відповідає числу завантажувальних люків коксових печей. Забір шихти з вугільної башти здійснюють за затвердженим начальником цеху регламентом, який передбачає рівномірний забір шихти з усього обсягу башти.



Рисунок 2.6 – Аспіратор ASA-4M

На підготовчому етапі готуємо обладнання та витратні матеріали:

- електроаспіратор ASA-4M (2-2-20-20);
- колба вологовідділювач (в середині колби знаходиться дрібна сітка та селікатогель);
- сухі (підсушені фільтри протягом 2 годин) фільтри, в кількості 24 шт. Кожен фільтр пронумерований, вкладений окремо, та герметично закритий у спеціальному пакеті.
- знімаються показники тиску навколишнього середовища.

Зняття заміру:

- трубки відбору встановлюємо біля точки пиління в робочій зоні;
- м'яким шлангом через колбу вологовідділювач підключаємо фільтр і аспіратор ASA-4M;
- в спеціальний відділ вкладаємо сухий фільтр;

- влючаємо аспіратор ASA – 4М, налаштуємо необхідну швидкість (30 л/м) і знімаємо замір (рис. 2.7);



Рисунок 2.7 – Під'єднання аспіратуру ASA – 4М до фільтра і колби з вологовідділювачем

- замір виконується протягом 8 хвилин, встановлено швидкість всмоктування повітря $0,25 \text{ м}^3/\text{хв}$.

- кожні 4 хвилини змінюється фільтр, відпрацьований фільтр упаковується у герметичну тару з маркуванням «Приміщення дробарки №1 (пр.2')» де «Приміщення дробарки №1» – назва точки виміру, «пр.2»-номер проби, «'»- особливі умови вимірювань;

- після досушування відпрацьованих фільтрів у ексикаторі вони зважуються, таким чином отримується значення вмісту твердих сухих речовин (пилу) в димових газах ($\text{мг}/\text{м}^3$) (рис. 2.8).



а



б

Рисунок 2.8 – Підготовка фільтрів: а – зважування фільтру; б – фільтри підготовлені до використання



а



б

Рисунок 2.9 – Виконання вимірювань вмісту пилу у повітрі робочої зони коксового цеху за допомогою аспіратуру ASA – 4М: а – аспіратор встановлений поблизу осередку пилоутворення; б – фільтр після прокачування через нього 1 м³ повітря із робочої зони

Забирання повітря для виміру виконувалось на відстані 0,5 – 1,0 м від джерел виділення пилу, за допомогою лабораторного обладнання з

безпечної для співробітників відстані. Результати зведено в табл. 2.4. Визначення концентрації пилу в повітрі робочих зон

Матеріали отримані із статистичних даних комбінату під час практики:

1. Концентрація забруднюючих речовин (пилу коксового) в повітропроводі перед груповим циклоном БП-50 – 8000 мг/м³;
2. Концентрація забруднюючих речовин (пилу коксового) в повітрі що скидається в атмосферу – 39,7 мг/м³;
3. Ефективність очищення викидів – 99,5%;
4. ГДК забруднюючої речовини – пилу коксового у повітрі робочих зон коксортувалки – 6 мг/м³;
5. ГДК забруднюючої речовини – пилу коксового у викидах із труби ГОУ коксортувалки встановлені відповідним дозволом – 40 мг/м³;

За результатами практичних вимірювань маємо підтвердження очікуваних результатів, а саме:

- пил крупнодисперсний та легко піддається уловлюванню [25], ГОУ має фактичну ефективність більш ніж 99,5%;

- велика кількість пилу перед входом до групового циклону (концентрація 8000 мг/м³) в умовах не значної різниці між концентрацією коксового пилу в повітрі робочих зон під час роботи ГОУ та з відключеною ГОУ (~2 мг/м³) свідчить про значно завищені об'єми аспірації для забезпечення необхідної швидкості газопилового потоку для ефективної роботи циклонів. Оптимальна швидкість газу на вході в циклон 20-25 м/с, за меншої швидкості недостатня дія відцентрових сил на частинки пилу [25];

- ключову роль у попередженні виходу коксового пилу в робочі зони коксортувалки відіграють укриття осередків пиління та їх якість.

Попередньо можливо зробити наступні висновки: більша частина енергії необхідної для роботи димососу, який забезпечує роботу ГОУ,

витрачається на подолання місцевих гідравлічних спротивів газоходів, компенсацію прососів в газоходах, забезпечення швидкості газового потоку необхідної для нормальної роботи циклонів; в наслідок завищених об'ємів аспірації винос пилу в газоходи перевищується в десятки разів, екологічний податок, який розраховується як добуток фактичного вмісту пилу у викидах після очистки на об'єм аспірації і на час роботи установки сплачується надмірно. Безумовно, якість повітря в робочих зонах і повітря яке скидається знаходиться в межах ПДК, але світові тенденції спрямовані на зниження нормативних викидів та підвищення плати за існуючи викиди, що дає привід для пошуку забезпечення якості повітря в робочих зонах більш ефективним шляхом.

3 ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ ЩОДО ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ АСПІРАЦІЇ ТА ГАЗООЧИСНОЇ УСТАНОВКИ НА ДІЛЬНИЦІ КОКСОСОРТУВАННЯ КОКСОВОГО ЦЕХУ

3.1 Визначення основних джерел викидів та аналіз їх основних параметрів

Довідник з найкращих доступних технологій в металургії (НДТМ) [12] рекомендує нам, для установок з регулювання гранулометричного складу коксу (коксосортувалок), поєднання двох наступних методів боротьби з викидами в навколишнє середовище:

- 1) використання закритих будівель для розміщення обладнання або облаштування укрить;
- 2) ефективне відведення (аспірація) запиленого повітря або газу з подальшим його очищенням від пилу.

Рівень викидів, який можливо забезпечити шляхом використання заходів, рекомендованих у НДТМ [12], може складати $<10 \text{ мг/нм}^3$.

Оскільки кінцевою метою обладнання коксосортувальної установки системою аспірації є забезпечення нормальних умов праці на робочих місцях обслуговуючого персоналу, за умови недопущення понаднормативних викидів в навколишнє середовище, доцільно забезпечити установку аспіраційними пристроями оптимальної продуктивності, тобто мінімальна витрата аспіраційного повітря, коли припиняється виділення пилу з укриття. Відомі методики розрахунку оптимальних обсягів аспірації доволі умовні [13], оскільки містять деякі нормативні показники, які стосуються насамперед сумарної площі нещільностей укриття, тобто оцінюють їх ступінь герметизації.

Найуніверсальнішим і найпоширенішим способом боротьби з пилом під час перероблення сипучих матеріалів є аспірація, що забезпечує локалізацію пиловиділень за допомогою аспіраційних укриттів з подальшим очищенням повітря, що відсмоктується, від пилу. Цей спосіб залишається єдиною можливістю під час знепилювання процесів сортування коксу, оскільки кінцева вологість продукції суворо регламентована.

Успішне розв'язання завдання конструктивного оформлення технічних засобів залежить від повноти врахування конкретних умов ведення технології переробки сипких матеріалів та особливостей експлуатації технологічного обладнання. Оптимізація цих рішень вимагає детального вивчення аеродинамічних процесів формування запилених потоків повітря, закономірностей утворення пилових частинок і виділення їх з повітря в усіх елементах локалізуючих пристроїв – у жолобах, укриттях і пилоприймальних воронках. Зниження початкової концентрації пилу полегшує і здешевлює процеси очищення повітря. Очищення повітря безпосередньо на укриттях підвищує надійність експлуатації системи, зменшує витрати на компенсацію втраченого тиску від прососів, скорочує кількість поверхонь схильних до абразивного зношення та загалом ефективність аспіраційної систем [19].

Під час розроблення технічних засобів необхідно:

- на основі аналізу роботи обладнання, що пилить, його технологічних і конструктивних параметрів вибрати тип і основні конструктивні елементи аспіраційних укриттів;

- на основі врахування аеродинамічного зв'язку укриттів і процесів зжекування повітря в жолобах визначити оптимальну продуктивність місцевих відсмоктувачів і раціональну схему розміщення пилоприймачів;

- на основі аналізу пилоаеродинамічних процесів вибрати тип і компоновання пристроїв для зменшення інтенсивності пиловиділень і попереднього осадження пилу в укриттях і пилоприймачах [19].

Розрахунок оптимального об'єму аспірації за однією із існуючих методик [23, 25-26] для перевантажувального вузла транспортної лінії продуктивністю 100 т/год коксу за висоти перевантаження 5 м та перерізу течки 1 м показує, що потрібний об'єм аспірації нижнього укриття складає 7 тис. м³/год. Кількість коксу, що транспортується, слабо впливає на об'єм аспірації: за умови збільшення продуктивності до 200 т/год, тобто, удвічі, необхідно відсмоктувати з укриття лише на 20% більше (8 тис.м³/год). Розрахункові дані, як правило, значно відрізняються від практичних, тому під час налагодження наявних аспіраційних систем оптимальний обсяг аспірації визначають експериментально. Для цього вимірюють запиленість повітря у виробничому приміщенні поблизу укриття при змінах витрати аспірації. Варіантом цього способу є візуальний контроль пиловиділень з укриття.

З огляду на фізико-хімічні властивості коксового пилу, найбільш цікавою технологією для його уловлювання в умовах коксортувалки є облаштування місцевих укриттів з вбудованими пристроями для відсмоктування та очищення запиленого повітря з подальшим поверненням його в робочу зону.

Зводимо в табл. 3.1 параметри обладнання, що потребує аспірації. Дані були отримані під час практики, з технічних паспортів обладнання та шляхом інструментальних вимірювань.

поступає в укриття по жолобам, через відкриті робочі пройми та щілини (Q_i) [26]:

$$Q_a = \sum_{i=0}^N Q_i \quad (3.1)$$

При цьому, в укритті має підтримуватися певне розрідження, яке забезпечує в нещільностях і отворах зустрічний потік повітря, що перешкоджає витіканню пилу в приміщення. Найменшу величину цього розрідження надалі для стислості називатимемо оптимальним, так само як і продуктивність відсмоктування, що підтримує в укритті це розрідження.

Під час облаштування місцевого відсосу оптимальне значення розрідження визначається з урахуванням висоти укриття та температури повітря в укритті, мінімальне розрідження яке виключає дифузійне виточення пилу назовні, приймається зазвичай $P_{min} = 2$ Па [23], для спрощення розрахунків відповідні значення обираємо за даними які надаються в методиці, згідно табл. 3.2 [26].

Таблиця 3.2 – Розмір оптимального розрідження в укритті конвеєру в залежності від його висоти і температури [19]

| Температура повітря в укритті, °С | Оптимальне розрідження (Па) при H_y , | | | |
|-----------------------------------|---|------|------|------|
| | 1,0м | 1,5м | 2,0м | 2,5м |
| 30 | 2,2 | 2,3 | 2,4 | 2,5 |
| 40 | 2,4 | 2,6 | 2,8 | 3,0 |
| 50 | 2,5 | 2,8 | 3,1 | 3,4 |
| 60 | 2,7 | 3,1 | 3,4 | 3,8 |
| 70 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 4,5 |
| 80 | 3,3 | 3,9 | 4,5 | 5,2 |

Витрату повітря, що поступає в укриття через технологічні отвори укриття та щілини можемо розрахувати за формулою спрощеної залежності:

$$Q_n = 0,65F_n\sqrt{2P/\rho} \quad (3.2)$$

де F_n – загальна площа відкритих отворів укриття, м²

P – середнє значення оптимального розрідження для відповідного укриття, Па

ρ – щільність повітря ззовні укриття, кг/м³

Витрату повітря, що поступає в укриття з матеріалом визначається за формулою:

$$Q_m = \psi_i v_i S_i \quad (3.3)$$

де S_i – площа потоку матеріалу на стрічці конвеєру, м²

v_i – швидкість потоку матеріалу, м/с

ψ_i – приведений коефіцієнт опору частинки при спільному падінні в потоці матеріалу ($1,3 \cdot 10^{-6}$ для потоку коксу [20])

Виконуємо розрахунки витрати повітря, що поступає в укриття перекачувального вузла з подрібнюючим механізмом I черги через технологічні отвори укриття та щілини за формулою (3.2):

$$Q_n = 0,65F_n\sqrt{2P/\rho} = 0,65 \cdot 1,2\sqrt{2 \cdot 2,3/1,76} = 1,5 \text{ м}^3/\text{с}$$

Виконуємо розрахунки витрати повітря, що поступає в укриття перекачувального вузла з матеріалом, за формулою (3.3):

аспірації є кількість і розміри технологічних отворів укриття зони активного пилоутворення.

3.3 Вибір способу очистки повітря, що аспірується від зон активного пилоутворення

Проаналізувавши варіанти способів очищення аспірованого повітря від коксового пилу з урахуванням його властивостей (особливо погану змочуваність водою) і особливостей утворення (див. пп. 1.2), вважаю за доцільне виконати завдання знепилювання одним із сухих методів, а саме за допомогою рукавних фільтрів, які дозволяють знизити швидкість повітря на вході та, станом на сьогоднішній день, є найбільш прогресивним і дієвим способом боротьби з пилом в промисловому виробництві.

Досить цікавим рішенням є використання конвеєрних струменевих фільтрів DFT (встановлюється над стрічкою в точці пилоутворення рисунок 3.1), його дуже компактний дизайн у поєднанні з інноваційною технологією очищення робить стрічковий фільтр BAF із системою очищення DELA переконливою інновацією в галузі. Фільтр BAF, встановлений на стрічці, використовується для боротьби з пилом у точці походження та досягає значень залишкового пилу $<1\text{мг/Нм}^3$. Пил рециркулює безпосередньо до матеріального потоку. Пилосос поставляється з вбудованим регулятором об'ємної витрати. На додаток до ефективного очищення, інноваційна технологія очищення також дозволяє максимально знизити витрати на електроенергію, оскільки енергія стисненого повітря може бути заощаджена більш ніж на 40% [1].



Рисунок 3.1 – Фільтр ВAF, встановлений на стрічці

Додатковим конструктивним рішенням, яке може бути використано під час проєктування аспіраційної системи, яке буде враховувати специфіку роботи саме устаткування коксортувалки коксового цеху ПрАТ КАМЕТ-СТАЛЬ – може стати не використання додаткових секцій рукавних фільтрів, що зазвичай враховуються для можливості регенерації фільтрувальних елементів. Регенерацію можливо реалізовувати під час циклічних зупинок процесу сортування. Це значно зменшить кінцеві габарити фільтрів.

3.4 Розрахунок рукавного фільтра

Використовуємо методику розрахунку запропоновану Ю.О. Гічовим [27] з урахуванням коректування на відсутність додаткових секцій. Необхідна площа фільтрувальної тканини в рукавному фільтрі визначається втратою тиску газу, яка залежить від

швидкості фільтрації, частоти регенерації та низки інших факторів. Виконаємо розрахунок для фільтру валкового гуркоту «гризлі» І черги.

Рекомендована швидкість фільтрації в рукавному фільтрі з регенерацією шляхом струшування для коксового пилу 0,0117-0,0133 м/с [27].

У фільтрі, що складається з 20 секцій, площа фільтрувальної поверхні однієї секції становитиме:

$$F_C = \frac{V}{\vartheta_\phi \cdot n} = \frac{2,22}{0,012 \cdot 20} = 7,23 \text{ м}^2 \quad (3.4)$$

де V – продуктивність місцевого відсосу, (2,22) м³/с;

ϑ_ϕ - швидкість фільтрації (0,012), м/с .

Загальна площа фільтрувальної поверхні складає:

$$F = n \cdot F_C = 30 \cdot 7.23 = 144,62,1 \text{ м}^2 \quad (3.5)$$

Після розрахунку площі фільтрувальної поверхні обираємо відповідний фільтр (з каталогів) та визначаємо фактично швидкість фільтрації:

$$\vartheta'_\phi = \frac{V+F_C}{F_C \cdot n} = \frac{2,3+144,62}{144,62 \cdot 30} = 0.066 \text{ м/с} \quad (3.6)$$

Для перевірки вірності вибору фільтру виконується розрахунок втрати тиску у фільтрувальному елементі. Втрати визначаються за виразом:

$$\Delta_p = \frac{817\mu\vartheta'_\phi(1 - m_\pi)}{d_\pi^2 m_\pi^3} \left[0,82 \cdot 10^{-6} d_\pi^{0,25} m_\pi^3 (1 - m_\pi) h^{0,67} + \frac{Z_1 \vartheta'_\phi \tau_p}{\rho_\pi} \right] = \quad (3.7)$$

$$= \frac{817 \cdot 1,81 \cdot 10^{-5} \cdot 0,066 \cdot (1 - 0,85)}{0,00002 \cdot 0,85^3} \cdot \left[0,82 \cdot 10^{-6} \cdot 0,00002^{0,25} \cdot 0,65^3 (1 - 0,85) \cdot 1^{0,67} + \frac{0,0001 \cdot 0,066 \cdot 3600}{1} \right] = 636 \text{ Па}$$

де μ – динамічна в'язкість газу за робочих умов ($1,81 \cdot 10^{-5}$), Па·с;

m_{Π} – пористість шару пилу, (0,85) частки.од;

d_{Π} – середній розмір частинок пилу, визначений методом повітропроникності, (0,00005) м;

m_T – пористість фільтрувальної тканини, (0,65) частки. од.;

h – питомий гідравлічний опір чистої тканини, віднесений до товщини тканини 1м за швидкості фільтрації повітря 1м/с, Па (даний показник не використовуємо з причини обраного матеріалу фільтрів виготовлених з бавовни);

Z_1 – початкова запыленість повітря, (0,0001) кг/м³;

τ_p – час між регенераціями, (1800)с;

ρ_{Π} – щільність коксового пилу, (1) кг/м³

За результатом перевірного розрахунку $635 \text{ Па} < 1 \text{ кПа}$, вимога щодо максимальної величини супротиву фільтру виконується.

Відповідний розрахунок виконується для кожного вузла за допомогою інструменту MS Excel, результати розрахунків зведено в табл. 3.4.

забезпечити нормальний режим роботи всіх частин системи, необхідний постійний контроль стану укриттів, лотків, напрямних, пристроїв для очищення холостої гілки стрічки: оскільки матеріал, який транспортується, може висипатися за межі конвеєра, протертості та інші нещільності укриттів, вони стають джерелами забруднення повітря пилом і знижують ефективність роботи системи аспірації [19].

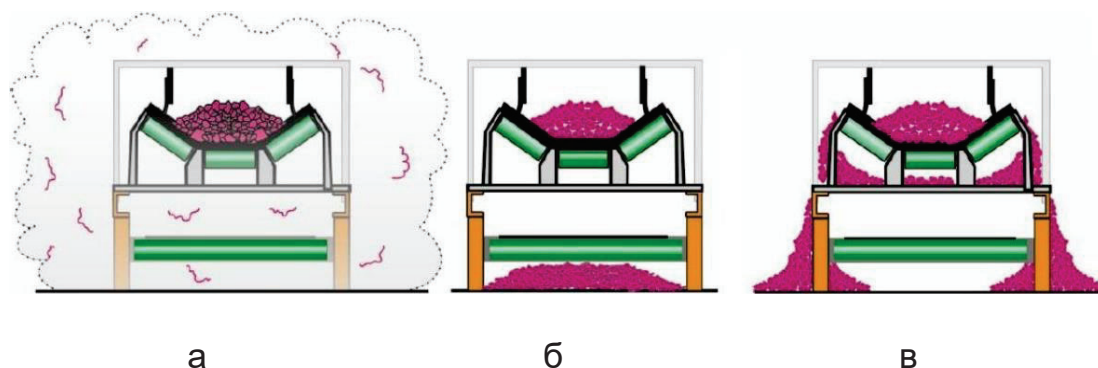


Рисунок 3.2 – Варіанти засмічення навколишнього середовища від неправильної експлуатації конвеєрів: а – пиління при перевантаженні; б– просипи матеріалу, налиплого на холосту гілку конвеєру; в – просипи від перевантаженості, або з інших причин

Важливо звести число отворів в укриттях до мінімуму, щоб зберігати сталий рух повітря в середину укриття і попередити вихід пилу назовні, для цього можуть використовуватися (підвісні) пластикові стрічки та інші засоби. Рекомендується робити укриття місць перевантаження досить великими, щоб швидкість руху повітря в (такому) укритті була меншою за 1 м/с (або 200 fpm = 200 футів/хв.) [19]. В укриттях більшого розміру більше місця для загасання і розсіювання повітряних потоків. Якщо укриття буде занадто маленького розміру, то рух повітря всередині такого укриття стимулюватиме витікання забрудненого повітря з укриття назовні, виносячи частинки пилу в повітря робочої зони [19].

Місця перевантаження матеріалу мають бути виконані так, щоб висота вільного падіння була мінімальною, матеріал повинен виконувати вертикальні переміщення по гладким похилим поверхням (рис. 3.2), для попередження швидкого стирання всі поверхні ковзання коксу мають бути футеровані плитами із литого каменю.

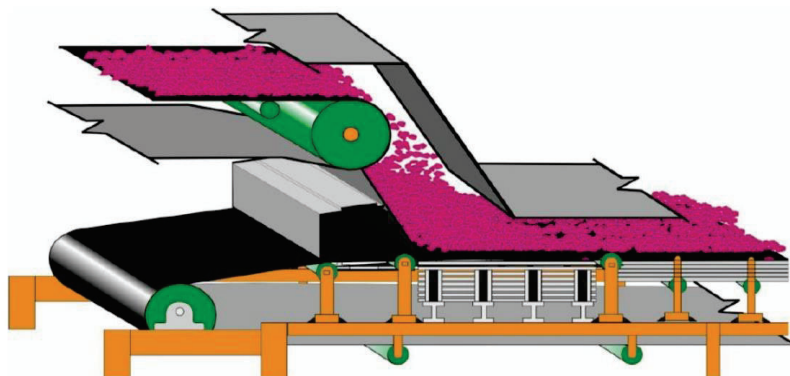


Рисунок 3.3 – Вузол перевантаження матеріалу з одного конвеєру на інший

Місця перевантаження матеріалу мають бути такого розміру, щоб це давало змогу матеріалу пересипатися без засмічення та без утворення пробок і засмічень. На основі накопиченого досвіду вважається, що для запобігання засмічень ширина лотка має бути щонайменше втричі більшою за максимальний розмір шматків матеріалу [19]. Запобігання пиловиделенню від обладнання коксосортувалки є процесом, що не менш важливий для стану навколишнього середовища і повітря робочих зон персоналу чим справна робота аспіраційного обладнання.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Огляд організаційної структури комбінату щодо управління охороною праці та захисту навколишнього середовища

Найвище Керівництво ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» прийняло на себе зобов'язання зі створення, документування, впровадження, функціонування, послідовного поліпшення інтегрованої системи управління (далі ІСУ).

Інтегрована система управління, яка складається з системи екологічного управління та системи управління охороною здоров'я та безпекою праці (далі СЕУ і СУОЗ та БП) встановлює єдині вимоги до організації та функціонування систем, що діють на ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ», відповідно до вимог міжнародних стандартів ISO 14001:2015 (ДСТУ ISO 14001:2015) та ISO 45001:2018 (ДСТУ ISO 45001:2019).

Ідентифікація екологічних аспектів на підприємстві проводиться з урахуванням усіх стадій виробництва:

- на вході – сировина, матеріали, енергетичні та інші ресурси;
- на виході – продукція, проміжні продукти, відходи, викиди, стоки.

Технологічний процес розбивається на стадії визначення діяльності, яка може мати вплив на навколишнє середовище, включаючи всі виробничі операції, підрядників та послуги.

Розглядаються дійсні та потенційні впливи діяльності підрозділу, продукції та послуг на вході та виході з урахуванням:

- забруднення повітря;
- забруднення води;
- утворення відходів;

- забруднення ґрунту;
- використання сировини та природних ресурсів;
- використання електроенергії та її економії;
- впливу на людину факторів: шум, вібрація, випромінювання, запах;
- впливу на рослинність та тварин.

Ідентифікація екологічних аспектів проводиться з урахуванням зареєстрованих даних (інформація про аварії та аварійні ситуації, нещасні випадки, випадки порушення технологічних процесів, перевищення встановлених нормативів, що сталися за останні три роки) та у таких виробничих умовах:

- нормальні умови роботи – Н;
- аномальні умови – АН (запуск/зупинка обладнання, планово-попереджувальні ремонти тощо);
- аварійна ситуація – А (передбачувана або мала місце).

За аномальних умов роботи розглядаються всі існуючі та потенційні відхилення від нормального перебігу виробничого процесу (розробка конструкторської та технологічної документації з порушенням природоохоронного законодавства, відсутність контролю за дотриманням чинного природоохоронного законодавства підрядними організаціями та ін.).

При аварійних режимах роботи враховуються та розглядаються всі аварії, у тому числі потенційні (назрівають) аварії та аварії, які можуть виникнути внаслідок:

- порушення правил пожежної безпеки;
- відсутності систематичного контролю над роботою обладнання та систем енергопостачання та водопостачання з боку служб, що відповідають за їх технічний стан;
- грубого порушення технологічних процесів;

- відсутності систематичного контролю над роботою обладнання та систем енергопостачання та водопостачання з боку підрозділів, які відповідають за їх експлуатацію тощо, що відповідає НПАОП 23.1-1.01-08 Правила безпеки в коксохімічному виробництві.

В процесах спрямованих на зменшення шкідливого впливу від діяльності підприємства включені співробітники всіх рівнів. Тобто відповідальність і повноваження мають всі працівники, що надає їм можливість брати участь у досягненні цілей в галузі ІСУ та створює умови для їх залучення, мотивації та прийняття ними зобов'язань.

Невідповідності або причини, що ведуть до їх появи можуть бути виявлені в ході поточної діяльності структурних підрозділів, в тому числі:

- при аналізі закупівель сировини, матеріалів та послуг;
- при контролі процесів діяльності;
- при проведенні внутрішніх і зовнішніх аудитів системи менеджменту якості;
- при аналізі звернень зацікавлених сторін;
- за результатами перевірок контролюючих підрозділів та інспектуючих органів;
- при аналізі діяльності з управління ризиками та можливостями;
- при аналізі функціонування ІСУ СЕУ і СУОЗ та БП з боку найвищого керівництва.

Якщо причина інциденту (невідповідності) очевидна і коригувальні дії можуть бути виконані в оперативному порядку, працівник, який виявив інцидент, невідповідність, зобов'язаний негайно вжити заходів в рамках своїх повноважень для її усунення і проінформувати свого безпосереднього керівника.

При неможливості оперативного усунення виявлених інцидентів, приписів контролюючих органів, за результатами перевірки з боку найвищого керівництва, підрозділ, в якому виявлені невідповідності,

складає План коригувальних дій. У Плані повинні бути вказані дії (заходи), відповідальні виконавці, терміни усунення невідповідностей, а також відповідальні за контроль.

Керівник структурного підрозділу несе персональну відповідальність за розробку та організацію виконання коригувальних дій, необхідних для усунення інцидентів і причин, які їх викликали. У разі, коли в реалізації корекції і коригувальних дій беруть участь кілька підрозділів, за координацію їх дій відповідальним є підрозділ-розробник плану коригувальних дій.

Особи, які беруть участь в аналізі інцидентів, невідповідностей, їх причин, плануванні, реалізації та контролі коригувальних дій повинні бути детально ознайомлені з вимогами стандартів підприємства і задокументованою інформацією ІСУ СЕУ і СУОЗ та БП. Рівень їх компетенції визначається посадовими та робочими інструкціями.

Вище керівництво підприємства регулярно аналізує ІСУ СЕУ і СУОЗ та БП для оцінки її придатності та результативності функціонування, досягнення цілей і виконання завдань у сфері екології, охорони здоров'я та забезпечення безпечних умов праці. Відповідальний за функціонування і вдосконалення ІСУ СЕУ і СУОЗ та БП підприємства зобов'язаний постійно інформувати керівництво підприємства про стан ІСУ для прийняття рішень з виникаючих питань. Питання та функціонування ІСУ виносяться на порядок денний нарад, що проводяться під керівництвом Генерального директора або Директора з охорони праці, промислової безпеки та екології (далі ОП, ПБ та Е). Один раз на рік керівництвом підприємства проводиться аналіз ІСУ СЕУ і СУОЗ

Процес аналізу ІСУ СЕУ і СУОЗ та БП з боку найвищого керівництва підприємства (рис. 4.1) містить в собі:

- збір і підготовку даних для проведення аналізу;

- проведення аналізу наданої інформації керівництвом і прийняття рішень;
- планування і здійснення заходів щодо вдосконалення ІСУ СЕУ і СУОЗ та БП.

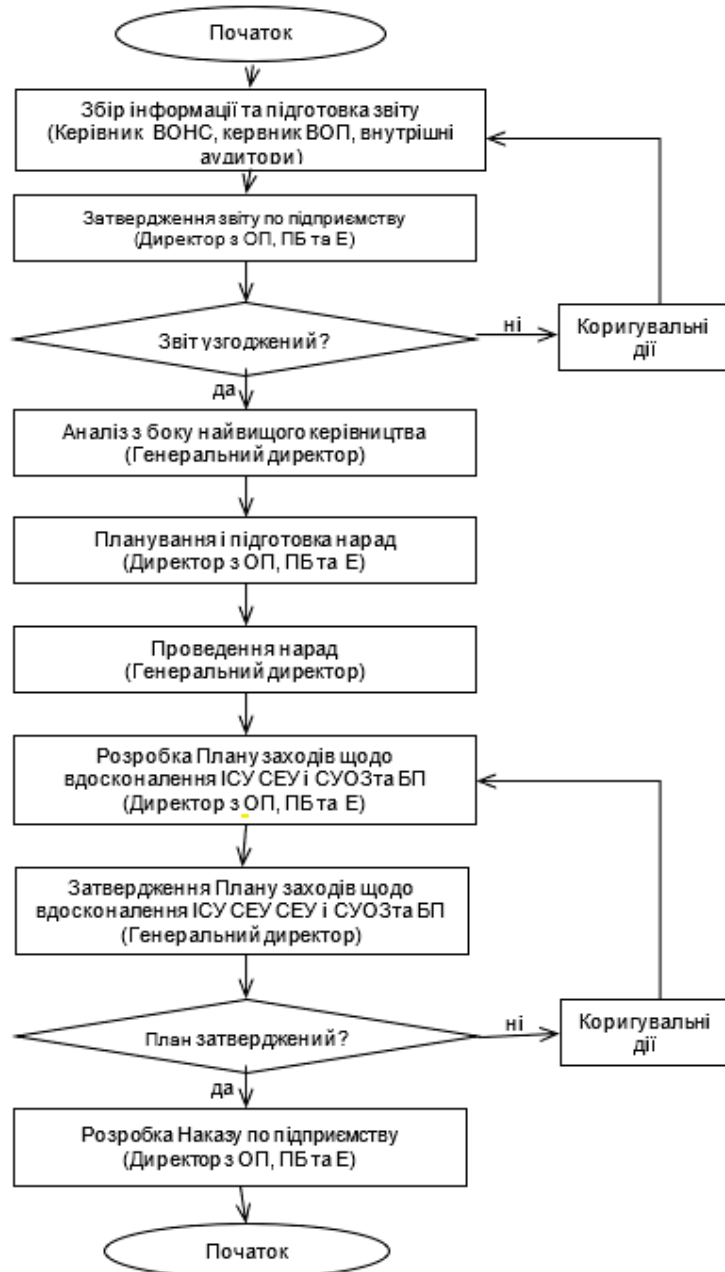


Рисунок 4.1 – Блок схема проведення аналізу з боку вищого керівництва

Метою процесу "Аналіз з боку найвищого керівництва" є оцінка реалізації Політики і Цілей підприємства в області екології, охорони здоров'я та забезпечення безпеки праці, придатності і результативності інтегрованої системи екологічного управління і системи управління охороною здоров'я та безпекою праці (далі ІСУ СЕУ і СУОЗ та ПБ), її узгодженості зі стратегічними напрямками розвитку підприємства і відповідності вимогам ISO 14001:2015 (ДСТУ ISO 14001:2015), ISO 45001:2018 (ДСТУ ISO 45001:2019), а також визначення можливостей поліпшення і потреби змін в ІСУ СЕУ і СУОЗ та БП.

Результат аналізу ІСУ СЕУ і СУОЗ та БП і обговорення існуючих питань виносяться на нараду, яка проводиться один раз на рік під керівництвом Генерального директора. Рішення, прийняті під час проведення наради, оформляються протоколом.

5 РОЗРАХУНОК ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЄКТУ З ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ АСПІРАЦІЇ ТА ГАЗООЧИСНОЇ УСТАНОВКИ НА ДІЛЬНИЦІ КОКСОСОРТУВАННЯ КОКСОВОГО ЦЕХУ

5.1 Розрахунок екологічної ефективності від реалізації проєкту

Відповідно до паспортних даних існуючої ГОУ коксортувалки (табл. 2.1), викиди з труби ГОУ складають 100 мг/м^3 що відповідає нормативу, встановленому дозволом. Середньодобовий час роботи коксортувалки і відповідно ГОУ становить 11 год/добу (відповідно даним журналу обліку роботи ГОУ), продуктивність димососу ГОУ (табл. 2.1) складає $60 \text{ тис. м}^3/\text{год}$.

Таким чином середньорічний об'єм викидів коксового пилу з існуючої ГОУ коксортувалки складає:

$$60 \text{ тис. м}^3/\text{год} \cdot 11 \text{ год/добу} \cdot 100 \text{ мг/м}^3 \cdot 365 \cdot 0,000001 = 24,09\text{т/рік}$$

У разі реалізації запропонованого проєкту вдосконалення ГОУ, за рахунок зниження вмісту пилу на виході із фільтру (до $6,0 \text{ мг/м}^3$), а також зменшення сумарного середньодобового об'єму повітря, що аспірується ($440 \text{ тис. м}^3/\text{добу}$) з укрить в наслідок підвищення ефективності аспірації і виключення аспірації повітря над обладнанням що не працює (детальний розрахунок виконано з використанням інструментів MS Excel результати розрахунку представлені в табл. 5.1).

Середньорічний об'єм викидів коксового пилу з аспірації коксортувалки буде складати:

$$440 \text{ тис. м}^3/\text{доб} \cdot 6,0 \text{ мг/м}^3 \cdot 365 \cdot 0,000001 = 0,96\text{т/рік}$$

Таблиця 5.1 – Розрахунок ефективності проекту за допомогою інструментів MS Excel

| № пп | Джерела викидів забруднюючих речовин | Прийнята продуктивність місцевого відсоса, тис.м ³ /год | Потужність електродвигуна, кВт/год | Час роботи протягом доби, год/добу | Вміст пилу у викидах, мг/м ³ | Добова витрата електроенергії, кВт/год | Добові викиди пилу в атмосферне повітря, г | Викиди пилу в атмосферне повітря за розрахунковий період для екологічного податку, т/міс | Місячні витрати на екологічні виплати, грн/міс | Місячні витрати на електроенергію, грн/міс | Ставка екоподатку за викиди речовин IV класу небезпеки, грн/т | Вартість електроенергії для металургійних підприємств України станом на 01.12.2023р, грн/кВт.год |
|------|---|---|------------------------------------|---------------------------------------|---|--|--|--|--|--|--|--|
| 1 | Укриття перекачувального вузла з подрібнюючим механізмом I черги | 6,00 | 2 | 6 | 6 | 12 | 216 | 0,00648 | | | 92,37 | 5,6 |
| 2 | Грохот «гризлі» I черги з навантажувальним жолобом | 8,00 | 2 | 6 | 6 | 12 | 288 | 0,00864 | | | | |
| 3 | Вібраційний грохот I черги | 16,00 | 4 | 6 | 6 | 24 | 576 | 0,01728 | 602 250,00 | | | |
| 4 | Укриття перекачувального вузла з подрібнюючим механізмом II черги | 6,00 | 2 | 5 | 6 | 10 | 180 | 0,0054 | 24,09 | | | |
| 5 | Грохот «гризлі» II черги з навантажувальним жолобом | 8,00 | 2 | 5 | 6 | 10 | 240 | 0,0072 | | | | |
| 6 | Вібраційний грохот II черги | 16,00 | 4 | 5 | 6 | 20 | 480 | 0,0144 | | | | |
| 7 | Загальний навантажувальний жолоб | 10,00 | 3 | 11 | 6 | 33 | 660 | 0,0198 | 23,76 | | | |
| 8 | Комплекс місцевих відсосів | | | 11 | | 121 | 2640 | 0,0792 | 7,32 | 20 328,00 | 20335,32 | |
| 9 | Існуюча ГОУ | 60,00 | 150 | 11 | 100 | 1650 | 66000 | 1,98 | 182,89 | 277 200,00 | 277382,89 | |

Тобто реалізація проєкту дозволить знизити викиди пилу в навколишнє середовище від обладнання коксортувалки в 25 разів.

5.2 Розрахунок енергетичної ефективності від реалізації проєкту

Відповідно до паспортних даних існуючої ГОУ коксортувалки (табл. 2.1), димосос ГОУ укомплектований електродвигуном потужністю 150кВт. Середньодобовий час роботи коксортувалки і відповідно ГОУ становить 11 год/добу (відповідно даним журналу обліку роботи ГОУ).

Таким чином середньорічні витрати електроенергії на роботу ГОУ складають:

$$150\text{кВт} \cdot 11 \text{ год/добу} \cdot 365 = 602\,250 \text{ кВт/год}$$

У разі реалізації запропонованого проєкту вдосконалення ГОУ, за рахунок підвищення ефективності аспірації і виключення аспірації повітря над обладнанням, що не працює, середньодобова витрата електроенергії на аспірацію складе 121кВт·год. Розрахунок виконано з використанням інструментів MS Excel, а результати розрахунку представлені в табл. 5.1.

Середньорічні витрати електроенергії на роботу ГОУ складають:

$$121\text{кВт}\cdot\text{год} \cdot 365 = 44\,165 \text{ кВт}\cdot\text{год/рік}$$

Тобто реалізація проєкту дозволить підвищити енергоефективність аспіраційного обладнання коксосортувалки в 13,6 разів.

5.3 Розрахунок економічної ефективності від реалізації проєкту

На жаль у відкритих джерелах відсутня інформація про риночну вартість аспіраційного обладнання і рукавних фільтрів. Всі без винятку виробники пропонують індивідуальне проектування і виготовлення обладнання на замовлення у відповідності до вимог замовника. Тому ефективність проєкту можливо оцінити тільки за рахунок зменшення витрат: на сплату екологічного податку за викиди пилу та за рахунок економії електроенергії, що витрачається на аспірацію і очищення забрудненого пилом повітря

Ставка екологічного податку для забруднюючих речовин (сполук), які не увійшли до п. 243.1 Податкового Кодексу України (ПКУ) та на які не встановлено клас небезпечності (крім двоокису вуглецю), застосовується залежно від установлених орієнтовно безпечних рівнів впливу таких речовин (сполук) в атмосферному повітрі населених пунктів (п. 243.3 ПКУ). Для коксового пилу ставка екологічного податку складає 96,99 грн/т [28]. Щорічна економія складе:

$$24,09\text{т/рік} \cdot 96,99 \text{ грн/т} - 0,96\text{т/рік} \cdot 96,99 \text{ грн/т} = 2\,243 \text{ грн/рік}$$

Середньозважена вартість електроенергії, що витрачається на аспірацію і очищення забрудненого пилом повітря, сягає 4898,05 грн.

за МВт·год станом на 12.01.2024 року [29]. Отже річна вартість за електроенергію, яка необхідна для експлуатації існуючої ГОУ, складе:

$$(602,2\text{МВт}\cdot\text{год}/\text{рік}-44,2\text{МВт}\cdot\text{год}/\text{рік})\cdot 4898,05\text{МВт}\cdot\text{год}=2733,5\text{тис.грн}/\text{рік}$$

Тобто сумарний економічний ефект від реалізації проекту за рахунок зниження затрат на виробництво буде складати:

$$2733,5\text{ тис.грн}/\text{рік} + 2,2\text{ тис.грн}/\text{рік} = 2\,735,7\text{ тис.грн}/\text{рік}$$

Порівняння витрат представлено на діаграмі (рис. 5.1).



Рисунок 5.1 – Порівняння середньорічних щомісячних витрат на сплату екоподатку та електроенергії на роботу системи аспірації

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі вирішена актуальна науково-практична задача, що полягає у визначені найкращого шляху вдосконалення системи аспірації дільниці коксортувалки спрямоване на покращення умов праці, зменшення екологічного навантаження на територію, та оптимізацію витрат на виробництво основної продукції.

В роботі вирішені наступні питання:

1. На підставі огляду науково-технічних джерел виявлено, що коксовий пил: вибухових властивостей не має; майже не злежується; належить до групи гідрофобних часток, що є протипоказником для уловлювання в мокрих пиловловлюючих апаратах; є крупнодисперсним, крупністю від 80 до 340 мкм. Крупність пилу залежить від швидкості руху повітря в зоні пилоутворення.

2. При значеннях швидкості повітря, що втягується в укриття зони пиління, більше 1 м/с вихід пилу з цих зон припиняється, а отже дану швидкість можна прийняти як оптимально ефективну при підборі аспіраційного обладнання.

3. Під час експерименту підтверджено ефективність існуючої системи аспірації для забезпечення якості повітря робочих зон, але виявлено значне скорочення пилоутворення в умовах відключення примусової вентиляції зон активного пиління. Це дозволило зробити висновок про необхідність зменшення продуктивності аспіраційного пристрою до мінімальної, що забезпечує припинення виходу пилу з укрить, та розрахувати параметри місцевого відсосу.

4. За результатами аналізу доступних технологій обрано оптимальну для використання в умовах коксортувалки коксового цеху, а саме використання струменевих рукавних фільтрів,

встановлених безпосередньо на укриття зон активного пилоутворення.

5. Розглянуто аспекти інтегрованої системи управління, яка складається з системи екологічного управління, системи управління охороною здоров'я та безпекою праці, що діють на сучасному металургійному підприємстві повного циклу.

6. Розрахунково підтверджено екологічну ефективність та надано прогноз покращення щорічного фінансового результату за рахунок зменшення виробничих витрат у разі реалізації проєкту вдосконалення системи аспірації та газоочисної установки на ділянці коксортування коксового цеху.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Halai V. A., Maksymova N. M. Review of dust protection measures in the areas of coke industry development. MININGMETALTECH 2023 – THE MINING AND METALS SECTOR: INTEGRATION OF BUSINESS, TECHNOLOGY AND EDUCATION. Volume 2. 2023. URL: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-137> (date of access: 14.12.2023).
2. Partial oxidation of simulated hot coke oven gas to syngas over Ru-Ni/Mg(Al)O catalyst in a ceramic membrane reactor / H. Cheng et al. *Journal of Natural Gas Chemistry*. 2009. Vol. 18, no. 4. P. 467–473. URL: [https://doi.org/10.1016/s1003-9953\(08\)60137-1](https://doi.org/10.1016/s1003-9953(08)60137-1) (date of access: 15.12.2023).
3. Wiessner F. G. Basics and industrial applications of pressure swing adsorption (PSA), the modern way to separate gas. *Gas Separation & Purification*. 1988. Vol. 2, no. 3. P. 115–119. URL: [https://doi.org/10.1016/0950-4214\(88\)80026-4](https://doi.org/10.1016/0950-4214(88)80026-4) (date of access: 17.12.2023).
4. An overview of novel technologies to valorise coke oven gas surplus / J. M. Bermúdez et al. *Fuel Processing Technology*. 2013. Vol. 110. P. 150–159. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2012.12.007> (date of access: 15.12.2023).
5. Шульга І.В. Устаткування підприємств з переробки твердих горючих копалин: посібник [Електронний ресурс] / І.В. Шульга, Д.В. Мірошніченко. – ХарківТернопіль: НТУ «ХПІ», Видавництво «Крок», 2022. – 209 с.

6. Joseck F., Wang M., Wu Y. Potential energy and greenhouse gas emission effects of hydrogen production from coke oven gas in U.S. steel mills. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2008. Vol. 33, no. 4. P. 1445–1454. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2007.10.022> (date of access: 17.12.2023)
7. Збірник показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами. Том 1. III Коксохімічне виробництво./ Малиш О.С., Борисенко О.Л., Баннікова Л.П., Григор'єва Т.В., Дубчинська І.М.; Мельнікова Л.В., Зеленський І.М.: Донецьк. 2004. 184с.
8. Modesto M., Nebra S.A. Exergoeconomic analysis of the power generation system using blast furnace and coke oven gas in a Brazilian steel mill. *Applied Thermal Engineering*. 2009. Vol. 29, no. 11-12. P. 2127–2136. URL: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2008.12.033> (date of access: 16.12.2023).
9. Energy conservation and circular economy in China's process industries / H. Li et al. *Energy*. 2010. Vol. 35, no. 11. P. 4273–4281. URL: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2009.04.021> (date of access: 17.12.2023).
10. Numerical investigation of coke oven gas (COG) injection into an ironmaking blast furnace (BF) / Z. Li et al. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2022. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2022.07.036> (date of access: 27.12.2023).
11. Best available techniques (BAT) reference document for common waste gas management and treatment systems in the chemical sector - Publications Office of the EU. *Publications Office of the EU*. URL: <https://doi.org/10.2760/220326> (date of access: 11.12.2023).

12. Best available techniques (BAT) reference document for iron and steel production - Publications Office of the EU. *Publications Office of the EU*. URL: <https://doi.org/10.2791/97469> (date of access: 17.01.2024).

13. Правила технічної експлуатації коксохімічних підприємств ПТЕ 2017. Харків: ДП «ГИПРОКОКС», ДП «УХІН», 2017. 274с

14. Ausstattung des Kohlenstaubkomplexes (PUT) für offene AG «ArcelorMittal Kryvyi Rih». *Arma-Gmbh – Arma-Gmbh*. URL: <http://arma-gmbh.de/gazoochistka-i-aspiracziya-dlya-koksohimicheskogo-proizvodstva-pao-amkr/> (дата звернення: 07.10.2023).

15. What are the WHO Air quality guidelines? *World Health Organization (WHO)*. URL: <https://www.who.int/news-room/feature-stories/detail/what-are-the-who-air-quality-guidelines> (date of access: 07.10.2023).

16. Наказ Міністерство охорони навколишнього природного середовища України від 27.06.2006 № 309 Про затвердження нормативів граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел. Дата початку дії 12.08.2006. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/RE12786?an=553> (дата звернення: 07.10.2023).

17. Стефаненко В.Т. Очистка від пилу газів і повітря на коксохімічних підприємствах. М.: Металургія, 1991. 72с. (на рос. мові).

18. Рукавний фільтр - Greenex Eco. *Greenex Eco*. URL: <https://greenex-eco.com/services/aspiration/bag-filter/> (дата звернення: 07.10.2023).

19. Dust Control Handbook for Industrial Minerals Mining and Processing / Andrew B. Cecala, Andrew D. O'Brien, Joseph Schall, Jay F. Colinet, Robert J. Franta, Mark J. Schultz, Emily J. Haas, Jamie E. Robinson, Justin Patts, Brian M. Holen, Robert Stein, Jake Weber, Mark Strebel, Lindsie Wilson, and Mark Ellis. Pittsburgh: Department of Health

and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, Office of Mine Safety and Health Research, 2019. 406pp.

20. Аспіраційно-технологічні установки підприємств кольорової металургії. Вид. 2-е, перероб. та доп. Бошняков Е.Н. М.: Металургія. 1987. 160с.

21. Ausstattung des Kohlenstaubkomplexes (PUT) für offene AG «ArcelorMittal Kryvyi Rih». *Arma-Gmbh – Arma-Gmbh*. URL: <http://arma-gmbh.de/gazoochistka-i-aspiracziya-dlya-koksohimicheskogo-proizvodstva-pao-amkr/> (дата звернення: 07.10.2023).

22. Природоохоронні технології. Частина перша. Захист атмосфери. Навчальний посібник./ Северин Л. І., Петрук В. Г., Безвозюк І. І., Васильківський І. В.: Вінниця. ВНТУ. 2012. 388с.

23. Industrial ventilation: A Manual of Recommended Practice. Cincinnati, Ohio: American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Inc, 1998. 23rd Edition. 514pp.

24. ПрАТ КАМЕТ-СТАЛЬ. Офіційний інтернет ресурс. URL: <https://dkhz.com.ua/> (date of access: 18.11.2023).

25. Природоохоронні технології. Частина перша. Захист атмосфери. Навчальний посібник./ Северин Л. І., Петрук В. Г., Безвозюк І. І., Васильківський І. В.: Вінниця. ВНТУ. 2012. 388с.

26. Методичні рекомендації з аспірації технологічних процесів кольорової металургії. Свердловськ ВНИИОТ, 1985. 65с

27. Гичёв Ю.А. Очистка газов. Часть II: Конспект лекций. Днепропетровск: НМетАУ, 2015. 48 с.

28. Ставки екологічного податку у 2022 році. БУХГАЛТЕР.UA *Новини бухгалтерського та податкового обліку*. URL: https://buh.ligazakon.net/aktualno/11559_stavki-ekologchnogo-podatku-u-2022-rots (дата звернення: 10.01.2024).

29. Ринок електроенергії - індекси та середньозважені ціни.
Ставки, індекси, тарифи. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/tariff/electric/prom/market/> (дата звернення: 10.01.2024).

Публікація за темою досліджень



International scientific conference

**MININGMETALTECH 2023 – THE MINING
AND METALS SECTOR: INTEGRATION
OF BUSINESS, TECHNOLOGY
AND EDUCATION**

November 29–30, 2023

Volume 2



International scientific conference “MININGMETALTECH 2023 – The mining and metals sector: integration of business, technology and education” : conference proceedings (November 29–30, 2023. Riga, the Republic of Latvia). Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2023. Vol. 2. 348 pages.

Program Committee

Head of the Program Committee – **Yurii RYZHENKOV** – CEO, LLC “METINVEST HOLDING”

Deputy Head of the Program Committee – **Oleksandr POVAZHNYI** – Doctor of Economics, Professor, Rector of LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Secretary of the Program Committee – **Maksym KARAKAI** – PhD in Public Administration, Academic Secretary, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Oleksandr MYRONENKO – Operations Director, LLC “METINVEST HOLDING”

Tetiana PETRUK – HR & Organizational Development Director, LLC “METINVEST HOLDING”

Olha OVCHYNNYKOVA – Director of Economics and Business Systems Development, LLC “METINVEST HOLDING”

Yuliia DANKOVA – Chief Financial Officer, LLC “METINVEST HOLDING”

Svitlana ROMANOVA – Chief Legal Officer, LLC “METINVEST HOLDING”

Andrii YEMCHENKO – PhD in Engineering, Chief Technology Officer, LLC “METINVEST HOLDING”

Dmytro TEVELIEV – CEO Advisor, LLC “METINVEST HOLDING”

Oleksii KOMLYK – member of the Supervisory Board

Oleksandr PIMKIN – Director of the Department of Organizational Management and Compensation Management, LLC “METINVEST HOLDING”

Oleksandr PODKORYTOV – Chief Technology and Quality Officer, LLC “METINVEST HOLDING”

Pavlo UZBEK – Director of the Department of Labor Safety, Industrial Security and Environmental Protection, LLC “METINVEST HOLDING”

Vitalii KOVALENKO – Director of the Department of Sustainability Development and Environmental Management, LLC “METINVEST HOLDING”

Maria VASYLIEVA – CEO, LLC “METINVEST SICHSTEEL”

Gregory MASON – Head of the Supervisory Board

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

Organizational Committee

Head of the Organizing Committee – **Volodymyr KUKHAR** – Doctor of Engineering, Professor, Professor at the Department of Metallurgy, Materials Science and Industrial Management, Vice Rector for Research, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Deputy Head of the Organizing Committee – **Natalia REKOVA** – Doctor of Economics, Professor, First Vice Rector – Vice Rector for Academic Affairs, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Secretary of the Organizing Committee – **Khrystyna MALII** – PhD in Engineering, Head of the Research Department, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Kostiantyn MOISEIENKO – PhD in Economics, Associate Professor, Head of the Department of Education Quality Management and International Projects, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Iryna SHKRABAK – Doctor of Economics, Professor, Dean of the Faculty of Mining and Metallurgy, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Viktoriia ROVENSKA – PhD in Economics, Associate Professor, Dean of the Faculty of Production Automation and Digital Technologies, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Volodymyr PASHYNSKYI – Doctor of Engineering, Associate Professor, Head of the Department of Metallurgy, Materials Science and Industrial Engineering, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Nataliia VOLODCHENKOVA – PhD in Engineering, Associate Professor, Head of the Department of Labor Safety and Environmental Protection, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Nadiia RAGULINA – PhD in Economics, Head of the Department of Linguistics and Humanities, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Oleksiy KOYFMAN – PhD in Engineering, Associate Professor, Head of the Department of Automation, Electrical and Robotic Systems, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Iryna SMYRNOVA – PhD in Economics, Associate Professor, Head of the Department of Digital Technologies and Project-Analytical Solutions, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Nataliia HRUDKINA – Doctor of Engineering, Associate Professor, Head of the Department of Natural Sciences and General Engineering Disciplines, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Viacheslav KAMENETS – PhD in Engineering, Associate Professor, Head of the Department of Mining Industry, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Maksym SHTODA – PhD in Engineering, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Metallurgy, Materials Science and Industrial Management, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Pavlo SAHAIDA – Doctor of Engineering, Associate Professor, Professor at the Department of Digital Technologies and Project-Analytical Solutions, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Oleh KRUZHYLKO – Doctor of Engineering, Professor, Professor at the Department of Labor Safety and Environmental Protection, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Dmytro PIKARENIA – Doctor of Geology, Professor, Professor at the Department of Labor Safety and Environmental Protection, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Each author is responsible for content and formation of his/her materials.

The reference is mandatory in case of republishing or citation.

 International scientific conference

| | |
|--|-----|
| Identification of hazards, assessment of risks and development of preventive measures on the example of a repair enterprise Shmyhlenko O.V. | 161 |
| The impact of stress on productivity and efficiency of work on the enterprise Yakovliev Ye.M. | 164 |
| MODERN ECO-FRIENDLY PRACTICES AND PROSPECTS FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION | |
| Modernization of the fire equipment of the mining and metallurgical complex based on jet-niche technology Abdulin M.Z., Terenchuk D.I., Dvortsyn G.R. | 168 |
| Overview of atmospheric protection measures in mining industry development regions Avlasonok K.I., Maksymova N.M. | 171 |
| Review of dust protection measures in the areas of coke industry development Halai V.A., Maksymova N.M. | 175 |
| Development of a methodology for calculating a sufficient amount of reagent-collector for flotation enrichment of ash slag waste Hlukhoveria M.R., Mladetskyi I.K. | 179 |
| Use of macrophytes for assessment of the ecological condition of technologically changed aquatic ecosystems Hudym N.H. | 182 |
| The latest technologies for reuse of sludge of metallurgical enterprises in Ukraine Dreshpak O.S., Berezniak O.O., Berezniak O.O., Chechel P.O. | 185 |
| Study of the possibility of recycling waste from metallurgical productions using glass technology Zhdaniuk N.V. | 188 |
| Relevance and prospects of using alternative raw materials in metallurgical production Zinchenko V.V. | 191 |
| Features of the production of iron ore raw materials from hematite quartzites Ivanchenko A.V., Smirnov O.Ya. | 193 |

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-137>

**REVIEW OF DUST PROTECTION MEASURES
IN THE AREAS OF COKE INDUSTRY DEVELOPMENT**

**ОГЛЯД ЗАХОДІВ ЗАХИСТУ АТМОСФЕРИ ВІД ПИЛУ
В РАЙОНАХ РОЗВИТКУ КОКСОХІМІЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ**

Halai V.A.

*student (group 183-22-1m),
LLC "Technical university
"Metinvest polytechnic",
Zaporizhzhia, Ukraine*

Галай В.А.

*здобувач вищої освіти групи 183-22-1м,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна*

Maksymova N.M.

*PhD (Engineering),
Associate Professor, LLC "Technical
university "Metinvest polytechnic",
Zaporizhzhia, Ukraine*

Максимова Н.М.

*к.т.н., доцент,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна*

Рекомендації Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) щодо якості повітря (AQG) є глобальною ціллю для національних, регіональних і міських урядів щодо покращення здоров'я своїх громадян шляхом зменшення забруднення повітря [1].

Під час оцінки запиленості повітря звертають увагу в першу чергу на наявність частинок з аеродинамічним діаметром, що дорівнює або менше 2,5 і 10 мкм відповідно $PM_{2.5}$ і PM_{10} . Дрібні тверді частинки ($PM_{2.5}$) можуть проникати через легені та далі потрапляти в організм через потік крові, вражаючи всі основні органи. Вплив $PM_{2.5}$ може спричиняти захворювання серцево-судинної і дихальної систем, провокувати інсульт, рак легенів і хронічну обструктивну хворобу легень, тривоги та депресії.

Таблиця 1

Рекомендовані рівні AQG 2021 року порівняно з інструкціями щодо якості повітря 2005 року за даними ВООЗ [1]

| Забруднююча речовина | Середній час впливу* | 2005 AQGs | 2021 AQGs |
|--|----------------------|-----------|-----------|
| PM _{2.5} , мкг/м ³ | Довготривала дія | 10 | 5 |
| | Короткочасна дія | 25 | 15 |
| PM ₁₀ , мкг/м ³ | Довготривала дія | 20 | 15 |
| | Короткочасна дія | 50 | 45 |

Примітка. «*» Середньорічний показник відображає довготривалий вплив, а 8-годинний вплив – короткочасну дію.

Гігієнічні регламенти, затверджені Наказом МОЗ України від 14 січня 2020р № 52, нормують концентрації пилу неорганічного, що містить двоокис кремнію більше 70% в атмосферному повітрі населених місць: максимально разова ГДК в розмірі 0,15 мг/м³, середньодобова – 0,05 мг/м³.

Рекомендації ВООЗ носять рекомендований характер, але свідчать про тенденцію посилення вимог, які слід враховувати в операційних покращеннях будь-якої виробничої діяльності, зокрема в металургії.

Так, під час сортування валового коксу на товарні класи за крупністю основною забруднюючою речовиною повітря є пил. Затверджені наказом Міндовкілля України від 29.09.2009 № 507 поточні технологічні нормативи допустимих викидів речовин у вигляді суспендованих твердих частинок від коксових печей, недиференційованих за складом, становлять 50 мг/м³. Однак рівні встановлені дозволами на такі викиди в повітря стаціонарними джерелами для підприємств [2] зазвичай є меншими. При транспортуванні, перевантаженні, грохоченні коксу відбувається інтенсивне пиловиділення, що обумовлює необхідність передбачення потужної аспіраційної системи для видалення шкідливих речовин з повітря виробничих приміщень. До складу аспіраційних систем включають сухі і мокрі пиловловлювачі, зазвичай застосовують двоступінчасту схему очищення. В якості першого ступеня використовують групи циклонів, що мають досить високу ефективність пиловловлювання (87–97%). На другому ступені – мокрі пиловловлювачі, зокрема скрубери (до 99%). Ефективність роботи останніх обумовлена переважно витратою зрошувальної рідини і якістю її распилення.

Коксовий пил, по існуючій класифікації, може бути, віднесений до класу крупно-дисперсних, також слід зазначити, що газова суміш

(запилене повітря в джерелах пилоутворення) фактично має температуру навколишнього середовища, що значно спрощує завдання знепилювання аспіраційного повітря сухими методами.

Аналітичний огляд інформаційних джерел [3–4] показав, що останнім часом спостерігається поширене впровадження сухих пиловловлювачів у виробництво, а саме рукавних фільтрів.

У проєкті реконструкції коксових батарей № 5 і № 6 на КХП ПАТ «Арселор-Міталл Кривий Ріг», після розгляду технічної та комерційної складової вибір впав на користь пропозиції із застосування малогабаритних плоскорукавних фільтрів для дільниць коксосортування, дроблення вугілля і безпилової видачі коксу [3].

Досить цікавим рішенням є використання конвеєрних струменевих фільтр DFT (встановлюється над стрічкою в точці пилоутворення), його дуже компактний дизайн у поєднанні з інноваційною технологією очищення робить стрічковий фільтр BAF із системою очищення DELA переконливою інновацією в галузі. На додаток до ефективного очищення, інноваційна технологія очищення також дозволяє максимально знизити витрати на електроенергію, оскільки енергія стисненого повітря може бути заощаджена більш ніж на 40%.

Фільтр BAF, встановлений на стрічці, використовується для боротьби з пилом у точці походження та досягає значень залишкового пилу $<1\text{мг/Нм}^3$. Пил рециркулює безпосередньо до матеріального потоку. Пилосос поставляється з вбудованим регулятором об'ємної витрати [4].

Це пояснюється високою ефективністю очищення викидів від пилу: на виході після рукавних фільтрів зазвичай становить не більше 20мг/м^3 , а при необхідності можливо досягнути і не більше 1мг/м^3 [5]. Для виготовлення рукавів використовуються матеріали різних виробників із США, Японії, Німеччини, Туреччини та інших країн. Матеріал рукавів підбирається в залежності від умов експлуатації та вимог до очищення. Пилоочисне устаткування характеризується широким вибором конфігурацій фільтрів різної конструкції, надійністю в роботі, легкістю в експлуатації, періодичною заміною рукавів.

Таким чином, з метою удосконалення системи аспірації на дільниці коксосортування коксового цеху доцільне впровадження рукавних фільтрів, а також встановлення локальних аспіраційних систем, безпосередньо в місцях пилоутворення замість однієї потужної газоочисної установки. Сухі пиловловлювачі можуть забезпечити тонку очистку повітря від пилових частинок, що мають розмір менше 1мкм , а отже допоможуть досягти українських та європейських норм

екологічної безпеки [2, 4, 6], а встановлення локальних фільтраційних систем дозволить уникнути втрат у системі повітропроводів, знизить витрати електроенергії.

Перелік використаних джерел

1. What are the WHO Air quality guidelines? *World Health Organization (WHO)*. URL: <https://www.who.int/news-room/feature-stories/detail/what-are-the-who-air-quality-guidelines> (date of access: 07.10.2023).
2. Наказ Міністерство охорони навколишнього природного середовища України від 27.06.2006 № 309 Про затвердження нормативів граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел. Дата початку дії 12.08.2006. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/RE12786?an=553> (дата звернення: 07.10.2023).
3. Ausstattung des Kohlenstaubkomplexes (PUT) für offene AG «ArcelorMittal Kryvyi Rih». *Arma-GmbH – Arma-GmbH*. URL: <http://arma-gmbh.de/gazoochistka-i-aspiracziya-dlya-koksohimicheskogo-proizvodstva-rao-amkr/> (дата звернення: 07.10.2023).
4. Conveyor-Jetfilter. *DFT*. URL: <https://deichmann-filter.de/de/conveyer-jetfilter> (date of access: 07.10.2023).
5. Рукавний фільтр – Greenex Eco. *Greenex Eco*. URL: <https://greenex-eco.com/services/aspiration/bag-filter/> (дата звернення: 07.10.2023).
6. Директива від 24.11.2010 № 2010/75/ЄС Про промислові викиди (інтегроване запобігання та контроль забруднення). Дата прийняття 24.11.2010. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_004-10#Text (дата звернення: 07.10.2023).

TSC-2930045-MIP dated 30.11.2023

CERTIFICATE

mip metinvest
polytechnic

Volodymyr HALAI

for Participation in the International scientific-technical conference

**MININGMETALTECH 2023 - The mining
and metals sector: integration of business,
technology and education**

November 29-30, 2023

Total: 15 hours – 0.5 ECTS credit

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

