

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет інженерних систем та екології
кафедра технологій захисту навколишнього середовища та охорони праці

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТР**

на тему:

«Оцінка впливу підприємства будівельної промисловості на
навколишнє середовище»

Сорока Ігор Володимирович

Київ 2025 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет інженерних систем та екології
кафедра технологій захисту навколишнього середовища та охорони праці

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЗНСтаОП

_____ Т.М. Ткаченко

„___” _____ 2025 року

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО РІВНЯ МАГІСТР

**«Оцінка впливу підприємства будівельної промисловості на
навколишнє середовище»**

Виконав студент групи ЕКм-24

Сорока Ігор Володимирович

Спеціальність: 101 «Екологія»

Керівник: д.т.н., проф. Волошкіна О.С.,

к.т.н., доц. Жукова О.Г.

Рецензент: _____

Київ 2025 р

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет інженерних систем та екології
Кафедра технологій захисту навколишнього середовища та охорони праці
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
Спеціальність: 101«Екологія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЗНС та ОП

_____ Т.М. Ткаченко

„___” _____ 2025 року

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу студенту

- 1.Тема роботи: Оцінка впливу підприємства будівельної промисловості на навколишнє середовище
керівник роботи: д.т.н., проф. Волошкіна О.С., к.т.н., доц. Жукова О.Г.
затверджена наказом вищого навчального закладу від «___» _____
202__ р. № _____
- 2.Строк подання студентом роботи «___» _____ 2025 р.
- 3.Вихідні дані до роботи а) дані надані підприємством
- 4.Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. Аналіз екологічної небезпеки цементного виробництва та існуючих засобів вловлювання цементного пилу. Об'єкт та методи досліджень. Технології захисту довкілля при використанні альтернативних палив у цементному виробництві. Еколого-технологічні пропозиції покращання стану довкілля. Висновки. Список використаної літератури
5. Перелік графічного матеріалу а) 9 таблиць; б) 11 рисунків; в) Схеми.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів випускної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1	Аналіз екологічної небезпеки цементного виробництва та існуючих засобів вловлювання цементного пилу	березень	виконано
2	Об'єкт та методи досліджень	березень	виконано
3	Технології захисту довкілля при використанні альтернативних палив цементному виробництві	квітень	виконано
4	Еколого-технологічні пропозиції покращання стану довкілля	травень	виконано
5	Висновки	травень	виконано
6	Список використаної літератури	червень	виконано
7	Остаточне оформлення роботи	вересень	виконано
8	Направлення роботи на рецензування, перевірку на плагіат	жовтень	виконано
9	Попередній захист роботи на кафедрі	листопад	виконано

7. Консультанти розділів атестаційної випускної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірив	
		Дата	Підпис
Розділ 1.			
Розділ 2.			
Розділ 3.			
Розділ 4.			

8. Дата видачі завдання _____

Зав. кафедри _____

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник _____

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Студент _____

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Анотація

Робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, переліку використаної літератури та посилань. Робота містить 11 рисунків та 9 таблиць. Загальний обсяг магістерської роботи – 89 сторінок.

На сьогоднішній день однією з важливих галузей постачання будівельних матеріалів в Україні вважається цементна промисловість, яка почала свій розвиток ще з 1896 року. Виробництво цементної сировини широко розповсюджене на території України. Під час виробництва цементу, а особливо, випалювання сировини при високих температурах, відбуваються викиди забруднюючих речовин, за рахунок яких поширюється негативний техногенний вплив на навколишнє середовище та здоров'я населення. Проблема збільшення обсягів забруднення від виробництва будівельних матеріалів – стає все більш актуальною.

Численні дослідження вказують, що у відхідних газах міститься значна кількість важких металів, кислот та інших забруднюючих речовин. У зв'язку з виробничими потужностями та обсягами викидів, цементне виробництво можна вважати однією з головних причин забруднення атмосфери та інших компонентів довкілля (за рахунок міграції забруднюючих речовин).

Саме тому, підприємства по виробництву цементу в Україні мають спрямувати свої ресурси на впровадження ефективних методів очистки відхідних газів для зниження негативного впливу на компоненти довкілля та місцеве населення.

Ключові слова: *екологія, забруднення, цементне виробництво, підприємство, антропогенний вплив*

Abstract

The work consists of an introduction, 4 chapters, conclusions, a list of used literature and references. The work contains 11 figures and 9 tables. The total volume of the master's thesis is 89 pages.

Today, one of the important sectors of the supply of building materials in Ukraine is the cement industry, which began its development in 1896. The production of cement raw materials is widespread in Ukraine. During the production of cement, and especially the firing of raw materials at high temperatures, pollutants are emitted, due to which the negative technogenic impact on the environment and public health spreads. The problem of increasing pollution from the production of building materials is becoming increasingly relevant.

Numerous studies indicate that exhaust gases contain a significant amount of heavy metals, acids and other pollutants. Due to production capacity and emissions, cement production can be considered one of the main causes of atmospheric pollution and other environmental components (due to the migration of pollutants).

That is why cement production enterprises in Ukraine should direct their resources to the implementation of effective methods of waste gas purification to reduce the negative impact on environmental components and the local population.

Keywords: *ecology, pollution, cement production, enterprise, anthropogenic impact*

ЗМІСТ

	Вступ	11
Розділ 1.	Аналіз екологічної небезпеки цементного виробництва та існуючих засобів вловлювання цементного пилу.....	13
1.1.	Аналіз впливу цементного виробництва на екологічну безпеку регіону.....	14
1.1.1.	Вплив цементного виробництва на атмосферу	14
1.1.2.	Характеристика забруднень гідросфери на території досліджень.....	16
1.1.3.	Аналіз забруднення ґрунтового середовища прилеглих територій.....	16
1.1.4.	Вплив забруднення на біоту.....	17
1.1.5.	Вплив забруднення на людину.....	19
1.2.	Огляд засобів визначення ступеню екологічної небезпеки викидів промислового пилу за його вмістом в атмосфері і класифікація відповідних методів.....	24
1.3.	Огляд та критичний аналіз існуючих засобів вловлювання цементного пилу.....	32
Розділ 2.	Об'єкт та методи досліджень.....	40
2.1.	Технології цементного виробництва.....	40
2.2.	Види палива та їх характеристики.....	58
2.3.	Методи досліджень викидів.....	60
Розділ 3.	Технології захисту довкілля при використанні альтернативних палив у цементному виробництві.....	62
3.1.	Дослідження емісії забруднювачів повітря цементного виробництва при використанні традиційних палив.....	62
3.2.	Дослідження сумісного спалювання різних типів палива....	64
3.3.	Характеристика поллютантів у викидах.....	67

Розділ 4	Еколого-технологічні пропозиції покращання стану довкілля.....	73
	Висновки.....	85
	Список використаної літератури.....	87

Вступ

Актуальність теми дослідження. Важливим фактором розвитку виробництва є екологічна ємність регіону - можливість акумулювати вплив промислової діяльності без наслідків для екосистеми. Викиди підприємств негативно впливають на стан атмосферного повітря, супроводжують утворення смогу, кислотних дощів, зменшують прозорість атмосфери тощо.

Серед промислових виробництв України одним з найбільших джерел забруднення навколишнього середовища є будівельна галузь, та зокрема, цементна промисловість, що розвивається динамічними темпами, збільшуючи свої потужності і тим самим завдаючи більшої шкоди навколишньому середовищу, оскільки виробництво цементу супроводжується газопиловими викидами та скидами стічних вод після охолодження на певних процесах.

Виробництво цементу організують по «сухій», «мокрій» або змішаній технологічних схемах. Відомо, що більшим джерелом пилових викидів є «суха» схема. Набагато сприятливіша для ефективного пиловидалення мокра схема, яка дає унаслідок зволоженості матеріалів менші концентрації пилових викидів і значно менший сумарний рівень викидів. Проте економічним, продуктивнішим і, отже, частіше вживаним (особливо на нових підприємствах) є сухий спосіб. Тому, виходячи із виробничої специфіки такого способу, цементні підприємства найбільше впливають на атмосферне повітря. Обсяги забруднюючих речовин, що надходять в атмосферу є значними, тому виникає потреба у застосуванні устаткування для очищення викидів.

Мета й завдання кваліфікаційної роботи. Головною метою роботи є техніко-екологічне виправдання зменшення кількості газо-пилових викидів у атмосферну середу у процесі виготовлення цементної продукції шляхом використання технології електростатичного осадження.

Для досягнення зазначеної мети були встановлені такі завдання:

1. Проаналізувати рівень екологічної небезпеки цементного виробництва. Розглянути існуючі методи та засоби для зменшення екологічного навантаження від виготовлення цементної продукції на атмосферу.

2. Дослідити процес розсіювання пилового викиду в умовах цементного виробництва. Розглянути індикатори екологічної безпеки та проаналізувати доцільність застосування технологій та засобів для зниження концентрації забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферу у ході виробництва цементу.

3. Визначити та обґрунтувати заходи для скорочення пилового викиду. Проаналізувати ефективність впровадження технології електростатичного осадження в умовах виробництва цементу.

4. Проаналізувати небезпечні та шкідливі виробничі фактори та розробити заходи з техніки безпеки для працівників та безпечної експлуатації виробничих потужностей.

5. Виконати економічні розрахунки ефективності впровадження та експлуатації обладнання для електростатичного осадження пилових викидів.

Об'єкт дослідження – підприємство цементної промисловості.

Предмет дослідження – екологічний аудит об'єктного підприємства.

Розділ 1

Аналіз екологічної небезпеки цементного виробництва та існуючих засобів вловлювання цементного пилу

Сучасна промисловість є невід’ємною частиною розвитку будь-якої країни та її регіонів. Безперервний виробничий процес гарантує економічну стабільність та задоволення потреб населення. Відповідно до потреб регіонів промисловість локалізується та здійснюють свою діяльність в межах областей, міст та селищ. Розташування підприємства залежить від сировинної бази, природних умов місцевості, об’ємів споживчої аудиторії. Важливим фактором розвитку виробництва є його екологічна ємність регіону – можливість акумулювати вплив промислової діяльності без наслідків для екосистеми [1].

В залежності від виробництва та технологій які на ньому використовуються підприємство тим чи іншим способом забруднює атмосферне, гідросферне та агросередовища: викидами від спалювання компонентів сировини, шкідливими залишками у скидах стічних вод, осадами шкідливих речовин, накопиченням промислових відходів.

Серед промислових виробництв України одним з найбільших джерел забруднення навколишнього середовища є цементна промисловість. Виробництво цементу супроводжується твердими та газоподібними викидами, скидами стічних вод після охолодження на певних процесах.

Серед промислових виробництв України одним із найбільших джерел забруднення навколишнього середовища є будівельний сектор, а з ним і цементна промисловість, що розвивається динамічними темпами, розширюючи свої потужності, що ще більше шкодить навколишньому середовищу, оскільки виробництво цементу супроводжується твердими й газоподібними викидами, відводами стічних вод після охолодження на деяких етапах.

Виробництво цементу може здійснюватися за «сухою», «мокрою» або змішаної технологічної схеми. Відомо, що головним джерелом пилових викидів є суха схема. Набагато кращою для ефективного пиловідділення є мокра схема, яка за рахунок зволоженості матеріалів забезпечує менші концентрації пилу та значно нижчий сумарний рівень викидів.

Однак економічним, продуктивнішим і, отже, частіше застосовуваним (особливо на нових підприємствах) є сухий спосіб. З огляду на виробничу специфіку, цементні заводи найбільше позначаються на атмосферному повітрі. Потоки забруднювальних речовин суттєві, тому на підприємствах, як правило, використовують обладнання для очищення викидів. У порівнянні з підприємствами інших сфер, у будівельних матеріалах рівень улавллювання та знешкодження шкідливих речовин досить високий.

1.1.1 Вплив цементного виробництва на атмосферу

Виробництва цементу супроводжується надходженням в навколишнє середовище твердих і газоподібних забруднюючих речовин (цементного пилу, ртуті, сажі, сірчистого ангідриду, оксидів азоту, різних вуглеводів, марганцю, ванадію, та ін.)

Викиди підприємства негативно впливають на стан атмосферного повітря, супроводжують утворення смогу, кислотних дощів, зменшують прозорість атмосфери. Частки, що перебувають у повітрі у зваженому стані, утворюють різні аерозолі. Зменшення прозорості атмосфери в містах приводить до зниження вступу прямої сонячної радіації на 18-20% [2].

Рідка вода перебуває в атмосфері головним чином у вигляді хмар, туману й серпанку. Крім часток води в атмосфері присутні інші рідини: наприклад рідкі вуглеводні, що утворюються при неповному згорянні палива, і їх похідні, які випаровуються в повітря. У результаті фотохімічних реакцій між оксидами азоту й вуглеводнями утворюються нові рідкі органічні сполуки, які розсіюються в повітрі у вигляді дрібних крапель. Значна концентрація ядер конденсації (сторонніх часток) в атмосфері

приводить до підвищеної хмарності, збільшення частоти випадання опадів і туманів.

Оксиди азоту відіграють більшу роль у виникненні фотохімічного смогу. Основною причиною фотохімічного туману є вихлопні гази автотранспорту.

У забрудненні атмосфери значну роль відіграють пил й дим, тверді частки. Велика кількість твердих часток надходить при спалюванні палива – це частки сажі, оксидів металів.

Сірчистий газ - один з основних забруднювачів повітря. В атмосфері відбувається його окиснення з утворенням туману сірчаної кислоти. Це може бути фотохімічне або каталітичне окиснення. Навіть під час відсутності світла діоксид сірки окислюється в повітрі при наявності деяких оксидів металів. Таким чином, оксиди заліза й марганцю є потенційними каталізаторами окисно-відновних перетворень в атмосферній вологості. Важкі метали (ВМ), які надходять в атмосферне середовище, можуть переноситися на значні відстані, накопичуватися у компонентах навколишнього середовища та потрапляти в харчові ланцюги, завдаючи непоправної шкоди наземним і водним екосистемам.

В атмосферному повітрі ВМ знаходяться у формі органічних та неорганічних сполук у вигляді пилу та аерозолів, а також у газоподібному стані (ртуть). Хімічний склад аерозольних часток та вміст у них важких металів залежить переважно від характеристик джерел їх надходження в атмосферу.

Крім того, ВМ надходять в навколишнє середовище не тільки з відпрацьованими газами, а й з продуктами руйнування гальмівних колодок, автомобільних шин та дорожнього полотна. Гальмівні колодки автомобілів є джерелом надходження Cu та Sb. Sb використовується як матеріал-наповнювач гальмівних колодок у вигляді антимону (Sb_2S_3) [3]. В результаті стирання верхнього шару дорожнього покриття, до складу якого входять

цинк, нікель, мідь, ванадій, молібден, свинець та хром ці важкі метали у вигляді твердих часточок надходять у повітря [4].

1.1.1. Характеристика забруднень гідросфери на території досліджень

Викиди в атмосферу побічно впливають на стан гідросфери й, накопичуючись у водах і донних відкладах, можуть стати джерелом вторинного забруднення. Двоокис сірки і окисли азоту, що виділяються в процесі виробничої діяльності, трансформуються в атмосфері Землі в кислотовмісні частки. Ці частки вступають у реакцію з водою атмосфери, перетворюючи її в розчини кислот, які знижують рН дощової води. Кислотний дощ впливає на водойми — озера, ріки, затоки, ставки — підвищуючи їх кислотність до такого рівня, що в них гинуть живі організми й рослини. Підвищена кислотність води сприяє більш високій розчинності таких небезпечних металів, як алюміній, кадмій, ртуть і свинець із донних відкладів і ґрунтів. Крім того, кислотні дощі руйнують будинки й пам'ятники культури, трубопроводи, знижують родючість ґрунтів і можуть приводити до просочування токсичних металів у водоносні шари ґрунту.

1.1.2. Аналіз забруднення ґрунтового середовища прилеглих територій

Однією з головних проблем забруднення ґрунтів є важкі метали, що надходять на поверхню й в ґрунтові води.

Важкі метали, що надходять на поверхню ґрунту, накопичуються в ґрунтовій товщі, особливо у верхніх гумусових горизонтах, і повільно видаляються при вилуговуванні поживанні рослинами, ерозії. Важкі метали відносять до найнебезпечніших забруднювачів.

Відходи виробництва та споживання також впливають на навколишнє середовище й, на сам перед це відображається на ґрунтах. При забрудненні ґрунтів відходами виробництва й споживання відбувається їхня деградація,

падає врожайність оброблюваних культур, знижується продуктивність лісових ресурсів вилучаються з господарського землекористування значні площі погіршується санітарний стан навколишнього середовища і т.д.

У зв'язку з наростаючою кількістю відходів, що утворюються в результаті антропогенної діяльності, проблема їх утилізації стає усе більш актуальна в наш час [5].

1.1.4. Вплив забруднення на біоту

Забруднюючі речовини, що попадають у біосферу в результаті діяльності аналізованого цементного заводу, впливають на живі організми.

Дія SO_2 на рослини. Сірчистий газ токсичний вплив починається із попаданням забруднювача в клітку. Відбувається зменшення активності ферментів, порушення реакцій обміну речовин, зміна структури органел. Спостерігається затримка розвитку й росту, особливо листків. Усе це, зрештою, призводить до загибелі клітини.

Оксиди азоту. Прямий вплив NO_2 на рослини визначається візуально за пожовтіння або побуріння листя і голок, що відбувається в результаті окислення хлорофілу. Утворюється, при цьому в клітинах, азотиста кислота надає мутагенну дію. Негативне біологічний вплив NO_2 на рослини проявляється в знебарвлення листя, в'янні квіток, припинення плодоношення і росту. Така дія пояснюється утворенням кислот при розчиненні оксидів азоту в міжклітинної і внутрішньоклітинної рідини.

Ботаніки вважають, що початкові симптоми пошкодження рослин оксидами азоту проявляються в безладному поширенні знебарвлюються плям сіро-зеленого відтінку. Ці плями поступово грубіють, висихають і стають білими. Оксиди азоту токсичні при концентрації 3 мл на 1. Для порівняння: сірчистий газ викликає ураження рослин при більшій концентрації (5 млн на 1).

Порушення росту рослин при дії NO_2 спостерігаються при концентраціях 0,35 мг/м³ і вище. Це значення є граничною концентрацією.

Небезпека пошкодження рослинності діоксидом азоту існує тільки у великих містах і промислових районах, де середня концентрація NO₂ становить 0,2 - 0,3 мг/м³.

Озон значно токсичніший оксидів азоту при дії на рослини. Для них він токсичний при концентрації 0,2 млн-1. Чутливі види рослин вже після часовий обробки озоном при концентрації 0,05 - 0,1 мг/м³ проявляються ознаки гноблення (біла або коричнева крапчастість). Озон також змінює структуру клітинних мембран, внаслідок чого можна спостерігати сріблясту плямистість листя. При дії озону також окислюються пігменти і листя знебарвлюються. На глянцевому шарі шкірки листя і голок виявляються тріщини, і лист стає крихким. Крім того, в тріщинах можуть проростати грибні спори, проникаючи потім вглиб листа і руйнують його. Цей інфекційний процес є однією з причин загибелі лісів [6].

При переході від розгляду результатів впливу металів на індивідуальний організм до впливу на популяцію організмів якогось виду, токсикологічний ефект може проявлятися інакше. При цьому, в окремому досліді може бути визначена летальна доза, або конкретна доза, що викликає певний ефект для індивідуального організму, проте для популяції можна отримати лише інтервал концентрацій (доз).

У численних експериментах показано, що залежність «доза-ефект» відносно популяції носить нелінійний характер, і навіть при найвищих дозах токсиканту є особини, які стійкі до них. У зв'язку з цим в токсикології рідко використовується показник абсолютної летальної дози ЛД₁₀₀ (DL₁₀₀), а частіше використовується показник ЛД₅₀ (DL₅₀).

Стійкість особин в межах популяції обумовлена цілим рядом відмінностей: фізіологічних, вікових, поведінкових та ін. Як приклад можна навести вікові відмінності в абсорбції ВМ організмом людини: за рахунок більш активного метаболізму і більш тривалого проходження їжі по кишечнику молоді організми засвоюють значно більше ртуті, ніж дорослі

особини. Ще одним прикладом є відмінність у кількості та якості їжі у різних особин в межах однієї популяції.

Популяція здатна виробляти додаткові механізми стійкості проти токсикантів. Це особливо яскраво виражено у популяції організмів з коротким життєвим циклом, де частота генетичних мутацій на одиницю часу значно вища, ніж у довгоживучих організмів. При цьому ймовірність появи мутацій, що сприяють підвищенню стійкості до певного токсиканту, збільшується.

Порівняно з індивідуальним організмом і популяцією, група популяцій володіє значно більшою стійкістю, хоча вплив токсикантів істотно змінює деякі характеристики спільноти. Основними показниками, якими користуються для індикації впливу будь-яких чинників на співтовариство, є:

- щільність (зміна чисельності) деяких популяцій, що складають біоценоз;
- видове різноманіття;
- видова структура;
- загальна біомаса групи популяцій;
- просторовий розподіл організмів;
- характеристика екологічних пірамід (трофічних рівнів, харчових ланцюгів і мереж).

При цьому важливим є як кількісна характеристика кожного з них, так і співвідношення їх дольової участі в забезпеченні життєдіяльності спільноти [7].

1.1.5. Вплив забруднення на людину

Аналіз забруднення середовища проживання діяльністю розглянутого заводу показав, що в біосферу надходять речовини, що виявляють негативний вплив на організм людини. До таких речовин, у першу чергу, відносяться вуглеводні, діоксид сірки, оксид вуглецю, оксиди азоту, сажа.

По ступеню впливу на організм людини токсичні речовини підрозділяються на 4 класи: 1 - надзвичайно небезпечні, 2 - високо небезпечні, 3 - помірно небезпечні, 4 - мало небезпечні. Для них установлені гранично припустимі концентрації:

- гранично припустима концентрація в робочій зоні ($\text{ГДК}_{\text{рз}}$);
- гранично припустима середньодобова концентрація в атмосфері населених місць ($\text{ГДК}_{\text{сс}}$);
- максимальна разова гранично припустима концентрація в повітрі населених місць ($\text{ГДК}_{\text{мр}}$) [8].

Оксид вуглецю (С) - прозорий газ, який у воді не розчиняється (4 клас безпеки). Тривалість його існування в атмосфері – від двох місяців до трьох років. Надходячи в організм з повітрям, С швидко поглинається кров'ю і блокує можливість гемоглобіну постачати організм киснем.

Діоксид азоту (NO_2) — газ червоно-бурого кольору, у малих концентраціях без запаху, добре розчиняється у воді (2-й клас безпеки). NO_2 , що утворюється в результаті взаємодії з водою повітря, руйнує легеневу тканину і верхні дихальні шляхи. При цьому отруєння організму відбувається поступово і яких-небудь нейтралізуючих цю дію засобів немає. У значних концентраціях NO_2 згубно діє на нервову систему людини, збільшує число хворих астмою.

Вуглеводні (C_xH_y) у викидах представлені низькомолекулярними з'єднаннями, що утворюються в результаті неповного згоряння палива, поліциклічними ароматичними вуглеводнями (ПАВ) і альдегідами. У цілому, їхня дія віднесена до 4-го класу безпеки. Однак деякі види ПАВ, зокрема бенз(а)пірен, є канцерогенними речовинами (перший клас безпеки).

Сажа (С) викликає негативні зміни у системі дихальних органів (3-й клас безпеки). Якщо тверді частки присутні в повітрі разом з оксидами сірки, то їх вплив на здоров'я людей стає небезпечним.

Діоксид сірки (SO_2) - безбарвний, з різким запахом газ, який, взаємодіючи з водою утворює сірчану кислоту (3-й клас небезпеки). Порушує білковий обмін, вражає легені й верхні дихальні шляхи.

Існує кілька механізмів потрапляння важких металів в організм людини і тварин: інгаляційний, пероральний та через шкірні покриви. Останній з механізмів не має істотного значення.

Найбільш серйозна токсична дія важких металів виникає при вдиханні пилу. Особливо небезпечні частинки діаметром 0,1-1 мкм, які ефективно адсорбуються легенями.

Легені поглинають іони металів, які надходять потім в рідкі середовища організму, в десять разів ефективніше, ніж шлунково-кишковий тракт. Але, в той же час, інгаляційне отруєння зустрічається нечасто і основний спосіб проникнення токсичних металів в організм – пероральний – з продуктами харчування і водою. Механізми токсичного впливу ВМ на організми до кінця не з'ясовані, проте в загальних рисах носять наступний характер. Іони металів стабілізують і активують багато білків (іони металів потрібні для функціонування більшості ферментів). При токсикозі відбувається конкуренція між необхідними і токсичними іонами за володіння місцями зв'язування в білках. Багатобілкові макромолекули мають вільні сульфгідрильні групи, здатні вступати у взаємодію з ВМ (Cd, Hg, Pb та ін.). Однак точно не встановлено, реакції з якими саме білковими макромолекулами наносять найбільш серйозну шкоду.

Токсичні іони розподіляються між багатьма тканинами і не завжди найбільша шкода відповідає найбільшій концентрації металу. Так, наприклад, більшість свинцю (90%) знаходиться в кістках, проте його токсичність проявляється за рахунок решти 10%, розподілених в інших тканинах організму. Негативний ефект взаємодії ВМ з біологічно активними макромолекулами пов'язаний з наступними процесами [8]:

- витісненням необхідних металів з їх активних місць зв'язування важким металом;

- зв'язуванням частини макромолекули, необхідної для нормальної життєдіяльності організму;
- зшиванням макромолекул з утворенням біологічних агрегатів, шкідливих для організму;
- деполімеризацією біологічно важливих макромолекул;
- неправильним спарюванням підстав нуклеотидів і помилками в процесах білкового синтезу.

Результатом токсичного впливу ВМ на організм є порушення функціонування ряду його життєво важливих систем і ініціювання небажаних процесів.

Уповільнення роботи ферментів відбувається за двома механізмами: при взаємодії металу з сульфгідрильними групами (SH) білкових молекул і в результаті заміщення у складі ферменту необхідного металу. Наприклад, свинець здатний до заміщення цинку в складі дегідратази амінолевулінової кислоти, інгібуючи таким чином синтез гема, важливого компонента гемоглобіну і гем-вмісних ферментів.

Важкі метали можуть впливати на структуру і функції багатьох клітинних органел. Наприклад, функції ендоплазматичного ретикулуму можуть бути порушені в результаті інгібування його ферментних систем. Метали можуть інгібувати роботу дихальних ферментів в мітохондріях.

Деякі метали здатні ініціювати розвиток ракових пухлин у людини і тварин. Так, наприклад, миш'як, деякі сполуки хрому і нікель є канцерогенами. Можливо, канцерогенний вплив чинять також берилій, кадмій і деякі інші метали. Ймовірно, це результат взаємодії зазначених металів з ДНК.

Оскільки нирки є органом, що відповідає за екскрецію, це звичайна мішень для металів, що виводяться з організму. Кадмій і ртуть є основними нефротоксикантами (нефротоксикоз – токсичний вплив на нирки).

Нервова система – також звичайна мішень для важких металів, особливо для органо-мінеральних сполук. Так, наприклад, метилртуть

завдяки своїй ліпофільності легко проникає з крові в нервові тканини. У той же час неорганічна ртуть краще розчиняється у воді і її головною мішенню є нирки. Те ж стосується і свинцю. Його органо-мінеральні сполуки (наприклад, тетраетилсвинець) являються нейротоксикантами, в той час як неорганічний свинець в першу чергу впливає на ферменти.

Органи дихання є мішенню для ВМ при вдиханні їх парів. Гостра дія може викликати подразнення і запалення дихального тракту, тоді як хронічний вплив може викликати утворення ракової пухлини.

ВМ можуть викликати дисфункцію чоловічих і жіночих репродуктивних органів за допомогою впливу на нейроендокринну і гормональну системи. Крім того, деякі метали надають і прямий вплив. Так, кадмій і свинець, акумулюючись в чоловічих статевих органах, викликають їх дегенерацію і інгібують сперматогенез.

Часто при дослідженнях токсичності металів беруть до уваги лише можливий летальний ефект (гостра токсичність), однак сублетальний (хронічний) вплив може бути більш важливим як на рівні індивідуальних організмів, так і на рівні груп популяцій.

Виділяють такі ефекти сублетального впливу:

- морфологічні зміни;
- зміна швидкості росту організмів, їх статевого розвитку та розмноження;
- поведінкові зміни, тобто зниження здатності рятуватися від хижаків або ефективно конкурувати з іншими організмами;
- генетичні модифікації.

Вивчення механізмів захисту від підвищених концентрацій ВМ знаходиться в основному на ранній стадії. Проте, вже на даний час можна виділити деякі з них.

Встановлено, що стійкість до токсикантів може бути досягнута за допомогою наступних механізмів:

- зменшення надходження токсикантів в організм;

- переведення токсикантів в неактивну форму шляхом їх ізоляції або осадження;
- збільшення виділення токсикантів [7].

Таким чином, цементний завод є джерелом забруднення середовища проживання, негативно впливає на здоров'я людини призводячи до всіляких захворювань, отруєнь, а в особливо небезпечних випадках може привести й до летального результату.

1.2. Огляд засобів визначення ступеню екологічної небезпеки викидів промислового пилу за його вмістом в атмосфері і класифікація відповідних методів

Як показано у попередньому підрозділі, виробництво цементу супроводжується надходженням в навколишнє середовище твердих і газоподібних забруднюючих речовин (цементного пилу, ртуті, сажі, сірчистого ангідриду, оксидів азоту, різних вуглеводів, марганцю, ванадію, та ін.). Більшість з цих речовин являють собою зважені в атмосферному повітрі частинки, що є екологічно небезпечними та потребують постійного контролю шляхом вимірювання їх вмісту в повітрі, а також вловлювання

Аналіз методів вимірювання концентрації зважених часток показав, що вони діляться на дві групи: методи, що базуються на попередньому осадженні частинок і дослідженні осаду, та методи без попереднього осадження частинок.

Технічні характеристики пиломірів, принцип роботи яких заснований на методах з попереднім осадженням пилу, представлені в табл. 1.1.

Основною перевагою методів першої групи є можливість кількісного вимірювання масової концентрації пилу. До недоліків слід віднести циклічний характер вимірювань, трудомісткість, низьку чутливість, що обумовлює тривалість відбору проб при вимірюванні невеликих концентрацій.

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики пиломірів

Найменування тип приладу	Діапазон вимірювань мг /м ³	Похибка вимірювань
Пиломір радіоізотопний стаціонарний для контролю концентрації пилу в атмосфері «MP 101P» «Environment» Франція	0 – 0,1; 0 – 0,2 0,1 – 0,5; 0,1 – 5 0,1 – 2; 0,1 – 10	$\Delta = \pm 25$ мг /м ³ $\Delta = \pm 25$ мг /м ³ $\Delta = \pm 25$ мг /м ³
Пиломір радіоізотопний стаціонарний для контролю концентрації пилу в атмосфері «F 701» «VEREWA», Німеччина	0 – 0,1; 0,1 – 10	$\Delta = \pm 25$ мг /м ³ $\Delta = \pm 25$ мг /м ³
Пиломір гравіметричний стаціонарний для контролю концентрації пилу в промислових викидах «GRAVIMAT 500, 501, 502» («Erwin Sick GmbH Optik Elektronik», Німеччина)	0,1 – 200 50 – 50000	$\delta = \pm 10\%$ $\delta = \pm 8\%$

Характеристики пиломірів, принципи роботи яких засновані на методах без попереднього осадження пилу, наведено в табл.1.2.

Таблиця 1.2 - Технічні характеристики стаціонарних пиломірів

Назва і тип приладу	Діапазон вимірювань мг /м ³	Похибка вимірювань
Пиломір оптичний для контролю концентрації пилу в промислових викидах «RM 210» («Erwin Sick GmbH Optik Elektronik», Німеччина).	0 – 0,5 0,5 – 500	$\gamma = \pm 20\%$ $\sigma = \pm 20\%$
Пиломір оптичний для контролю концентрації пилу в промислових викидах «OMD 41 – 02» («Erwin Sick GmbH Optik Elektronik», Німеччина).	80 – 5000	$\sigma = \pm 20\%$
Пиломір оптичний для контролю концентрації пилу в промислових викидах «OMD 41 – 03» («Erwin Sick GmbH Optik Elektronik», Німеччина).	50 – 5000	$\sigma = \pm 20\%$
Пиломір оптичний для контролю концентрації пилу в промислових викидах «FW 56 – 1» («Erwin Sick GmbH Optik Elektronik», Німеччина).	50 – 5000	$\sigma = \pm 20\%$
Пиломір оптичний для контролю концентрації пилу в промислових викидах (НИЦ "Автоматика», Москва).	Оптична щільність 0 – 0,3; 0 – 0,7; 0 – 1; 0,2	$\gamma = \pm 4\%$

Перевагами методів другої групи є можливість безпосередніх вимірювань у самому пило-газовому потоці без використання пробовідбірного пристрою, безперервність вимірювань, висока чутливість, практична безінерційність, можливість повної автоматизації процесу вимірювань. Під час вимірювань потоку відсутні аеродинамічні перекручування.

Суттєвим недоліком методів другої групи є вплив змін дисперсного складу й інших властивостей пилу на результат вимірювань.

Вибір оптимального методу вимірювань, для конкретного випадку контролю, можливий тільки з урахуванням властивостей пилу у викидах, основних закономірностей їхньої зміни, та інших супроводжуючих факторів, що негативним чином впливають на процес вимірювань при врахуванні всіх позитивних і негативних властивостей методу.

Характеристики пиломірів, принципи роботи яких засновані на методах без попереднього осадження пилу, наведено в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 - Технічні характеристики оптичних пиломірів

Назва і тип приладу	Діапазон вимірювань мг /м ³	Похибка вимірювань
Пиломір оптичний для контролю концентрації пилу в промислових викидах «RM 210» («Erwin Sick GmbH Optik Elektronik», ФРН).	0 – 0,5 0,5 – 500	$\gamma = \pm 20\%$ $\sigma = \pm 20\%$
Пиломір оптичний для контролю концентрації пилу в промислових викидах «OMD 41 – 02» («Erwin Sick Gmbll Optik Electronik», ФРН).	80 – 5000	$\sigma = \pm 20\%$
Пиломір оптичний для контролю концентрації пилу в промислових викидах «OMD 41 – 03» («Erwin Sick GmbH Optik Electronik», ФРН).	50 – 5000	$\sigma = \pm 20\%$
Пиломір оптичний для контролю концентрації пилу в промислових викидах «FW 56 – 1» («Erwin Sick GmbH Optik Electronik», ФРН).	50 – 5000	$\sigma = \pm 20\%$
Пиломір оптичний для контролю концентрації пилу в промислових викидах (НИЦ "Автоматика", Росія).	Оптична щільність 0 – 0,3; 0 – 0,7; 0 – 1; 0 – 2	$\gamma = \pm 4\%$

Промисловий пиловий контроль характеризується широким діапазоном вимірюваних концентрацій (від декількох міліграмів до декількох грамів на метр кубічний); широкий спектр розмірів часток пилу (від 0,05 мкм до 100 мкм); високі швидкості (до 140 м/с) і температури (до 1200°C) контрольованих пило-газових потоків. Крім того, сама концентрація пилу безперервно змінюється як у часі, так і в просторі в досить широких межах залежно від стійкості роботи пилоочисного устаткування. Узагальнююча класифікація методів вимірювання концентрації пилу наведена на рис 1.1.

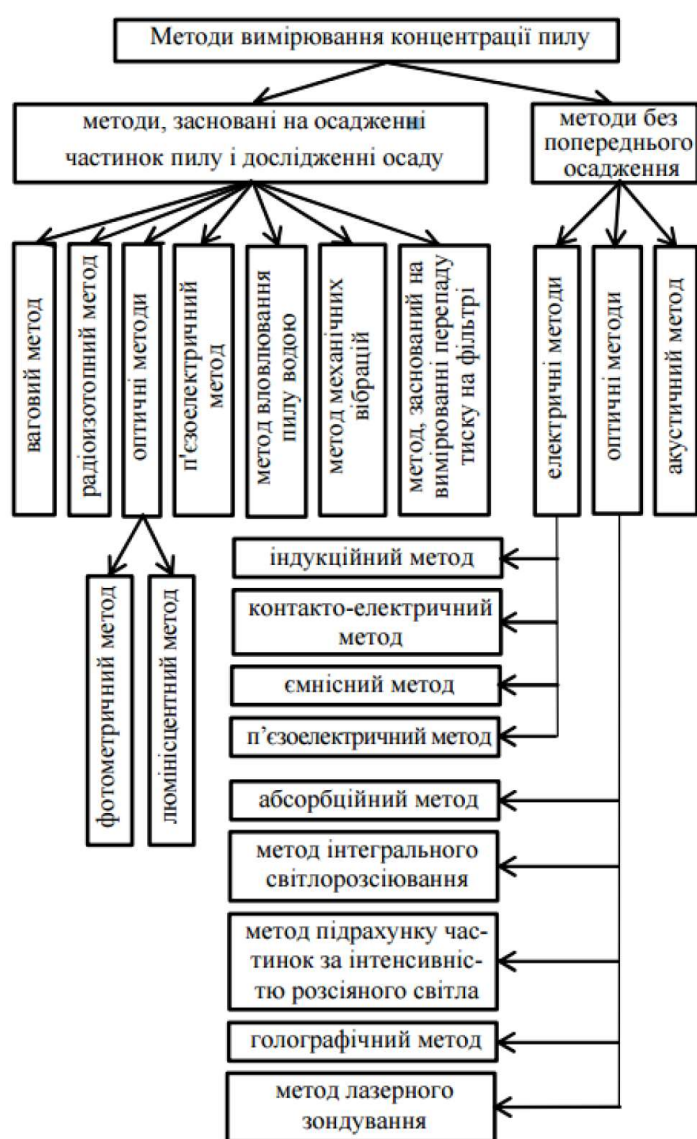


Рисунок 1.1. Класифікація методів вимірювання концентрації пилу

Існує три групи якісних експрес-методів визначення вмісту хімічних речовин у повітрі виробничих приміщень:

1) методи візуальної колориметрії, що ґрунтуються на порівнянні кольору поглинутого розчину, отриманого після прокачування досліджуваного повітря, зі стандартною шкалою шаблона;

2) методи, що передбачають використання спеціального реактивного паперу, що дозволяють провести якісний та кількісний аналіз вмісту шкідливих речовин на основі визначення інтенсивності його забарвлення;

3) лінійно – колориметричні методи, що передбачають використання індикаторних трубок.

Найбільш поширеними з наведених є методи контролю концентрації пилу, на основі його попереднього осадження, який стандартизовано на галузевих рівнях, та дозволяють визначити масову концентрацію зважених частинок.

Ваговий або гравіметричний метод. Полягає у видаленні з пилогазового потоку частинок пилу і визначення їх маси за допомогою зважування. Виділення пилових частинок здійснюється за допомогою проходження запиленого повітря через фільтр. В основному використовуються фільтри марки АФА, виготовлені з перхлорвінілової тканини.

При відборі проб за допомогою приладів фільтруючого типу, вимірюється об'єм повітря, який пройшов через фільтри: $V=qt$, де q – об'ємної швидкості повітря (л/хв) і t – час відбору проби пилу. Маса проби визначається різницею маси фільтра до і після відбору проби. Концентрація пилу в мг/ обчислюється за формулою:

$$C = \frac{P_2 - P_1}{gt} \cdot 1000$$

Точність визначення концентрації пилу залежить від точності зважування і точність визначення об'єму повітря, яке проходить через

фільтр. Відбір проб зазвичай ведуть на три фільтри, після чого визначають середнє арифметичне значення концентрації пилу.

Основними перевагами даного методу є простота технічних вимірювань і відсутність впливу хімічного і дисперсного складу пилу на результат вимірювання. До недоліків можна віднести: високу похибку вимірювань (близько 10%); імовірність завищених параметрів концентрації в результаті випадкових короткочасних викидів пилу під час відбору проби; неможливість безперервного автоматичного контролю.

Ваговий метод використовується для визначення концентрації пилу в атмосфері і в газах промислових підприємств і визнаний стандартом у Росії та країнах Європи.

Радіоізотопний метод вимірювання концентрації пилу. В його основу покладено здатність частинок пилу поглинути радіоактивне випромінювання (як правило, β – випромінювання). Конструктивно радіоізотопні пиломіри складаються з пристрою для відбору проб, радіоактивного джерела випромінювання і приймача випромінювання (лічильник Гейгера). Робота приладу полягає в перекачуванні певного об'єму повітря через фільтруючу стрічку з наступним визначенням товщини пилового осаду за ступенем ослаблення в β – випромінювання при його проходженні через шар накопиченого пилу. Концентрація пилу розраховується за результатами вимірювань на фільтрі до і після нанесення проби. Недоліки методу є залежність результатів вимірювань від хімічного і дисперсного складу пилу, обумовлених особливостями взаємодії β – випромінювання з речовиною, а також нелінійності залежності поглинання β – випромінювання від товщини поглинаючого шару. Перевага радіоізотопного методу є можливість створення на його основі приладів для безперервного автоматичного контролю концентрації пилу.

Радіоізотопні пиломіри випускає фірма, (Environment, Франція), в тому числі автоматичні прилади, призначені для роботи у складі станцій моніторингу забруднення навколишнього середовища. Аналізатор моделі

MPSI - 100 оснащений мікропроцесором, який забезпечує управління режиму роботи: відбором пробовідбірну головку, нанесенням проб на стрічку зі скловолокна і транспортуванням їх в детекторний блок.

Термін служби радіоізотопного джерела, використаного в приладі 4 - 5 років. Час автономної роботи відповідно до програми є 0,5 - 24 год, в межах від 0.0008 - 3.3 з точністю 10%. Один стрічки достатньо для 1350 вимірювань.

Фотометричний (оптичний) метод аналізу. Заснований на безперервному визначенні оптичної щільності пилового осаду, що осаджується на рухомому фільтрі. Оптичну щільність визначають вимірюючи ослаблення світлового потоку при проходженні променя світла через шар пилу. Оптична щільність пилового осаду залежить від товщини шару пилу і його концентрації. Як правило, цей метод аналізу використовується для якісної оцінки вмісту пилу на виході з очисних споруд (в одиницях ослаблення випромінювання або непрозорості). Кількісне визначення вмісту пилу цим методом - неефективне, тому що в цьому випадку істотного впливу на вимірювання надає кольоровість і дисперсність пилу за рахунок чого похибка показань може сягнути сотень відсотків.

Оптичний метод є найбільш поширеним для безперервного автоматичного контролю концентрації пилу як в атмосфері так і у відведених газах промислових підприємств без попереднього відбору. Метод заснований на ослабленні світлового потоку за рахунок його поглинання і розсіяння при проходженні через досліджуване пилогоазове середовище. Оскільки зміна інтенсивності світла розсіяного світла є функцією розмірів часток, цим методом можна визначити дисперсного складу пилових частинок.

Турбідиметричний і нефелометричний методи. Засновані на ослаблення світла за рахунок його поглинання і розсіяння при проходженні через полідисперсні середовища відповідно класифікуються як

турбідиметричний і нефелометричний. До таких відносяться пилогазове середовище, суспензії найдрібніших частинок в розчиннику (колоїдні розчинники, суспензії). Ослаблення світлового потоку обумовлене поглинанням і розсіювання світла зваженими частинками.

При турбідиметричному аналізі вимірюють інтенсивність світла, що виходить з кювети в напрямку падаючого пучка, а в нефелометричному аналізі в напрямку, перпендикулярному направленню початкового пучка світла. Головною перевагою цих методів є можливість визначення дуже малих концентрацій (до $4 \cdot 10^{-9}$ г) речовини у пробі.

Електродинамічний метод. При електродинамічному методі контроль масової концентрації пилу відбувається шляхом визначення на вимірювальному електроді наведеної індукції, що служить мірою загального заряду частинок, що проходять поблизу зонда. Використовується при вимірюванні концентрації пилу в металургії, агломерації, виробництві скла в діапазонах 200 - 1000 мг/м³.

Електричні методи вимірювання пилу. Серед електричних методів для визначення концентрації пилу найбільш розповсюджений індукційний метод. У його основу покладено визначення індукційного на електроді вимірювальної камери заряду, що виникає при русі через камеру заряджених пилових частинок. Величина заряду є мірою масової концентрації пилу. Індукційні пиломіри застосовуються для контролю вмісту пилу в атмосферному повітрі. Головним недоліком індукційних пиломірів є залежність їх свідчень від вологості, природи пилу та зміни її дисперсного складу в часі.

Акустичний (ультразвуковий) метод. Ультразвуковий метод принцип дії методу заснований на вимірюванні поглинання ультразвукових коливань запиленого середовища. Принцип роботи пристроїв заснований на вимірюванні амплітуди сигналів на різних відстанях від джерела випромінювання і визначення коефіцієнта загасання ультразвукових коливань пило газівому середовищі.

1.3. Огляд та критичний аналіз існуючих засобів вловлювання цементного пилу

Діяльність підприємств, спеціалізованих на виробництві цементної продукції супроводжується викидами газо-пилових екологічно небезпечних речовин. Як показав аналіз, внаслідок виробництва цементу та його похідних в атмосферу викидаються як зважені речовини: пил цементний, клінкеру, шлаку, вапняку, так і гази: діоксид сірки і діоксид азоту. оксиди азоту. Наявні також викиди часточок карбону (у виглядісажі) та сірки. Причому забруднення атмосферного повітря походить від організованих і неорганізованих джерел.

Для очистки газів, що викидаються в атмосферу від токсичних газо- і пилоподібних компонентів використовують методи абсорбції, адсорбції, електричного та каталітичного очищення атмосферного повітря.

Абсорбцію поділяють на фізичну та хімічну (хемосорбцію).

При фізичній абсорбції відбувається фізичне розчинення абсорбувального компонента в розчині, що не супроводжується хімічною реакцією.

Для багаторазового використання абсорбент (поглинач) регенерують фізичними методами: підвищенням температури, зниженням тиску або сукупністю цих параметрів. Якщо компонент, що поглинається, не має ніякої цінності або процес регенерації дуже трудомісткий, то поглинач використовують декілька разів і після відповідної обробки скидають в каналізацію. Це не є оптимальним рішенням, оскільки забруднює водне середовище. Метод, що поєднує абсорбцію з десорбцією, дозволяє не тільки добувати корисні компоненти з газових систем й знизити до мінімуму витрати абсорбента, але й відповідає вимогам захисту довкілля.

Як поглинальні розчини при фізичній абсорбції використовують воду, а також органічні й неорганічні розчини, які не вступають в хімічну реакцію

з абсорбувальними компонентами. Ефективність добування компонента з газової суміші при фізичній абсорбції підвищують використанням принципу протитоку з безперервною подачею в абсорбер свіжого розчину.

При хемосорбції абсорбувальний компонент вступає в хімічну реакцію з поглиначем, утворюючи нові хімічні з'єднання в рідкій формі. При цьому можливі два варіанти - протікання оборотних і необоротних реакцій. В обох випадках рівноважний парціальний тиск компонента, від якого очищується газ, значно нижчий порівняно з фізичною абсорбцією. В зв'язку з цим хемосорбційні процеси при рівних умовах з фізичною абсорбцією забезпечують повніше добування компонентів з газових сумішей. Регенерацію поглинальних розчинів виконують фізичними й хімічними методами. Фізичні методи використовують при протіканні оборотних хемосорбційних процесів, а хімічні – необоротних хемосорбційних процесів.

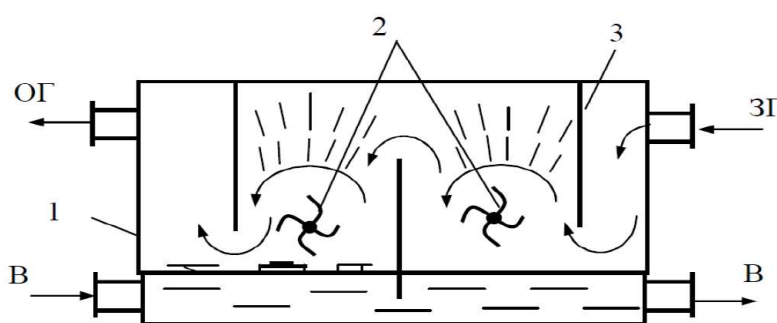
Принцип роботи механічних (фізичних) розпилювальних газопромивачів ґрунтується на інтенсифікації масообміну шляхом розбризкування чи перемішування рідини або крутінні зволоженого газового потоку за допомогою обертового пристрою у вигляді ротора, диска тощо.

За способом розміщення ротора механічні абсорбери діляться на вертикальні та горизонтальні. Залежно від способу підведення механічної енергії апарати підрозділяють на такі, в яких очищувальні гази приводяться в дотик з рідиною, розбризкуваною за допомогою обертового тіла та в яких механічна енергія підводиться додатково для крутіння газового потоку. Недоліками механічних абсорберів є наявність обертових частин, відносно мала продуктивність та значні витрати електроенергії. Конструктивна схема горизонтального механічного абсорбера з розбризкуючими валками лопатевого типу подана на рисунку 1.2.

Перспективним методом очищення газів від газо- й пароподібних забруднень є адсорбція – тобто процес розділення, що ґрунтується на

властивості деяких твердих тіл вибірково поглинати газоподібні компоненти з газової суміші. Молекули забруднювального газу або пари, що є в газовій суміші, сорбуються на поверхні або в порах твердого тіла.

Адсорбційний метод очищення газових викидів доцільно використовувати коли необхідного ефекту не можна досягти іншими методами. Цей метод доцільний також коли концентрація домішок, що видаляються з газу-носія, дуже мала та необхідна гарантія рекуперації домішок, оскільки вони мають значну вартість. Явище адсорбції обумовлене наявністю сил притягування між молекулами адсорбенту та адсорбативу на межі розподілу фаз, що дотикаються. Процес переходу молекул адсорбативу з газу-носія на поверхневий шар адсорбенту відбувається в тому випадку, коли сили притягування адсорбенту перевищують сили притягування, що діють на адсорбатив зі сторони молекул газу-носія. Молекули адсорбованої речовини при переході на поверхню адсорбенту зменшують його енергію. Внаслідок цього відбувається виділення теплоти. Залежно від сили притягування адсорбенту адсорбція може бути фізична або хімічна.



1 – корпус; 2 – валки лопаткового типу, що встановлені поперек осі апарата;
3 – перегородки

Рисунок 1.2. Конструктивна схема механічного абсорбера

Теплота фізичної адсорбції складає до 60 КДж/мол., а хімічної - від 20 до 400 КДж/мол.

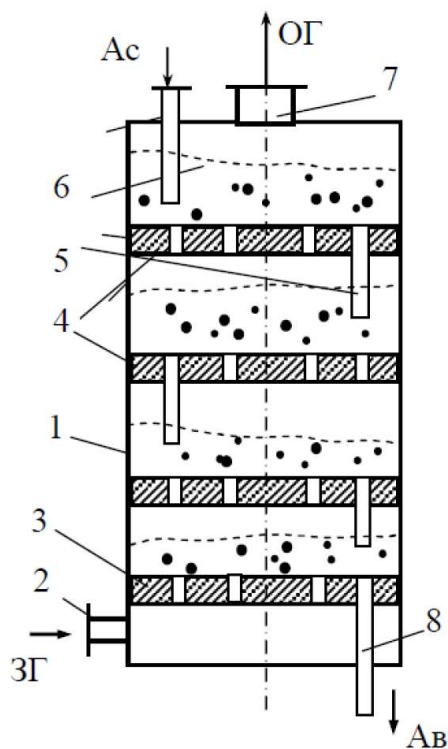
При фізичній адсорбції взаємодія молекул з поверхнею адсорбенту визначається порівняно слабкими дисперсійними, індукційними та орієнтаційними силами. При цьому адсорбовані молекули не вступають з молекулами адсорбенту в хімічну взаємодію та зберігають свою індивідуальність. Для фізичної адсорбції характерна висока швидкість, незначна міцність зв'язку між поверхнею адсорбенту й адсорбативом та мала теплота адсорбції. При підвищенні температури кількість фізично адсорбованої речовини зменшується, а підвищення тиску призводить до збільшення величини адсорбції. Висока швидкість фізичної адсорбції та властивість адсорбентів до регенерації дозволяють проводити процес циклічно в умовах зворотності, тобто з ротацією стадій поглинання та виділення компонента, що добувається. Перевагою фізичної адсорбції є зворотність процесу..

В основі хімічної адсорбції лежить хімічна взаємодія між адсорбентом та речовиною, що адсорбується. Діючи при цьому сили значно більші, ніж при фізичній адсорбції. Через значну теплоту адсорбції (до 400 кДж/моль) енергія зв'язку хемосорбних молекул сильно відрізняється від енергії зв'язку цих самих молекул в потоці газу. Відповідно, енергія, яка необхідна для того, щоб хемосорбована молекула прореагувала з молекулою іншого сорту, може бути суттєво меншою, ніж енергія, що необхідна для реакції цих молекул в газовій фазі. В зв'язку з цим адсорбована на поверхні твердого тіла молекула легко вступає в хімічну реакцію з іншими молекулами. Молекули адсорбативу, що вступили в хімічну взаємодію, добре утримуються на поверхні та в порах адсорбенту. При хімічній адсорбції її швидкість за низьких температур мала, але збільшується з ростом температури.

Фізична та хімічна адсорбція часто сприяють одна одній. При очищенні газів від газо- й пароподібних забруднень найбільш поширена фізична адсорбція. Характер протікання процесу адсорбції може бути періодичним або безперервним.

Періодичні процеси відбуваються при нерухомому шарі адсорбента, а безперервні при рухомому чи киплячому шарі.

Адсорбери з киплячим шаром дозволяють інтенсифікувати процес адсорбції без зміни гідродинамічних умов в апараті за рахунок збільшення поверхні контакту фаз та зменшення внутрішнього дифузійного опору твердої фази. Оптимальні гідродинамічні умови в киплячому шарі формуються завдяки таким факторам: швидкість газового потоку; розміри й щільність адсорбенту; форма апарата; діаметр й висота киплячого шару; способи подачі твердої фази; конструкції розподільчих решіток. Конструктивна схема багатокамерного адсорбера з киплячим шаром безперервної дії подана на рисунку 1.3.



- 1 – циліндричний корпус; 2 – штуцер для подачі паро газоподібної суміші; 3 – нижня решітка; 4 – перфоровані тарілки; 5 – перетічні труби;
6 – труба для подачі адсорбенту; 7 – штуцер для виведення очищеного газу; 8 – труба для видалення відпрацьованого адсорбенту

Рисунок 1.3. Конструктивна схема багатокамерного адсорбера з киплячим шаром

Недоліком адсорберів з киплячим шаром є те, що псевдоруху піддаються тільки матеріали однорідного гранулометричного складу; киплячий шар створюється тільки при деяких швидкостях газу, що не є оптимальними для фізико-хімічного процесу адсорбції.

Процес каталітичного очищення газових викидів ґрунтується на нейтралізації шкідливих домішок шляхом дії на них спеціальними речовинами - каталізаторами, як каталізатори використовують речовини, що беруть активну участь в хімічній реакції, але залишаються незмінними після її закінчення. Каталітичні процеси очищення газів забезпечують високий ступінь очищення та здійснюються за допомогою компактного обладнання.

Каталітичні процеси бувають гомогенні та гетерогенні, що визначається агрегатним станом речовини, яка бере участь в каталізі. Технологія очищення та необхідне обладнання визначаються видом каталізу. При гомогенному каталізі каталізатор та реагуючі речовини знаходяться в одній фазі, наприклад, газовій. При гетерогенному процесі каталізатор та реагуючі речовини знаходяться в різних фазах.

Основним фактором, що визначає швидкість каталітичної реакції, є енергія активації. Чим більша енергія активації, тим менше частинок мають в системі таку енергію і тим повільніше відбувається реакція. Якщо величина енергії активації значно менша енергії, яка необхідна для розірвання старих зв'язків, то вона частково компенсується енергією, що звільняється при створенні нових зв'язків. Енергія активації для реакцій за участю радикалів становить 43-50 кДж/моль. В реакціях з молекулами ступінь компенсації зменшується до 60-70%, а енергія активації збільшується до 150-250 кДж/моль.

Тобто, проведення корисних хімічних реакцій досягається шляхом використання каталізаторів, які збільшують ступінь компенсації та знижують енергію активації. Це сприяє збільшенню швидкості хімічних реакцій. При очищенні газів від домішок використовують тверді каталізатори.

Каталіз на твердих каталізаторах складається з таких стадій:

- 1) зовнішня дифузія реагуючих речовин до поверхні каталізатора;
- 2) внутрішня дифузія в порах зерен каталізатора;
- 3) активована (хімічна) адсорбція одного або декількох компонентів на поверхні каталізатора;
- 4) перегрупування атомів (хімічна реакція);
- 5) зворотна дифузія продукту в порах зерен каталізатора;
- 6) дифузія продуктів від поверхні зерен.

Кожна з цих стадій каталітичного процесу повинна мати енергію активації, що значно менша, ніж енергія активації реакції при відсутності каталізатора. В іншому випадку каталітичний процес енергетично буде не спроможний. Загальна швидкість каталітичного процесу визначається відносними швидкостями окремих стадій та може лімітуватися найменшою з них.

Суттєво впливає на процес каталізу температура. Вона не тільки змінює швидкість каталізу, а й лімітує стадію процесу. При відносно низьких температурах, коли швидкість реакції мала порівняно зі швидкістю дифузії, концентрація реагуючих речовин та продуктів реакції зі збільшенням глибини пор зерен каталізатора зменшується несуттєво та близька до концентрації їх в газовому потоці. В цьому випадку процес каталізу протікає в кінетичній області. Ступінь використання внутрішньої поверхні наближається до одиниці і процеси переносу не впливають на швидкість хімічних перетворень. З підвищенням температури швидкість хімічної реакції збільшується.

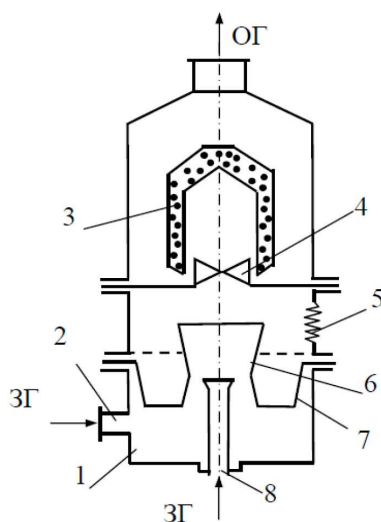
Як каталізатор використовують речовини, що не входять до складу кінцевих продуктів хімічної реакції, але змінюють її швидкість. Використовують платину, паладій та інші чисті метали або їх з'єднання, так як активність біметалевих каталізаторів вища.

Активатори (протомори) – речовини, що підвищують активність каталізаторів. Активатори можуть не мати каталітичних властивостей, але

вони здатні підсилювати дію каталітично активних речовин. Вони вступають в реакцію з каталізатором й утворюють з'єднання, що мають більшу, порівно з чистими каталітичними речовинами, активність. Активатори можуть збільшувати активність речовин в сотні й тисячі разів.

Сучасні апарати для каталітичного очищення газів повинні мати високу продуктивність і забезпечувати безперервність процесу.

Термокаталітичний реактор з розділенням забрудненого газу на два потоки: потік для очищення та топковий потік, які потім об'єднуються в формокамері, змішуються й поступають у внутрішню камеру – корзину з каталізатором, подано на рис. 1.4.



1 – корпус; 2 – штуцер подачі забрудненого газу; 3 – корзина з каталізатором;
4 – змішувач; 5 – вибухова мембрана; 6 – пальник; 7 – відбивач;
8 – штуцер подачі газу на пальник.

Рисунок 1.4. Термокаталітичний реактор з розділенням забрудненого газу на два потоки

Одним із досконалих методів очищення газів від завислих частинок пилу й туману є електричне очищення, яке дозволяє вловити до 99% частинок. Пиловловлення в електрофільтрах є складним фізичним процесом, який включає в себе гравітаційне, інерційне, дифузійне та електростатичне осадження.

Розділ 2

Об'єкт та методи досліджень

2.1. Технології цементного виробництва

Виробництво цементу може бути організоване за сухою, мокрою та комбінованою технологіями [4, 5]. Різниця між мокрим та сухим способами полягає у подрібненні суміші у млинах з додаванням води (36...42% від маси сухої речовини), або ж без неї. В результаті мокрого способу одержують шлам, що містить 35 – 42% води, його слід застосовувати, якщо сировина (крейда чи глина) мають значні показники вологості. Цей спосіб знижує енергоємність процесу подрібнення, полегшуючи транспортування й перемішування сировинної суміші. Слід зазначити, що витрати палива на випалювання в печі при мокрому способі виробництва в 1,5...2 рази більші, ніж при сухому (рис. 2.1).

При сухому способі клінкер отримують в печах у вигляді гранул, а при мокрому способі - у вигляді грудок неправильної форми (розміром ~ 20 мм) [4].

Сухий спосіб характеризується одержанням сировинного борошна внаслідок процесів висушування, ретельного подрібнення і перемішування складників. Доцільність використання цього способу визначається однорідністю за складом та структурою складових (вапняку та глини), а їх вологість повинна бути в межах від 10 до 15%.

При комбінованому способі виробництва портландцементного клінкеру відбувається підготовка сировинної суміші спершу з отриманням шламу, а далі його зневоднюють до відповідної вологості (16..18%), переробляючи на гранули. Комбінований спосіб виробництва економніший на 20...30%, порівняно з мокрим, за показниками використаного палива.

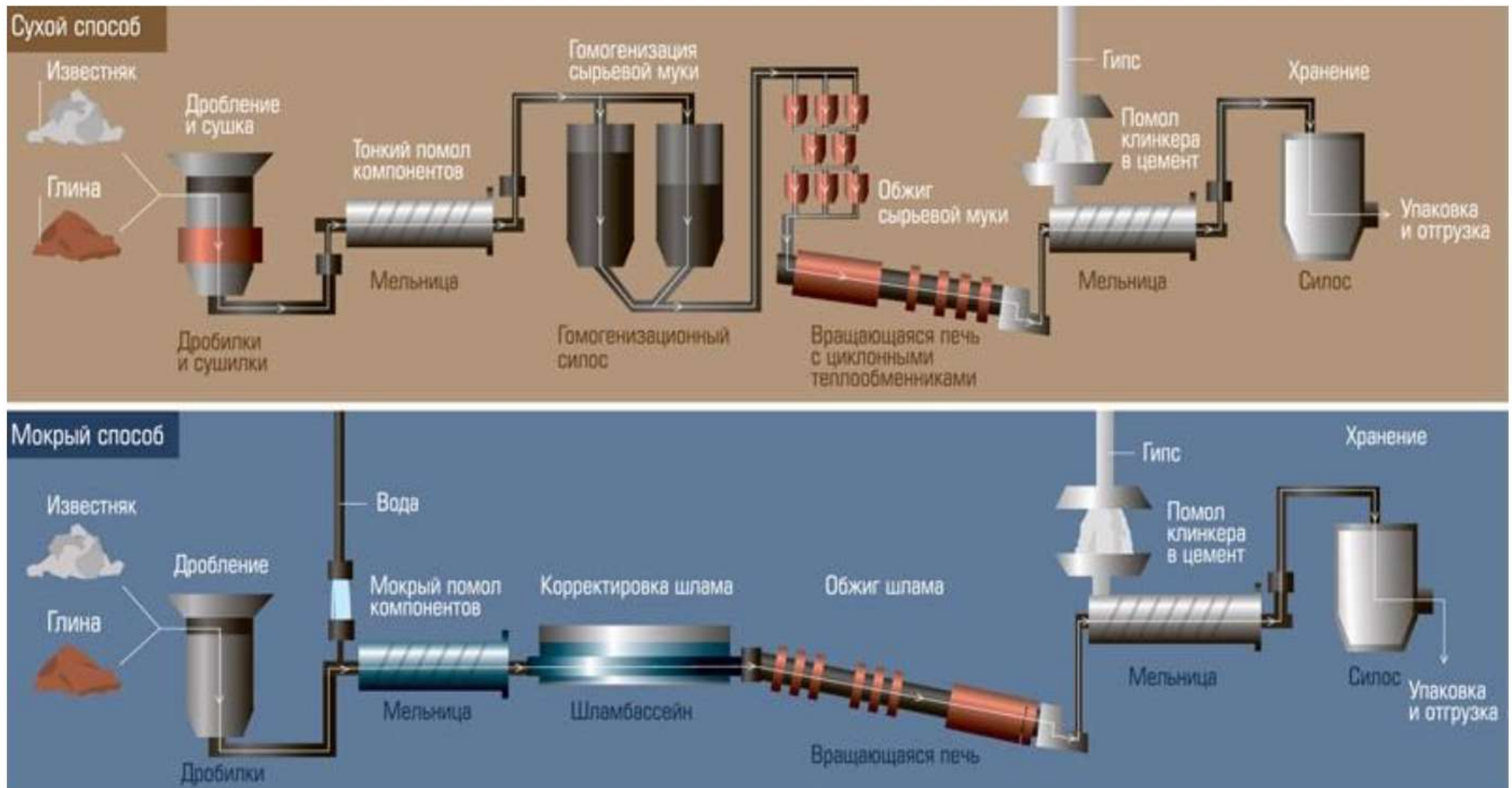


Рисунок 2.1. Порівняльні схеми виробництва портландцементного клінкеру сухим і мокрим способами

Для досліджень було вибрано два гіганти цементного виробництва Західного регіону з різними технологіями виробництва: ПрАТ «Івано-Франківськцемент» (з сухим способом виробництва) та ПрАТ «Миколаївцемент», що працював за мокрим способом до 2013 р. у складі французької компанії Lafarge, а з вересня 2013 і до сьогодні – ірландської Сіарейч Миколаїв Холдинг (CRH)), що замінила застарілу енергоємну мокру технологію виробництва цементу і здійснила перехід на клінкер, вироблений за сухим способом. Однак, на сьогодні повноцінне виготовлення клінкеру (основної складової цементу), портландцементу та шлакопортландцементу на підприємстві зупинено, а реалізовано тільки домелювання клінкеру.

Поблизу заводу розташовані власні кар'єри сировини – вапнякового каменю та глини. Кар'єр глини розміщений на відстані 9 км, а вапняку – на відстані 10 км від основної площадки заводу. В 20 км від заводу розміщений кар'єр гіпсового каменю, що використовується при помелі клінкеру.

На головному промисловому майданчику ПрАТ «Миколаївцемент» було розташовано: чотири технологічних лінії (обертових печей) з розмірами 4×150 м (продуктивностями 33,6 т/год та 68,0 т/год) та 8 цементних млинів.

Технологічний процес виготовлення цементу за мокрим способом [5] на підприємстві (рис. 2.2) представлено нижче.

Приготування суміші сировини та одержання портландцементного клінкеру це ряд послідовних процесів: подрібнення, змішування, гомогенізація, дозування з коригуванням хімічного складу суміші та її випалювання в обертових / шахтних печах.

Інтенсивне охолодження клінкеру після процесу випалювання проходить в барабанних рекуператорах та холодильниках (до $T = 100...200^{\circ}\text{C}$). Це необхідно для попередження утворення великих кристалів та забезпечення формування склоподібної фази у клінкері.

Після цього клінкер надходить до складського приміщення для витримки і стабілізації протягом одного-двох тижнів.

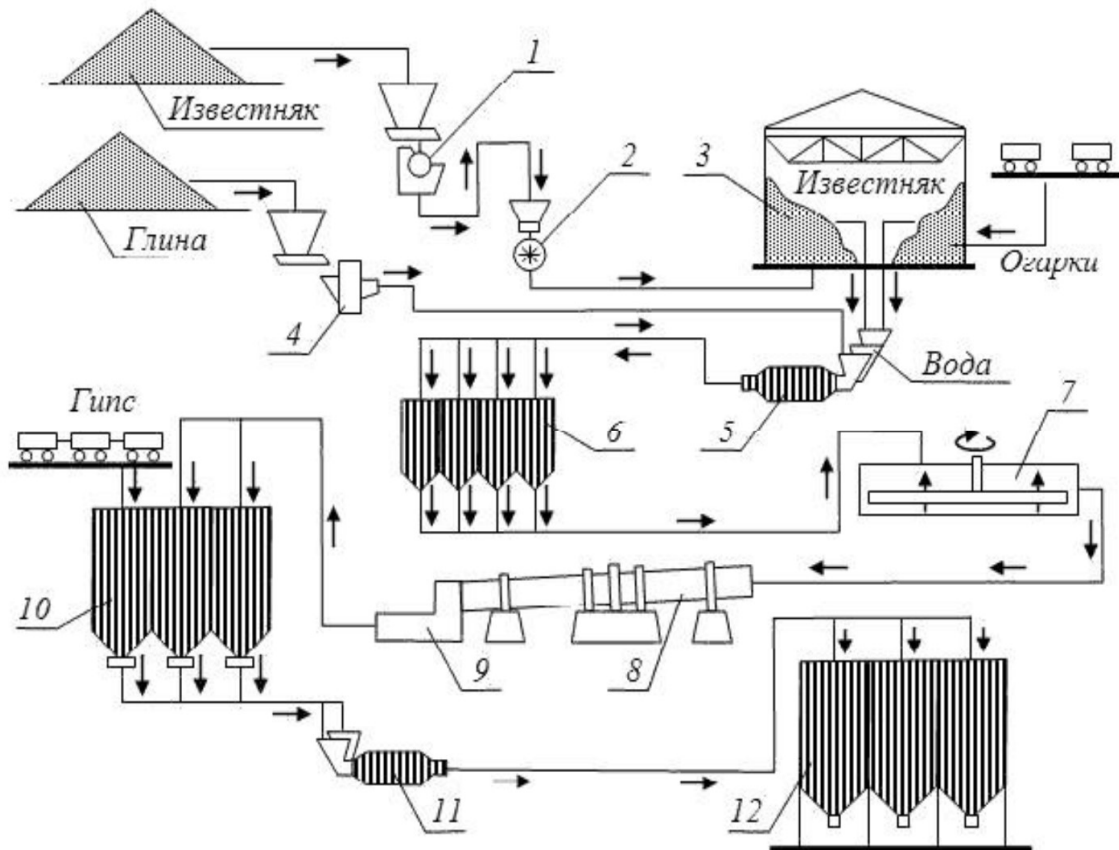


Рисунок 2.2. Технологічна схема виробництва цементу мокрим способом:

1 – щоківий подрібнювач; 2 – молотковий подрібнювач; 3 – склад сировини; 4 – млин «Гідрофол»; 5 – млин мокрого домелювання; 6, 7 – вертикальний і горизонтальний басейни шламу; 8 – піч обертання; 9 – холодильник; 10 – склад клінкеру; 11 – млин; 12 – силос цементу.

У трубчатих / кульових млинах відбувається процес помелу клінкеру (до питомої поверхні 250...350 м²/кг) з двоводним гіпсом (~3,5% за масою у перерахунку на SO₃) для сповільнення процесу тужавіння.

В залізобетонних силосах із циклонами-осаджувачами та фільтрами портландцемент може зберігатися певний час, де він охолоджується після помелу аж до завантажування або пакування.

Контроль виробництва на цементних заводах здійснюється за двома напрямками: контроль за якістю продукції і контроль технологічного

процесу з метою забезпечення оптимальних режимів роботи і одержання максимальної продуктивності обладнання. Контроль технологічного процесу розділяється на оперативний і технологічний [4, 6].

Портландцементним клінкером називають гідравлічну зв'язуючу речовину, яку тонко подрібнюють з гіпсом або іншими додатками.

Якість портландцементу, як головного матеріалу для будівельних виробництв та показники його міцності залежать від складу шихти і від модернізації технологій.

Портландцементний клінкер отримують випалюванням складових сировинної суміші до спікання (при $T \sim 1450^{\circ}\text{C}$). Для регулювання строків тужавіння та підвищення міцності цементу до його складу домелюють гіпс.

Цементний клінкер виготовляють з порід карбонатної сировини (вапняки, що складають $\sim 75\%$) та алюмосилікатні речовини (глини, мергелі, аргіліти глинисті сланці, близько 25%).

Доменні гранульовані шлаки часто вводять для виробництва клінкеру завдяки їх хімічному складу ($\text{SiO}_2 - 37,5\text{...}41\%$, $\text{CaO} - 42,5\text{...}43,5\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 - 5\text{...}14\%$), замінюючи глинисті або карбонатні компоненти.

Заводська лабораторія на цементних заводах виконує дві функції – функції ОТК (оперативний контроль напівфабрикатів і контроль готової продукції), а також безпосередньо керує деякими розділами технологічного процесу. Заводська лабораторія розробляє і визначає склад сировинної суміші, склад шихти для одержання цементу; встановлює вимоги до характеристик сировинної суміші і готового цементу (тонина помелу, вологість сировинної суміші і т.д.). Заводська лабораторія безпосередньо управляє процесом коректування складу суміші, забезпечуючи задані параметри. Управління процесом приготування сировинної суміші заводська лабораторія здійснює на основі точних даних про хімічний склад сировини, що поступає з кар'єру. Тому її робота починається з контролю роботи кар'єру і визначення складу сировини, що поступає на завод.

При невеликому коливанні складу сировини в пласту кар'єр розбивають на пронумеровані ділянки довжиною 30-50 м. На основі даних кар'єрної сітки підраховують середньозважений склад вапнякової породи по дільницях і розраховують компонентний склад сировинної суміші і титр для кожної дільниці. Одержані співвідношення між компонентами сировинної суміші і титр наносять на карту розрізу кар'єру. На основі цих даних лабораторія витримує склад суміші, проводячи контроль по титру.

Оперативний контроль в сировинному відділенні включає визначення титру або повного складу сировинної суміші після млинів та із шламових басейнів. Допускається відхилення від нормативних величин для КН - 0,02, для n і p - 0,02. Крім того, контролюється тонина розмелювання сировинних матеріалів – залишок на ситі № 02 повинен бути не більше 0,5% при випуску рядових цементів і 0,3% при випуску - високої марки, а залишок на ситі №008 відповідно не більше 8-10% і 3-5%. Нормативні залишки на ситах залежать від властивостей сировинних матеріалів і встановлюються для кожного заводу індивідуально. Контролюється також вологість шламу і сировинної муки. Допустимі відхилення вологості шламу -0,5%, а вологості сировинної муки -1%. Контрольні заміри і визначення переважно проводяться з усередненої годинної проби. Для цього млини обладнуються автоматичними пробовідбірниками, що проводять відбір проб через кожні 5 хв. і направляють ці проби в спеціальні ємності.

Контроль роботи пічного відділення передбачає контроль вугільної суміші і якості випалу клінкеру. Контроль якості клінкеру включає хімічний і петрографічний аналізи, визначення вмісту вільного оксиду кальцію і ваги літру клінкеру, вологості сировинної суміші за ланцюговою зоною, фільтр-підігрівачем і концентратором. Контролюються також гранулометричний склад, вологість і міцність гранул, що випаляються в печах з конвеєрними кальцинаторами. Визначення вільного СаО петрографічним методом на багатьох заводах налагоджено прямо біля головки печі і ведеться не тільки лабораторією, але і безпосередньо машиністом. Приймають таку мінімальну

вагу літра клінкеру, при якій вміст вільного СаО не перевищує 1% для звичайного і 0,2-0,35% для швидкотверднучого цементу. Гранули після гранулятора повинні мати розміри 7-15 мм і не містити пилу, а також мати деяк мінімальну міцність [4, 17, 49].

Для контролю і управління піччю фіксуються температура відхідних газів за піччю, перед концентратором; склад відхідних газів, розріджених в головці печі, за і перед фільтр підігрівачем, за концентратором і за обрізом печі; температура клінкеру.

Контроль роботи відділення цементних млинів включає перевірку дозування клінкеру і добавок, що подаються в млин (не вище 80%), і температури готового цементу; крупність живлення млинів (0-15мм для клінкеру і не більше 30мм для добавок); вологість матеріалів, що розмелюються (не вище 2%). Тонна помелу, терміни тужавіння і рівномірність зміни об'єму визначають кожні 1-2 год. Крім того, контролюється розрідження в аспіраційній коробці, у вхідній цапфі млина і за знепилюючими пристроями.

Відвантаження цементу споживачеві заводу ведуть по методу «гарантованої марки». Метод полягає в тому, що при виробництві цементу проводять оперативний контроль ряду його властивостей. Гарантована марка встановлюється на основі даних про активність цементу на стиск, об'ємну масу клінкеру, що поступає на розмелювання, і вміст в клінкері вільного СаО. Фізико-механічні властивості цементу, що випускається, визначають з проб, які відбираються щогодини після млинів. Оперативну оцінку марки цементу проводять по даних добової або трьохдобової міцності зразків, встановивши для кожного заводу на основі статистичних даних перехідні коефіцієнти [4, 12].

Підприємством у свій час було здійснено інноваційні нововведення: вдосконалювання технологій виробництва цементу з мокрого на сухий способи із модернізуванням та / або встановленням нового обладнання (електрофільтр) та переобладнання відділень сировини

(встановлення закритого циклу помелу), переведення печей випалювання клінкеру із природного газу на вугілля + альтернативні палива (наприклад, зношені автомобільні шини) тощо.

Для порівняння технологій виготовлення портландцементу досліджували ПрАТ «Івано-Франківськцемент», де переведення з мокрого на сухий спосіб здійснено понад 15 років тому. Перевага сухого способу виробництва – зменшення витрат палива на випалювання клінкеру до 3,2 – 4,2 мДж/кг порівняно з 5,9 – 6,7 мДж/кг при мокрому способі. Але при цьому ускладнюються процеси помелу, коректування, поводження з сировинною сумішшю, збільшується кількість обладнання та витрати на електричну енергію, дещо ускладнюється технологічна схема виробництва.

В результаті цієї конверсії відбулися не тільки модернізація установок, а також значне зниження споживання тепла, виробничі затрати та збільшення продуктивності виробництва цементу. Відбулася заміна сучасного обладнання, зокрема, таких агрегатів, як вертикальний роловий млин для розмелювання сировини і вугілля, нового теплообмінника і декорбонізатора та перештовхуючого колошникового холодильника. Технологічну схему виробництва портландцементу сухим способом на представлено на рис. 2.3.

Для запобігання запиленості виробничих приміщень застосовують очисні установки у сировинному, сушильному, пічному та цеху помелу. Видалене установками запилене повітря перед викидом в атмосферу піддавалося очищуванню в рукавних фільтрах, циклонах (рис. 2.3) і електрофільтрах.

В цілому, за техніко-економічними показниками сухий спосіб значно переважає мокрий. Капітальні витрати на будівництво заводу, який працює за сухим способом на 5 – 10 % менші, ніж на спорудження заводу такої ж потужності мокрого способу виробництва, а річні експлуатаційні затрати менші на 2,5 – 5 % за рахунок економії палива. Печі, які працюють за сухим способом, мають більшу продуктивність (до 125 т/год), виробіток на одного

робітника збільшується на 40%, собівартість продукції зменшується на 10%. Піч обладнана п'яти- та шестиступневими циклонними теплообмінниками і декарбонізатором. Охолодження клінкеру проводять у колошникових холодильниках. Об'єм відхідних газів у печі сухого способу на 35 – 40% менший, ніж при мокрому.

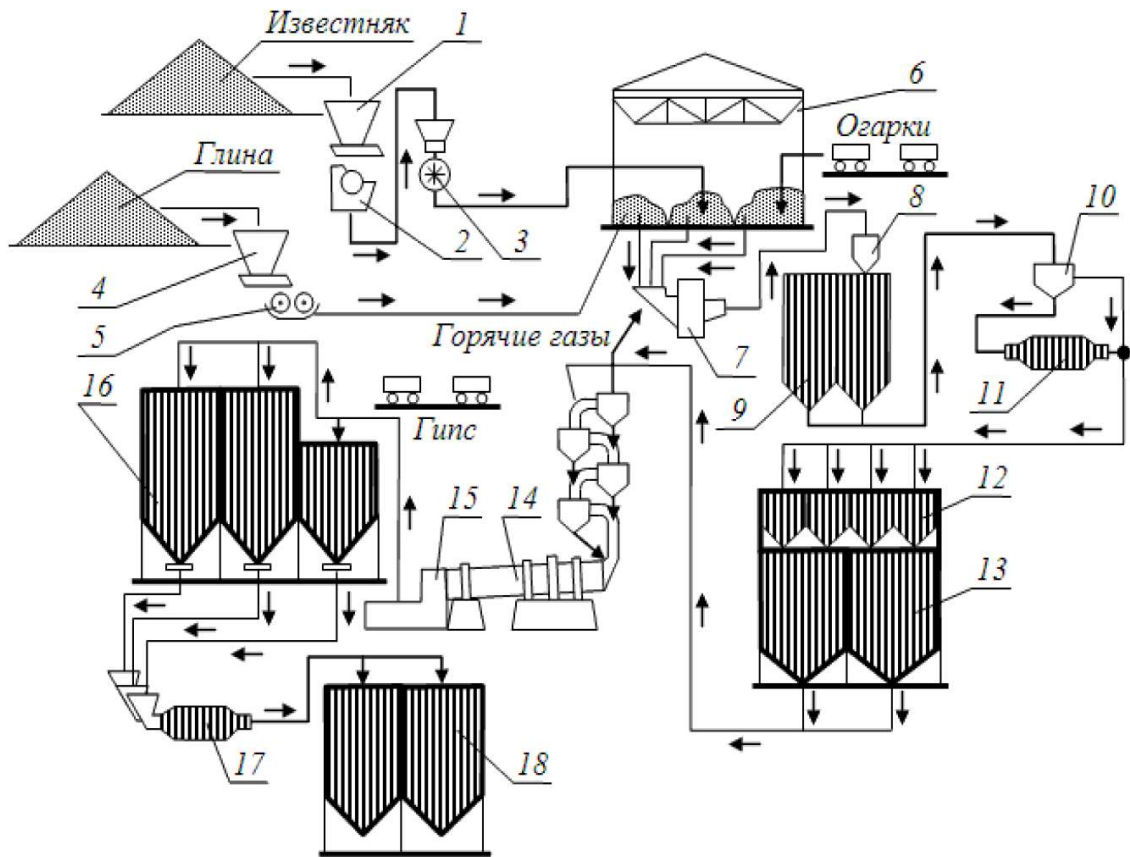


Рисунок 2.3. Технологічна схема виробництва цементу сухим способом [5]:

1 – бункер з вапняком; 2 – щоківий подрібнювач; 3 – молотковий подрібнювач; 4 – бункер глини; 5 – валковий подрібнювач; 6 – об'єднаний склад сировини; 7 – млин «Аерофол»; 8 – циклон-осаджувач; 9 – проміжний силос; 10 – сепаратор; 11 – млин; 12 – силос гомогенізування; 13 – запасний силос; 14 – піч з циклонними теплообмінниками; 15 – холодильник; 16 – склад клінкеру та добавок; 17 – млин; 18 – цементний силос.

Витрата паливайдена наступні технологічні потреби виробництва: випалювання клінкеру; сушіння додатків та сушіння палива. Розрахунок витрат паливана виробництво 1 кг клінкеру = 960 ккал, при калорійності

вугілля (6100 ккал/кг), його витрата на випалювання визначається як 0,153 т (на одну тону клінкеру). При продуктивності обертової печі 93 т/год. на випалювання необхідно таку кількість вугілля:

- на годину – $0,153 \cdot 93 = 14,2$ т;
- на добу – $14,2 \cdot 24 = 341,5$ т;
- на рік – $14,2 \cdot 8088 = 114849,6$ т.

Таким чином, сумарні витрати палива на технологічні потреби заводу (враховуючи $\sim 1\%$ паливних втрат) на етапах цемвиробництва складають 119576 т на рік, що переконує у доцільності сухого способу.

При дослідженні якості продукції та кількості викидів цементного виробництва слід враховувати також якісні (фізико-хімічні) показники палива. Зокрема, присадка золи палива та надлишок сірки негативно впливають на якість випалюваного матеріалу та емісію викидних газів.

Кількість виробничих майданчиків – 1.

Назва виробничого майданчика: Основний.

В межах підприємства відсутня житлова забудова. Для даного типу цементного виробництв встановлена нормативна санітарно-захисна зона (СЗЗ), яка складає 1000 м.

Карта-схема підприємства наведена на рисунку 2.4.

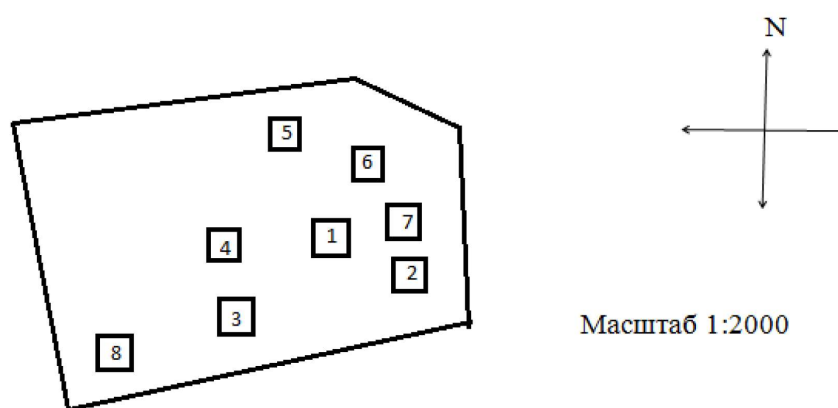


Рисунок 2.1. Карта - схема підприємства:

1 – виробничий цех; 2 – ділянка відвантаження готової продукції; 3 – склад; 4 – котельня; 5 – ремонтно-механічний цех; 6 – електроремонтний цех; 7 – автотранспортний цех; 8 – залізничний цех

Виробничий майданчик «Основний» виробничий цех:

Джерело викиду №1 – випалювальна обертова піч (холодна частина печі). Організоване джерело викиду, що відводить пилогазоповітряну суміш від випалювальної обертової печі, декарбонізатора, циклонів-теплообмінників, млинів сировинної суміші. Забруднюючі речовини утворюються та виділяються при транспортуванні та перемелюванні сировинної суміші, у розпалювальний період та при обпалюванні клінкеру. Пилогазоповітряна суміш, що відводиться, містить продукти спалювання палива (вугілля та природного газу) та пил неорганічний, який містить двоокис кремнію нижче 20%, що виділяється при транспортуванні матеріалу в процесі сушки та при розмелюванні матеріалу в млинах сировинної суміші, пил цементного виробництва, що виділяється при обпалюванні сировинної суміші та утворенні клінкеру.

Джерело викиду №2 – холодильник клінкеру. Забруднюючі речовини (пил цементного виробництва) утворюються та відводяться при охолодженні гарячого клінкеру на решітці, за допомогою атмосферного повітря, що нагнітається вентиляторами.

Джерела викидів №3, №4, №5 – силоси сировинної суміші №1-3. Забруднюючі речовини (пил неорганічний, який містить двоокис кремнію нижче 20%) утворюються та відводяться при завантажуванні матеріалів у силоси, додатковому змішуванні матеріалів та зберіганні сировинної суміші.

Джерела викидів №6, №7, №8, №9 - сушильні барабани №1, №2, №3, №4, що призначенні для транспортування та сушки матеріалів. Сушильні барабани №2 та №3 призначенні в основному для сушки вапняку та транспортування граншлаку для сировинної суміші. Сушильні барабани №1 та №4 використовуються для сушки вапняку та глини. Сушка в барабанах здійснюється шляхом нагріву матеріалів сумішшю продуктів спалювання природного газу та атмосферного повітря. Пилогазоповітряна

суміш, що відводиться містить продукти спалювання природного газу та пил неорганічний, склад якого залежить від матеріалів, що оброблюються.

Джерела викидів №10, №12, №13 – технологічне обладнання дозувального блоку (конвеєри, силоси, живильники силосів, дозатори силосів). Утворення та виділення забруднюючих речовин проходить при транспортуванні, перевантаженні матеріалів та їх змішуванні на конвеєрі. Склад пилу, що викидається, залежить від типу матеріалів, які оброблюються. Від джерела викиду №10 (аспіраційна система якого обслуговує обладнання для дозування переважно гранульованого шлаку) в атмосферу відводиться пил неорганічний, який містить двоокис кремнію 20-70%. Від джерела викиду №12 (аспіраційна система якого обслуговує обладнання для дозування, в основному, вапняку) в атмосферу відводиться пил неорганічний, який містить двоокис кремнію нижче 20%. Від джерела №13 (аспіраційна система якого обслуговує обладнання для обробки, в основному глини) відводиться в атмосферне повітря зола вугільна та пил неорганічний, який містить двоокис кремнію 20-70%.

Джерела викидів №14, №15 – сушильні барабани №5, №6, що призначені для транспортування та сушки матеріалів, переважно гранульованого шлаку. В атмосферне повітря виділяються пилогазоповітряна суміш, що відводиться, містить продукти спалювання природного газу та пил неорганічний, який містить двоокис кремнію 20-70%.

Джерело викиду №16 – елеватор сировинної муки. Забруднюючі речовини (пил неорганічний, який містить двоокис кремнію нижче 20%) утворюються та відводяться при транспортуванні сировинної муки.

Джерела викидів №17-20 – цементні млини №1-4. Забруднюючі речовини (пил неорганічний, який містить двоокис кремнію 20-70%) утворюються при перемелюванні цементного клінкеру та різноманітних добавок з утворенням безпосередньо цементу.

Джерело викиду №26 – об'єднаний склад. В атмосферне повітря виділяються пилові фракції матеріалів, що класифікуються як пил неорганічний, який містить двоокис кремнію 20-70%, пил (неорганічний) гіпсового в'язучого, пил цементного виробництва.

Джерело викиду №31 – базисний склад. В атмосферне повітря виділяються пилові фракції матеріалів, що класифікуються як пил неорганічний, який містить двоокис кремнію нижче 20%, 20-70% та вище 70%.

Джерело викиду №32 – склад переробки сушки сировини. В атмосферне повітря виділяються пилові фракції матеріалів, що класифікуються як зола вугільна та пил неорганічний, який містить двоокис кремнію нижче 20%, 20-70% та вище 70%.

Джерело викиду №59 – вагоноперекидач ВРС-134. В атмосферне повітря виділяється пил неорганічний, який містить двоокис кремнію нижче 20%, 20-70%, та вище 70%, пил цементного виробництва, пил (неорганічний) гіпсового в'язучого, пил вугільного концентрату.

Джерело викиду №73 – приймальний бункер вібророзвантажувача вагонів. В атмосферне повітря виділяється пил (неорганічний) гіпсового в'язучого та пил цементного виробництва.

Джерело викиду №74 – сушильний барабан №7, що призначений для транспортування та сушки матеріалів, переважно гранульованого шлаку (є резервним). В атмосферне повітря виділяються пилогозоповітряна суміш, що відводиться, містить продукти спалювання природного газу та пил неорганічний, який містить двоокис кремнію 20-70%.

Джерело викиду №75 – склад клінкеру №1. В атмосферне повітря виділяється пил цементного виробництва.

Джерело викиду №84 – місце завантаження матеріалів грейфером. В атмосферне повітря виділяється пил неорганічний, який містить двоокис кремнію 20-70%, пил (неорганічний) гіпсового в'язучого.

Джерело викиду №85 – місце завантаження матеріалів грейфером. В атмосферне повітря виділяється пил неорганічний, який містить двоокис кремнію нижче 20%, 20-70% та вище 70%.

Джерело викиду №87 – вузол перевантаження складу переробки сушки сировини. В атмосферне повітря виділяється зола вугільна, пил неорганічний, який містить двоокис кремнію нижче 20%, 20-70% та вище 70%.

Джерело викиду №103 – Склад клінкеру №2. В атмосферне повітря виділяється пил цементного виробництва.

Основне виробництво – виробничий цех (вугільнопомольне відділення) містить ряд джерел викидів вугільного пилу.

Джерела викидів №60, №61 – відкритий та резервний склад вугілля. Виділення забруднюючих речовин відбувається при перевантажуванні та зберіганні вугілля. В атмосферне повітря виділяється пил вугільного концентрату.

Джерело викиду №62 – вузол пересипки вугілля з конвеєра L=15,39 м на конвеєр L=235 м. Джерело відводить забруднюючі речовини (пил вугільного концентрату), що утворюються при транспортуванні вугілля стрічковим конвеєром з перевантаженням з конвеєра на конвеєр. Конвеєри встановлені на відкритих естакадах та мають укриття вугілля на стрічці.

Джерело викиду №63 – вузол пересипки вугілля з конвеєра L=235 м на конвеєр L=43,2 м. Джерело відводить забруднюючі речовини (пил вугільного концентрату), що утворюються при транспортуванні вугілля стрічковим конвеєром з перевантаженням з конвеєра на конвеєр. Конвеєри встановлені на відкритих естакадах та мають укриття вугілля на стрічці.

Джерело викиду №64 – бункер сирого вугілля. Сире вугілля системою стрічкових конвеєрів подається в бункер сирого вугілля. При завантаженні та зберіганні вугілля в атмосферне повітря виділяється та відводиться пил вугільного концентрату.

Джерело викиду №65 – тарільчато-роликовий вугільний млин. Джерело призначене для відведення пилогазоповітряної суміші, що утворюється при просушуванні та розмелюванні вугілля у млині та містить продукти спалювання вугілля (пічні гази, що використовуються для сушки вугілля у млині) і пил вугільного концентрату. Також джерело викиду №65 відводить пилогазоповітряну суміш від системи аспірації бункеру пневмогвинтового насосу.

Джерело викиду №66 – силос меленого вугілля. Джерело викидів, що служить для відведення пилогазоповітряної суміші від силосу меленого вугілля.

Забруднюючі речовини (пил вугільного концентрату) утворюються та відводяться при завантаженні та зберіганні меленого вугілля у силосі.

Джерело №67 – резервний склад вугілля №2. Виділення забруднюючих речовин відбувається при перевантажуванні та зберіганні вугілля. В атмосферне повітря виділяється пил вугільного концентрату.

При проведенні інвентаризації враховано виведення з експлуатації джерела викиду №67 (бункер пневмогвинтового насосу). Система аспірації бункеру відводить пилогазоповітряну суміш до аспіраційної системи вугільного млину (джерело викиду №65).

Дільниця відвантаження готової продукції:

Джерело викиду №21 – силоси цементу №№7, 9. Джерело призначене для відведення пилогазоповітряної суміші, що утворюється при закачуванні цементу в силоси. В атмосферне повітря виділяється пил неорганічний, який містить двоокис кремнію 20-70%.

Джерело викиду №22 – силоси цементу №№8, 10. Джерело призначене для відведення пилогазоповітряної суміші, що утворюється при закачуванні цементу в силоси. В атмосферне повітря виділяється пил неорганічний, який містить двоокис кремнію 20-70%.

Джерело викиду №37 – вузол завантаження цементу в автотранспорт. Виділення та відведення забруднюючих речовин відбувається при

завантаженні цементу з силосів №7-10 в автотранспорт (цементовози) течками, що розташовані з північної сторони блоку силосів. В атмосферне повітря виділяється пил неорганічний, який містить двоокис кремнію 20-70%.

Джерело викиду №38 – вузол завантаження цементу в залізничні вагони. Забруднюючі речовини викидаються в атмосферне повітря через технічні отвори під силосами цементу. Виділення забруднюючих речовин відбувається при завантаженні цементу з силосів №7-10 в залізничні вагони-цементовози вузлами завантаження залізничних ємностей-цементовозів. В атмосферне повітря виділяється пил неорганічний, який містить двоокис кремнію 20-70%.

Джерело викиду №58 – лінія пакування цементу. Джерело викиду, що відводить пилогазоповітряну суміш від лінії пакування цементу у мішки. В атмосферне повітря виділяється пил неорганічний, який містить двоокис кремнію 20-70%.

Джерело викиду №76 – вузол завантаження цементу в автотранспорт. Виділення та відведення забруднюючих речовин відбувається при завантаженні цементу з силосів №7-10 в автотранспорт (цементовози) течками, що розташовані з південної сторони блоку силосів. В атмосферне повітря виділяється пил неорганічний, який містить двоокис кремнію 20-70%.

Джерело викиду №77 – вузол завантаження цементу в залізничні вагони. Джерело викиду являє собою технічні отвори під силосами цементу. Виділення забруднюючих речовин відбувається при завантаженні цементу з силосів №7-10 в залізничні вагони-цементовози вузлами завантаження залізничних ємностей-цементовозів. В атмосферне повітря виділяється пил неорганічний, який містить двоокис кремнію 20-70%.

При проведенні інвентаризації враховано виведення з експлуатації ліній пакування цементу «А» та «Б», (джерела викидів №33, 34) та

навантажувачів цементу (джерело викиду №59). Також виведено з експлуатації блок силосів цементу №1-6 (джерела викидів №36, 78, 79).

Допоміжне виробництво та склад – джерела викидів №46 та №88 виділяють граничні вуглеводні:

Джерело викиду №46 – склад паливно-мастильних матеріалів, що включає в себе резервуари зберігання палива (бензину, керосину та дизельного палива) та паливороздавальні колонки. Під час заливання, зберігання та заправки автотранспортної техніки в повітря виділяються вуглеводні граничні, бензин нафтовий, керосин.

Джерело викиду №88 – склад паливно-мастильних матеріалів, що включає в себе резервуар зберігання дизельного палива та паливороздавальну колонку. Джерело викиду є неорганізованим. Під час заливання, зберігання та заправки залізничної техніки в повітря виділяються вуглеводні граничні.

Допоміжне виробництво – котельня:

Джерело викиду №44 – відведення продуктів спалювання природного газу від котлоагрегатів ДЕ-25-14 ГМ (2 шт.). Режим роботи котлів не є постійним, навантаження змінюється в залежності від потреби в гарячій парі.

Джерело викиду №80 – відведення продуктів спалювання природного газу від котлоагрегату Е-2,5-0,9 ГМ (1 шт.). Режим роботи котла не є постійним, навантаження змінюється в залежності від потреби в гарячій парі.

Допоміжне виробництво, ремонтно-механічний цех:

Джерело викиду №40 – зварювальний пост. Джерело викидів, що відводить забруднюючі речовини, які утворюються при зварюванні металів електродами різних марок. В атмосферне повітря виділяються заліза оксид, марганець та його сполуки, хром шестивалентний, фториди, газоподібні сполуки, фториди добре та погано розчинні неорганічні, оксид кремнію.

Допоміжне виробництво, автотранспортний цех представлений джерелом викиду №45 – зарядний пристрій. Забруднюючі речовини утворюються при зарядці акумуляторних батарей автотракторної техніки та відводяться в атмосферне повітря через технічні отвори в будівлі гаражів. В атмосферне повітря виділяються пари сірчаної кислоти.

Допоміжне виробництво, залізничний цех:

Джерело викиду №81 – зварювальний пост. Джерело викидів, що відводить забруднюючі речовини, які утворюються при зварюванні металів електродами різних марок. В атмосферне повітря виділяються заліза оксид, марганець та його сполуки, хром шестивалентний, фториди, газоподібні сполуки, фториди добре та погано розчинні неорганічні, оксид кремнію. Забруднюючі речовини відводяться в атмосферне повітря через технічні отвори в будівлі локомотивного депо.

Джерело викиду №82 – гараж розморожування. Джерело викидів, що відводить забруднюючі речовини через технічні отвори в огорожуючих конструкціях гаража розморожування (нещільності воріт). Забруднюючі речовини утворюються при спалювання природного газу в двох топках, що працюють одночасно.

Допоміжне виробництво, майданчик в цілому – джерело викиду №102 – зварювальні та фарбувальні роботи. На території виробничого майданчика «Основний» періодично проводяться ремонтні роботи, пов'язані зі зварюванням, різанням, фарбуванням металоконструкцій устаткування, будівель, споруд, промиванням устаткування. Джерелами утворення (виділення) забруднюючих речовин в таких випадках є нестационарні зварювальні пости, місця фарбування, промивання. Якісний і кількісний склад речовин, що виділяються при зварювальних, фарбувальних і промивальних роботах, залежить від типу матеріалів, що використовуються (електродів, фарби, миючих засобів). Від місць проведення зварювальних робіт виділяються заліза оксид, марганець та його сполуки, хром шестивалентний, фториди, газоподібні сполуки, фториди добре та погано

розчинні неорганічні, оксид кремнію. Від місць проведення фарбувальних робіт в атмосферу виділяються: ксилол, толуол, спирт бутиловий, спирт етиловий, етилацетат, бутилацетат, ацетон, уайт-спірит. Від місць проведення промивальних робіт в атмосферу виділяється керосин.

2.2. Види палива та їх характеристики

Під енергетичним паливом розуміють горючі (спалимі) речовини, які використовують для одержання видів енергії (як теплової, так і електричної). Традиційні види палива – це складні вуглецевмісні сполуки, які містять також деяку кількість мінеральних речовин і утворились із продуктів розкладу рослинного та тваринного походження впродовж тривалого часу.

Цементна галузь – крупний споживач природних ресурсів (в тому числі, енергетичних). Постійне зростання цін на природний газ визначає необхідність розробки більш дешевих видів палива, якими можуть бути вугілля, а також горючі промислові і комунальні відходи [15].

Зниження енергоємності виробництва клінкеру на сьогодні можливе через вирішення проблем перероблення відходів різного виду (як промислових, так і комунальних), зокрема енергетичних, тобто горючих. Використання в цементному виробництві таких альтернативних палив має свої переваги [1, 6].

Для виробництва альтернативного палива в країнах Європейського Союзу створено спеціалізовані підприємства, які займаються рециклінгом горючих відходів для їх вторинного ефективного використання у цементній галузі [24]. Випал портландцементного клінкеру, крім традиційних, вимагає умов стабільності складу (в тому числі, врахування золи, яка виділяється при згоранні відходів) та відповідних властивостей таких палив.

Зростання чисельності населення і розвиток інфраструктури великих міст призводять до збільшення кількості відходів. Проблемою залишається

кількість стічних вод. Існує досвід і практика країн ЄС щодо осадів стічних вод, котрі мають підвищений вміст органічних речовин – їх забороняють складувати на полігонах ТПВ [1, 13].

Постійне накопичення вживаних автомобільних шин на сьогодні постає як проблема (лише ~ 20% переробляються). Як джерело тривалого та стійкого забруднення довкілля, шини не піддаються процесам біологічного розпаду. Проблемою є вогнебезпечність, токсичність і, навіть канцерогенність продуктів згорання [13].

Калорійність характеризує позитивний тепловий ефект (теплоту згорання) палива. Під час порівняльних розрахунків енергетичної цінності та ефективності використання різного палива застосовують одиниці умовного палива, теплота згорання якого становить 29,35 МДж/кг (7000 ккал/кг) [1].

Для низькокалорійних відходів додають легкозаймисте паливо-ініціатор. Проте в якості альтернативних палив використовують відходи різної природи, наприклад, відходи деревини, осади стічних вод, вугільні шлами, а також їх суміш. При цьому хімічний склад і калорійність – контрольовані [1, 6].

Використані автомобільні шини можуть за певних умов бути вторинними паливними матеріалами. Оскільки утилізація відходів термічним методом, зокрема, випалювання їх у печах цементного виробництва може вирішувати проблеми їх ліквідації та деяке здешевлення собівартості виробництва цементного клінкеру.

Близько 75% виробництва гумової промисловості – це автомобільні шини, котрі вживаними і без правильної утилізації (особливо, потрапляючи на сміттєзвалища) чинять навантаження на довкілля.

Саме тому відходи гумової промисловості, можуть за чіткого контролю їх складу та умов утилізування можуть частково стати альтернативним паливом у цементному виробництві.

Перевагами є: простий спосіб складування і подавання в піч за високих показників калорійності матеріалу.

Енергетична характеристика різних видів органічного палива (як традиційних, так і альтернативних) представлена в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристика різних видів органічного палива

№ з/п	Вид палива	Теплота згорання, МДж/кг
1	Буре (кам'яне) вугілля	15,0 (31,0)
2	Природний газ	34,5-
3	Зношені шини	39

Згідно досліджень, калорійність шин не уступає значенням калорійності вугілля, а подрібнення гумових відходів до розмірів частинок близько 6 мм дозволяє стабілізувати умови спалювання. Показники хімічного складу, зокрема, вміст летких сполук, зольність є дуже важливими в процесі оцінювання придатності палив [24].

2.3. Методи досліджень викидів

У ході досліджень викидів основних забруднюючих речовин (концентрації пилу, диоксидів карбону, нітрогену та сульфуру) на підприємстві було використано розрахункові та аналітичні методи, які забезпечують контроль стану повітря застосуванням відповідних приладів-газоаналізаторів, а також дослідження хімічними та фізико-хімічними методами в лабораторних умовах за встановленими методиками.

Для перерахунку вмісту SO₂ з об'ємних часток (%) у мг/м³ використовують дані таблиці 2.2.

При дослідженнях фазового складу та властивостей альтернативних палив використано фізико-хімічний метод рентгенівської дифрактометрії. Дані щодо хімічного складу палив (вживаних автомобільних шин) одержано рентгеноспектрметрично [2].

Таблиця 2.2 – Дані для перерахування вмісту диоксиду сульфуру

Об'ємна частка, %	мг/м ³	Об'ємна частка, %	мг/м ³
0,00020	5,70	0,00200	57,00
0,00050	14,25	0,00350	100,00
0,00100	28,50	0,00500	142,50
0,00150	42,75	0,00700	200,00

Розділ 3

Технології захисту довкілля при використанні альтернативних палив у цементному виробництві

3.1. Дослідження емісії забруднювачів повітря цементного виробництва при використанні традиційних палив

Цементна промисловість як споживач мінеральних ресурсів характеризується техногенним впливом на екологічний стан навколишніх біоценозів. Розрахунки вказують, що виробництво тільки однієї тонни портландцементу сприяє виділенню в атмосферу від 0,4 до 1т CO₂, не враховуючи емісії техногенних поллютантів [6, 24].

При виробництві портландцементу на ПрАТ «Івано-Франківськцемент», щороку з 2013 по 2018 роки в атмосферне повітря в середньому викидалося від 1500 до 4000 т забруднюючих речовин (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Динаміка викидів забруднюючих речовин «Івано-Франківськцементу» з 2013 по 2020 роки

№ з/п	Роки	Випуск цементу тис. т.	Викиди забруднюючих речовин, т
1	2013	537,0	1527,012
2	2014	544,0	1408,134
3	2015	654,0	2087,205
4	2016	829,37	2547,057
5	2017	929,52	3279,162
6	2018	1050,00	3862,393
7	2019	1831,45	6796,202
8	2020	1952,39	7244,981

За останні роки кількість викидів зросла разом із показниками випуску цементу майже у два рази.

Проведеними нами дослідженнями встановлено, що у 2019 році підприємством було викинуто у повітря 6796 тонн шкідливих речовин, і з

них твердих (пил неорганічний) – 5313 тонн, газоподібних – 1483 тонни (в тому числі сірчистого ангідриду – 175 т; оксиду вуглецю – 430 т, оксиду азоту – 878 тонн). У 2020 році зросли обсяги випуску цементу і підприємством було викинуто 7244,981 т шкідливих речовин.

При виробництві портландцементу у повітря викидаються неорганічний пил, сірчаний ангідрид, сірчистий ангідрид, оксид вуглецю, оксид азоту, аерозолі та інші речовини (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Усереднені результати емісії забруднюючих речовин в атмосферне повітря ПрАТ «Івано-Франківськцемент»

№ з/п	Забруднююча речовина	ГДКм.р., мг/м ³	Клас небезпеки	Потужність викиду, т/рік
1	Манган та його сполуки (в перерахунку на MnO ₂)	0,01	2	0,172
2	Зола вугільна ТЕС(35 – 40% CaO)	0,05	2	5,6365
3	Хром шестивалентний(в перерахунку на триоксид хрому)	0,0015	1	0,001
4	Оксид азоту	0,085	2	877,9554
5	Кислота сірчана	0,3	2	0,001
6	Ангідрид сірчистий	0,5	3	175,372
7	Оксид карбону	5,0	4	430,844
8	Ксилол	0,2	3	0,3375
9	Толуол	0,6	3	0,4264
10	Спирт н-бутиловий	0,1	3	0,156
11	Спирт бутиловий	5,0	4	0,208
12	Бутилацетат	0,1	4	0,0832
13	2-етоксиетанол	0,7	3	0,0832
14	Ацетон	0,35	4	0,1232
15	Бензин (нафтовий, малосірчистий)	5,0	4	0,3631
16	Уайт-спірит	1,0	4	0,3375
17	Вуглеводні граничні C ₁₂ – C ₁₉	1,0	4	0,8201
18	Пил неорганічний	0,5	3	5313,195
19	Аерозоль зварювальний	0,15	0	1,26153
20	Пил деревини	0,1	0	1,1894

З метою зменшення потрапляння шкідливих речовин, що утворюються у процесі виробництва цементу на ПрАТ «Івано-Франківськцемент» у атмосферне повітря необхідно переглянути технологію виробництва цементу та удосконалити фільтраційну систему підприємства, завершити реконструкцію очисних установок на найбільш потужних організованих джерелах пилових викидів, розробити регулювання викидів шкідливих речовин в атмосферу у період

несприятливих метеорологічних умов, встановити систему постійного контролю і управління емісією, провести герметизацію технологічних процесів у самому виробництві, зменшити кількість джерел неорганізованих викидів, а саме: складу добавок, клінкеру, сировинних кар'єрів, які працюють за відкритим типом, а також цеху відвантаження цементу і завантаження бункерів цементних млинів, що необладнані аспіраційно-обезпилюючими установками; обмежити використання небезпечних відходів інших галузей промисловості при виробництві цементу (аргеліту, червоного шламу, огарків), які несуть значне навантаження по вмісту важких металів, або провести їх заміну більш безпечними.

3.2. Дослідження сумісного спалювання різних типів палива

В Україні використання горючих відходів перебуває на етапі використання, однак детальне вивчення їх впливу на стан навколишнього середовища є надважливим екологічним завданням як на суспільно-громадському, державному, так і науковому рівнях.

Відомо, що спосіб спалювання та вид відходів визначають вміст газів згорання. До складу викидів входять, в першу чергу, CO, CO₂, H₂O, SO₂, NO_x, важкі метали, а також органічні речовини після часткового спалювання, токсини (бензапірени, сполуки діоксинового ряду) та інші.

Дослідження хімічного складу викидів слід систематизувати, крім того вони виконуються в чіткій строгій послідовності з дотриманням та вимогою складних замірів та недешевих експериментальних досліджень. Для здешевлення процесу одержання портландцементів сухим способом використовують сумісне спалювання твердого традиційного та альтернативного палив (рис. 3.1).

При випалюванні суміші клінкерних складових деяка частка золи альтернативного виду палива хімічно реагує з оксидами сировини,

позитивно впливаючи на мінералогічний склад готового клінкеру, іммобілізуючись у структуру клінкерних мінералів.

Вміст важких металів у альтернативному паливі не перевищував встановлені норми для одержання цементного клінкеру доброї якості. Крім того, металевий корд автомобільних шин у процесі випалу цементного клінкеру дозволяє вносити необхідний залізовмісний компонент у сировинну суміш [5].

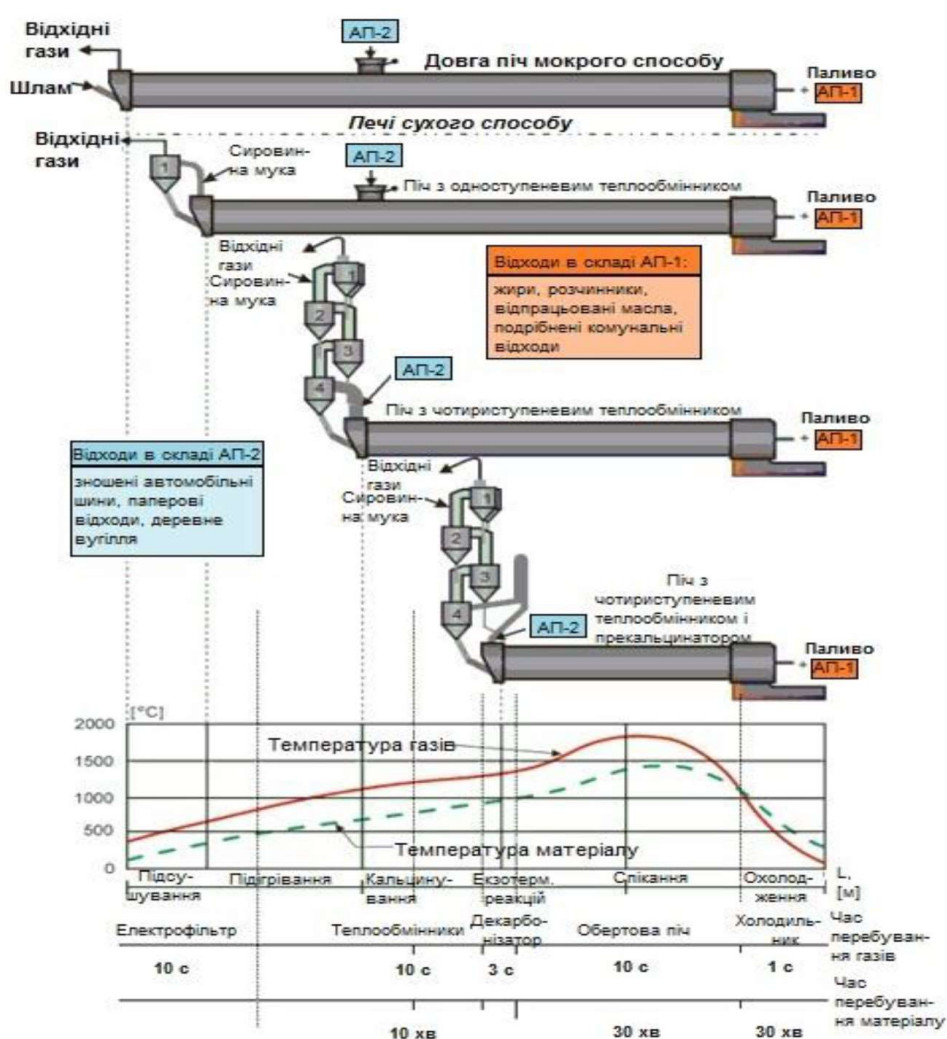


Рисунок 3.1. Схеми виробництва портландцементу з традиційними та альтернативними видами палива в печах сухого та мокрого способів

На базі цементного виробництва було налагоджено введення (з попередніми нормуванням та тестуванням) твердих альтернативних палив (цілих використаних шин) в середню зону декарбонізації печі №5

(установка «Пелікан»), а також протестовано введення альтернативних палив (рис. 3.2) на основі подрібнених твердих відходів (SSW).

В якості твердих альтернативних палив (SSW) було використано альтернативні палива на основі побутових відходів (пакувальні матеріали, папір, пластик, текстиль), дерев'яні ошурки та стружка.

Оцінювання впливу на навколишнє середовище при утилізуванні відходів термічним методом було проведено за результатами вимірювань викидів обертових печей при спільному спалюванні традиційного та 40% альтернативного палив.



Рисунок 3.2. Технологічна схема використання сумісного традиційного та альтернативних палив у цементному виробництві

У викидах печей цементного виробництва встановлено значний вміст оксидів SO_2 , NO_x , CO (рис. 3.3), що пов'язано зі специфікою випалу цементного клінкеру, а не залежить від вмісту цих відходів. Результати замірів відхідних газів свідчать також про відсутність перевищень концентрації важких металів, які здатні до іммобілізації в структурі мінералів [6] у процесі випалу клінкерної суміші в обертових печах. Більшість зразків викидів (75% вибірки) не містили перевищень

нормативних концентрацій суспендованих твердих частинок, сполук Hg та інших важких металів.

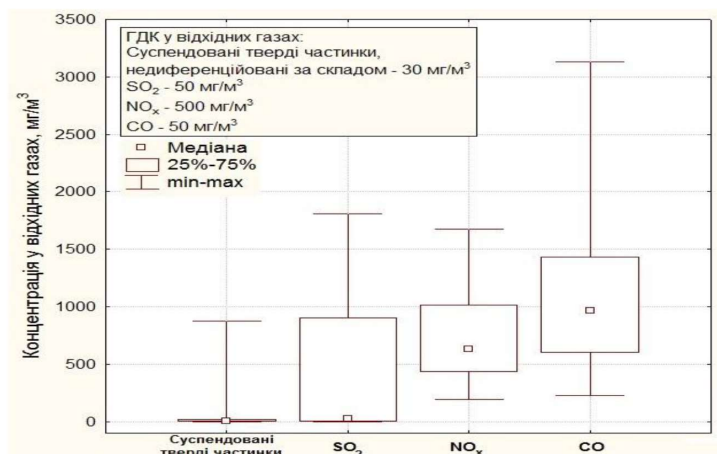


Рисунок 3.3. Концентрації твердих частинок, SO₂, NO_x і CO у викидах печей обертання

Згідно результатів досліджень вторинні паливні матеріали (вживані автомобільні шини) та їх фізичні і хімічні параметри складу свідчать про доцільність їх енергетичного використання, зокрема, у практиці цементного виробництва.

Альтернативні види палива забезпечують зменшення витрат традиційних палив у процесі випалювання цементного клінкерного матеріалу (на ~ 0-20%), дозволяючи створити прогресивні моделі для цементної галузі в розрізі практики екологічного виробництва, для системного вирішення питань економії сировини та паливно-енергетичних ресурсів. Перероблення горючих відходів надаватиме значні переваги цементній галузі над заводами, що сміттєспалювання, позбавляючи суспільство та біоту від відходів, при цьому відбуватиметься зниження емісії парникових газів та токсичних сполук.

3.3. Характеристика поллютантів у викидах

Оксид вуглецю (II) CO. Основна маса CO, вміст якого в атмосфері є незначним, утворюється при згорянні добутого палива. При цьому, двигуни внутрішнього згорання є його головним джерелом. Однак, процеси спалювання любого традиційного палива при недостатці кисню також призводять до утворення цього токсичного газу, що викликає удушся людини.

Діоксид сірки або сірчистий газ (SO₂) – друга за масою речовина, що забруднює атмосферу. Основне джерело – використання людиною природного палива, насамперед вугілля, оскільки будь-який вид природного палива вміщує сірку від часток процента до 5-7%. Згідно з оцінками, у тропосферу щорічно викидається біля 145 МтSO₂, причому 70% цих викидів іде за рахунок спалювання вугілля, а 16% - рідкого палива, особливо мазуту.

Руйнування SO₂ в атмосфері відбувається в результаті дії УФ-радіації, яка сприяє утворенню сірчаного ангідриду SO₃.

Під час контакту з водяними парами утворюється сульфатна кислота.

У забрудненій та вологій атмосфері проходить також реакція, що призводить до утворення сірчаної кислоти з діоксидів Сульфуру (IV), Нітрогену та води.

Сірководень H₂S. Значення техногенної емісії сірководню порівняно з природною є невеликим, оскільки валова його частка утворюється через мікроорганізми ґрунту та води.

Сполуки Нітрогену. Велика кількість оксидів Нітрогену та його сполук утворюється в процесах згорання, насамперед у бензинових та дизельних двигунах автомобілів.

Діоксид азоту – токсичний газ буро-жовтого забарвлення, в середовищі дуже стійкий. Вплив УФ-випромінювання, або високих температур руйнує оксид і він перетворюється в NO (тому у вихлопних газах більша концентрація останнього, порівняно з NO₂).

Загальну масу антропогенного діоксиду Нітрогену (час збереження в атмосфері близько 3 діб), яка щорічно викидається в атмосферу, оцінюють

у 25 Мт, (0,1 від маси природного через вулканічну, грозову діяльність, мікроорганізми). Проте його шкідливий вплив зростає при взаємодії з водяною парою та утворенням нітратної кислоти [9, 10].

Вуглеводні. При неповному згорянні палива відбувається утворення шкідливих канцерогенних циклічних вуглеводнів. Особливо багато канцерогенних (таких, що викликають рак легень) органічних речовин є в сажі та гудронах. Ці речовини викидають дизельні двигуни, опалювальні системи, вони утворюються внаслідок процесів спалювання та горіння. Наприклад, токсичний акролеїн потрапляє в атмосферу саме з вихлопними газами, котрі й утворюються з продуктами неповного згорання палива транспортних засобів.

Твердий вуглець – це, в першу чергу, сажа, у сильно задимлених районах її концентрація може сягати 10-30 мкг/м³. Відомо, що швидкість надходження в атмосферу твердого вуглецю складає близько 10% від швидкості викиду газоподібного вуглецю у вигляді оксидів CO₂ та CO і швидко зростає зі збільшенням об'єму спалюваного палива. Згідно останніх досліджень сажа – канцерогенний продукт від згорання різних видів палива.

Негативна роль надмірних кількостей сполук сульфуру (сульфатів) значна насамперед тому, що більші частинки їх слугують ядрами конденсації, які визначають мікроструктуру та умови утворення техногенних хмар і туманів [7].

Таблиця 3.3 - Забруднюючі речовини що викидаються в атмосферне повітря на території цементного виробництва

Найбільш поширені забруднюючі речовини	Небезпечні забруднюючі речовини
оксид вуглецю; метали та їх сполуки; свинець та його сполуки; речовини у вигляді суспендованих твердих частинок; сполуки азоту; оксиди азоту; діоксид та інші сполуки сірки; сульфатна кислота.	метали та їх сполуки; арсен та його сполуки; залізо та його сполуки; мідь та її сполуки; ртуть та її сполуки; хром та його сполуки; цинк та його сполуки; манган та його сполуки; неметанові леткі органічні сполуки; ацетон; ксилол; толуол; фтор та його сполуки.

Цементна промисловість та виробництво, пов'язане з добуванням та використанням будматеріалів (подрібнення порід у кар'єрах) є джерелом частинок важких металів (цинку, свинцю, міді, алюмінію тощо) [12].

Провівши оцінку усіх джерел викидів виробництва цементного підприємства можна визначити перелік видів забруднюючих речовин, які надходять до навколишнього середовища від цементного виробництва що наведені в таблиці 3.3.

Розглянемо джерело викиду №14 – Сушильний барабан № 5

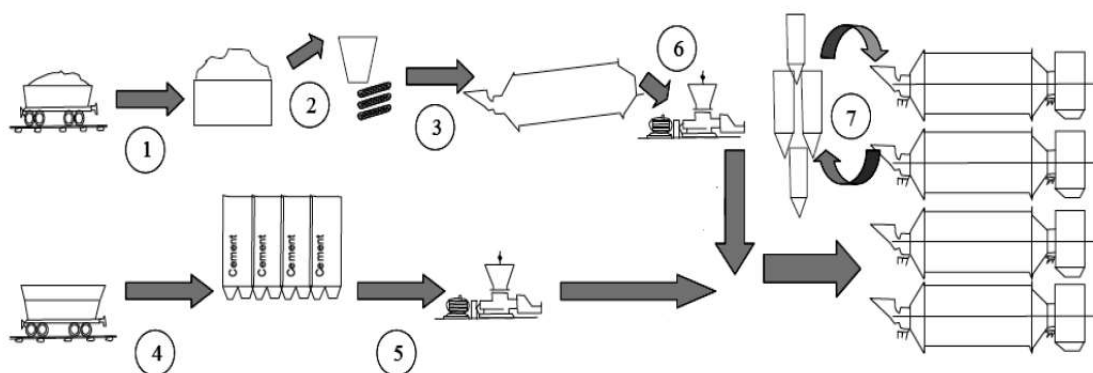


Рисунок 3.4. Технологічна схема:

1 – склад шлаку; 2 – бункер; 3 – сушильний барабан; 4 – силоси; 5,6 – дозатор; 7 – цементний млин

Таблиця 3.4– Вихідні дані від джерела забруднення № 14, сушильного барабана № 5 [10]

Виробництво, промислова ділянка, технологічний процес	Виробництво цементу. Виробничий цех. Сушіння гранульованого шлаку.
Технологічне обладнання	Сушильний барабан №5 (прямоточний, розмір Ø 2,8 x 20 м,
Фактичний час роботи обладнання	7200 год./рік
Фактична витрата природного газу	2500,5 тис. м ³ /рік
Фактична виробнича потужність	5 т/год.
Проектний обсяг на сушку гранульованого шлаку	12,06 тис. т/рік
Проектний обсяг сухого гранульованого шлаку	106,6 тис. т/рік
Проектний час роботи обладнання	5200 год./рік
Проектна витрата природного газу	3000,0 тис. м ³ /рік

Перелік забруднюючих речовин, що надходять в атмосферне повітря від джерела забруднення № 14, сушильного барабана № 5 наведено в таблиці 2.4 та відповідні значення ГДК представлені в таблиці 2.5 шкідливих речовин, які виділяються від сушильних барабанів [11].

Таблиця 3.5 — Перелік забруднюючих речовин, що надходять в атмосферне повітря від джерела забруднення № 14, сушильного барабана №5

№	Назва забруднюючої речовини	ГДК с. д. мг/м ³	ГДК м. р. мг/м ³	Максимально разовий викид, г/с	Валовий викид речовини т/рік
1	Пил неорганічний: 70-20%	0,1	0,3	0,76	1,71
2	Азот (IV) оксид (азоту діоксид)	0,04	0,2	0,11	2,95
3	Сірка діоксид (ангідрид сірчистий)	0,05	0,5	0,86	22,38
4	Вуглецю оксид	3	5	0,27	6,99

Відповідно до аналізу джерел забруднення навколишнього середовища цементним виробництвом, аналізу забруднюючих речовин, аналізу витрат підприємства для зменшення наслідків антропогенного впливу на навколишнє середовище встановлено що найбільш значним у своїй кількості та витратності для підприємств цементної галузі є вплив важких металів.

За допомогою таблиці зведемо усі негативні впливи забруднюючої речовини з основних ділянок виробництва та присвоїмо кожній з них так зване «значення впливу».

Кожне «значення впливу» – це потенційне перевищення встановлених нормами концентрацій або ж можливістю безпечного акумулювання в середовищі без значних наслідків для його елементів. Відповідно у таблиці

3.6 визначено приблизну числову оцінку терміну суб'єктивно оцінюючи наслідки для середовища.

Таблиця 3.6 – Оцінка «значення впливу» на середовище

Значення	Вид зміни елементу середовища	Характер зміни середовища	Приклад
1	регульована зміна елементів середовища	ймовірність регенерації стану середовища до первинного (до впливу шкідливих факторів) при подальшому вилучення небезпечних компонентів	зміна врожайності при забрудненні атмосфери оксидами сірки
2	критична зміна елементів середовища	подальша генерацією в нові види або елементи не характерні для даної екосистеми (при вилученні шкідливих забрудників компоненти не регенерують)	поява нових видів організмів, пристосування існуючих організмів до змін в навколишньому середовищі
3	руйнування	часткова летальність компонентів середовища, що призводить до безперервній зміні середовища в негативному напрямку	виникнення або активація деяких хвороб
4	знищення	зникнення основних компонентів середовища	зникнення деяких видів організмів, підвищення рівня смертності людей

Розділ 4

Еколого-технологічні пропозиції покращання стану довкілля

У результаті аналізу цементного виробництва встановлено, що діяльність підприємств впливає на всі компоненти навколишнього середовища.

Таким чином пропонується застосувати новий підхід до оцінки забруднення підприємствами прилеглих територій, за допомогою якого буде обґрунтування залежності забруднення навколишнього середовища від впливу підприємства цементного виробництва. Комплексний аналіз цементного виробництва передбачає дослідження впливу забруднюючих речовин на п'яти основних ділянках – типові для кожного підприємства цементної галузі – на умовно розділені три складові: агросередовище, гідросередовище, атмосфера як складові екосистеми [8]. Поетапно оцінимо ряд факторів, які стануть ключовими в підході комплексної оцінки:

1 етап – аналіз типових для цементного виробництва джерел надходження до навколишнього середовища небезпечних речовин. Визначення найбільш інтенсивного джерела викидів.

2 етап – аналіз забруднюючих речовин та визначення наймасовішої з них (опираючись на розрахунок валових викидів забруднюючих речовин з найінтенсивнішого джерела викиду).

3 етап – аналіз витрат підприємства на екологізацію та зменшення наслідків забруднення від найбільш небезпечної речовини.

4 етап – оцінка впливів забруднюючої речовини на компоненти навколишнього середовища: атмосферу, гідросферу, агросферу прилеглих до підприємства територій.

5 етап – визначення сфери найбільшого впливу забруднюючої речовини – оцінка ризиків небезпек.

6 етап – обґрунтування залежності забруднення навколишнього середовища від впливу підприємства цементного виробництва.

Екологічна політика будь-якого підприємства поряд з економічними вигодами та згідно з принципами сталого розвитку повинна передбачати більш ефективне використання природних ресурсів та енергії, зведення до мінімуму виробництва відходів (безвідходні технології), шкідливих викидів в повітря, розходу води та повсякчасний пошук шляхів їх збереження та біологічного різноманіття. Для впровадження цієї політики необхідно дотримуватися екологічних директив та відповідних напрямків «чистого» виробництва та технологій:

- обслуговування об'єктів виробництва з дотриманням державних законів, стандартів та норм, вимог системи управління екологією; запровадження безпечних технологій та мінімізування ризиків для здоров'я та безпеки робітників, службового персоналу та громадян загалом;

- мінімалізм у використанні невідновних природних ресурсів (сировини), за можливості їх безпечна заміна;

- політика мінімізації відходів (в тому числі, небезпечних), їх рециркуляція, а утилізуванню відходів – безпечними та відповідальними методами і технологіями;

- запровадження програми запобігань нещасним випадкам на виробництві;

- сприяння збереженню об'єктів флори та фауни при плануванні й реабілітації кар'єрів відповідно очікуванням акціонерів.

- екологічне аудіювання виробничих об'єктів;

Так згідно даних У 2018 році середнє значення пилу для цементних виробництв в Україні становило 76 г / т клінкеру (у 2017 році – 137). Для порівняння, в Італії, Німеччині та Польщі рівень викидів становив нижче 10 г / т клінкеру (за даними групи «BuzziUnicem та Dycerhoff»).

Технологічні новації у виробничих підрозділах. Завантаження цементу супроводжується значною кількістю пилових викидів. Саме тому на підприємстві було встановлено автоматичні термінали завантажування для транспортування із системою обезпилення на цементних силосах.

Також було проведено оновлення пакувальної машини на більш сучасну та встановлено ефективні фільтри рукавного типу. Крім цього, введено в реалізацію проект реконструкції однієї з обертових печей з метою використання альтернативних видів палива з відповідним пилогазовим очищенням. Також інвестор заклав реалізування проекту «Реконструкція відділення помелу при будівництві цементного млина №9» в закритому циклі (на ПрАТ «Миколаївцемент»).

За умовами проекту цементна шихта перед розмелюванням готується комбінованим способом. При цьому клінкер з шлаком змішуватиметься за встановленою рецептурою одночасно із системою подавання добавок. Система зважування млина та сам млин мають очисні пристрої: радіальний пиловий вентиляторта круглий циклонний струменевий фільтр (рис. 4.1) або фільтри модульного типу (рис. 4.2).

Очищення фільтрувальних рукавів проводиться залежно від продукту і процесів, через певні інтервали часу або через перепад тисків, частково за допомогою регулювання тиску імпульсу. Внаслідок короткого сильного імпульсу стисненого повітря прилиплий пил відділяється від поверхні рукавів і транспортується в бункер для вивантаження.

Ресивери управляються електронними мембранними вентилями таким чином, що ряди рукавів очищуються послідовно через відповідну трубу з форсунками.

Блок управління фільтрувальної установки задає інтервали очищування. Через трубку з форсунками стиснене повітря подається в ряд фільтрувальних рукавів.

У впускних форсунках в головній частині фільтра захоплюється вторинне повітря. Воно підтримує імпульс стисненого повітря, яке продуває фільтрувальні рукави і зриває прилиплий шар пилу. Крім того, вторинне повітря додатково очищує фільтрувальне середовище від зворотної циркуляції. Після імпульсу очищення і виходу зайвого повітря фільтрувальні рукави – регенеровані і знову готові до експлуатації, тобто до

нормального процесу фільтрування. Таким чином і з такою послідовністю очищаються ряд за рядом всі рукави.

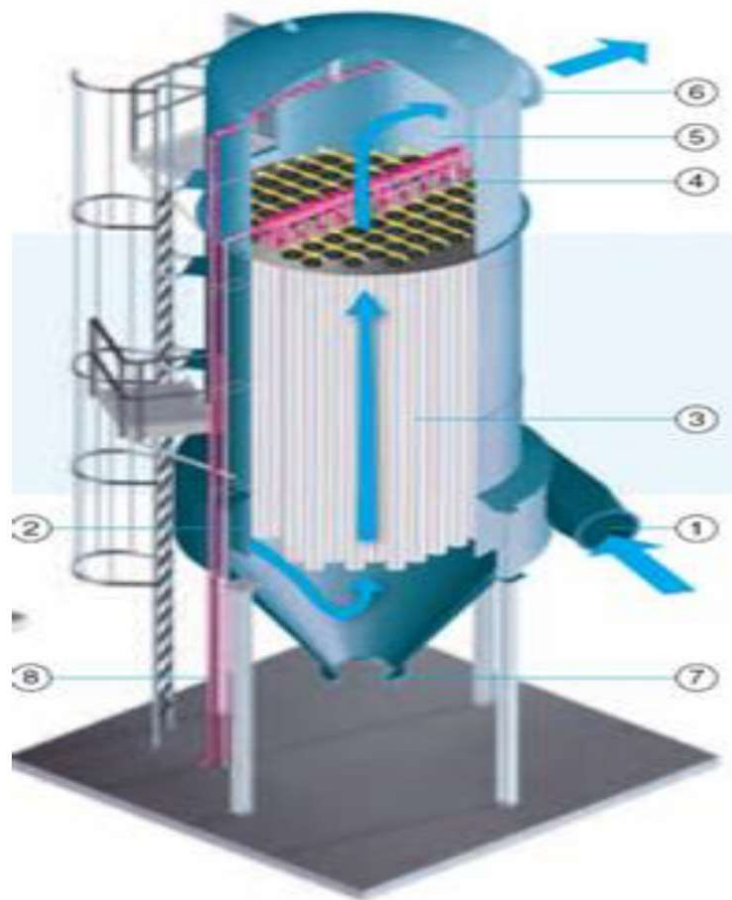


Рисунок 4.1. Схема циклонного круглого фільтра:

1 – тангенційний вхід для забрудненої газопилової суміші; 2 – вхідний канал; 3 – фільтрувальні рукави; 4 – ресивер стиснутого повітря; 5 – камера для очищеного повітря (з доступом); 6 – вихід очищеного газу; 7 – вихід пилу; 8 – трубопровід для засобу вогнегасіння.

Технологічні параметри струменевого фільтра та відповідні їм значення наведено в таблиці 4.1.

Для покращення ефекту вловлювання частинок пилу на виході із бункера пиловловлювання стоїть подвійна заслінка маятникового типу.

Резервуар для скидання матеріалу з млина має затвор перед вихідною воронкою, оглядовим отвором, фланцевими з'єднаннями до

пиловловлюючої установки і до місця вивантаження матеріалу. Над бункерами добавок повітря очищається в рукавних фільтрах.

Підвищення ступеня вловлювання різнодисперсних часток цементу можливе за проведення модернізування, або заміни електрофільтраційних установок (рис. 4.2). Вони характеризуються досить високою ефективністю (~99 %) та низькими показниками енергоспоживання.

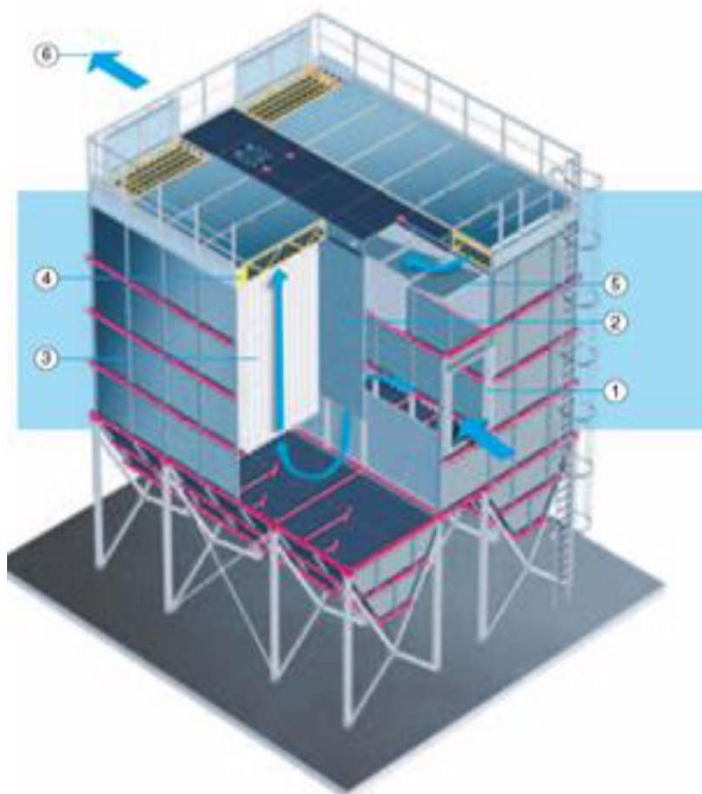


Рисунок 4.1. Схема технологічної установки очищення пилу дворядним фільтром модульного типу:

1 – вхід неочищеного газу; 2 – дефлектор для запиленого газу; 3 – фільтрувальні рукави; 4 – головна частина фільтра; 5 – розділювач каналів для неочищеного та очищеного газів; 6 – вихід очищеного газу.

Закриття трьох старих цементних млинів та реконструкція відділення помелу з будівництвом нового цементного млину (№9) дали змогу: вивести з експлуатації частину застарілого обладнання, збільшити потужності розмелювання цементу, додатково виробляти цемент вищої марки (ПЦ І

500), покращити його якість та умови праці, а також зменшити викиди в навколишнє середовище (з 3,36 г/с до 0,43 г/с).

Таблиця 4.1 – Технологічні параметри струменевого фільтра

№ з/п	Технологічні параметри фільтра	Значення показника та одиниці вимірювання
1	Об'єм повітря	15 000 м ³ /год
2	Об'єм стисненого повітря	16 м ³ /год
3	Максимальний вміст пилу в неочищеному повітрі	350 г/м ³
4	Вміст пилу в очищеному повітрі	< 20 мг/м ³
5	Площа повної поверхні фільтра	210 м ²
6	Робочий тиск	3200 Па
7	Температура (Т _{макс})	100°С



Рисунок 4.2. Установки з електрофільтрами (ПрАТ «Івано-Франківськцемент»)

Крім цього, введення в експлуатацію вуглепідготовчого відділення для переходу з природного газу на вугілля та двох установок (обертіві печі №5 та № 6, ПрАТ «Миколаївцемент») для заміни природного газу

альтернативними паливами (відпрацьованими автомобільними шинами та на основі твердих промислових та побутових відходів).

Використання відходів, що горять, як енергетичної сировини забезпечує економію традиційних видів палива, сприяє зниженню сумарних викидів CO₂. При цьому також вирішуватиметься найважливіша екологічна проблема, пов'язана зі зменшенням кількості накопичень відходів з поверненням їх у цикл матеріального виробництва.

Суттєва перевага спалювання альтернативного палива в цементних печах, ніж у випадку окремого спалювання відходів та палива, полягає в тому, що емісія техногенних газів та інших забруднювачів в атмосферу у першому випадку є меншою, а також не потрібно утилізувати золу від спалювання, бо вона переходить у структуру клінкерних мінералів. Досліджено також, що питомі викиди забруднюючих речовин при енергетичному використанні горючих відходів при випалі клінкеру є значно нижчими, ніж при їх утилізації спалюванням. Цьому сприяють такі чинники:

- 1) повне розкладання органічних речовин можливе за високих ($T = 1700 - 2000^{\circ}\text{C}$) температурних режимів при випалюванні клінкеру;
- 2) контактування газових фаз з компонентами сировинної суміші при горінні зумовлює зв'язування поллютантів у клінкер.

Переваги доцільності економічної та екологічної складових використання відходів у такий спосіб можуть нівелюватися внаслідок непостійності хімічного складу відходів, а також матеріальної складової процесів спалювання (можливе за дотацій ззовні для виробника). Якісне контролювання фізико-хімічного складу відходів як палива при випалюванні цементного клінкеру, відповідний підбір природного палива, сировинних матеріалів, контроль умов технологічного процесу та систематичний моніторинг викидів забруднюючих речовин – це незаперечні та необхідні умови до ефективного використання вторинних відходів як складової альтернативних палив.

Доцільність використання у промислових масштабах альтернативних палив з відходів було доведено попередніми дослідженнями в країнах Європи [1, 6]. Згідно Директиви ЄС щодо утилізуваня [13, 16] та уникнення утворення токсичних діоксинів при термічних процесах, температура спалювання небезпечних відходів має становити ($T \geq 850^{\circ}\text{C}$), тривалість витримки в обертовій печі – щонайменше 2 сек., при цьому концентрація $\text{C}_{\text{загХлору}}$ має бути не більше 1 мас. % відходів.

За останні 15 років завдяки широкому використанню альтернативних технологій, позитивної динаміки використання тепла з альтернативних палив, екологізації виробничих процесів у цементній промисловості країн Європи спостерігалися зменшені показники емісії газів у атмосферу. Прикладом зростання більше, ніж у 10,6 раза частки тепла з альтернативних палив є досвід цементної промисловості Польщі [13].

Проте, щодо питання дотримання технології та мінімізування емісії токсичних викидів є ще деякі проблеми. Для одержання високоякісного клінкеру в цементній печі температура суміші $T = 1450^{\circ}\text{C}$, а T газів – до 2000°C (56 секунд – при $T \geq 1200^{\circ}\text{C}$). Однак, при проходженні газопилової суміші через охолоджувачі температурні умови сприяють зворотному процесові утворення канцерогенних діоксинових похідних.

Процеси випалювання в цементних печах горючих відходів у значних кількостях [3, 7] потребують ретельного дотримання умов безпечного виробництва та додаткових досліджень щодо можливостей коригування температурних умов відхідних газів.

Переваги утилізаційних операцій в цементних печах: разом із введенням частини відходів у продукт виробництва економляться кошти (на цементну складову, будівництво нових сміттєспалювальних заводів, використання природних палив – на 10-20%); дещо зменшуються показники емісії парникових газів та техногенного навантаження на довкілля.

В цивілізованих країнах Євросоюзу цементна промисловість є невід’ємною часткою в економіці управління відходами. Саме тому

цементна промисловість України може запозичити позитивні тенденції використання відходів, що горять, у якості замінювачів палива й сировини для збереження своєї конкурентоспроможності на ринку та дотримання умов екологічності виробництв.

Згідно даних вітчизняного проекту EUREKA «AFP-CEMIND» EU 3723 «Розроблення альтернативного палива та його використання в цементній промисловості» було проведено і доказано доцільність використання вживаних автомобільних шин.

Окрім вживаних автомобільних шин, у практиці використання вторинних палив фігурують: гумові, пластикові відходи та комунальні відходи (побутове сміття, шлами очищування комунальних стічних вод), відпрацьовані органічні речовини (масла, фарби, розчинники і шлами лакування, відходи текстильної, паперової та вугільної промисловостей).

Важливими умовами у технології виробництва цементного клінкеру є температурні умови в цементній печі та калорійність альтернативних видів палива (≥ 15 МДж/кг) [6].

Таблиця 4.2 – Теплоти згорання традиційних та альтернативних палив

№ з/п	Вид палива	Теплота згорання, МДж/кг
1	Мазут	40
2	Тирса	19
3	Торф	24
4	Осади стічних вод	7-15
5	Вугільні шлами	12-18
6	Зношені шини	39

Порівняльні енергетичні характеристики (теплоти їх згорання) різних видів палива, в тому числі з горючих відходів, представлено в таблиці 4.2.

Слід зазначити, що зразки досліджених вживаних автомобільних шин характеризувалися підвищеним вмістом Zn (1285,0 мг/кг). Це пояснюється використанням його сполук у процесі вулканізації шин. Відомо, що підвищені концентрації ZnO позитивно впливають на властивості в'язучого.

Тому іммобілізування важких металів, в тому числі Zn, у структурну форму мінералів внаслідок випалювання клінкеру позитивно впливають на його властивості. При цьому процес іммобілізації важких металів є незворотнім, оскільки дослідження підтверджують, що їх вимивання з розчинів і бетонів практично не відбувається.

Результати хімічного аналізу в зразках зношених шин (рис. 4.3) на вміст іонів основних важких металів (Cu, Pb, Co, Cd, Ni, As, Mn) не перевищував нормативних значень. Водночас, концентрація сполук Cr та Sn була нижче значень 0,044 і 0,44 мг/кг відповідно.

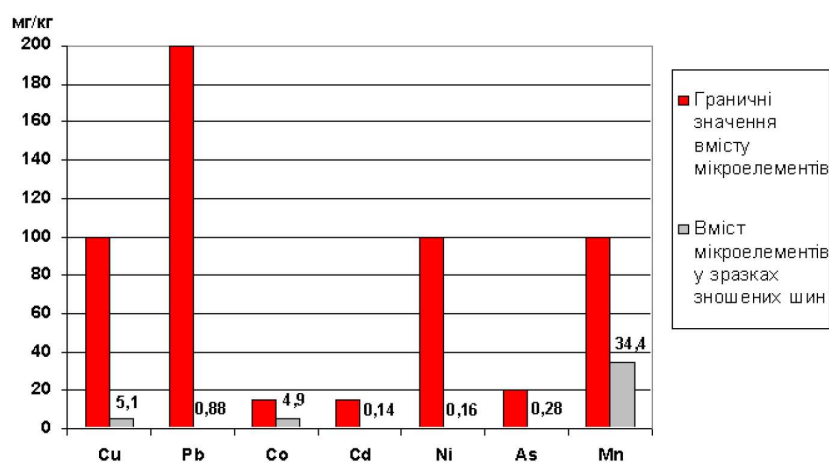


Рисунок 4.3. Порівняльна діаграма концентрацій мікроелементів важких металів у зразках шин

Незважаючи на проблему загрози для довкілля відходів та невирішеність до кінця питань, пов'язаних з їх утилізацією, значна частка відходів у країні є потенційним джерелом як сировини, так і енергії, які не використовуються повна. Так, горючі відходи, непридатні для використання як вторинна сировина, можуть і повинні широко

використовуватися для виробництва альтернативних палив – відновлюваних джерел енергії.

Цементна промисловість України витрачає у два рази більше умовного палива на випалювання цементного клінкеру, ніж сучасні закордонні заводи.

У країнах Західної Європи альтернативними теплоносіями покривається від 20% до 40% загального використання палива цементною промисловістю [6].

Основними труднощами, з якими стикаються виробники при випалі цементного клінкеру – це велике споживання та ріст цін на технологічне паливо. Тому введення на споживчий ринок дешевших альтернативних палив місцевої переробки (наприклад, горючі промислові та комунальні відходи).

Ситуація, котра складається в Україні у сфері поводження з відходами тільки починає покращуватися: чітке виконавче врегулювання природозахисних дій на основі нормативно-правових документів.

Регулятивність правових норм та контролювання реалізації законодавства є обмеженими з ряду економічних причин в даній сфері. Проблема спалювання відходів є актуальною в країні, як ніколи. Її вирішення знаходиться і в правовій, і в технологічних площинах: селективне збирання відходів, їх оброблення, переробка та отримання альтернативних видів палива. Ці дії пов'язані також із постійно зростаючою ціною на традиційні види палива (зокрема, газ).

Українські заводи та зарубіжні концерни також планують використовувати вторинні паливні матеріали (близько 10% - 20% загальної кількості палива) для цементних підприємств за прикладом країн Європи, де ці показники вищі.

Однак, швидка окупність вкладень у цей ринок для країн Євросоюзу пов'язана з доплатою на стилізування відходів (як вторинних паливних

матеріалів) цементним заводам. Наприклад, утилізуванню 1 т автомобільних шин дотується від 10 (Польща) до 30 євро (Бельгія).

Торгові назви паливних сумішей у країнах Західної Європи: для рідких відходів – «Relifuel»; відходів розчинників – «Blanfuel»; з деревного пилу та опилків з рідкими або пастоподібними відходами палива – «Resofuel».

Переваги використання альтернативних палив з відходів у цементній промисловості очевидні:

- висока температура процесу випалу сприятиме знищенню токсичних сполук, а високі показники ентальпії (теплового ефекту) – економії енергоресурсів [16];

- золу при спалюванні альтернативних палив вводять у клінкерну складову, а її лужне середовище сприяє зв'язуванню SO₂ в сполуках клінкеру.

- вторинні горючі відходи та відходи шлаку і золи дозволяють економити клінкер, що призводить до зниження викидів парникових газів.

Безпека використання альтернативних палив з відходів вимагає перегляду умов утворення шкідливих токсинів та продовження більш детальних досліджень хімізму їх перетворень та знешкодження у виробничому процесі.

Політика ресурсоекономних технологій, екологізування виробництва та зниження впливу відходів на навколишнє середовище повинна домінувати, а можливості для цього в Україні існують.

Висновки

Технології виробництва основної складової цементу – клінкеру визначають показники техногенних емісій у повітряний простір. Техніко-економічні та екологічні показники сухого способу виробництва значно переважають мокрий. Визначальною тут є витрата палива, котра при мокрому способі виробництва в 1,5...2 рази більша, ніж при сухому (незважаючи на нижчі показники енергоємності процесу подрібнення, транспортування і перемішування сировинної суміші).

Джерела емісії парникових газів та інших сполук техногенного походження у процесі виробництва цементу (сухого чи мокрого) мають різне походження.

У процесі виробництва цементу більша частина CO₂ утворюється під час виробництва клінкеру. Одним з основних компонентів сировинної суміші є вапняк, який «декарбонізується», виділяючи CO₂ при температурі понад 950°C. Проте найбільше CO₂ надходить від спалювання газу, вугілля чи іншого палива. Ці складові є прямими джерелами емісії вуглекислого газу. Третім (опосередкованим) джерелом викидів CO₂, менш значним є виробник електричної енергії, що використовується в процесі виробництва цементу.

Використання згідно технології випалу портландцементного клінкеру поряд з традиційним альтернативного палива як технологічного, вимагає: відповідного підбору складу як вугілля, так і альтернативного палива; контролювання вмісту сполук сульфуру, інших побічних сполук в сировинній суміші, моніторинг величин емісії SO₂, оксидів нітрогену, сполук важких металів та інших токсичних поллютантів.

Використання альтернативних палив з вторинних відходів різної природи дозволить не тільки знижувати енергоємності виробництва, собівартість клінкеру, зменшуючи викиди газів в атмосферу (з 3,36 г/с до 0,43 г/с), але й вирішувати проблеми утилізації різних видів відходів.

Так, застосування відходів виробництва (доменного шлаку та золи) та вторинних відходів з гідравлічними характеристиками дозволить виробляти цемент з економією клінкеру, що і є показником зменшення емісії парникових газів, зокрема, вуглекислого газу.

Зниження ступеня емісії газопилових забруднень у повітряний басейн підприємств не можливе без змін у технологіях їх виробництв, удосконалення фільтраційних систем, проведення герметизації технологічних процесів, зменшення кількості джерел неорганізованих викидів та завершення реконструкції очисних установок на найбільш потужних організованих джерелах емісії.

Список використаної літератури

1. Колесник В. Е., Левченко М. В., Клочков В. Г. Особенности локализации пылевых выбросов в атмосферу гидроорошением / Збірник наукових праць НГУ №32. - Дніпропетровськ: РВК НГУ, 2009.– С. 235-245.
2. Теверовський Б.З. Розрахунки пристроїв для очищення примослових газів від пилу: Навч. Посібник – К.: НМК ВО, 1991- 89 с.
3. Плашихин С.В. Экспериментальні дослідження циклофільтра в процесі вловлювання цементного пилу / С.В. Плашихин, Д.А. Серебрянський, Ю.А. Безносик // Вісник Національного технічного університету "ХПІ" : зб. наук. праць. – Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків : Вид-во НТУ "ХПІ". – 2010. – № 57. – С. 3-5.
4. Узунова Г. Д., Приходько В. Ю., Удосконалення методики комплексної оцінки впливу підприємств на навколишнє середовище. Ефективне функціонування екологічно стабільних територій у контексті стратегії стійкого розвитку: агроекологічний, соціальний і економічний аспекти. – Полтава. 2018. – 37 с.
5. Майорський А. Р., Шкляр Л. Б. Екологічний паспорт цементних заводів. – Одеса, 1990 – 61 с.
6. Пляцук Л.Д. Процеси та апарати природоохоронних технологій. Теоретичні основи: підручник / Л.Д. Пляцук, Л.Л. Гурець. – Суми: Університетська книга, 2011. – 270 с.
7. Качинський А.Б. Екологічна безпека України: аналіз, оцінка та державна політика / А.Б. Качинський, Т.А. Хміль. – К.: НІСД, 1997. – 127 с.
8. Бащинська Р. М. Вплив цементного виробництва на навколишнє середовище. (URL:<http://crh.lestrotest.com>)
9. Романець О. М. Екологія цементного виробництва. (URL:<https://www.heidelbergcement.ua/uk/hcu>).

10. Промислова екологія: Навч. посіб./С.О. Апостолюк, В.С. Джигирей, А.С. Апостолюк та ін. – К.: Знання, 2005. – 474 с.
11. Альтернативні палива та інші нетрадиційні джерела енергії: Монографія/О. Адаменко, В. Височанський, В. Лютко, М. Михайлів. Івано-Франківськ: ІМЕ, 2001. 432 с.
12. Бердов Г.И., Емельянов Б.М. Химия. К.: ИСИО, 1993. 392 с.
13. Білявський Г.О., Падун М.М., Фурдуй Р.С. Основи загальної екології. К. : Либідь, 1999. 368 с.
14. Будівельне матеріалознавство. Кривенко П.В., Пушкарьова К.К., Барановський В.Б. та 63по. К.: ТОВ УВПК ЕксОб, 2004. 704 с.
15. Бутт Ю.М., Тимашев В.В. Практикум по химической технологии вяжущих материалов. М.: Высш. Шк., 1973. 500 с.
16. Використання альтернативних палив у цементній промисловості / Саницький М.А., Хруник С.Я., Марків Т.Є., Мазурак О.Т. // Нетрадиційні і поновлювані джерела енергії як альтернативні первинним джерелам енергії в регіоні : м-ли IV Міжнар. Наук.-практ. Конф. Львів: ЛьВЦНТЕІ, 2007. С. 152-156.
17. ГОСТ 17.2.4.06-90. Охрана природы. Атмосфера. Методы определения скорости и расхода газопылевых потоков, отходящих от стационарных источников загрязнения.
18. ГОСТ 17.2.4.07-90. Охрана природы. Атмосфера. Методы определения давления и температуры газопылевых потоков, отходящих от стационарных источников загрязнения.
19. ГОСТ 17.2.4.02-81. Охрана природы. Атмосфера. Общие требования к методам определения загрязняющих веществ.
20. Джигирей В.С., Сторожук В.М., Яцюк Р.А. Основи екології та охорони навколишнього природного середовища. Львів: Афіша, 2000. 272 с.
21. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів. Міністерство охорони здоров'я України. 1996р.

22. Державний стандарт України ДСТУ Б В.2.7-46-96. Цементи загальнобудівельного призначення. К.: Держкоммістобудування, 1996. 16 с.
23. Інженерна екологія. В. В. Снітинський, О. Т. Мазурак, М. А. Саницький, А. В. Мазурак.: навч. посіб. Львів, 2010. 375 с.
24. Крамаренко В.П. Токсикологічна хімія: підруч.: К.: Вища 64по., 1995. 423 с.
25. Природа Львівської області, під ред. К.І. Геренчука. Львів: Вид-во Льв. Університету. 1972. 152 с.
26. Промислова екологія: навч. посіб. С.О. Апостолук, В.С. Джигирей, А.С. Апостолук та 64по. К.: Знання, 2005. 474 с.
27. Сухарев С.М., Чундак С.Ю., Сухарева О.Ю. Техноекологія та охорона навколишнього середовища: навчальний посібник. Львів: Новий Світ-2000, 2004. 256 с.
28. Environmental Benefits of Using Alternative Fuels in Cement Production. Brussels: CEMBUREAU. The European Cement Association, 1999. 25 p.
29. Сталий розвиток: звіти зі сталого розвитку. URL : https://www.dyckerhoff.com.ua/sustainability_reports.