

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ АГРОТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕКОЛОГІЇ  
КАФЕДРА ЕКОЛОГІЇ

Допускається до захисту  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

Зав. кафедри \_\_\_\_\_

(підпис)

к.б.н., доц. П.Р. Хірівський  
наук. ступ., вч. зв. (ініціали та прізвище)

## ***ДИПЛОМНА РОБОТА***

\_\_\_\_\_ бакалавр \_\_\_\_\_

(рівень вищої освіти)

на тему: «Технології захисту довкілля при використанні альтернативних палив з відходів у цементній промисловості»

Виконала студентка групи Тз-22СП

Спеціальності 183 «Технології захисту  
навколишнього середовища»

Матіїв Вікторія Іванівна

Керівник Мазурак О.Т.

Консультант Тимочко В.О.

Дубляни 2021 р.

Міністерство освіти і науки України  
Львівський національний аграрний університет  
Факультет агротехнологій та екології  
Кафедра екології  
Рівень вищої освіти перший (бакалавр)  
Спеціальність 183«Технології захисту навколишнього середовища»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»  
Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
доц., к.б.н. Хірівський П.Р.  
" \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2020 р.

## ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу студентці

**Матіїв В.І.**

1. Тема роботи: «Технології захисту довкілля при використанні альтернативних палив з відходів у цементній промисловості» .

Керівник дипломної роботи: Мазурак Оксана Тимофіївна, кандидат технічних наук, доцент .

Затверджені наказом по університету від « \_\_\_\_ » 2020 р. № \_\_\_\_\_

2. Строк подання студентом дипломної роботи: 02.04.2021 року

3. Вихідні дані для дипломної роботи:

Теоретичний матеріал, план написання роботи, бібліографічний список джерел, звіт державного управління екології та природних ресурсів у Львівській та Івано-Франківській областях за 2019 – 2020 роки; нормативно-методичні документи; зміст дипломної роботи (перелік питань, які необхідно розробити) .

Вступ

1. Літературний огляд .

1.1. Виробництво будівельних матеріалів та довкілля .

1.2. Проблеми використання енергетичних ресурсів .

1.3. Екологічна чистота технологій та її реалізація .

2. Об'єкт та методи досліджень .

2.1. Технології цементного виробництва .

2.2. Види палива та їх характеристики .

2.3. Методи досліджень викидів .

3. Технології захисту довкілля при використанні альтернативних палив у цементному виробництві .

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

3.2. Дослідження сумісного спалювання різних типів палива .

3.3. Характеристика поллютантів у викидах .

4. Еколого-технологічні пропозиції покращання стану довкілля .

4.1. Модернізація технологій виробництва цементного клінкеру .

4.2. Перспективи та проблеми енергетичного використання вторинних паливних матеріалів .

Розділ 5. Охорона праці \_\_\_\_\_ .  
 5.1. Характеристика умов праці на цементному виробництві \_\_\_\_\_ .  
 5.2. Заходи покращення виробничої санітарії, гігієни праці та пожежної безпеки \_\_\_\_\_ .  
 Сформулювати висновки за результатами проведених досліджень \_\_\_\_\_ .  
 Бібліографічний список \_\_\_\_\_ .  
 5. Перелік графічного матеріалу (подається конкретний перерахунок аркушів із вказуванням їх кількості): схеми ( ), рисунки ( ), світлини ( ) \_\_\_\_\_ .

6. Консультанти з розділів:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1,2,3,4	Мазурак О.Т., доцент кафедри екології			
5	Тимочко В.О., доц., зав. кафедри управління проектами та безпеки виробництва			

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_ 01 жовтня 2020 р. \_\_\_\_\_

#### Календарний план

№з /п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	При-мітка
1	Написання вступу та розділу 1. «Літературний огляд». Формування бібліографічного списку джерел	05.10.20 - 30.10.20	
2	Написання розділу 2. «Об'єкт та методи досліджень»	03.11.20 - 03.12.20	
3	Написання розділу 3. «Технології захисту довкілля при використанні альтернативних палив у цементному виробництві»	10.12.20 - 15.01.21	
4	Написання розділу 4. «Еколого-технологічні пропозиції покращання стану довкілля»	25.01.21 - 18.02.21	
5	Написання розділу 5. «Охорона праці». Формулювання висновків.	22.02.21 - 22.03.21	

Студентка \_\_\_\_\_ Матіїв В.І.  
 (підпис)

Керівник дипломної роботи, к.т.н, доц. \_\_\_\_\_ Мазурак О.Т.  
 (підпис)

УДК 504.064.4: 658.567.1

Технології захисту довкілля при використанні альтернативних палив з відходів у цементній промисловості. Матіїв В.І. Дипломна робота. Кафедра екології. Дубляни, Львівський НАУ, 2021.

65 стор. текс. част., 13 рис., 6 табл., 24 дж., 2 дод.

Здійснено дослідження техногенного навантаження на навколишнє середовище цементної промисловості внаслідок утилізуваня різних видів альтернативного палива з відходів. Проаналізовано вимоги до видів альтернативних палив з відходів та їх екологічні характеристики.

Досліджено технології виробництва, потенційні джерела та захист від забруднень довкілля, зокрема викидів у повітряний простір. Запропоновано інженерно-технічні рекомендації щодо застосування та підвищення ефективності очисного обладнання цементного виробництва (варіанти реконструкції /заміни очисних пилових установок на найбільш потужних організованих джерелах) для зменшення шкідливих викидів в атмосферне повітря. Розглянуто можливості, перспективи та наслідки впровадження альтернативних технологій (вторинних відходів як палив) у цементному виробництві.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД.....	8
1.1. Виробництво будівельних матеріалів та докілья.....	8
1.2. Проблеми використання енергетичних ресурсів.....	9
1.3. Екологічна чистота технологій та її реалізація.....	13
2. ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	16
2.1. Технології цементного виробництва.....	16
2.2. Види палива та їх характеристики.....	24
2.3. Методи досліджень викидів.....	28
3. ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ПРИ ВИКОРИСТАННІ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ПАЛИВ У ЦЕМЕНТНОМУ ВИРОБНИЦТВІ.	29
3.1. Дослідження емісії забруднювачів повітря цементного виробництва при використанні традиційних палив.....	29
3.2. Дослідження сумісного спалювання різних типів палива.....	31
3.3. Характеристика поллютантів у викидах.....	35
4. ЕКОЛОГО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОПОЗИЦІЇ ПОКРАЩАННЯ СТАНУ ДОВКІЛЛЯ.....	38
4.1. Модернізація технології виробництва цементного клінкеру.....	38
4.2. Перспективи та проблеми енергетичного використання вторинних паливних матеріалів.....	42
5. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	52
5.1. Характеристика умов праці на виробництві.....	53
5.2. Заходи покращення виробничої санітарії, гігієни праці та пожежної безпеки.....	54
ВИСНОВКИ.....	63
БІБЛОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	64
ДОДАТКИ.....	66

## ВСТУП

**Актуальність теми досліджень.** Цементне виробництво є надзвичайно енергоємним і складним, а технологічні процеси, пов'язані з перетвореннями сировини у матеріал з певними фізико-механічними властивостями. При цьому також використано різного ступеня складності технологічне обладнання, допоміжні механізми та матеріали. Процеси виробництва призводять до емісії великої кількості пилу різної дисперсності, а також газоподібних токсичних речовин тощо.

Протокольним рішенням Конфедерації ділових кіл Львівщини передбачено розробку регіональної програми з екопромислової діяльності, а саме – політики вторинного ресурсовикористання. Відходи органічного походження (з горючою речовиною) є цінною вторинною сировиною, оскільки містять ряд унікальних складових.

Розвиток інтегрованого внутрішнього ринку вторинної сировини, зокрема, альтернативних палив, на сьогодні набуває особливого значення та вимагає додаткових досліджень.

**Мета досліджень.** Метою нашої роботи був аналіз технологій захисту довкілля при використанні альтернативних палив з відходів у цементній промисловості.

Виходячи з мети досліджень ми ставили такі **завдання:**

- охарактеризувати особливості галузі та її вплив на навколишнє природне середовище;
- вивчити види та вимоги до використання альтернативних видів палива;
- описати методики досліджень;
- аналіз впливу на довкілля джерел забруднення цементних виробництв;

- дослідження технологій захисту від викидів цементного виробництва, в тому числі, внаслідок використання альтернативних палив;
- охарактеризувати стан охорони праці на цементних заводах.

**Практичне значення.** Аналіз теоретичних та дослідних даних дозволить оцінити техногенний вплив від використання як традиційних, так і альтернативних видів палива на довкілля та технології його захисту.

## 1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

### 1.1. Вплив виробництва будівельних матеріалів на довкілля

Початок будівельного виробництва завжди розпочинається з процесів відчуження земельних ділянок, далі поступово йде розчистка території, а вже перед безпосереднім проведенням земельних робіт йде зрізування рослинного шару ґрунту та інші технічні операції. При цьому корінних змін зазнають біогеоценози цих територій. При освоєнні будівельних майданчиків руйнується родючий шар ґрунту і рослинний покрив, відбуваються докорінні руйнування біогеоценозів.

Верхній родючий шар ґрунту руйнується і на територіях, які використовуються тимчасово. На жаль, вимоги СНіП про збереження ґрунту відносяться тільки до сільськогосподарських угідь (вони рекультивуються), тому що збереження ґрунту підвищує вартість будівництва. Отже, при благоустрої території замість знищеного шару завозиться ґрунт із угідь (зі сівозміни виводяться тисячі га земель). Результатом розроблення земляних робіт стають млрд. м<sup>3</sup> ґрунту / рік. При цьому значна частка розроблених ґрунтів змінює свою консистенцію, флору і прямує у відвали. Процеси розробки і транспортування призводять до забруднень повітряного басейну пилом та токсичними поллютантами транспортних засобів, не кажучи вже про шумове забруднення. Внаслідок насипання привозного ґрунту змінюються природні біогеоценози, ландшафти, морфологічні особливості територій, що активує ерозійні процеси тощо.

Загалом будівельне виробництво можна охарактеризувати цілим арсеналом технологій, де сировина перетворюється у будівельний матеріал з особливими (в'язучими) властивостями, і застосуванням технологічного обладнання, спеціальних механізмів та пристосувань. Відомо, що різні



технологічні процеси (подрібнення, перемішування, формування, пакування та інші) пов'язані з виділенням пилу та шкідливих газоподібних речовин [3].

Природні властивості самих будівельних матеріалів (радіоактивність, токсичність, пилоутворення), які використовуються в будівництві також впливають на стан довкілля. При цьому діють вагомі чинники руху будівельних машин, організації і культури виробництва (руйнування ґрунту, емісія токсичних газів, звукові, вібраційні та забруднення ЕМП).

Підвищені показники пилу при виробництві бетонної суміші фіксують у змішувальному відділенні – у 5 раз вище норми, а у дозувальних відділеннях – 3-4 ГДК[3, 22].

Процеси сушіння, випалу супроводжуються виділенням оксидів карбону – від 2 до 4 ГДК та сірчаного ангідриду - відповідно до 3 ГДК.

Окремі дільниці виробництва цементу супроводжуються надто великими показниками пилових викидів (5-10 ГДК, а інколи у десятки разів більше норми). Деякі дільниці з виробництва будівельних конструкцій та матеріалів мають підвищене виділення та теплоти та вологості (пари).

Будь-яке будівництво має великі обсяги будівельних відходів (метал, скло, цемент, цегла, деревина та інші матеріали) [10, 14]. Частину відходів вивозять на полігони ТПВ, частину утилізують (спалюють, закопують), що має негативні ознаки поводження з компонентами довкілля.

## **1.2.Проблеми використання енергетичних ресурсів**

Будь-яке виробництво використовує енергетичні ресурси (органічні речовини, викопні енергоносії, атомну енергію, людську працю). При очевидному розмаїтті джерел енергії для промислового виробництва енергію отримують, головним чином, за рахунок спалювання викопного палива (табл. 1.1) – вугілля, нафтопродуктів та газу [13]. Однак, чим більшими є енергетичні потреби виробництва, тим більше потрібно затратити на

відновлення порушень природного балансу навколишнього середовища та на витрати з охорони здоров'я тощо.

Таблиця 1.1 – Характеристика видів органічного палива [13]

Вид палива	Теплотворна здатність, МДж/кг	Кількість повітря, що витрачається на згоряння 1 кг палива, м <sup>3</sup>
Торф	10,5-14,6	4,01
Буре вугілля	10,0-17,0	5,50
Антрацит	≈ 26,0	7,98
Кокс	≈ 30,0	6,55
Мазут	39,0-41,5	10,64
Бензин	≈ 46,0	11,77
Природний газ	31,0-37,9	12,9

\* Наведені значення треба помножити на коефіцієнт «запасу» (для твердого палива – 1,5-3, для рідкого – 1,15-1,2; для газоподібного – 1,08-1,2), оскільки практично необхідна для згоряння 1 кг палива кількість повітря виявляється більшою за вказану.

Оцінювання Г. Дейвіса свідчать, що сучасне людство отримує близько 77,5 % енергії за рахунок викопних видів палива. При цьому вклад відновлюваних джерел – близько 19%, а 3,5 % – ядерної енергетики.

Надмірний ріст споживання природних вичерпних енергозапасів загрожує людству їх виснаженням. Підрахунки темпів використання запасів нафти – менше 80 років, а вугільних – лише на 200. Людство споживає на сьогодні до 20-25 млрд. т у.п, з них 35 % попередньо перетворюється на електроенергію. Слід зазначити, що 1 т умовного палива еквівалентна 1 т кам'яного вугілля (2,5 т бурого вугілля), або 0,7 т нафти, близько 800 м<sup>3</sup> природного газу [1, 13].

Таким чином, енергетика сучасності на сьогодні використовує, в основному, невідновні ресурси планети, хоча енергія відновлюваних джерел є перспективним напрямом в енергоспоживанні людства (рис. 1.1).

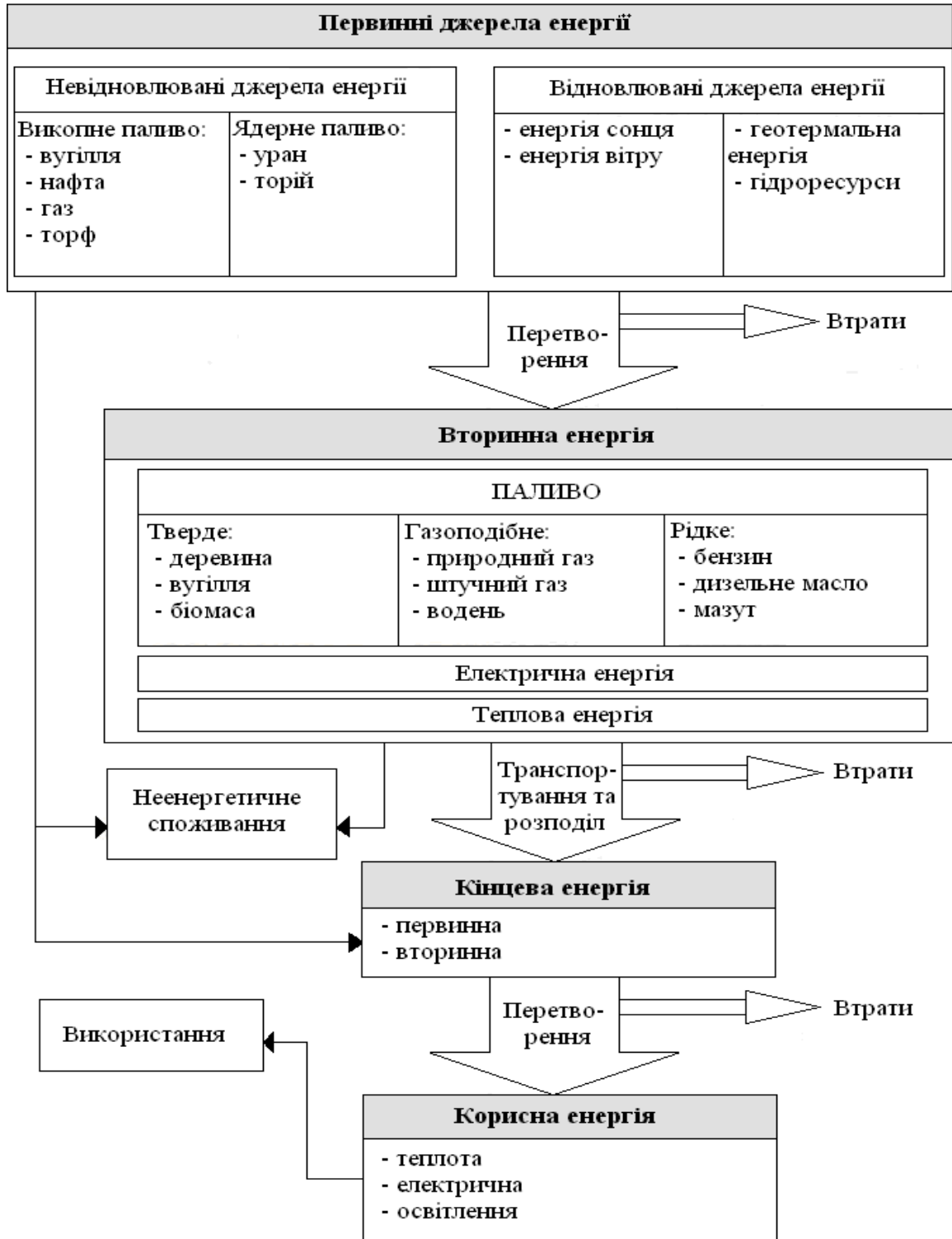


Рис. 1.1. – Схема енергоспоживання природних ресурсів

Слід розуміти, що вказані розрахунки мають свою похибку. Однак, навіть якщо врахувати відсоток кожного з видів палива у загальному енергетичному балансі джерел, то їх вичерпання може відбутися одночасно і вистачить його приблизно на 120 років.

Для становлення та укріплення державності країни важливою є вирішення проблем енергоресурсів. Витрата у три рази більшої кількості енергії в Україні на одиницю виробленої продукції, аніж у розвинутих країнах, робить її продукцію менш конкурентоздатною. При досягненні Україною рівня середньосвітових стандартів енергетичного споживання, можливим є покращання її економічного розвитку.

Американські вчені та політики приклали значних зусиль для функціонування енергетичної системи на вугіллі, з новітніми екологічними технологіями, яку можна назвати чистою і без значних та шкідливих викидів. В Україні ситуація вкрай недоброякісна, оскільки ані багаті запаси вугілля, ані думки екологів не беруться до уваги. Натомість низька частка використання вугілля в енергетиці України та екологічно застарілі технології його спалювання призводять до плачевного результату як в економічному, так і екологічному відношеннях [13].

Слід при цьому зазначити, що виробництво енергії і теплоти з використанням як традиційних паливно-енергетичних ресурсів, так і відновних джерел енергії є унікальними, однак суттєво різними за масштабами матеріального та енергетичного обміну з навколишнім середовищем.

### **1.3. Екологічна чистота технологій та її реалізація**

Концепція сталого розвитку передбачає вирішення проблем екологічної чистоти технологій, моделей генерування і споживання без забруднень навколишнього середовища, мінімізації відходів і ефективного

поводження з відходами на повному життєвому циклі продукції та інвестиційного процесу.

Для сталого розвитку характерні процеси екологізації суспільства, економіки та виробництва, що передбачають:

- підвищення енергозбереження та енергоефективності виробництва;
- впровадження процесів рециркуляції та утилізації комбінованих систем поведження з відходами;
- технічне переобладнання технологій та систем виробництва згідно встановлених стандартів екологічно чистих технологій та продукції із переходом на маловідходні і безвідходні;
- нарощування потужностей інженерного захисту екосистем, навколишнього середовища з упровадженням ефективних очисних технологій, у тому числі біологічних технологій;
- екологізацію та інженіринг у проектуванні, інвестиції у процеси створення нових і реконструкцію працюючих виробничих потужностей внаслідок розширення нормативної та методичної баз екологічних показників та зниження показників забруднення.

Можна виділити основні види технологій, необхідні для забезпечення ефективної екологізації виробництва:

- 1) технології, що оновлюють і доповнюють уже наявні виробничі процеси з метою зниження завданого ними шкідливого впливу на компоненти довкілля;
- 2) інтегровані технології, що використовують принципово нові технологічні підходи, що дозволяють мінімізувати або цілком усунути негативний вплив на довкілля;
- 3) технології, що набувають останнім часом дедалі більшого значення, – технології повторного (вторинного) використання продуктів, компонентів, деталей і відходів, а також технології рециркуляції [23].

Зменшення негативного технологічного впливу на стан екосистем, зміцнення їх асиміляційного потенціалу досягається за рахунок застосування

різних інженерних методів і технологій запобігання забрудненню й утворенню відходів, ефективного поводження з ними, посилення продуктивності й ефективності використання природних ресурсів, енергозбереження, впровадження альтернативних енергоресурсів, а також мало- й безвідходних технологій.

На сьогодні масштабний розвиток світової традиційної енергетики ґрунтується на досить нераціональному способі використання невідновних ресурсів – спалюванні природного палива, що супроводжується значними екологічними проблемами (рис. 1.2).

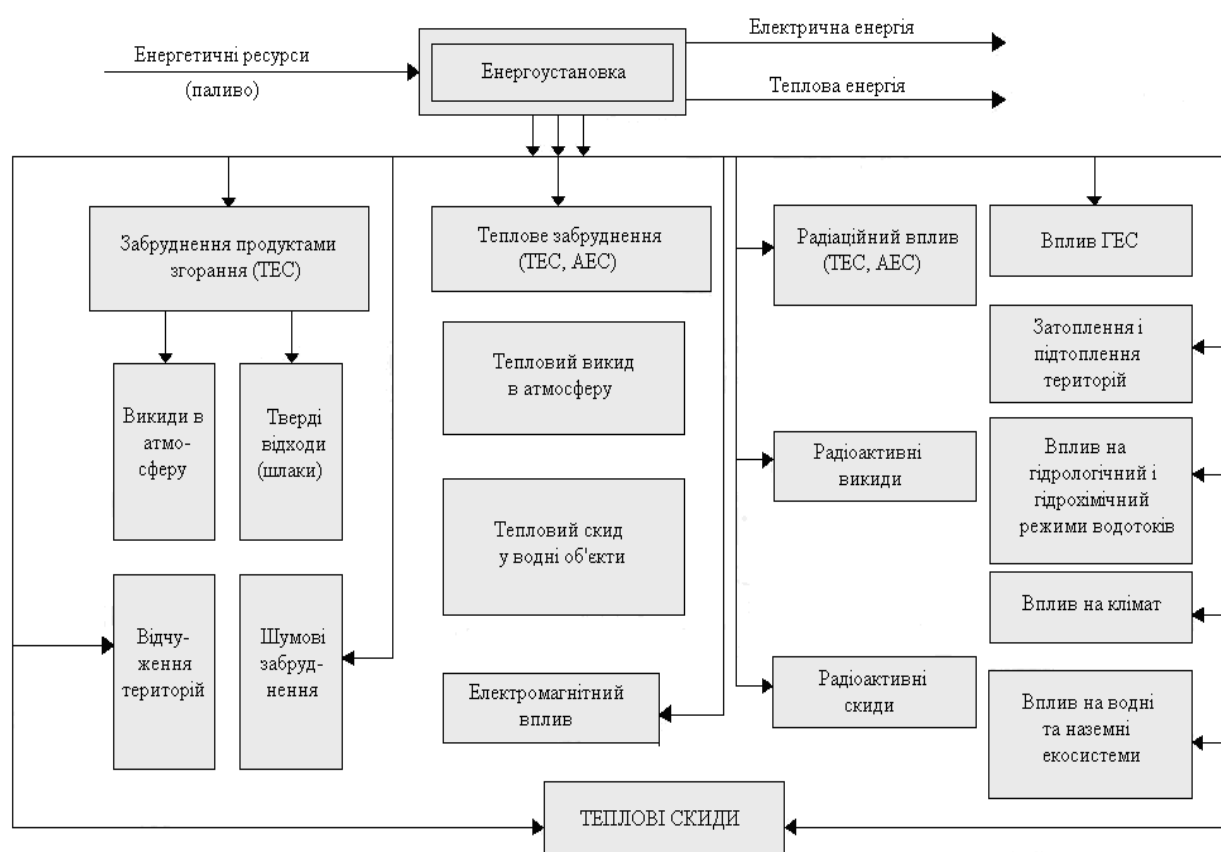


Рис. 1.2 – Вплив традиційної енергетики на довкілля

Споживаючи величезну кількість природних первинних ресурсів у вигляді твердого, рідкого і газоподібного палива й кисню повітря, енергетичний комплекс виділяє у кінцевому результаті, крім енергії, велику

кількість техногенних продуктів згоряння та стічних вод.

Актуальною проблемою сьогодення є перехід до високоефективних технологій з мінімальним використанням вичерпних енергоносіїв. Використання сучасних досягнень науки і техніки повинно збільшити кількість нових та модернізованих виробництв, що діють за принципом енергоощадливості та використання природних ресурсів раціональними методами.

Раціональне використання природних ресурсів здійснюється за двома напрямками: по-перше, зниженням питомого використання матеріалів на основі вдосконалювання технологій та методів організації виробництв, вдосконалення техніки; по-друге, підвищенням ступеня використання сировини за рахунок маловідходного та безвідходного виробництва [13].

## 2. ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 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).

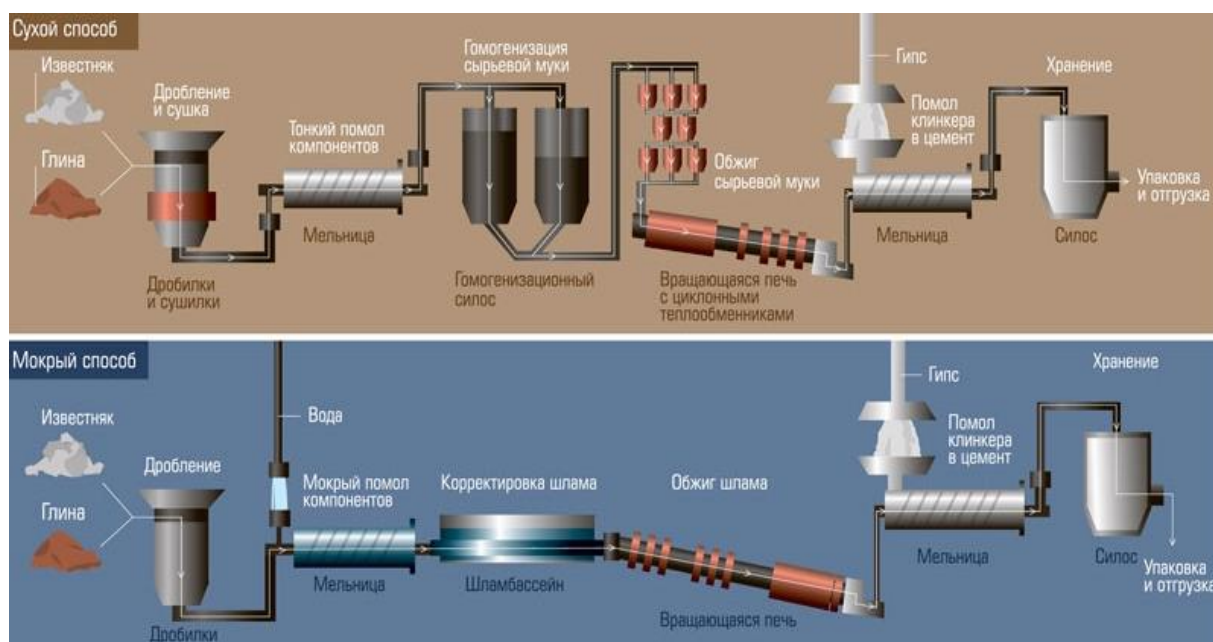


Рис. 2.1 – Порівняльні схеми виробництва портландцементного клінкера сухим і мокрим способами



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.

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 (обертювальних 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.

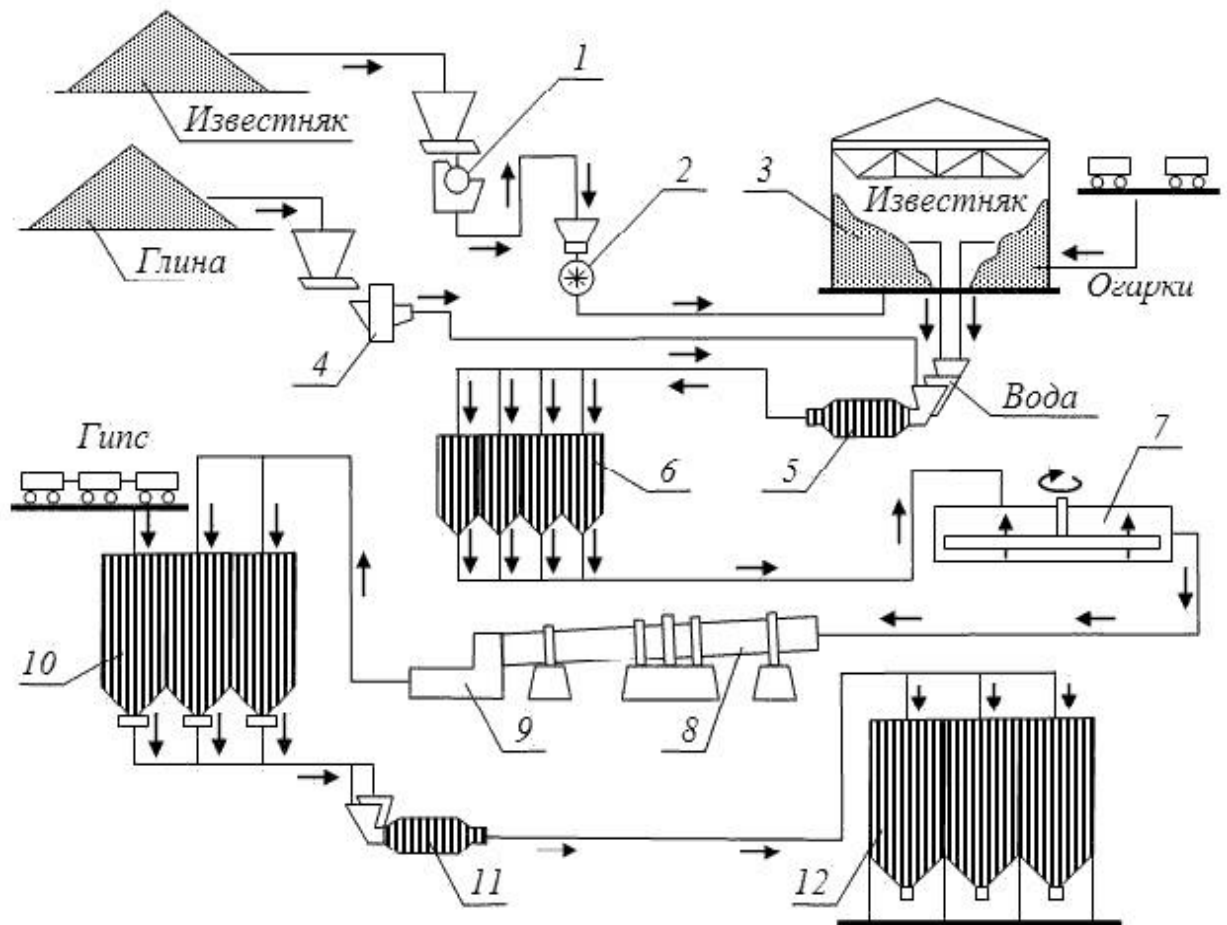


Рис. 2.2 – Технологічна схема виробництва цементу мокрим способом:

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.

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 стабілізування протягом одного-двох тижнів.

У трубчатих / кульових млинах відбувається процес помелу клінкеру (до питомої поверхні  $250...350 \text{ м}^2/\text{кг}$ ) з двоводним гіпсом ( $\sim 3,5\%$  за масою у перерахунку на  $\text{SO}_3$ ) 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 ( $\text{SiO}_2 - 37,5...41\%$ ,  $\text{CaO} - 42,5...43,5\%$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 - 5...14\%$ ), 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 -  $\pm 0,02$ , для  $n$  і  $p$  -  $\pm 0,02$ . 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  $\pm 0,5\%$ , а вологості сировинної муки  $\pm 1\%$ . 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

та рис. А.1 дод. А.

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.

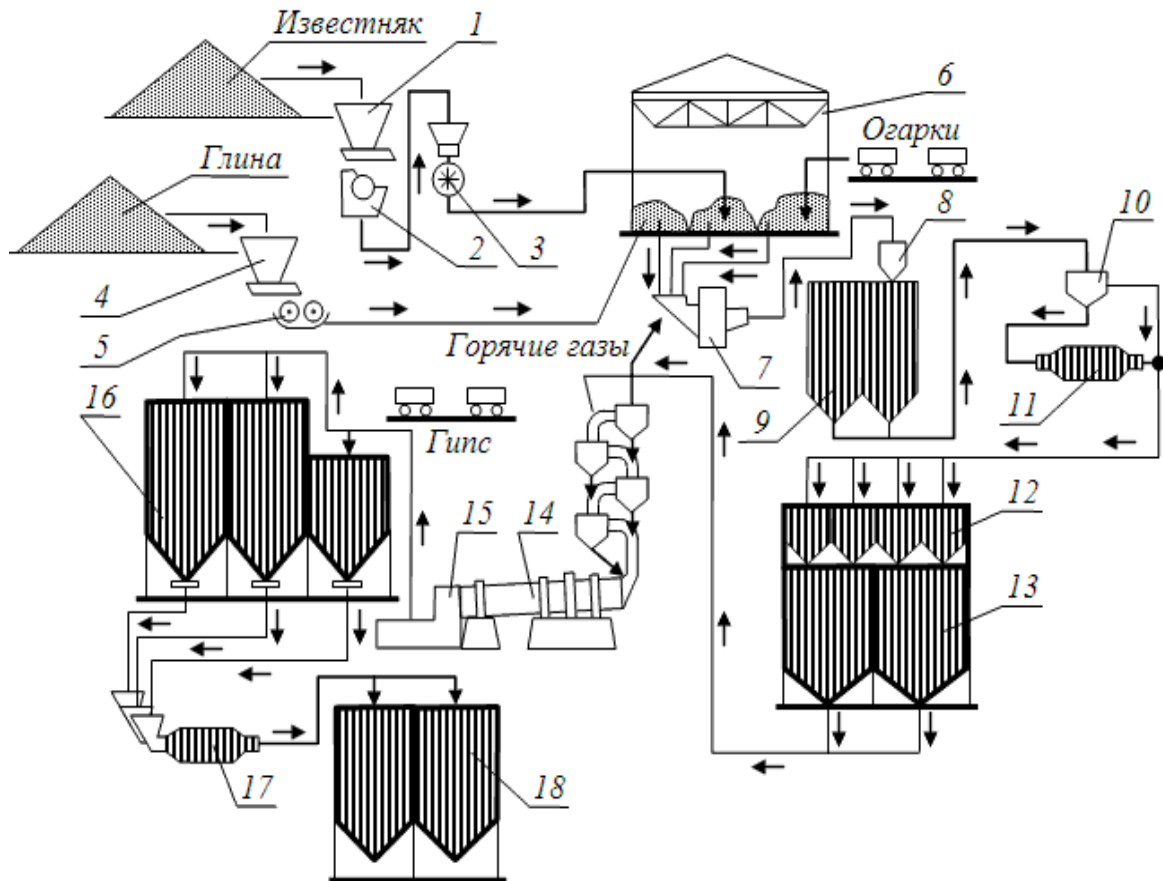


Рис. 2.3 – Технологічна схема виробництва цементу сухим способом [5]:

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.

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 шестиступеневими 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.

Витрата палива йдена наступні технологічні потреби виробництва: випалювання клінкеру; сушіння додатків та сушіння палива. Розрахунок витрат палива на 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 ~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.

## 2.2. Види палива та їх характеристики

Під енергетичним паливом розуміють горючі (спалімі) 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 та вживані автомобільні шини (рис. 2.4), а також їх суміш. При цьому хімічний склад і калорійність – контрольовані [1, 6].



Рис. 2.4 – Альтернативне паливо (відпрацьовані автомобільні шини)

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 (табл. А.1 дод. А).

Для перерахунку вмісту  $SO_2$  з об'ємних часток (%) у  $mg/m^3$  використовують дані таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Дані для перерахування вмісту диоксиду сульфуру

Об'ємна частка, %	мг/м <sup>3</sup>	Об'ємна частка, %	мг/м <sup>3</sup>
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

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

### 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 CO<sub>2</sub>, 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 <sup>3</sup>	Клас небезпеки	Потужність викиду, т/рік
1	Манган та його сполуки (в перерахунку на MnO <sub>2</sub> )	0,01	2	0,172
2	Зола вугільна ТЕС(35 – 40% СаО)	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 <sub>12</sub> – C <sub>19</sub>	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,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , 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).

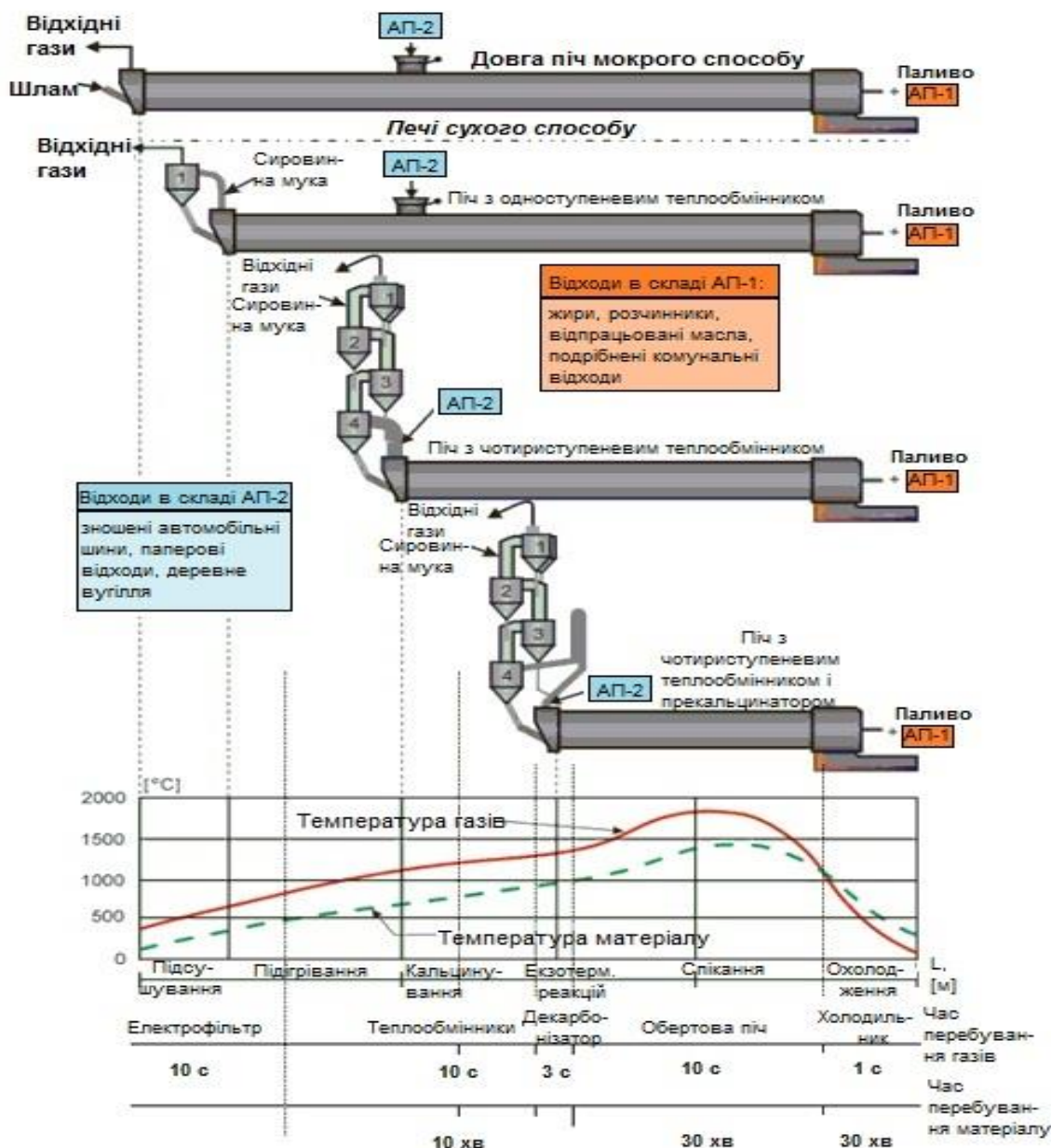


Рис. 3.1 – Схеми виробництва портландцементу з традиційними та альтернативними видами палива в печах сухого та мокрого способів



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].

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).

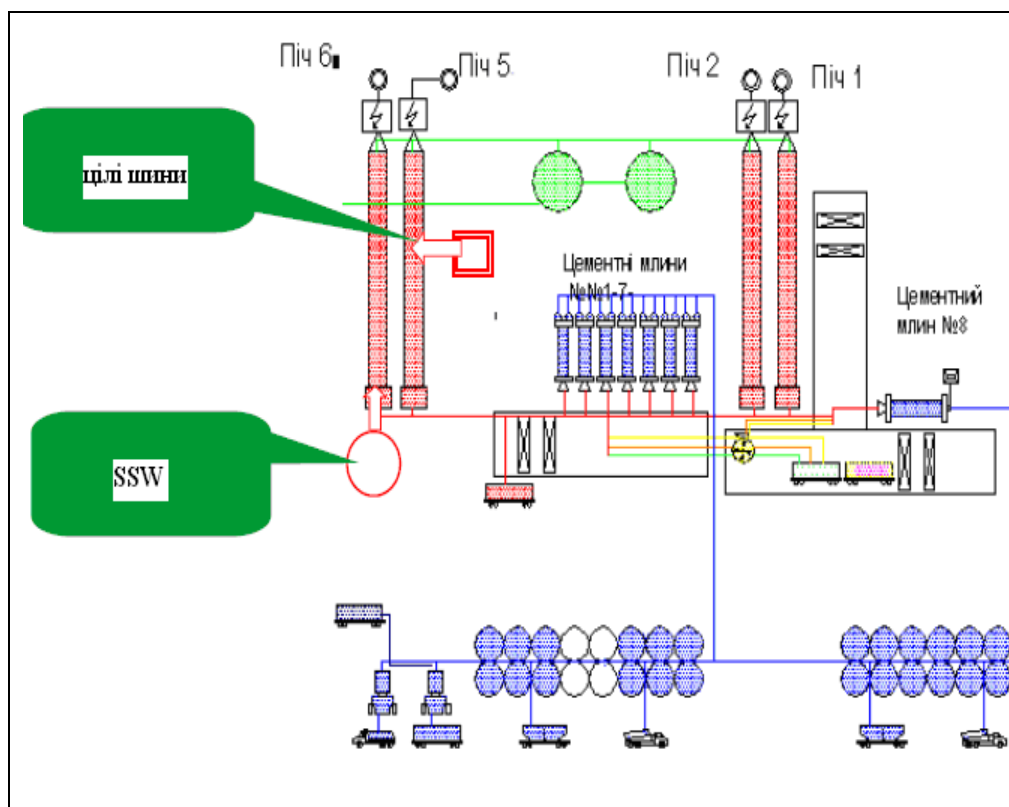


Рис. 3.2 – Технологічна схема використання сумісного традиційного та альтернативних палив у цементному виробництві

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.

У викидах печей цементного виробництва встановлено значний вміст оксидів  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$  (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  $\text{Hg}$  та інших важких металів.

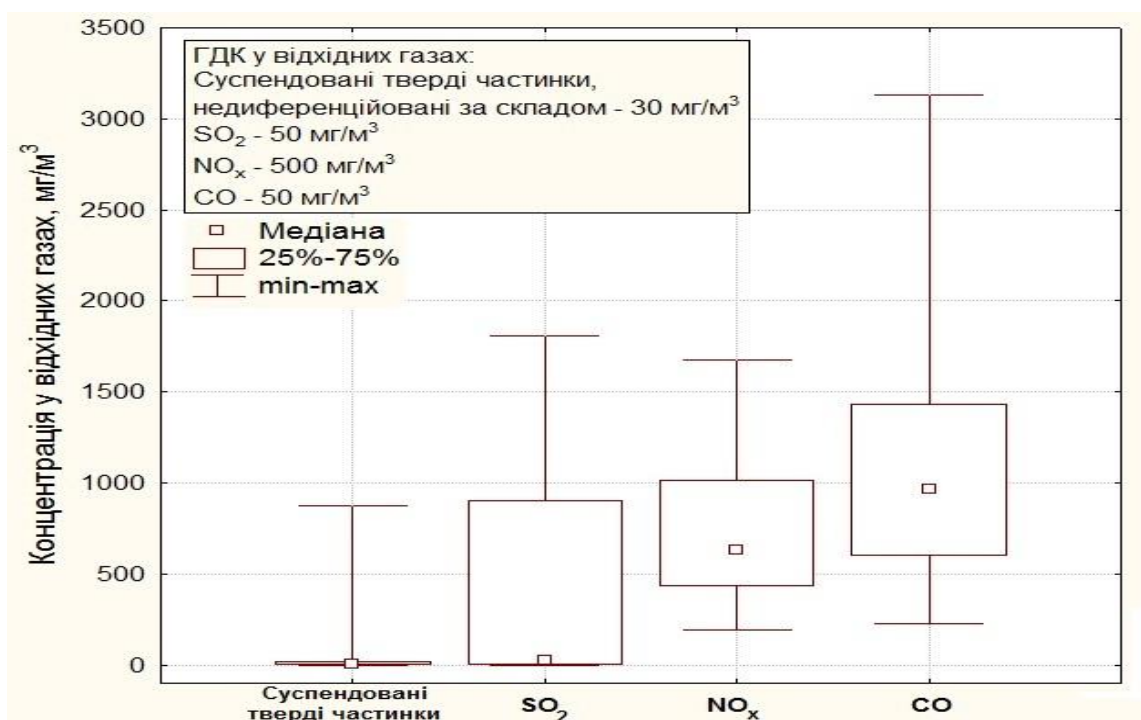


Рис. 3.3 – Концентрації твердих частинок,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  і  $\text{CO}$  у викидах печей обертання

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  $\sim 0-20\%$ ), 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 полутантів 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 (SO<sub>2</sub>)** – 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 МтSO<sub>2</sub>, причому 70% цих викидів іде за рахунок спалювання вугілля, а 16% - рідкого палива, особливо мазуту.

Руйнування SO<sub>2</sub> в атмосфері відбувається в результаті дії УФ-радіації,

яка сприяє утворенню сірчаного ангідриду  $\text{SO}_3$ .

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  $\text{H}_2\text{S}$ .** 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  $\text{NO}$  (тому у вихлопних газах більша концентрація останнього, порівняно з  $\text{NO}_2$ ).

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  $\text{мкг/м}^3$ . Відомо, що швидкість

надходження в атмосферу твердого вуглецю складає близько 10% від швидкості викиду газоподібного вуглецю у вигляді оксидів  $\text{CO}_2$  та  $\text{CO}$  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].

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].

## 4. ЕКОЛОГО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОПОЗИЦІЇ ПОКРАЩАННЯ СТАНУ ДОВКІЛЛЯ

### 4.1. Модернізація технології виробництва цементного клінкеру

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 проєкту «Реконструкція відділення помелу при будівництві цементного млина №9» в закритому циклі ( на ПрАТ «Миколаївцемент»).

За умовами проєкту 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.

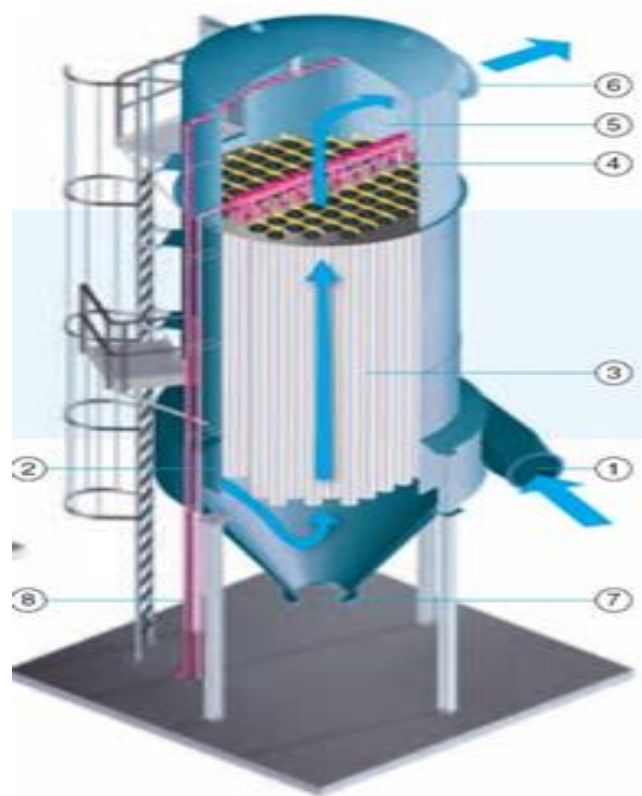


Рис. 4.1. Схема циклонного круглого фільтра: 1 – тангенційний вхід для забрудненої газопилової суміші; 2 – вхідний канал; 3 – фільтрувальні рукави; 4 – ресивер стиснутого повітря; 5 – камера для очищеного повітря (з доступом); 6 – вихід очищеного газу; 7 – вихід пилу; 8 – трубопровід для засобу вогнегасіння.

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 – регеновані і знову готові до експлуатації, тобто до нормального процесу фільтрування. Таким чином і з такою послідовністю очищаються ряд за рядом всі рукави.



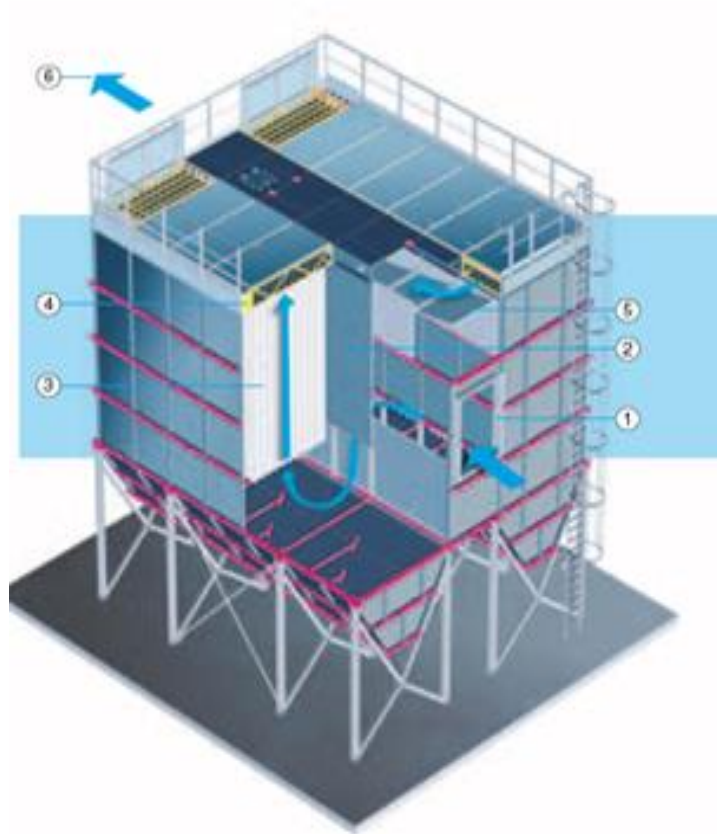


Рис. 4.1. – Схема технологічної установки очищення пилу дворядним фільтром модульного типу: 1 – вхід неочищеного газу; 2 – дефлектор для запиленого газу; 3 – фільтрувальні рукави; 4 – головна частина фільтра; 5 – розділювач каналів для неочищеного та очищеного газів; 6 – вихід очищеного газу.

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.

Таблиця 4.1 – Технологічні параметри струменевого фільтра

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

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.



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

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

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 CO<sub>2</sub>. 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 полютантів 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.

#### **4.2. Перспективи та проблеми енергетичного використання вторинних паливних матеріалів**

Доцільність використання у промислових масштабах альтернативних палив з відходів було доведено попередніми дослідженнями в країнах Європи [1, 6]. Згідно Директиви ЄС щодо утилізування [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  $C_{\text{заг}}\text{хлору}$  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  $2000^{\circ}\text{C}$  (56 секунд – при  $T \geq 1200^{\circ}\text{C}$ ). Однак, при проходженні газопилової суміші через охолоджувачі температурні умови сприяють зворотному

процесові утворення канцерогенних диоксинових 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 ( $\geq 15$  МДж/кг) [6].

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.

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

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.

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 сповна. 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.

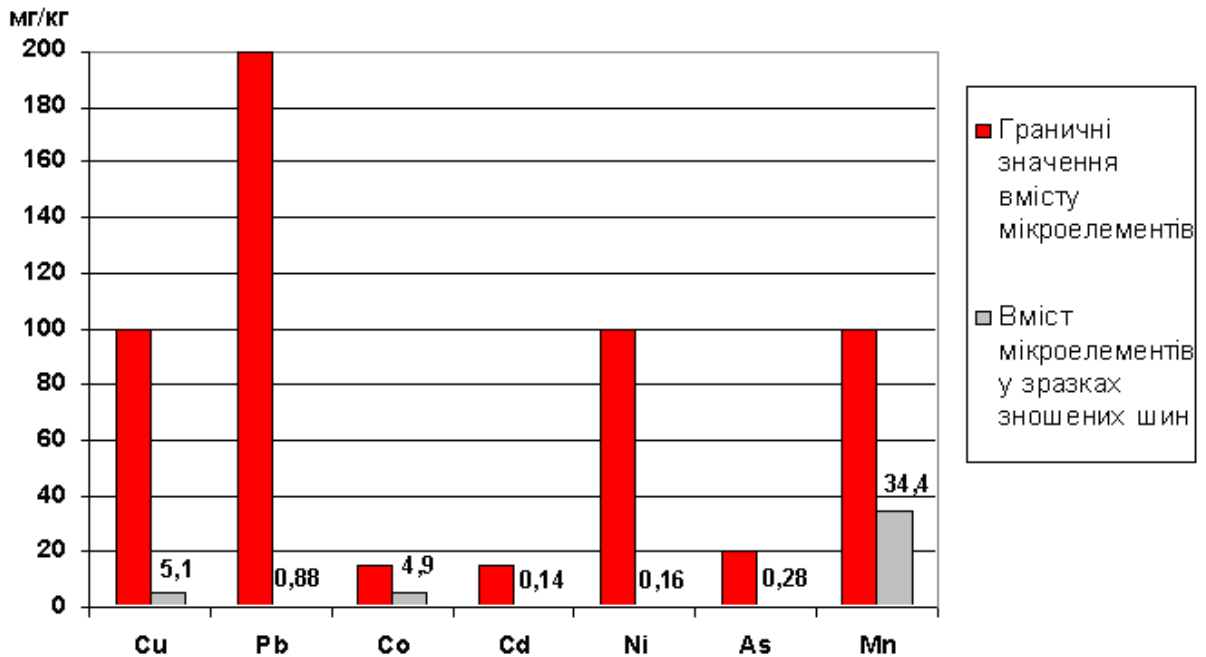


Рис. 4.3 – Порівняльна діаграма концентрацій мікроелементів важких металів у зразках шин

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 природоохоронних 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 – «Blanfue1»; з деревного пилу та опилків з рідкими або пастоподібними відходами палива – «Resofue1».

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  $SO_2$  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 виробництв та зниження впливу відходів на навколишнє середовище повинна домінувати, а можливості для цього в Україні існують.

## 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Технологічний процес виробництва цементу супроводжуються великими виділеннями пилу і тепла. Для запобігання запиленості виробничих приміщень застосовують очисні установки у сировинному, сушильному, пічному та цеху помелу. Граничнодопустима концентрація (ГДК) цементного пилу в повітрі робочої зони не повинна перевищувати  $6 \text{ мг/м}^3$ . Видалене установками запилене повітря перед викидом в атмосферу піддається очистці в рукавних фільтрах, циклонах і електрофільтрах.

На заводі потрібно забезпечити теплоізоляцію сушильних барабанів, млинів, трубопроводів, автоматизувати технологічні процеси.

Освітлення бункерів і силосів передбачається електролампочками. Передбачається світлова і звукова сигналізація.

Різнобічна робота по попередженню виробничого травматизму, створенні безпечних умов праці спирається на різнобічну та широку програму технічного вдосконалення виробництва, на освоєння передового досвіду у сфері охорони праці. Сьогодні ця програма має не тільки економічне, але і соціальне, політичне і виховне значення [11, 21].

В сучасних умовах реорганізація виробництва та впровадження нових технологій вимагають особливої уваги до покращення умов праці та дотримання техніки безпеки.

Обладнання на підприємстві розміщується з врахуванням нормативних проходів і проїздів до нього і забезпечується доступ для здійснення технічного ремонту і обслуговування.

Для захисту від надмірного шуму передбачається управління всіма агрегатами із спеціальних звукоізольованих приміщень – пультів управління.

Системний підхід, поширення передового досвіду, висока вимогливість і виконавча дисципліна покликані створити заслін травматизму на виробництві.

## 5.1. Характеристика умов праці на виробництві

**Характеристика умов праці в лабораторії.** Хімічна лабораторія – це спеціально обладнане приміщення для проведення наукових досліджень, експериментальних і контрольних випробувань. Тут проводять дослідження різних речовин, визначення їх властивостей, складу, будови і походження. Розміщення, планування санітарно-технічного обладнання хімічних лабораторій відповідає санітарним і протипожежним нормам проектування.

В лабораторії перебувають різного роду реактиви (кислоти, луги), хімічні добавки, а також відпадки різних хімічних виробництв. Всі реактиви у лабораторії зберігаються в тарі з надписом, який вказує на її вміст. Категорично забороняється зберігання будь-яких реактивів без найменування (етикетки). Електроліти з запобіжними пристроями розміщують за межами лабораторії.

Перша допомога при хімічних опіках полягає у негайному промиванні ураженого місця великою кількістю проточної води протягом не менш ніж 10 хв. Для цього всі роботи, пов'язані з небезпечними хімічними реактивами, проводять неподалік умивальника. Особливу увагу потрібно приділити також електробезпеці приладів і механізмів. Всі електроприлади повинні бути заземлені.

Одним із небезпечних факторів для здоров'я людини при роботі в лабораторії в'язучих матеріалів є пил. Пил – це тонкодисперсні частинки, які утворюються при різних виробничих умовах. Основним джерелом утворення пилу в лабораторії є наступні процеси: механічне розмелювання матеріалів (твердих тіл), їх перемішування і тарування.

Для подрібнення та помелу сировинних матеріалів можуть застосовуватись як щокова і валкова дробарки, так і млини та бігуни.

При експлуатації обладнання забороняється виконувати очисні, регулювальні та ремонтні роботи.

Твердість, розчинність, хімічний склад – це властивості, які необхідно

враховувати при оцінюванні небезпечності пилу. Із сировинних матеріалів пилоутворюючими є гіпс, горіла порода, цемент та інші речовини, зокрема ряд додатків-модифікаторів.

Значну увагу слід приділити характеристиці речовин, з якими проводяться дослідження. Особливо це стосується гіпсу, цементу, та горілої породи.

Ці матеріали мають певну дисперсність і значне водопоглинання, проте самі вони нерозчинні у воді. Форма частинок ниткоподібна. Частинки розміром менш ніж 0,1 мм можуть осідати у верхніх дихальних шляхах.

Важливим фактором шкідливості є наявність в них домішок, що залишилися при виробництві. Пил цих матеріалів при значних концентраціях діє на організм негативно. Він засмічує і подразнює слизові оболонки ока, горла, шкіри. Оскільки цей пил є нерозчинним, він надовго затримується в легенях і може викликає різні захворювання. Гранично допустима концентрація (ГДК) для пилу цементу в повітрі, становить в середньому 0,2 – 1 мг/м<sup>3</sup>, гіпсу – 1мг / м<sup>3</sup>, горілої породи – 0,1 мг/м<sup>3</sup>. Гіпс за своєю природою не є отруйним, тому він може надовго затримуватись у дихальних шляхах та легенях і викликати захворювання [21].

Для запобігання попадання пилу в дихальні шляхи достатнім засобом захисту можуть служити респіратори або ватно-марлеві пов'язки.

## **5.2. Заходи покращення виробничої санітарії, гігієни праці та пожежної безпеки**

Перед початком роботи включити місцеву та приточно-витяжну вентиляцію, перевірити справність індивідуальних захисних засобів.

Перевірити відсутність на шкірі рук і обличчя подряпин, висипань та інших пошкоджень. При серйозних пошкодженнях шкіри до роботи не приступати і негайно звернутися до лікаря.

Для захисту рук від води, водних розчинів кислот, лугів, солей, електролітів для нікелювання і хромування слід використовувати силіконовий крем або гідрофобні пасти і мазі.

Всі хімічні речовини слід зберігати тільки в спеціально обладнаних для відповідних речовин місцях, в надійно закритому посуді (тарі).

На будь-якому посуді (банці, склянці, бутилі), тарі з хімічними речовинами, що зберігаються в кладових і в лабораторіях, повинні бути чіткі написи з назвою речовини і її характеристикою (чистота, концентрація, питома вага і т.п.).

Горючі і легкозаймисті рідини (гас, бензин, уайт-спірит, толуол, бензол, ацетон, спирти, ефіри) зберігати в посуді, що не б'ється і добре закривається, які поміщаються в залізний, викладений азбестом і щільно закритий ящик-шафу, віддалений від джерел відкритого вогню, електроприладів, опалювальних пристроїв і встановлений на протилежний від виходу з приміщення стороні.

Концентровані кислоти (нітратну, сульфатну і хлоридну), сильнодіючі реактиви (хлороформ, бром) зберігати в витяжній шафі, оснащій місцевою витяжною вентиляцією, або ж в спеціальних шафках, що мають місцеву витяжну вентиляцію.

#### **Забороняється:**

✓ зберігати в лабораторії концентровані кислоти, легкозаймисті речовини і матеріали в кількості, що перевищує потребу в них для проведення дослідів;

✓ зберігати хімічні реактиви у відкритому вигляді (насипаними на столі, загорнутими в папір і в лабораторному посуді), в несправній тарі, пошкодженій заводській упаковці, битому скляному або фарфоровому посуді, без чіткого напису про вміст;

✓ зберігати разом речовини, при взаємодії яких може виникнути вибух, самозаймання, а також змішувати їх або допускати попадання одна на одну;

✓ переливати кислоти, луги і інші їдкі і токсичні рідини без використання спеціальних сифонів, перекидних пристроїв і воронки.

Після закінчення роботи необхідно прибрати робоче місце. Залишки токсичних речовин здати відповідальній особі. Легкозаймисті і горючі рідини прибрати в залізні ящики . Промити засоби індивідуального захисту.

Після закінчення роботи необхідно виключити вентиляційну систему і покинути робоче місце.

Для забезпечення комфортних умов праці та їх відповідності фізіологічним, санітарно-гігієнічним та етичним нормам потрібно забезпечити відповідність усіх цих параметрів робочого середовища діючим нормам рис. Б.1 дод. Б). Основним відхиленням від діючих нормативів, при порівнянні фактичних значень з нормативними, є недостатня освітленість лабораторії підприємства.

Для успішного проведення *протипожежної* профілактики важливо знати основні причини пожеж. На основі статистичних даних можна зробити висновок, що основними причинами пожеж в лабораторії є: необережне поводження з вогнем;

Незадовільний стан електротехнічних пристроїв та порушення правил їх монтажу та експлуатації; порушення режимів технологічних процесів; несправність опалювальних приладів та порушення правил їх експлуатації; невиконання вимог нормативних документів з питань пожежної безпеки.

Пожежі через виникнення коротких замикань (КЗ), перевантаження електродвигунів, освітлювальних та силових мереж внаслідок великих місцевих опорів, роботу несправних або залишених без нагляду електронагрівних приладів складає не більше 25 % всіх випадків. Для запобігання пожежі від великих перехідних опорів мідні кабелі і проводи з'єднують скручуванням, а потім спаюють оловом без використання кислоти. Алюмінієві кабелі з'єднують гільзами. Вибір конструкцій електроустановок, а також матеріалів, з котрих вони вироблені, вибір прощі перерізу та ізоляції провідників і кабелів залежить від ступеня пожежонебезпеки навколишнього

середовища, режиму роботи електроустановок та можливого перевантаження. Площа перерізу вибирається згідно з нормами допустимого струмового навантаження та падіння напруги в мережі.

Відповідно до ГОСТ 12.1.044 – 84, оцінку пожежовибухонебезпечності усіх речовин та матеріалів проводять залежно від агрегатного стану: газ, рідина, тверде тіло (пил виділено в окрему групу).

Вимоги щодо конструктивних та планувальних рішень об'єктів, а також інших питань забезпечення їхньої пожежо – та вибухобезпеки значною мірою визначається категорією приміщень та будівель за вибухопожежною та пожежною безпекою. Визначення категорії приміщення проводиться з урахуванням показників пожежовибухонебезпечності речовин та матеріалів, що там знаходяться(використовуються) та їх кількості. Відповідно до ОНТП 24 – 86 приміщення за вибухопожежною та пожежною безпекою поділяються на 5 категорій (А, Б, В, Г, Д).

В основу розрахункового методу визначення категорії вибухопожежної та пожежної безпеки виробничих приміщень покладено енергетичний підхід, що полягає в оцінці розрахункового надлишкового тиску в порівнянні з допустимим.

Головним заходом запобігання пожеж і вибухів від електрообладнання є правильний вибір і експлуатація обладнання у вибухо- та пожежонебезпечних приміщеннях. Згідно з ПУЕ, приміщення лабораторії відноситься до класу вибухонебезпечності В – Іа, в котрих вибухонебезпечна концентрація газів і парів можлива лише внаслідок аварій або несправності; пожежонебезпечки – клас ІІ – ІІа, зони приміщень, в котрих є тверді або волокнисті речовини з температурою спалаху понад 61<sup>0</sup>С, а також тверді горючі речовини.

Одним із основних принципів у системі попередження пожеж є положення про те, що горіння (пожежа) можливе лише за певних умов. Такою умовою є наявність трьох факторів: горючої речовини, окислювача та джерела запалювання. Крім того, необхідно, щоб горюча речовина була

нагріта до необхідної температури і знаходилась в відповідному кількісному співвідношенні з окислювачем, а джерело запалювання мало необхідну енергію для початкового імпульсу.

Система попередження пожеж включає два основних напрямки: запобігання формуванню горючого середовища і виникнення в цьому середовищі( або внесення) джерела запалювання.

Згідно з ГОСТ 12.1.004-91, речовини поділяють за потенційною небезпекою викликати пожежі, підсилювати небезпечні фактори пожежі, отруювати навколишнє середовище, впливати на людину через шкіру, слизові оболонки дихальних органів шляхом безпосередньої дії або на відстані. В лабораторії зустрічаються речовини і матеріали всіх класів: від безпечних, негорючих речовин в негорючій упаковці, які в умовах пожежі не виділяють небезпечних продуктів, не утворюють вибухових та(або) пожежонебезпечних, отруйних, їдких, екзотермічних сумішей з іншими речовинами, до небезпечних, що мають властивості проявляти вище перелічені наслідки. Небезпечні властивості можуть проявлятися як за нормальних умов, так і в аварійних, у чистому вигляді, так і у разі взаємодії з матеріалами і речовинами інших категорій, визначених в ГОСТ 19433-88. Небезпечні речовини слід зберігати у складах I і II ступенів вогнестійкості.

В комплексі заходів, що використовуються в системі протипожежного захисту важливе значення має вибір найбільш раціональних способів та засобів гасіння різних горючих речовин та матеріалів.

Лабораторія підприємства з виготовлення цементу оснащена протипожежними щитками, в яких наявні: вогнегасники вуглекислотні типу ОУ – 2, порошкові вогнегасники ОП – 2С, килимки азбестові, рукавиці, засоби захисту верхніх дихальних шляхів (респіратори, пов'язки). Додатково є пожежні гідранти та відра.

Оптимальні та допустимі норми температури, відносної вологості швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень наведені у таблиці Б.1 додатку Б.



Впровадження природоохоронних заходів дає значний економічний ефект за рахунок зменшення збитків від токсичних викидів промислових підприємств та автотранспорту. Складність проблеми полягає в тому, що екологічні заходи різко підвищують вартість основних фондів конкретного підприємства, собівартість його продукції, а ефект одержує господарство району. З цим пов'язана проблема фінансування та стимулювання природоохоронної діяльності.

Екологічні заходи дають двоякий ефект: економічний і соціальний. Їх мета – зберегти чистоту навколишнього середовища в межах допустимих нормативів. Впровадження природоохоронних заходів негативно впливає на розрахункові показники підприємства: продуктивність праці, прибуток, рентабельність, фондівіддачу. Але часто впроваджені заходи дозволяють вловити цінні речовини і повернути їх у виробництво, що сприяє росту валової продукції. Це в певній мірі знижує негативний вплив на техніко-економічні показники [22].

Надзвичайні ситуації – це порушення нормальних умов життя і діяльності на об'єкті або території спричинюване аварією, катастрофою, стихійним лихом, великою пожежею, застосуванням засобів ураження що призвели або можуть призвести до великих людських втрат і матеріальних збитків. Захист громадян у випадку виникнення надзвичайних ситуацій здійснює цивільна оборона.

Стихійні лиха – небезпечні природні явища або процеси, що приводять до порушення устрою життя значних груп населення, людських жертв, матеріальних втрат, До них відносяться: землетруси, повені, цунамі, виверження вулканів, селеві потоки, обвали, урагани і смерчі, масові лісові і торф'яні пожежі, сніжні занесення і лавина, а також засухи, тривалі проливні дощі, люті стійкі морози, епідемії, масове розповсюдження шкідників лісового і сільського господарства. Стихійні лиха є трагедією для держави, особливо для тих районів, де вони виникають. Більше всього люди страждають від повеней (40%), ураганів (20%), землетрусів і засух (по 15%).

Причини стихійних лих: швидке переміщення речовини (землетруси, обвали); вивільнення надлишкової енергії (вулканічна діяльність, землетруси), підвищення водного рівня річок, озер, морів (повені, цунамі), дія незвичайно сильного вітру (урагани, циклони).

Техногенні катастрофи – раптовий вихід з ладу машин, механізмів і агрегатів з серйозними порушеннями виробничого процесу, вибухами, утворенням вогнищ пожеж, радіоактивним, хімічним або біологічним зараженням великих територій, груповою загибеллю людей.

Характер наслідків техногенних катастроф залежить від виду аварії, її масштабів і особливо підприємства, на якому відбулася аварія.

Причинами техногенних катастроф можуть бути: дії природних чинників (стихійних лих), проектний-виробничих дефектів споруд, порушення технології, правил експлуатації транспорту, устаткування, машин, механізмів тощо.

Антропогенні і екологічні катастрофи – зміна біосфери, викликана дією антропогенних чинників, що породжуються господарською діяльністю людини і чинять шкідливий вплив на людей і навколишнє середовище (забруднення ґрунту важкими металами (кадмій, свинець, ртуть, хром та інші), забруднення атмосфери хімічними речовинами, шумом, електромагнітними полями і іонізуючими випромінюваннями, кислотні дощі, забруднення і засмічення водних ресурсів.

Соціально-політичні конфлікти – гостра форма вирішення протиріч між державами із застосуванням сучасних засобів поразки (військово-політичні конфлікти і міжнаціональні кризи.

Основними завданнями цивільної оборони підприємства є:

- запобігання виникнення надзвичайних ситуацій і запровадження заходів щодо зменшення збитків та втрат у разі аварій, катастроф, великим пожеж та стихійного лиха;
- оповіщення населення про загрозу і виникнення надзвичайних

ситуацій та постійне інформування про його наявну обставину;

- організація життєзабезпечення населення під час аварій, катастроф, стихійних лих та створення системи аналізу і прогнозування, оповіщення та зв'язку, спостереження та контроль за надзвичайними ситуаціями;
- організація і проведення рятувальних робіт у районах лиха і осередків ураження;
- підготовка і перепідготовка керуючого складу цивільної оборони, її органів управління та сил, навчання населення вміння застосовувати засоби індивідуального захисту і діяти в надзвичайних ситуаціях.

На підприємстві цивільна оборона організовується з метою завчасної підготовки їх до захисту від наслідків надзвичайних ситуацій, зниження втрат, створення умов для підвищення стійкості роботи об'єктів та своєчасного проведення рятувальних та інших невідкладних робіт.

Відповідальність за організацію і стан цивільної оборони, постійну готовність її сил і засобів до проведення рятувальних та інших невідкладних робіт несе начальник цивільної оборони об'єкта – керівник підприємства. Начальник цивільної оборони підприємства підпорядковується відповідним особам міністерств (відомств), у підпорядкуванні якого знаходиться об'єкт.

До надзвичайних ситуацій природного характеру, які можуть виникнути на підприємстві належать: пожежа, ураган, смерч, великі опади дощів та граду, які призведуть до затоплення території.

До надзвичайних ситуацій техногенного характеру відносять: транспортні аварії, пожежі, вибухи, аварії із викидом забруднюючих речовин, раптове руйнування споруд та будівель, аварій на інженерних мережах і спорудах життєзабезпечення.

Найбільш повне і організаційне виконання заходів цивільної оборони на об'єкті досягається завчасною розробкою плану заходів, які необхідно проводити при загрозі або виникненні надзвичайних ситуацій [9, 11]. План дій органів управління і сил цивільної оборони із запобігання і ліквідацій розробляється на підставі законодавчих, директивних і нормативних

документів і призначений для координації і діяльності центральних і місцевих органів виконавчої влади, а також оперативності і реагування на загрозу і виникнення надзвичайних ситуацій, відвернення або зниження можливої загибелі, мінімізації матеріальних збитків і втрат та організацію задоволення першочергових потреб населення, яке постраждало.

Навчання з цивільної оборони є загальним для усіх громадян і організується як за місцем роботи, так і за місцем проживання. Організація навчання робітників та службовців об'єктів господарської діяльності покладена на керівників цих об'єктів, які через свої штаби Цивільної оборони організують, забезпечують і керують проведенням навчальних заходів, здійснюють постійний контроль за своєчасним і якісним проведенням занять і навчань.

За даними власних досліджень, стан охорони праці та захисту населення на підприємствах задовільний, але має свої недоліки, які полягають в наступному: недотриманні деяких пунктів вимог з техніки безпеки, гігієни праці, пожежної безпеки в зв'язку із недостатнім технічним забезпеченням, неповним формуванням та недостатнім фінансуванням сил і формувань цивільної оборони підприємств. Для покращення вимог охорони праці необхідно вжити такі заходи: інструктаж і навчання працівників підприємства, щодо дотримання правил техніки безпеки, стовідсоткове фінансування заходів по охороні праці та цивільного захисту населення. Внаслідок покращення умов охорони праці на даному підприємстві очікується: збільшити кількість робочих місць, які відповідають нормативним вимогам, зниження кількості нещасних випадків і професійних захворювань пов'язаних з незадовільними умовами праці.

## 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, аніж 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  $\text{CO}_2$  утворюється під час виробництва клінкеру. Одним з основних компонентів сировинної суміші є вапняк, який «декарбонізується», виділяючи  $\text{CO}_2$  при температурі понад  $950^\circ\text{C}$ . Проте найбільше  $\text{CO}_2$  надходить від спалювання газу, вугілля чи іншого палива. Ці складові є прямими джерелами емісії вуглекислого газу. Третім (опосередкованим) джерелом викидів  $\text{CO}_2$ , 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  $\text{SO}_2$ , оксидів нітрогену, сполук важких металів та інших токсичних поліютантів.

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.

## **БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК**

1. Альтернативні палива та інші нетрадиційні джерела енергії: Монографія/О. Адаменко, В. Височанський, В. Лютко, М. Михайлів. Івано-Франківськ: ІМЕ, 2001. 432 с.
2. Бердов Г.И., Емельянов Б.М. Химия. К.: ИСИО, 1993. 392 с.
3. Білявський Г.О., Падун М.М., Фурдуй Р.С. Основи загальної екології. К. : Либідь, 1999. 368 с.
4. Будівельне матеріалознавство. Кривенко П.В., Пушкарьова К.К., Барановський В.Б. та 63по. К.: ТОВ УВПК ЕксОб, 2004. 704 с.
5. Бутт Ю.М., Тимашев В.В. Практикум по химической технологии вяжущих материалов. М.: Высш. Шк., 1973. 500 с.
6. 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: ЛВЦНТЕІ, 2007. С. 152-156.
7. ГОСТ 17.2.4.06-90. Охрана природы. Атмосфера. Методы определения скорости и расхода газопылевых потоков, отходящих от стационарных источников загрязнения.
8. ГОСТ 17.2.4.07-90. Охрана природы. Атмосфера. Методы определения давления и температуры газопылевых потоков, отходящих от стационарных источников загрязнения.
9. ГОСТ 17.2.4.02-81. Охрана природы. Атмосфера. Общие требования к методам определения загрязняющих веществ.
10. Джигирей В.С., Сторожук В.М., Яцюк Р.А. Основи екології та охорони навколишнього природного середовища. Львів: Афіша, 2000. 272 с.
11. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів. Міністерство охорони здоров'я України. 1996р.
12. Державний стандарт України ДСТУ Б В.2.7-46-96. Цементи загальнобудівельного призначення. К.: Держкоммістобудування, 1996. 16 с.

13. Інженерна екологія. В. В. Снітинський, О. Т. Мазурак, М. А. Саницький, А. В. Мазурак.: навч. посіб. Львів, 2010. 375 с.
14. Инженерная экология: Учебник. Под ред. Проф. В.Т. Медведева. М.: Гардарики, 2002. 687 с.
15. Каушанский В.Е. Использование техногенных материалов для экономии энергосырьевых ресурсов в технологии цементов // II Международное совещание по химии и технологии цемента. Том 2. М.: П-Центр". 2000. С. 133-140.
16. Крамаренко В.П. Токсикологічна хімія: підруч.: К.: Вища 64по., 1995. 423 с.
17. Охрана окружающей среды: Учебник для вузов. Автор-составитель Степановских А.С. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. 559 с.
18. Природа Львівської області, під ред. К.І. Геренчука. Львів: Вид-во Льв. Університету. 1972. 152 с.
19. Промислова екологія: навч. посіб. С.О. Апостолюк, В.С. Джигирей, А.С. Апостолюк та 64по. К.: Знання, 2005. 474 с.
20. Сухарев С.М., Чундак С.Ю., Сухарева О.Ю. Техноекологія та охорона навколишнього середовища: навчальний посібник. Львів: Новий Світ-2000, 2004. 256 с.
21. Техника защиты окружающей среды. А.И. Родионов, В.П. Клушин, И.С. Торочешников: Учебник для вузов. М.: Химия, 1989. 512 с.
22. Энергосберегающие и безотходные технологии получения вяжущих веществ. Пащенко А.А., Мясникова Е.А., Евсютин Ю.Р. и др. К.: Вища шк., 1990. 223 с.
23. Environmental Benefits of Using Alternative Fuels in Cement Production. Brussels: CEMBUREAU. The European Cement Association, 1999. 25 p.
24. Сталий розвиток: звіти зі сталого розвитку. URL : [https://www.dyckerhoff.com.ua/sustainability\\_reports](https://www.dyckerhoff.com.ua/sustainability_reports).



## ДОДАТКИ

## Додаток А

Таблиця А.1 – Методики визначення концентрації основних забруднюючих речовин цементного виробництва

№ з/п	Найменування речовини	Методика /приладу	Формула для розрахунку речовини
1	2	3	4
1	Диоксид карбону	Визначення диоксиду карбону з використанням експрес-методу ГХ – Ч і ГХ – СО – 5	$C_p = \frac{C \cdot P \cdot 293}{760 \cdot (273 + t)}, \text{мг/м}^3.$
2	Диоксид нітрогену	Визначення суми NO та NO <sub>2</sub> ГХ – М NO + NO <sub>2</sub> – 0,005; та/або фотометричним методом з сульфоциловою кислотою	$C = \frac{m \cdot V_p}{V_A \cdot V_o}, \quad V_o = V_z \cdot K,$ $V_{\Gamma} = \eta \cdot \tau, \text{л},$ $K = \frac{273 \cdot P}{760 \cdot (273 + t)}$
3	Диоксид сульфуру	Визначення SO <sub>2</sub> титриметрично, або з використанням газовизначника ГХ-М SO <sub>2</sub> – 0,007	$C_1 = \frac{17 \cdot (2V - S) \cdot C}{2V_o} \cdot 1000;$ $C_2 = \frac{32 \cdot (S - V) \cdot C}{2V_o} \cdot 1000,$ $V_o = \frac{273 \cdot V_R \cdot (P + \Delta P)}{760 \cdot (273 + t)},$
4	Пил	Методика визначення	$C = \frac{(m_{\text{кін.}} - m_{\text{ноч.}}) \cdot 1000}{Q \cdot t}, \text{мг/м}^3$

	неорганічний $\text{SiO}_2 > 70\%$	концентрації пилу в технологічних газах  експрес метод індикаторних трубок  ГХ-М.	
5	Пил неорганічний $\text{SiO}_2$ 70 – 20%		
6	Пил неорганічний гіпсовий		

### Додаток Б

Таблиця Б.1 - Оптимальні та допустимі норми температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень (ДСТУ 12.1.005-96)

Період року	Категорія робіт	Температура, °С					Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/с	
		Оптимальна межа	верхня		нижня		оптимальна	допустима на робочих місцях, постійна і непостійна	оптимальна не більше	допустима на робочих місцях, постійна і непостійна
			на робочому місці							
			постійна	не-постійна	постійна	Не-постійна				
холодний	легка 1а	22-24	25	26	21	18	40-60	75	0,1	не більше 0,1
	легка 1б	21-23	24	26	20	17	40-60	75	0,1	не більше 0,2
теплий	легка 1а	23-25	28	30	22	20	40-60	55 (при 28 <sup>0</sup> С)	0,1	0,1-0,2
	легка 1б	22-24	28	30	21	19	40-60	65 (при 27 <sup>0</sup> С)	0,2	0,1-0,3