

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту

(повна назва інституту/факультету)

Кафедра інженерної екології

(повна назва кафедри)

"На правах рукопису"

УДК 666.9

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Ткачук К.К.

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ ” _____ 2019 р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності (спеціалізації) 101 «Екологія», «Інженерна екологія та
ресурсозбереження»

на тему: «Еколого-економічні дослідження технології виробництва енергії з
побутових відходів на цементних заводах»

Виконала: студентка 2 курсу, групи ОЗ-81мп
(шифр групи)

Єлецька Ілона Володимирівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник д.т.н., проф. Ткачук Костянтин Костянтинович

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент _____

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант стартап-проекту к.т.н., доцент Шевчук Наталя Анатоліївна

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2019

Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського”

Факультет (інститут) Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
(повна назва)
 Кафедра Інженерної екології
(повна назва)
 Рівень вищої освіти другий (магістерський) за освітньо-професійною
програмою
перший (бакалаврський), другий (магістерський)
 Спеціальність 101 «Екологія»
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Завідувач кафедри
Ткачук К.К.
(підпис) (ініціали, прізвище)

«__» _____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ
на дипломний проект студенту

Єлецькій Ілоні Володимирівні
(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема дисертації «Еколого-економічні дослідження технології виробництва енергії з побутових відходів на цементних заводах»

науковий керівник дисертації д.т.н., проф. Ткачук К. К.
(прізвище, ім'я, по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «04» листопада 2019 р. № 3814-С

2. Строк подання студентом дисертації 11 грудня 2019 р

3. Об'єкт дослідження: процес впливу на довкілля спільного спалювання палива на цементних заводах

4. Предмет дослідження: еколого-економічні показники процесу спільного спалювання палива

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: проаналізувати морфологію відходів, зробити висновки щодо потенціалу їх використання у цементній промисловості, визначити вплив спалювання відходів на вихід клінкеру, визначити зменшення викидів при спільному спалюванні, розробити стартап-проект

6. Перелік графічного матеріалу: _____

7. Орієнтовний перелік публікацій: матеріали II Науково-технічної конференції магістрантів Інституту енергозбереження та енергоменеджменту (за результатами дисертаційних досліджень магістрантів).

8. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Нормоконтроль	Репін Микола Володимирович		
Стартап-проект	Шевчук Наталя Анатоліївна		

9. Дата видачі завдання

Календарний план

№	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк подання етапів проекту	Примітка
1.	Аналіз існуючих методів спалювання альтернативного палив у цементних печах;	25.09.2019 р.	Виконано
2.	Аналіз морфології відходів та розробка рекомендацій	15.10.2019 р.	Виконано
3.	Моделювання виходу клінкеру в залежності від складу палива	10.11.2019 р.	Виконано
4.	Розрахунок зменшення викидів діоксину вуглецю	25.11.2019 р.	Виконано
5.	Розробка стартап-проекту	07.12.2019 р.	Виконано

Студент

(підпис)

Єлецька І. В.

(прізвище, ініціали)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

Ткачук К. К.

(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація містить 80 сторінок, 17 ілюстрацію, 31 таблиць та 34 джерела згідно з переліком посилань.

Актуальність теми. Постійно зростаючі об'єми відходів твердих побутових відходів та збільшення вартості викопного палива для спалювання зумовлюють необхідність дослідження процесу спільного спалювання альтернативного і традиційного палив у цементних обертових печах.

Зв'язок роботи з науковими програмами. Актуальність даного дослідження обумовлене проектом закону України «Про управління відходами», а саме стратегія передбачає досягнення 50% перероблення ТПВ від загальної кількості утвореного сміття, перспективним є направлення раціонального розподілу відходів до різних способів подальшої обробки, у тому числі виробництво палива з ТПВ на основі об'єктів механіко-біологічного оброблення або виробництва палив з побутових відходів і міжнародними зобов'язаннями у сфері скорочення викидів діоксиду вуглецю.

Мета дослідження – дослідити екологічні і економічні показники при спільному спалюванні палива в цементних обертових печах шляхом дослідження морфології відходів, впливу зміни складу палива на вихід клінкера та впливу на викиди вуглекислого газу.

Задачі дослідження:

- проаналізувати досвід європейських країн у впровадженні технології спільного спалювання;
- визначити найбільш пріоритетні області для реалізації ідеї з цементними заводами;
- провести моделювання залежності складу відходів для спалювання на склад клінкеру;
- розрахувати комплексне зменшення викидів вуглекислого газу;
- розробити стартап-проект.

Об'єкт дослідження: спільне спалення палива на цементних заводах.

Предмет дослідження: еколого-економічні показники процесу спільного спалювання палива.

Методи дослідження. В роботі використані загально прийняті у науковому середовищі методи аналізу і синтезу; методи математичної і статистичної обробки даних для моделювання параметрів, щ досліджуються; методи математичного моделювання для визначення оптимальних характеристик досліджуваних систем та комп'ютерного моделювання для візуалізації отриманих результатів.

Наукова новизна одержаних результатів. В роботі вперше проаналізовано показники викидів областей у найближчому розташуванні до цементних потужностей, визначено теоретичний вплив золи цих відходів на склад клінкеру, зменшення викидів вуглекислого газу та надано універсальні розрахунки для цементних заводів.

Практичне значення одержаних результатів. Результати досліджень рекомендовано застосовувати при проектуванні заміщення частини палива на альтернативне із значним збереженням природних і матеріальних ресурсів за рахунок спільного спалювання палива.

Апробація результатів дисертації. Результати досліджень опубліковані у матеріалах II Науково-технічної конференції магістрантів Інституту енергозбереження та енергоменеджменту (за результатами дисертаційних досліджень магістрантів).

КЛЮЧОВІ СЛОВА: СПІЛЬНЕ СПАЛЮВАННЯ, ЦЕМЕНТНЕ ВИРОБНИЦТВО, ТВЕРДІ ПОБУТОВІ ВІДХОДИ, КЛІНКЕР, ЗОЛА ПАЛИВА, ВУГЛЕКИСЛИЙ ГАЗ.

ABSTRACT

The master's dissertation contains 80 pages, 17 illustrations, 31 tables and 34 sources according to the list of references.

Actuality of theme. The ever-increasing volumes of municipal solid waste and the rising cost of fossil fuels necessitate the study of the co-processing of alternative and traditional fuels in cement rotary kilns.

Relationship of work with scientific programs. The relevance of this study is due to the draft law of Ukraine "On Waste Management", namely the strategy provides for the achievement of 50% recycling of MSW from the total amount of garbage generated, it is promising to send a rational distribution of waste to various methods of further treatment, including the production of fuel from solid waste of mechanical-biological treatment or production of domestic waste fuels and international commitments in the field of carbon dioxide emission reductions.

The purpose of the study is to investigate environmental and economic indicators of combustion in cement rotary kilns by investigating the morphology of waste, the effect of changes in ash components on clinker properties and the effect on carbon dioxide emissions.

Research objectives:

- to analyze the experience of European countries in the implementation of co-processing technology;
- identify the most priority areas for the implementation of the cement plant idea;
- carry out modeling of the dependence of the waste composition for burning on the clinker warehouse;
- calculate a comprehensive reduction of carbon dioxide emissions;
- to develop a startup project.

Object of research: co-processing of fuel at cement plants.

Subject of research: Ecological and economic results of co-processing of fuel.

Research methods. The methods and synthesis commonly used in the scientific environment were used in the work; mathematical and statistical methods for modeling the parameters studied; mathematical modeling techniques for different optimal characteristics of the studied system and computer models to visualize the results obtained.

Scientific novelty of the obtained results. As a result, the emissions of domestic regions for the first time were analyzed using location to cement capacities, the theoretical case remaining in the clinker storage, carbon dioxide emission reductions exist and reliable universal necessary for cement plants.

The practical value of the results. The results are recommended to be used in the development of a reduction in the amount of fuel for alternative identical conservation of natural and real resources for co-burning of fuel.

Approbation of the results of the dissertation. The results of the conducted researches were published in the materials of the II Scientific and Technical Conference of the Master's students of the Energy Saving and Energy Management Institute (based on the results of the dissertation researches of the undergraduate students).

KEY WORDS: CO-PROCESSING, CEMENT MANUFACTURING, SOLID HOUSEHOLD WASTE, CLINKER, ASH FUEL, CARBON GAS.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	10
ВСТУП.....	11
1 СТАН ТА ПОВОДЖЕННЯ З ТПВ	13
1.1 Світовий досвід поводження з відходами.....	13
1.2 Поводження з ТПВ в Україні	17
1.3 Територіальний розподіл та поводження з ТПВ	18
1.3.1 Аналіз джерел ТПВ для Львівської області.....	18
1.3.2 Аналіз джерел ТПВ для Івано-франківської області	19
1.3.3 Аналіз джерел ТПВ для Хмельницької області	20
1.3.4 Аналіз джерел ТПВ для Рівненської області.....	20
1.3.5 Аналіз джерел ТПВ для Одеської області	21
1.3.6 Аналіз джерел ТПВ для Миколаївської області.....	22
1.3.7 Аналіз джерел ТПВ для Дніпропетровської області	22
1.3.8 Аналіз джерел ТПВ для Харківської області	23
Висновки до розділу 1	24
2 ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ У ЦЕМЕНТНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ	25
2.1 Циркулярна економіка при виробництві цементу	26
2.2 Паливо з відходів.....	29
2.3 Опис процесу виготовлення цементу.....	29
2.3.1 Вплив на покриття печі.....	30
2.3.2 Способи виготовлення цементу	31
2.3.3 Регулювання викидів у навколишнє середовище	31
2.4 Спалювання палива на цементному виробництві.....	32
2.4.1 Характеристика палива.....	32
2.4.2 Схеми підготовки форсункового палива	32
2.4.3 Подача палива до цементної печі	33
2.5 Відходи в якості сировини для палива.....	36
2.5.1 Підготовка альтернативного палива.....	36
2.5.2 Спільне спалювання альтернативного та традиційного палива.....	37
2.5.3 Критерії ТПВ для виробництва альтернативного палива	38
2.5.4 Вплив складових відходів на характеристики клінкеру.....	41
2.5.5 Способи виробництва палива з ТПВ	43
2.6 Викиди шкідливих речовин при виробництві цементу.....	44
2.6.1 Викиди пилу.....	44
2.6.2 Викиди оксидів азоту	45

	9
2.6.3 Викиди діоксиду сірки SO ₂	46
2.6.4 Викиди оксиду вуглецю (CO)	46
2.6.5 Викиди металів і їх з'єднань	47
2.6.6 Викиди газоподібних хлоридів і фторидів	47
Висновки до розділу 2.....	48
3 РОЗРАХУНОК ЗМЕНШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ.....	49
3.1 Перерахунок відходів для подальшої обробки.....	49
3.2 Вплив альтернативного палива на склад клінкеру	53
3.3 Підрахунок скорочення викидів вуглекислого газу	57
3.3.1 Викиди від спалення палива в цементних печах	57
3.3.2 Викиди від видобутку палива	59
3.3.3 Викиди від розміщення сміття на полігоні	59
3.3.4 Сумарні викиди від часткового заміщення палива.....	60
Висновки до розділу 3.....	60
4 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ	62
4.1 Опис ідеї проекту.....	62
4.2 Аналіз конкурентного середовища.....	63
4.3 SWOT-аналіз потенційних загроз та можливостей	64
4.4 Обґрунтування ресурсного забезпечення проекту.....	65
4.5 Ключові види діяльності.....	66
4.6 Обґрунтування рівня рентабельності ідеї	68
4.7 Обґрунтування вартості виробництва інноваційної техніки	69
4.8 Цільові групи потенційних споживачів	70
4.9 Канали збуту	71
4.10 Бізнес-модель проекту	72
4.11 Оцінка ефективності впровадження стартап-проекту та пропозиції інвестору.....	73
Висновки до розділу 4.....	74
ВИСНОВКИ	75
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	77

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

SRF – тверде відновлювальне паливо, вироблене з відходів

RDF – відпрацьоване паливо з відходів

ТПВ – тверді побутові відходи

ОЕСР – Організація економічного співробітництва і розвитку

ПЕТ – Поліетилентерефталат

ПАТ – Публічне акціонерне товариство

ЄС – Європейська співдружність

АП – альтернативне паливо

ТУ – технічні умови

ПВХ – Полівінілхлорид

SWOT – аналіз зовнішнього та внутрішнього середовища організації

ОСВ – одиниці скорочення викидів

EGS – екологічні соціальні та управлінські критерії управління

ВСТУП

ТПВ утворюються у процесі життєдіяльності людини. До них відносять :харчові й органічні відходи, макулатуру, метали, скло, полімерні матеріали, пластик тощо). Вони накопичуються у жилих будинках, громадських, навчальних, лікувальних, торговельних та в інших типах закладів. ТПВ являють собою суміш компонентів, в переважній більшості вони є змішаними. Розподіл на окремі складові називають морфологічним складом, він є варіативним в залежності від виду сміття та орієнтовним за нинішніх умов поводження з відходами. Їх змішування відбувається під час утворення ТПВ, зберігання, транспортування та захоронення. В результаті такої діяльності утворюються шкідливі речовини, які забруднюють навколишнє середовище, зокрема атмосферне повітря та воду.

Переважним способом поводження з відходами в Україні є вивезення та захоронення їх на сміттєзвалищах. Тільки 5,8% відходів йдуть на переробку, більшість з яких потрапляють на утилізацію та сміттєпереробні заводи. Такі показники є результатом впровадження роздільного збору сміття – 26 сміттєсортувальних ліній та його спалювання на 3 установках і 1 сміттєспалювальному заводі. Проте, 94% відходів потрапляють на офіційні сміттєзвалища, третина з яких не відповідають екологічним нормам, та на постійно утворювані несанкціоновані звалища, а переробні заводи купують сировину закордоном.

Національною стратегією поводження з відходами до 2030 року визначено пріоритетний напрям у переході від захоронення відходів до комплексного поводження з твердими побутовими відходами (ТПВ). Стратегія передбачає досягнення 50% перероблення ТПВ від загальної кількості утвореного сміття, розвиток роздільного збору сміття і охоплення до 48 % від загальної кількості громадян, введення додаткових заходів сортування та переробки сміття до 2030 року.

Зокрема, перспективним є направлення раціонального розподілу

відходів до різних способів подальшої обробки, у тому числі виробництво палива з ТПВ на основі об'єктів механіко-біологічного оброблення або виробництва палив аз побутових відходів – SRF або RDF. Важливим є врахування логістичної складової, тобто створення об'єктів з виробництва такого палива у найближчому розташування до цементних заводів, де воно заміщує частково викопне паливо.

Проектом закону України «Про управління відходами» визначено перспективним напрямом включення різних методів енергетичної утилізації та способів поводження з відходами, що дозволяє доцільно використовувати ресурси.

1 СТАН ТА ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ

1.1 Світовий досвід поводження з відходами

Дані викидів за 2017 рік країн, що входять до ОЕСР [1] віднесених до кількості населення за цей ж рік [2] наведено на рис. 1. Вони відображають тенденції в кількості муніципальних (включаючи побутові відходи). Кількість відходів, що утворюються в кожній країні (рис.1.1), пов'язана зі швидкістю урбанізації, видами та схемою споживання, доходами домогосподарств та способом життя.

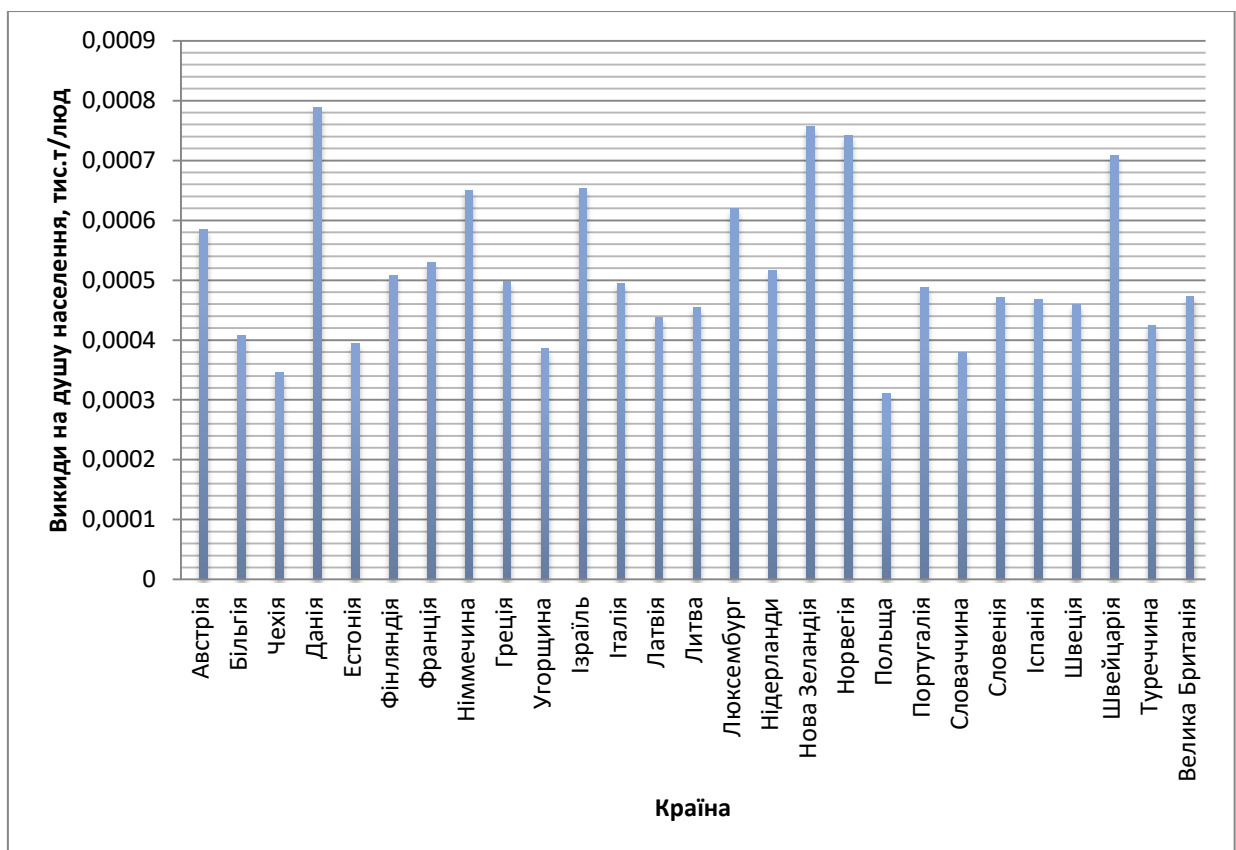


Рисунок 1.1 – Викиди на душу населення різних країн

Країни використовують різні підходи до поводження з відходами, проте варто зазначити, що вони можуть поєднуватися та не заважають, а навіть доповнюють один одного. Розвинені європейські країни, такі як Австрія, Бельгія, Нідерланди і Німеччина комбінують повторне

використання матеріалів, з рециклінгом та термічним використання відходів з метою отримання енергії та прибутку. Всі ці дії відповідають ієрархії поводження з відходами зазначеною на рис.1.2.

Головним документом ЄС у сфері поводження з відходами є Директива 2008/98/ЄС «Про відходи», згідно з якою визначено 16 видів відходів та запроваджено Європейський перелік відходів який періодично оновлюють та переглядають. Найбільший пріоритет має мінімізація утворення відходів та вважається найголовнішим джерелом проблеми. Наступним за зменшенням пріоритету визначили повторне використання ресурсів та подальшу переробку або рециклінг, в результаті чого відходи перетворюються на продукцію та можуть бути вживані повторно. Далі затверджено енергетичні методи використання ТПВ. Останнім в ієрархії є утилізація або видалення, що виключає отримання фінансового прибутку. Проте, будь-який напрям має відходи, які розміщують на полігонах, але дотримання такої ієрархії дозволяє зробити ці викиди мінімальними.



Рисунок 1.2 – Ієрархія поводження з відходами

Поєднання способів та дотримання ієрархії підтверджують дані поводження з відходами різними країнам, які наведені у табл.1.1. Всі розглянуті країни надають перевагу пріоритетним напрямам ієрархічного поводження з відходами та впроваджують рециклінг на відносно однаковому рівні. Для Європи, Туреччини та Ізраїлю характерне також компостування та спалення відходів з використанням енергії. Для Америки характерне захоронення відходів, якщо вони не можуть бути використані повторно. Разом з Європою, Туреччиною та Ізраїлем надають перевагу спалюванню з метою отримання енергії і Японія, Південна Корея і тихоокеанські країни [3].

Таблиця 1.1 – Поводження з відходами у різних країнах світу

	Америка (Північна та Південна)	Європа, Туреччина, Ізраїль	Японія, Півд. Корея і тихоокеанські країни
Кількість відходів, тис.т	291,508	263,893	85,339
Кількість відходів, кг/(люд·рік)	607	469	421
Рециклінг, %	24	25	31
Компостування, %	8	13	0.3
Спалювання (без використання енергії)	0.1	3	4
Спалювання (з використанням енергії)	9	20	48
Захоронення	60	38	17

Термічне оброблення ТПВ впроваджують більшість країн Європи, що зображено на рис 1.3 [4].

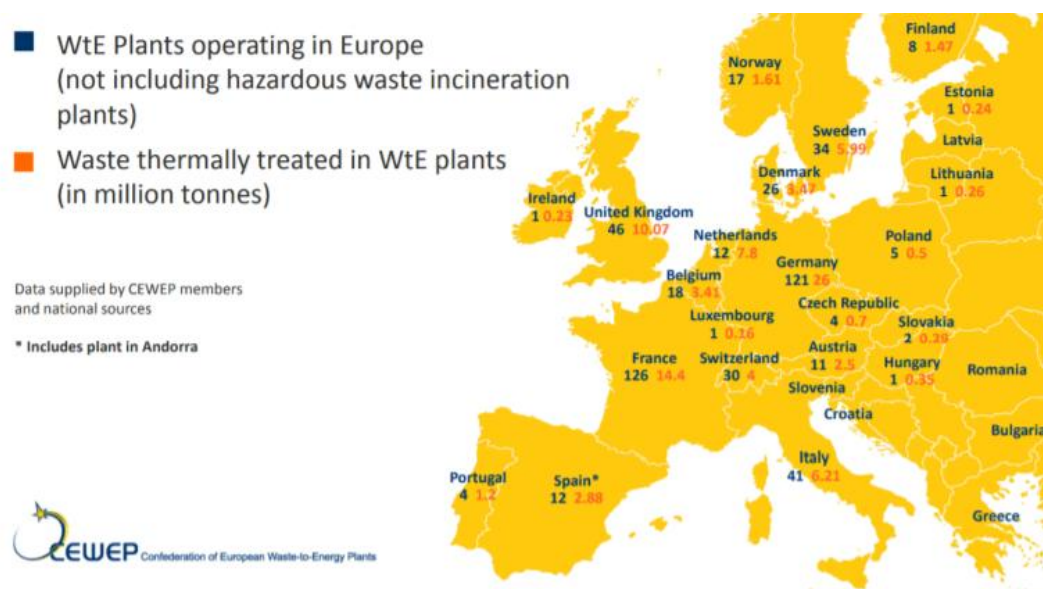


Рисунок 1.3 – Мапа термічного оброблення ТПВ для країн Європи

На цій карті зазначено дані 522 сміттєспалювальних заводів. Які спалюють ТПВ.

Для вирішення питання поводження з відходами для більшості країн рекомендовано поєднання різних способів оброблення, а спалювання RDF палива визначено одним з найбільш прийнятних способів заміщення традиційного палива. На рис. 1.4 наведено країни, які використовують відходи в якості часткової заміни традиційного палива для цементної промисловості [5].

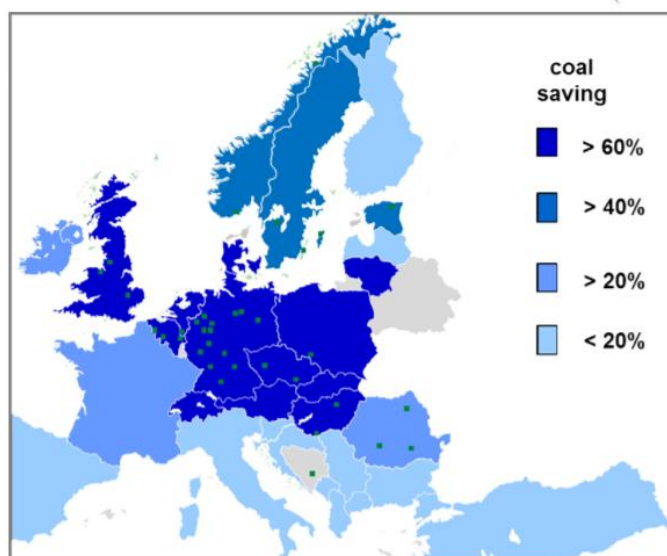


Рисунок 1.4 – використання відходів для цементної промисловості в Європі

Протягом останніх 20 років, Європейські підприємства послідовно збільшували використання альтернативних видів палива (відходів) в печах. Відходи станом на 2017 р. склали 41% потреб палива.

1.2 Поводження з ТПВ в Україні

Кількість сміттєзвалищ, які перенавантажені станом на 2018 рік складає 256 од., а такі що не відповідають нормам екологічної безпеки 984 од. 30 % від загальної кількості сміттєзвалищ потребує проведення паспортизації. Для охоплення викидів необхідно побудувати 421 нових полігонів. Загальна площа діючих сміттєзвалищ та полігонів сягає понад 9 тис. га. За 2018 рік було виділено 1 004 675 тис грн.. на розвиток сфери поведження з ТПВ, них 141330 тис. грн. з державного бюджету [6]. Вся вироблена енергія зі спалювання відходів надходить на послугу теплопостачання у м. Київ. Перероблено та утилізовано близько 6,2 % побутових відходів.

Вироблення цементу відбуваються переважно на підприємствах центральної та західної України. На рис. 1.5 наведено територіальне розташування підприємств за даними Асоціації «УкрЦемент» [7].

З врахуванням даних Міністерства оборони України щодо воєнного конфлікту на сході України та тимчасово окупованих територій України, 3 підприємства виключені з розгляду, як об'єкти з тимчасово зниженим інвестиційним потенціалом.

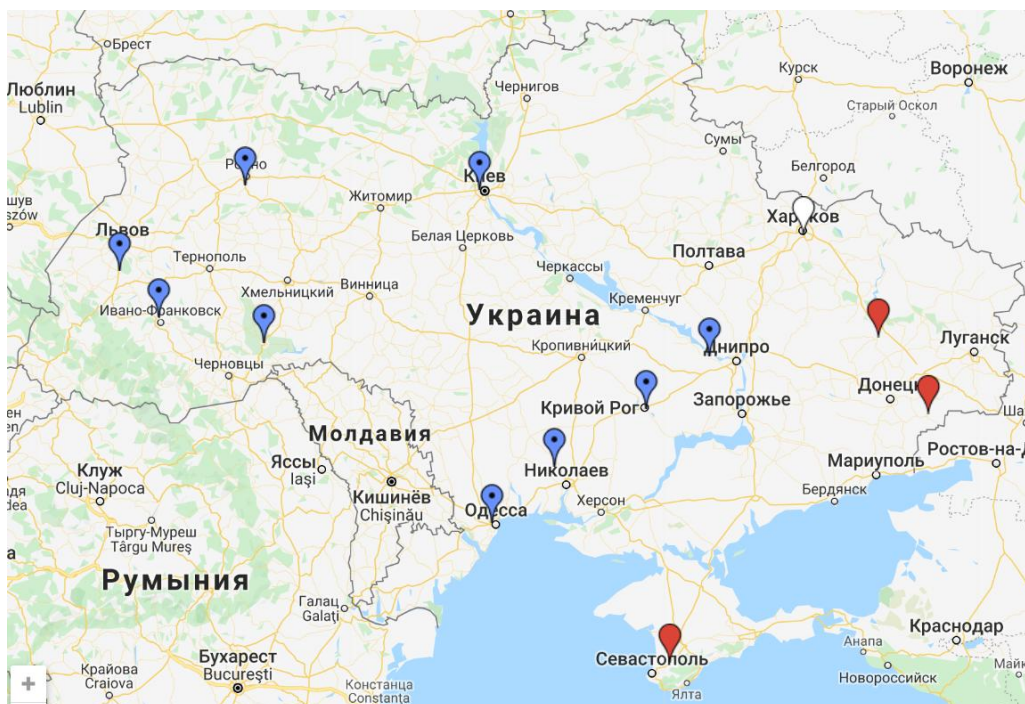


Рисунок 1.5 – Територіальний розподіл цементних підприємств України

В цьому році розроблено концепцію та відповідні законопроекти, що сприятимуть залученню інвестицій у виробництво енергії зі сміття та усуненню існуючих перешкод.

1.3 Територіальний розподіл та поводження з ТПВ

Для комплексного поводження з відходами доцільно проаналізувати області у найближчому розташуванні біля цементних заводів, які є потенційними споживачами rdf-палива. Такий підхід дозволяє зменшити собівартість альтернативного палива, тим самим підвищити його конкурентоспроможність у порівнянні з традиційним. Розроблена програма поводження з відходами для різних міст дозволяє визначити орієнтовне співвідношення морфологічного складу ТПВ.

1.3.1 Аналіз джерел ТПВ для Львівської області

На зміни складу ТПВ впливає сезонність, що характеризується

збільшенням харчових відходів на 20-25 % весною та на 40-55 % восени. За останні десять років склад відходів змінився, зокрема збільшилось використання напівфабрикатів і пакувальних матеріалів у повсякденному житті переважної більшості мешканців. Завдяки цьому, спостерігається зростання вмісту паперу і полімерів у ТПВ. Морфологічний склад твердих побутових відходів наведено у табл.1.2. Загальні обсяги вивозу ТПВ станом на 2018 р. складають 222960 т/рік.

Таблиця 1.2 – Морфологічний склад твердих побутових відходів м. Львів

№ з/п	Найменування компонентів ТПВ	Частка, %
1.	Харчові відходи	26
2.	Вуличний відсів	15
3.	Пластмаси, ПЕТ	13
4.	Інертні відходи	12
5.	Папір, картон	10
6.	Текстиль	8
7.	Дерево	5,5
8.	Скло	4
9.	Метал чорний	1,5
10.	Шкіра, гума	1,8
11.	Небезпечні відходи	0,2
12.	Інші відходи	3

1.3.2 Аналіз джерел ТПВ для Івано-франківської області

Щорічно утворюється близько 94 730 тонн відходів, з них ТПВ населення складає 75 780 т/ рік.

Морфологічний склад відходів наведено у табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Морфологічний склад відходів домогосподарств м. Івано-Франківськ

№ з/п	Найменування компонентів ТПВ	Частка, %
1	2	3
1.	папір	41

Продовження таблиці 1.3

1	2	3
2.	харчові відходи	21
3.	скло	12
4.	чорні метали	10
5.	полімери	5
6.	деревина	5
7.	гума та шкіра	3
8.	текстиль	2
9.	алюміній	1
10.	інші метали	0,3

1.3.3 Аналіз джерел ТПВ для Хмельницької області

Полігон твердих побутових відходів вже давно вичерпав свої проектні потужності, що підтверджує необхідність змін поводженні з відходами.

Щорічно в Хмельницькій області утворюється близько 322 тис. тонн відходів, у складі яких містяться компоненти які є ресурсноцінними для вторинної сировини, які в повному обсязі потрапляють на полігони та несанкціоновані сміттєзвалища. Морфологічний склад наведено у табл.1.4.

Таблиця 1.4 – Морфологічний склад ТПВ Хмельницької області

№ з/п	Найменування компонентів ТПВ	Частка, %
1.	Харчові та інші органічні відходи	47
2.	Пластмаса	5
3.	Поліетиленова плівка, ПЕТ	
4.	Папір, картон	28
5.	Текстиль	4
6.	Гума	1
7.	Деревина	2
8.	Метал	3
9.	Каміння	1
10.	Інші відходи	9

1.3.4 Аналіз джерел ТПВ для Рівненської області

Морфологічний склад ТПВ у контейнерах відрізняється більш високим

вмістом ресурсоцінних складових (відмічається зменшення їх кількості у сміттєвозах у зв'язку із ущільненням ТПВ під час транспортування).

Загальна кількість сміття, що збирається місцевими службами складає 97, 038 тис т. Розподіл сміття за морфологічним складом наведено у табл.1.5.

Таблиця 1.5 – Узагальнений склад ТПВ в м. Рівне

№ з/п	Найменування компонентів ТПВ	Частка, %
1.	Харчові відходи	29
2.	Папір і картон	7
3.	Полімери	7
4.	РЕТ (тара для напоїв)	3
5.	інші види полімерів	1,49
6.	Скло	13
7.	Чорні метали	1
8.	Кольорові метали	0,2
9.	Дерево	1,6
10.	Небезпечні відходи	1,72

1.3.5 Аналіз джерел ТПВ для Одеської області

Переважає більшість полігонів працює в режимі перевантаження, тобто з порушенням проектних показників щодо обсягів накопичення відходів. Фактичні обсяги ТПВ складають 771,9 тис. т, морфологічний склад яких наведено у табл.1.6.

Таблиця 1.6 - Морфологічний склад ТПВ для Одеської області

№ з/п	Найменування компонентів ТПВ	Частка, %
1	2	3
1.	Харчові відходи	35
2.	Пластмаса	6
3.	Поліетиленова плівка, ПЕТ	3
4.	Папір, картон	15
5.	Текстиль	3
6.	Гума	2
7.	Деревина	2

Продовження таблиці 1.6

1	2	3
8.	Метал	2
9.	Будівельні	4
10.	Гілки, листя	10
11.	Інші відходи	18

1.3.6 Аналіз джерел ТПВ для Миколаївської області

Річні об'єми утворюваних відходів становлять 279,5 тис. т. Динаміка зростання утворюваних обсягів відходів в області становить в середньому 10 тис. т на рік. Найбільшу частку серед загальних відходів складають саме ТПВ. Більшість сміттєзвалищ не відповідає вимогам будівельних та санітарних норм і правил. Відсотковий склад ТПВ наведено у табл.1.7.

Таблиця 1.7 – Морфологічний склад ТПВ для Миколаївської області

№ з/п	Найменування компонентів ТПВ	Частка, %
1.	Поліетилен	24
2.	Деревина	5
3.	Будівельні відходи	10
4.	Гума, текстиль	10
5.	Папір, картон	10
6.	Вуличний змет, листя	34
7.	Харчові відходи	3
8.	Інші відходи	4

1.3.7 Аналіз джерел ТПВ для Дніпропетровської області

Об'єми генерації відходів у м. Кривий Ріг за рік складають 296,4 тис. т/рік. З такими показниками місто займає друге місце за об'ємами утворення сміття в Дніпропетровській області. Усереднений склад ТПВ як для області так і для м. Кривий Ріг наведено у таблиці 1.8 нижче. Склад ТПВ постійно ускладнюється, зокрема додаються речовини, що можуть бути небезпечними для довкілля.

Таблиця 1.8 – Морфологічний склад ТПВ для Дніпропетровської області

№ з/п	Найменування компонентів ТПВ	Частка, %
1.	Харчові відходи	39,5
2.	Папір	5,9
3.	Метал	2,5
4.	Пластикові упаковка	7,9
5.	Складна упаковка	0,4
6.	Деревина	1,1
7.	Текстиль	2,9
8.	Скло	7,4
9.	Шкіра і гума	1,4
10	Каміння	1,1
11	Кістки	0,1
12	Відсів	25,3
13	Небезпечні відходи	0,6
14	Будівельне сміття	3,9

1.3.8 Аналіз джерел ТПВ для Харківської області

Середнє значення накопичення ТПВ в м. Харків складає 355 тис.т/рік. Потенційні матеріали, які можуть бути використані як вторсировина наведено у табл.1.9.

Таблиця 1.9 – Морфологічний склад відходів Харківської області

№ з/п	Найменування компонентів ТПВ	Частка, %
1.	Харчові відходи	33,575
2.	Папір, картон	21,705
3.	Пластик	11,005
4.	Скло	9,24
5.	Чорні метали	2,025
6.	Кольорові метали	0,505
7.	Небезпечні відходи	0,47
8.	Деревина	1,865
9.	Текстиль	2,385
10	Залишок	17,225

Стан відходів може різнитися, що обмежує подальше поводження з ними. Саме тому визначено усереднений показник переробки для кожного з видів відходів. Такий підхід дозволяє визначити кількість відходів, які в подальшому можуть стати сировиною для повторного використання та такі, що мають потенціал для отримання енергії та відправлення на виробництва у якості палива.

Для паперу усереднений показник складає 63,3 %, для ПЕТ та поліетиленової плівки – 20,1 %. Для деревини цей показник визначено з урахуванням стратегічних планів на 2025 років для України – 45 %. Відповідно, потенціальний відсоток для виробництва палива складає різницю між усіма відходами та потенційними для переробки. Практики переробки текстилю поки не запроваджено, через високу ресурсоємність процесу, такий вид відходів рекомендовано відправляти на подальшу переробку. Інші види відходів не придатні для подальшого виробництва енергії, тому доцільно їх переробити або вивезти на полігон. Вміст металів у альтернативному паливі може впливати на склад портландцементу та чинити небезпеку для довкілля.

Висновки до розділу 1

Світовий досвід впровадження альтернативного палива має позитивний ефект і велике розповсюдження у більшості країн ЄС. Україна може запозичувати досвід зарубіжних колег та реалізовувати принципи кругової економіки на цементних заводах. Така діяльність має відповідати ієрархічному підходу для мінімізації впливу на довкілля і реалізовуватися шляхом направлення на спалювання відходів, які не можуть бути використані повторно. Розглянуті області у найближчому розташуванні до цементних потужностей мають потенціал для виробництва альтернативного палива та спільного спалювання. Величина відходів від початкової морфології у відсотковому значення для спалювання кожного з типів відходів складає: для паперу 36,7 %, для ПЕТ 79,9 %, для деревина 55 %.

2 ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ У ЦЕМЕНТНІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ

На сьогодні, в ЄС існують підприємства, які досягли 100% заміщення кам'яного вугілля паливом з відходів. Зокрема, на цементному заводі DQckerhoff в г. Ленгеріх (Німеччина) частка альтернативного палива складає приблизно 60% від загальної теплової потужності, на потужностях RQdersdorf (Німеччина) - до 70%, на заводі Вітерсдорф (Австрія) - більше 50%, а на цементному заводі Zementwerke Rrogbeumker (Німеччина) - 100%. Цементні заводи в Європі закупають відходи, навіть з доплатою за їх утилізацію.

Україні підписала Кіотський протокол та в рамках цього документу належить до країн з перехідною економікою. Ця угода зобов'язує країни прийняти амбітні довгострокові заходи щодо обмеження викидів парникових газів, з кінцевою метою обмежити підвищення глобальної температури до значно нижче 2 ° С. Основні положення класифікують виробництво цементу як один з основних джерел викиду вуглекислого газу в атмосферу [8].

Зокрема викиди вуглекислого газу від виробництва цементу станом на 2013 рік складають 3 334 тис. т, а коефіцієнт викидів на 1 т клінкеру – 0.520 т CO₂. Глобальне енергоспоживання становить приблизно 2% у виробництві цементу, а енергія, що використовується для виробництва цементу, вносить понад 90% від загальної енергії, необхідної для виробництва бетону [9].

Переважно, джерелами енергії є традиційні газ і викопне паливо (вугілля, торф). При формуванні звітності враховуються тільки прямі викиди CO₂, які контролюються компанією, яка звітується.

Вуглецевий слід такого підприємства на довкілля має такі шляхи:

- спалювання органічного вуглецю та кальцинація карбонатів;
- спалювання палива для нагрівання при виробництві клінкеру (як традиційного та й альтернативного та на біомасі);
- спалювання палива для інших цілей та для виробництва електроенергії з подальшим використанням у власних потребах [10].

Як альтернативне паливо утилізують горючі промислові і комунальні відходи на деяких цементних заводах: ПАТ “Миколаївцемент”, ПАТ “Івано-Франківськцемент”, Дніпродзержинський та Криворізький заводи ПАТ “ХайдельбергЦемент Україна”.

Восени 2009 року, ВАТ «Миколаївцемент» завершив перехід з опалення газом на опалення вугіллям і альтернативним паливом. Станом на 2010 рік альтернативне паливо використовували на двох печах із п'яти. А саме використовували автомобільні шини з коефіцієнтом заміни основного технологічного палива альтернативним 2,7 % [11]. Вартість клінкеру залежить від енергетичних витрат в першу чергу, вона може бути знижена за рахунок використання альтернативного палива разом з кам'яним вугіллям як часткової заміни природному газу, за умови мінімальних витрат на логістику. Економічна доцільність полягає у тому, що вартість 1 ГДж енергії таких палив з урахуванням транспортних витрат на 30–70 % менша від вартості природного газу.

Непридатна вторинна сировина, може і повинна використовуватися як горюче в якості альтернативного палива. Порівняльний аналіз впливу з огляду на викиди шкідливих токсикантів для здоров'я і довкілля довів, що термічна утилізація відходів в обертових випалювальних печах є екологічно безпечнішою, ніж на більшості сміттєспалювальних заводів. Окрім відсутності підвищеного впливу токсикантів, отримано позитивні результати зменшення викидів пилі та ртуті із збільшенням частки альтернативного палива у паливній суміші цементної печі [12].

2.1 Циркулярна економіка при виробництві цементу

Циркулярна економіка – це концепція, яка має на меті змінити економічну систему переробки та використання відходів з лінійної до такої, яка може мати корисне використання ресурсів поза їх основним призначенням. У випадку цементного заводу наведено схема на рисунку 2.1

[13]. Застосування цих принципів при виробництві цементу в першу чергу зосереджено на зниженні використання природних ресурсів, одночасно надаючи відходам вторинне корисне використання.

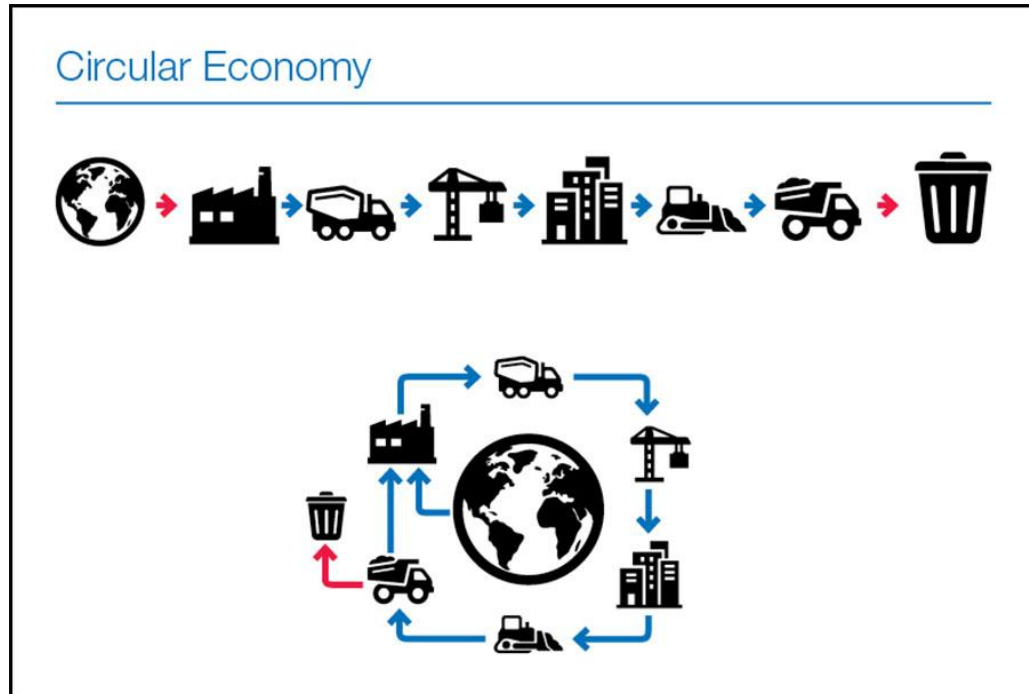


Рисунок 2.1 – Лінійна та циркулярна економіка

Альтернативні види палива, включаючи високу частку відходів виробництва, все частіше використовуються і зараз становлять майже третину всіх видів палива в цементній галузі ЄС. Європейська цементна промисловість постійно збільшує використання альтернативних видів палива (у 7 разів збільшилася з 1990 року) до понад 10 мільйонів тонн у 2017 році (рис.2.2) [14]. В Європі цементна промисловість велику частину своїх традиційних джерел палива замінила біомасою або відходами. З технічної точки зору можливі набагато вищі показники заміщення, при цьому деякі установки використовують до 80% альтернативних видів палива. Спільна переробка відходів пропонує дешевше рішення, ніж інвестування у спеціальні споруди, які потребують величезних капітальних вкладень і в яких експлуатаційні витрати, як правило, вищі. Цементний завод в Іспанії сушить шлам стічних вод, використовуючи відпрацьовані гази з охолоджувача

клінкеру, а потім використовує висушений шлам стічних вод як альтернативне паливо для печі.

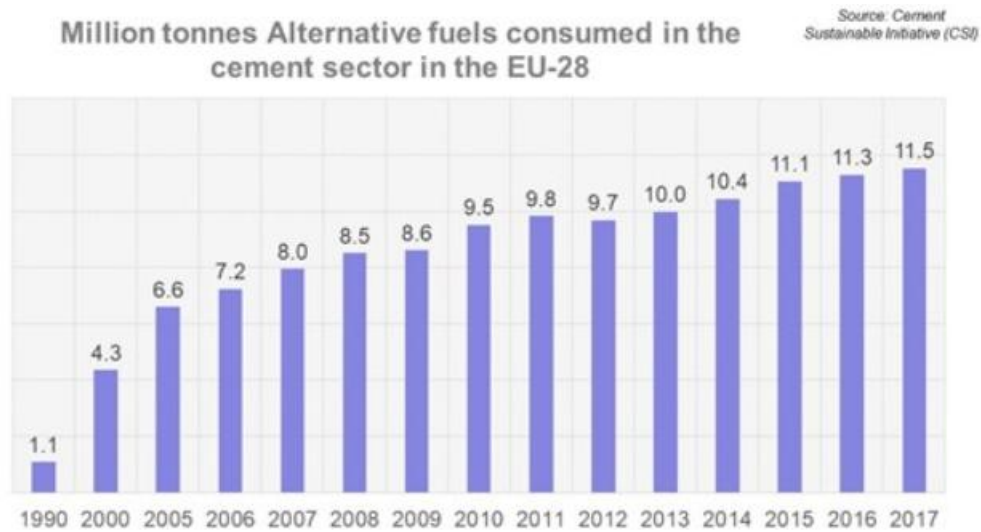


Рисунок 2.2 – Використання альтернативного палива в цементній промисловості ЄС

Вирішення проблеми організації переробки горючої частини відходів для зниження частки поховання та отримання альтернативного палива для спалювання на цементному заводі передбачає виконання кількох основних вимог:

- збереження існуючої якості продукції та екологічна обстановка на цементному заводі, а також дотримання норм існуючого екологічного законодавства при роботі цементного заводу на альтернативному паливі;
- цементний завод повинен бути звільнений від роботи з відходами, як від непрофільного бізнесу. Альтернативне паливо має надходити на завод як товар, в супроводі необхідних документів, відповідати вимогам і характеристикам, необхідним для заміщення мінерального палива;
- повинні бути дотримані економічна доцільність і взаємовигідний інтерес представників цементної та сміттєпереробної галузі.

2.2 Паливо з відходів

Паливо, що складається з відходів (RDF), виробляється механічною переробкою твердих побутових відходів. Для використання в печі, типова схема переробки для виробництва RDF може включати подрібнення, відсіювання та класифікацію повітря відходів. Складається таке паливо переважно з подрібнених органічних матеріалів (наприклад, паперу, гофрованого картону, пластмаси).

У порівнянні з властивостями вугілля, паливо, що включає відходи, має нижчу теплотворну здатність і вміст сірки, але вище вміст хлору.

Портландцемент - це неорганічний порошок, який, коли змішується з водою і заповнювачем, перетворюється на бетон. Портландцемент готують шляхом змішування сировини, що містить кальцій, діоксид кремнію, глинозем та оксид заліза, а потім нагріваючи їх при підвищеній температурі (1300–1500 °C) для отримання твердої зернистої маси, відомої як клінкер.

2.3 Опис процесу виготовлення цементу

Основні хімічні елементи, необхідні як сировина для виготовлення є кальцій, кремній, алюміній та залізо. Кальцій постачається як карбонат кальцію (CaCO_3), як правило, в формі вапняку. Зазвичай додають кремній та алюміній або оксиди (наприклад, кремнеземні піски) або силікати (наприклад, із глини та сланців).

Термічну обробку змішаної сировини слід розглядати в три етапи: сушіння, прожарювання та клінкерність. Перша стадія, сушка, стосується насамперед вологого процесу і вимагає температури близько 100°C Другий і третій етап включають прожарювання та виробництво клінкеру як у вологий, так і у сухий спосіб. Прожарювання передбачає нагрівання суміші з метою зневоднення матеріалів і звільнення вапняку від вуглекислого газу. Температура плавлення знаходиться в інтервалі від 550 до 1000 °C).

Виробництво клінкеру (іноді його називають "горінням") як термін застосовується для хімічних реакцій, які перетворюють сировину в тверді зернисті маси (як правило діаметром 25 мм), що включають силікати кальцію, алюмінати кальцію і ферити кальцію. Реакції клінкеру мають місце при температурі в інтервалі від 1000°C до 1500°C). Потім отриманий клінкер охолоджують і подрібнюють до дрібного розміру у порошок для використання в якості портландцементу. До готового клінкеру додають гіпс у кількості від 5% до 6% маси цементу, з метою впливу на тривалість зв'язування цементу.

Приблизно 80% енергії, необхідної для виробництва цементу використовується при розпалюванні печі. В традиційному виробництві вугілля спочатку подрібнюють, а потім продувають в нижній частині печі, де воно займається. Регулювання палива та повітря враховує підтримку належних температур і довжини полум'я всередині печі.

Значна частина золи від спалювання вугілля потрапляє в клінкер. Зольні компоненти можуть впливати таким чином на хімічний склад цементу. Часто ці ефекти передбачувані і можуть бути компенсовані коригуванням сировини альтернативного палива.

Зольні компоненти з палива, що використовуються в кальцинаторі, рідше включаються в клінкер, ніж компоненти золи з палива, використовуваного в клінкерній печі.

2.3.1 Вплив на покриття печі

Покриття печі шаром проводиться з метою ізоляції оболонки печі від високої температури, що підтримуються в ній. Покриття в першу чергу складається з силікатів і схожий за складом з клінкером речовинами.

Вплив RDF на викиди в повітря залежатиме від вмісту золи і складу RDF, швидкості осадження золи в межах печі та ефективності системи очищення повітря. Використання відносно низького рівня RDF золи в печі,

що випалюється з відносно високим зольним вугіллям, може не давати помітної зміна викидів у повітря [15].

2.3.2 Способи виготовлення цементу

Існує чотири основні способи виготовлення цементу: сухий, напівсухий, напіввологі та вологі процеси. У сухому процесі сировину подрібнюють і сушать, яку подають у підігрівач або в попередню піч (або рідше в довгу суху піч). Сухий процес вимагає менше енергії, ніж вологий. Більшість європейських печей використовують сухий процес. У вологому процесі сировина (дуже часто з високим вмістом води) подрібнюється у воді з утворенням перекачуваної суспензії, яка подається безпосередньо в піч або спочатку в сушарку для суспензії.

Сучасні цементні печі часто використовують сухий процес, при якому сировинний матеріал може попередньо нагріватися у вертикально-масивному багатоциклоновому підігрівачі, в якому піднімаються гарячі гази, що виходять із печі до низхідної текучої сировини. Використання мокрого процесу потребує приблизно на 40% більше енергії, ніж сухий процес.

2.3.3 Регулювання викидів у навколишнє середовище

Детальне сортування дозволяє мінімізувати викиди шкідливих речовин у довкілля. Проте системи очищення на діючих заводах дозволяють використовувати альтернативне паливо з відходів без додаткового встановлення обладнання.

Печі, як правило, мають пристрій для зменшення викидів твердих часток та уловлювання частинок, які можуть бути цінними як цементний продукт. Система контролю забруднення може бути простою і складатися з пиловловлювача (циклон), електростатичних осаджувачів або тканинних фільтрів та іноді можуть бути присутні газові скрубери [16].

2.4 Спалювання палива на цементному виробництві

У цементній промисловості для випалу цементного клінкеру, сушки сировини і добавок застосовують тверде, рідке і газоподібне паливо. Крім того, можуть використовуватися альтернативні види палива.

2.4.1 Характеристика палива

Характеристика палива включає наступні показники: хімічний склад, теплоту згоряння, витрата повітря на горіння, вихід продуктів горіння, теоретичну температуру горіння.

До основних видів твердого палива, що застосовується в цементній промисловості, відносяться кам'яне і буре вугілля, горючі сланці. В Україні в якості твердого палива застосовують переважно кам'яне вугілля.

2.4.2 Схеми підготовки форсункового палива

Підготовка палива зводиться до сушіння і помелу вугілля. При цьому застосовують три принципово різні схеми [17].

1. Об'єднана з піччю система, коли весь сушильний агент направляється в піч в якості первинного повітря для транспортування вугільного порошку (рис. 2.3);
2. Роз'єднана схема, коли застосовується індивідуальна, незалежна від печі сушильно-подріблювальна система (рис. 2.4);
3. Система прямого вдування вугільного порошку з аеробільного млину в піч (рис. 2.5).

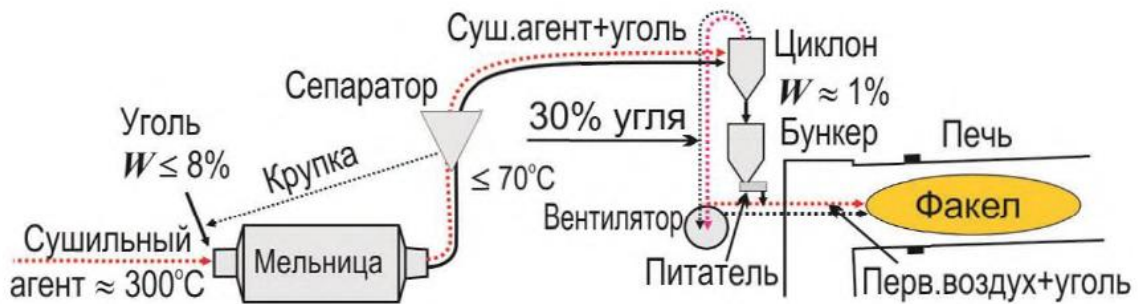


Рисунок 2.3 – Об'єднання з піччю система підготовки вугілля

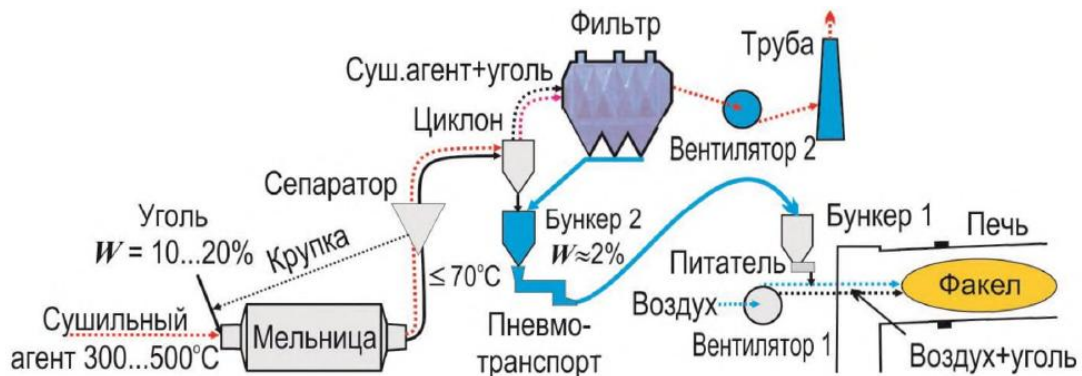


Рисунок 2.4 – Роз'єднана система підготовки вугілля



Рисунок 2.5 – Система прямого вдування палива у піч

2.4.3 Подача палива до цементної печі

Відходи, що використовуються в якості сировинних матеріалів, зазвичай подаються в піч в тому ж місці, де проводиться подача звичайних сировинних матеріалів, наприклад у місці подачі сировинної суміші.

Для введення палива в цементну піч можуть бути використані різні точки живлення. Слід зазначити, що спосіб живлення печі паливом є дуже важливим, оскільки він може вплинути на викиди.

Технології підготовки твердого палива в великій мірі залежать від типу відходів та вимог цементної промисловості. Одним з основних вимог, що впливають із способу транспортування матеріалу і типу використовуваного пальника, є подача відходів палива в піч:

- в головній опалювальній системі – на голівці печі або вихідному отворі, вдування палива через форсунку: висока абразивність відходів висушеного шламу і незвичайна форма частинок та їх розміри можуть привести до проблем експлуатації. Коли використовується пневматична система транспортування щоб подати тверді паливні відходи в піч, можна уникнути пошкодження і заклинювання обертових частин (пневматична система цілком функціонує без рухомих частин). Великі частинки викликають необхідність застосування більш потужних пневматичних конвеєрних ліній і вентиляторів. Тому важливим кроком процесу є зниження розміру і дезагломерація паливних відходів (зазвичай їх розмір не повинен перевищувати 25 мм). Середнє ущільнення при слабкій агломерації сприяє поліпшенню плинності паливних відходів та їх дозування;

- вторинна опалювальна система – паливо подається в піч через впускний отвір між піччю і нижнім циклоном або кальцина торів. Обмеження розміру для твердих паливних відходів не має значення для вторинної опалювальної системи. Навіть ціла покришка може бути введена через впускний отвір. Крім того, можуть використовуватися відходи з високим вмістом золи [18]. На рис. 2.6 наведено данні щодо раціональності використання того чи іншого способу.

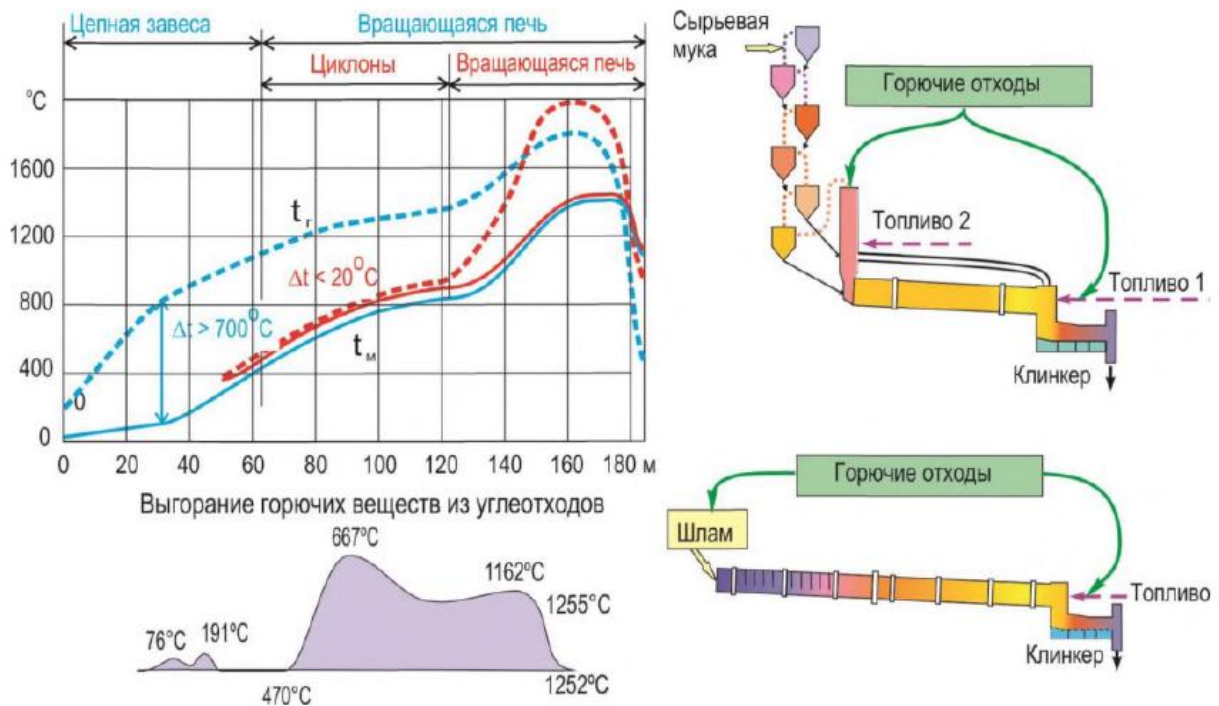


Рисунок 2.6 – Умови теплообміну при сухому та мокрому способі

При подачі палива через головний пальник при проходженні через високотемпературну зону печі відбувається розкладання відходів. Щодо інших точок подачі палива можна відзначити, що в цих випадках температура і час перебування залежать від конструкції печі і її експлуатації. Відходи, які подаються через головну пальник, будуть розкладатися в первинній зоні горіння при високій температурі, що досягає 2000 °С.

Відходи, що подаються у вторинну пальник, підігрівач або декарбонізатор, будуть спалюватися при низькій температурі, яка не завжди достатня для розкладання хлоровмісних органічних речовин. Летючі компоненти в матеріалі, який подається в холодний кінець печі або окрему ділянку печі, можуть випаровуватися. Ці компоненти не проходять через первинну зону горіння і не можуть бути розкладені або пов'язані в цементний клінкер. Тому використання відходів, що містять летючі метали (ртуть, талій) або летючі органічні компоненти, може призводити до збільшення викидів зазначених з'єднань, коли використовуються неправильні точки введення

відходів. Щоб уникнути збільшення викидів, такі відходи повинні подаватися в високотемпературну зону печі.

2.5 Відходи в якості сировини для палива

Оскільки процес випалу клінкеру характеризується сприятливими умовами для використання відходів, в якості палива можуть використовуватися різні типи відходів, які класифікуються на небезпечні і безпечні відходи.

Відходи з високою калорійністю можуть замінювати первинне паливо в цементних печах, тому сталість якості відходів є обов'язковим показником (наприклад, достатня теплотворна здатність, низький вміст важких металів, хлору, золи, здатність до горіння, горючість).

Відходи, змішані міські відходи, змішані комунальні відходи повинні пройти попереднє випробування з виділенням висококалорійних фракцій. Обсяг попередньої переробки відходів – сортування, дроблення, підготовка окатишів – залежить від їх області застосування.

2.5.1 Підготовка альтернативного палива

Підготовка різних типів горючих відходів або відходів, що містять фракції з високою калорійністю, зазвичай виконують поза цементного заводу. Такі відходи зазвичай готуються постачальником або спеціальними організаціями попередньої обробки відходів, що використовують спеціальні пристрої та обладнання для отримання продукту, придатного для використання в цементних печах без додаткової підготовки на цементному заводі. Однак до їх використання в цементних печах відходи регулярно перевіряються і аналізуються персоналом цементного заводу.

Використовується спеціальне лабораторне обладнання для перевірки різних якісних характеристик матеріалу.

Технології підготовки і змішування відходів певної якості залежать від характеристик вводу матеріалу і вимог споживача. Навіть однотипні відходи спеціального виробництва до їх застосування обробляються і змішуються в установках, призначених для відходів, щоб забезпечити однорідність суміші і сталість якості: термічних властивостей і хімічного складу.

2.5.2 Спільне спалювання альтернативного та традиційного палив

Цементна промисловість споживає значну кількість природних ресурсів та енергії. На виробництво 1 т клінкеру потрібно близько 1 600 кг сировини і 200 кг вугілля. Також, цементна промисловість виробляє 5% світових викидів CO₂, вироблених у світі. Половина з яких є результатом хімічного процесу перетворення вапняку в клінкер, 40% в результаті спалювання палива, а 10% розподіляються між використанням електроенергії та транспорту.

Цементна промисловість може перетворити проблему з відходами надавши їм цінність, використовуючи відходи для часткової заміни викопного палива та природного сировини завдяки спільній переробці. В такий спосіб цементна промисловість має потенціал для вирішення глобальних екологічних питань, зокрема щодо зменшення виробництва вуглекислого газу та кількості сміття.

Спільна обробка - це використання відходів як сировини або як джерела енергії, або обох, для заміни природних мінеральних ресурсів та викопних видів палива, таких як вугілля, нафта та газ у промислових процесах.

Ієрархія відходів повинна дотримуватися при будь-якому варіанті утилізації відходів. Спільна обробка застосовується після запобігання, зменшення, повторного використання та переробки, але перед утилізацією, захороненням та неконтрольованим спалюванням чи скиданням.

2.5.3 Критерії ТПВ для виробництва альтернативного палива

ТПВ володіють високим потенціалом для виробництва з них RDF палива, що пояснюється високим вмістом в них висококалорійних компонентів, таких як пластик, картон, папір, шкіра, гума, текстиль, дерево і тощо.

Спалювання RDF палива, як і спалювання несортованих ТПВ, пов'язане з небезпекою утворення високотоксичних сполук діоксинів і фуранів. Тому дане паливо доцільно застосовувати в цементних печах, де будуть досягатися високі екологічні ефекти. Це обумовлено низкою переваг:

- висока температура горіння матеріалу (до 1450 °C) і газового середовища (до 2000 °C);
- лужне середовище матеріалу в печі при наявності кислих газів;
- значний час перебування газів в гарячій зоні - понад 7 секунд при температурі понад 1200 °C, що забезпечує розпад діоксинів і фуранів;
- рух матеріалу і газів;
- інтенсивний контакт між твердими і газоподібними фазами;
- зв'язування навіть важких і токсичних матеріалів при наявності рідкої фази клінкеру;
- наявність в пічних установках ефективних пиловловлювачів.

Поряд з вологістю і зольністю важливими характеристиками і параметрами палива з відходів є його теплотворна здатність, вміст сірки, хлору і важких металів (особливо ртуті, кадмію та талію).

Луги K_2O і Na_2O негативно впливають процеси утворення клінкеру; вони зменшують швидкість реакції і довговічність футерування печі. Збільшення кількості лугів викликає зменшення міцності цементу, прискорення і час схоплювання, зниження морозостійкості, і поява цвітіння на поверхні.

Висока присутність хлоридів і лугів потенційно збільшує летючість елементів, які можуть утворювати солі з цими сполуками та створювати

проблеми з цементною піччю [19].

Сміття може містити діоксини, але температура випалу 1200 С повністю знищує їх. Результати досліджень не виявили жодних діоксинів у цементному клінкері з додаванням золи від спалення відходів.

На підставі результатів випробувань міцності на стиск не було продемонстровано суттєвого впливу на стиск бетонів із частковим заміщенням сировинного матеріалу золою від спалюванням ТПВ [20].

Важливими характеристиками і параметрами паливних відходів є величина калорійності, а також вміст води, сірки, хлору, важких металів (особливо ртуті та талію) і золи. Додатковою важливою характеристикою є здатність до горіння (горючість). Хлор може чинити негативний вплив на процес виробництва. Тому прийнятна концентрація хлору залежить від індивідуальних умов установки. Однак ця концентрація повинна підтримуватися на мінімальному рівні, щоб запобігти виникненню експлуатаційних проблем пічної системи, наприклад, замазування теплообмінника. При підвищеній кількості хлору необхідна байпасна система, щоб запобігти замазування, зупинку тощо. Зазвичай концентрація хлору в паливних відходах не перевищує 0,5% - 2%. При виборі паливних відходів першим кроком є зниження частки матеріалу, який може заподіяти проблеми у виробничому процесі цементу або в його якості.

Для ефективного і безпечного використання RDF паливо має володіти певними характеристиками і властивостями:

- висока теплотворна здатність, яка є визначальним показником при впровадженні будь-якого виду палива. Калорійність RDF повинна бути не менше 16,8 МДж / кг. В іншому випадку його впровадження в якості замітника традиційних видів палива недоцільно. Рішенням проблеми низької калорійності альтернативного палива є додавання при його виробництві штучних компонентів, що володіють високою калорійністю, а також вдосконалення сепарації (сортування) ТПВ, що виключає баластні негорючі фракції (камені, скло та ін.). Однією з характеристик альтернативного палива

(АП), що впливають на його теплотворність, є вологість відходів. Тому одним з основних етапів підготовки RDF є сушка;

- економічна доцільність впровадження RDF на цементних заводах. Необхідно, щоб вартість виробленого АП з урахуванням його доставки до споживача (200 км) повинна становити не більше 70% вартості традиційного палива;

- хімічний склад і зольність палива. Ці показники будуть впливати на екологічну складову використання RDF. Особливу увагу слід приділити вмісту хлору, сірки, важких металів (особливо Hg, Cd, Tl);

- розмір і форма частинок, що визначаються транспортною системою подачі палива на пальник і розміром сопел самого пальника. Так, розмір часток в різних літературних джерелах варіює від 20 до 60 мм. Найбільш придатними для подачі в пальник є частинки з рівними, різними краями, які формувались шляхом подрібнення в шредерах.

Характеристики, виражені у числових значення наведені у табл.2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристики ТПВ як альтернативного палива

Показник	Значення показника	Одиниця виміру	Значення показника
Загальна вологість	W_t	%	7,0 - 25,5
Зольність	A	%	14,0 - 17,3
Вихід летких речовин	V	%	64,2 - 78,0
Вміст хлору	Cl	%	$0,80 \pm 0,04$
Вміст фтору	F	Ppm	$47,0 \pm 4,5$

Калорійність викопного палива (вугілля) знаходиться в межах 26-30 МДж/кг, а калорійність пластиків коливається від 17 до 40 МДж / кг. Слід зазначити, що калорійність альтернативного палива змінюється в широкому інтервалі, аж до 40 МДж/кг. Важливо відзначити, що RDF паливо має поставлятися споживачеві в якості готового продукту, що серйозно спрощує і прискорює процес його впровадження, так як виключається необхідність

отримання споживачем ліцензії щодо поводження з відходами. Для цього необхідна розробка ТУ і отримання сертифіката відповідності [21]. В ТПВ містяться компоненти з відносно високою теплотворною здатністю (папір, картон, пластики, гума, тетрапак, текстиль і деревина). Теплотворна здатність фракцій ТПВ наведена у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Теплотворна здатність ТПВ

Традиційне паливо	Калорійність палива, кДж/кг
Органічні відходи	13 580
Деревина	20 630
Папір/картон	16 290
Пластик	38 580
Текстиль	19 900
TetraPak	17 900
Резина	33 500

2.5.4 Вплив складових відходів на характеристики клінкеру

Завдяки неоднорідній структурі відходів, важко передбачити їх склад та вплив. Зокрема, завдяки цьому можливі зміни показників кінцевого продукту. Потрібно також розуміти, що паливо з ТПВ не може розглядатися як джерело додавання необхідної кількості технологічно важливих елементів через нестабільність вихідного складу ТПВ.

Сполуки сірки в формі дигідрату гіпсу необхідні для регулювання часу схоплювання цементу. Наявність фосфору і хрому в невеликій кількості надає дозволяє збільшити інтенсивність цементування на початкових етапах і впливає на остаточну міцність цементу. Додаткове введення кремнезему в негативно впливає на структуру клінкеру, що відбувається при підвищеній кількості силікатів. Така структура обумовлює низьку якість цементу з небажаною гідратацією і твердістю.

З рахуванням вищеописаного варто дотримуватись певних правил при використанні ТПВ в якості палива: цілеспрямовано зменшувати концентрацію всіх елементів, які можуть потрапити із часткою золи у клінкер (Cr, Na, S, P); виключити непередбачуване потрапляння SiO₂.

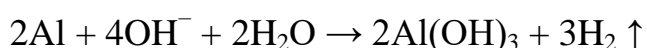
В такому випадку хімічний склад клінкеру можна коригувати залежно від вихідного матеріалу з передбачуваним і стабільним складом.

Лише миш'як та сірка трапляються з високою ймовірністю в межах допустимих екологічних вимог. Виймання сірки залишається необхідним з точки зору технічних вимог. Належне сортування дозволяє знижувати концентрації кадмію, міді, ртуті, олова, цинку та хлору на 80% і більше. Концентрації свинцю, хрому та нікелю – відповідно на 58, 38 та 33%.

Дослідження морфологічного складу відходів, визначає що більшість з вищеописаних елементів зустрічаються в конкретних видах відходів. Наприклад, акумулятори є основним носієм ртуті (89%), а батареї та відходи електронних матеріалів є основними носіями кадмію (87%). Значна маса свинцю та цинку (25 та 27% відповідно) сконцентрована в дрібній фракції менше 10 мм, яка також містить пісок та вуличний змет, а 88% хрому розподіляється серед зеленого скла, текстилю, взуття тощо.

Перелік фракцій, які необхідно вилучити, зосереджені у наступних компонентах: дрібна фракція, скло, кольорові метали, чорні метали, електроніка, акумулятори, камінь, кераміка, харчові відходи, текстиль та інші хлоровмісні полімери та взуття. Видобуток цих компонентів дозволить видалити основну частину важких металів з палива, максимально зменшити внесення золи та стабілізувати її хімічний склад.

Основним побічним ефектом внаслідок наявності високої концентрації металевого алюмінію є виділення водню газу. У високо лужному середовищі, що створюється в процесі реакції гідратації цементу (pH 12–13), відбувається корозія деяких металів, особливо алюмінію, і реагує, утворюючи алюмінат, який виділяє велику кількість водню:



Виробництво газу водню внаслідок реакції алюмінію укладається у свіжий бетон, створюючи мережу бульбашок, що значно знижує міцність і довговічність загартованого бетону.

Також окрім морфологічного складу робить свій внесок і різниця у хімічному складі морфологічних компонентів російських та зарубіжних ТПВ через різні структури суспільного споживання і відхилення реального морфологічного складу ТПВ від прийнятого складу.

Очікувані результати використання методів, рекомендованих для поділу ТПВ, показують, що застосування методів, спрямованих на видалення певних морфологічних компонентів (носіїв небажаних речовин), в принципі, дозволить отримати паливо, яке задовольняє дуже жорсткі потреби цементних заводів з мінімальними витратами [22].

2.5.5 Способи виробництва палива з ТПВ

Існує два підходи до виробництва RDF: цільовий, коли реалізується технологія, метою якої є отримання палива, і залишковий, тобто витяг калорійних компонентів з «хвостів», що утворюються після виділення з відходів вторинної сировини.

Основою обох підходів є сортування. Крім висококалорійних фракцій в ТПВ містяться компоненти, застосування яких при виробництві RDF знижує їх теплотворну здатність або є небезпечними для навколишнього середовища (скло, метали, які містять хлоровані полімери, компоненти з високим вмістом вологи). Тому видалення їх з потоку обов'язково при будь-якому підході.

Другий підхід потребує більшу кількість операцій, що включають кілька етапів сепарації та вимагають великих площ і витрат. Проте застосування саме такої підготовки допомагає вийняти ресурсоцінні матеріали, отримати переваги повторного застосування матеріалів та вирішити питання поводження із залишковими відходами, шляхом подальшого їх застосування у цементній промисловості. Схема такого

залишкового методу наведена на рис 2.7.



Рисунок 2.7 – Принципова схема залишкового підходу

Застосування ручного сортування, на стадії видалення небезпечних і низькокалорійних компонентів можливо суто теоретично, оскільки візуально розпізнати деякі елементи, наприклад ПВХ, в потоці відходів вкрай проблематично. Людина не в силах виділити з потоку об'єкт з геометричними розмірами менше 50 мм, що зумовлює втрату великого відсотка за масою кінцевого продукту при реалізації обох підходів.

2.6 Викиди шкідливих речовин при виробництві цементу

У процесі вироблення цементу зазвичай спостерігаються викиди певних речовин. Їх опис та джерела розповсюдження наведено нижче.

2.6.1 Викиди пилу

Викиди пилу найчастіше асоціюються з виробництвом цементу, оскільки технологія його виробництва включає в якості обов'язкового процесу використання подрібнених матеріалів.

Викиди пилу виникають скрізь, де потоки газів або повітря

контактують з тонкоподрібненим матеріалом: в процесі дроблення, транспортування, складування сировинних матеріалів, при помелі і випалюванні сировинної суміші, охолодженні і складуванні портландцементного клінкеру, при помелі, транспортуванні та відвантаження цементу, при зберіганні і підготовці твердого палива або паливних відходів.

З організованого джерела пил по тупає в атмосферу через спеціально споруджені газоходи, повітроводи і труби. Неорганізовані джерела утворюється в результаті порушення герметичності обладнання, відсутності або незадовільної його роботи по видаленню пилу в місцях завантаження, вивантаження або зберігання матеріалів.

Крім екологічних переваг, зниження викидів пилу має важливі й технологічні аспекти. Як правило, пил являє собою досить енергоємний продукт, тому його повернення в технологічний процес знижує загальну енергоємність процесу виробництва і покращує якість кінцевого продукту. Основним джерелом організованих викидів пилу на цементних заводах є обертові печі, клінкерні холодильники, млини сухого помелу, цементний силос, установки для тарування і відвантаження цементу.

Правильний підбір обладнання для знепилювання газів і забезпечення оптимальних режимів його роботи дозволяють знизити викиди пилу при виробництві цементу до прийнятних рівнів.

2.6.2 Викиди оксидів азоту

Оксиди азоту є одним із ключових забруднюючих речовин, викидаються в атмосферу при виробництві цементу. Вони складаються з суміші монооксиду NO («95%») і діоксиду азоту NO_2 («5%»).

Існують три шляхи утворення оксидів азоту при випалюванні портландцементного клінкеру: теплові оксиди азоту (теплові NO_x), швидкі оксиди азоту (швидкі NO_x), паливні оксиди азоту (паливні NO_x).

Теплові NO_x збільшується зі збільшенням температури факела і

коефіцієнтом надлишку повітря в печі. Кількість швидких NO_x залежить від форми і температурного профілю факела і збільшується при спалюванні сумішей і при низькотемпературному горінні. Паливні NO_x утворюються з азотовмісних сполук, що входять до вугілля.

2.6.3 Викиди діоксиду сірки SO_2

Викиди діоксиду сірки з цементних печей залежать перш за все від концентрації летючих сполук сірки в сировинних матеріалах і паливі, а також від способу виробництва цементу і внутрішньої циркуляції летючих сірчистих з'єднань в печі. Діоксид сірки може викидатися в атмосферу у вигляді SO_2 , а також в вигляді різних сірчистих сполук з пилом або клінкером.

2.6.4 Викиди оксиду вуглецю

Оксид вуглецю (CO) в димових газах спалювальних печей може продукуватися двома шляхами. Перший шлях пов'язаний з неповним згорянням технологічного палива при недостатній кількості кисню в повітрі або повітря, що подається в обертову піч або в декарбонізатор обертальної печі. Другий шлях пов'язаний з присутністю різних органічних сполук, що містять вуглець в сировинних матеріалах. Присутність CO в димових газах цементних печей призводить до знижень викидів оксидів азоту NO_x . При концентрації CO більше 0,5% в димових газах, які утримують кисень, утворюється вибухонебезпечна суміш, здатна до вибуху і руйнування електрофільтру. На сучасних цементних заводах спеціальні пристрої відключають електрофільтр при перевищенні граничного значення концентрації CO в димових газах. Викиди CO , як правило, збільшуються при пуску або зупинці обертальної печі, при нестабільному живленні печі паливом або при використанні палива зі змінними характеристиками. При стабільній

роботі і правильному налаштуванню пічного агрегату викиди CO з печей для випалу клінкеру зазвичай незначні.

2.6.5 Викиди металів і їх з'єднань

Метали та їх сполуки надходять в піч для випалу клінкеру з сировинними матеріалами і з технологічним паливом. Їх концентрація може змінюватися в широких межах. Рівень емісії металів в атмосферу визначається складними механізмом. Попереднє ручне та автоматичне сортування дозволяє мінімізувати викиди металів і їх з'єднань.

2.6.6 Викиди газоподібних хлоридів і фторидів

Вміст сполук хлору і фтору в клінкері зазвичай не перевищує 0,050 - 1% за масою. Вони потрапляють у систему обертової печі двома способами: з сировинними матеріалами як домішка або, в деяких випадках, як спеціальний додаток з метою інтенсифікації процесу формування клінкеру і зниження температури випалу портландцементного клінкеру. У процесі випалу хлориди і фториди взаємодіють з лужними компонентами сировинної суміші (Ca, Na, K і ін.) з утворенням легкоплавких і летючих з'єднань. Завдяки своїй високій летючості лужні хлориди і фториди випаровуються в гарячих зонах печі (декарбонізації, твердофазових реакцій, спікання) і потоком димових газів несуться в більш холодні зони, де при температурах 600°C – 900°C знову переходять в твердий стан (конденсуються), осідають на поверхні частинок сировинної суміші і пилу та знову спрямовуються в більш гарячі зони печі. В результаті всередині печі і частково циклонного теплообмінника утворюється стійкий кругообіг лужних сполук хлору і фтору, що призводить до багаторазового локальному підвищенню концентрації цих сполук.

Висновки до розділу 2

Спалювання палива у печі є найбільш енергоємним процесом і потребує 80 % всієї енергії при виробництві. Для зменшення екологічного балансу варто подавати паливну суміш у зону печі з найбільшою температурою, це дозволить уникнути викидів шкідливих речовин. Важливими критеріями при виборі альтернативної сировини є калорійність палива та відповідність значення як показникам вугілля, що дозволить мінімізувати розрахунки впливу спільного спалювання на клінкерну суміш. Розрахунки показали, що при дотриманні такої умови склад золи палива, яка потрапляє до сировини спалювання і виробництва клінкеру, не впливає на зміни загального складу суміші.

Відходи можуть бути придатними та безпечними для довкілля за рахунок дотримання процесів, зокрема попереднє ручне і автоматичне сортування та відповідати мінімальній вологості, задля зменшення використання електроенергії та вищих показників нижчої теплотворної здатності.

Як будь-який процес, виробництво цементу супроводжується викидами у навколишнє середовище. За умови дотримання вищезазначених умов, стає можливим мінімізувати вплив викидів і повернути пил у технологічний процес, що є не вигідним для економічних показників виробництва.

3 РОЗРАХУНОК ЗМЕНШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

При визначенні впливу на довкілля будь-якої галузі варто враховувати не лише показники, які підтверджують і економічну привабливість, а й враховувати потенційний вплив, який поки що не підкріплюються матеріальним вираженням. Тому, у даному розділі запропоновано розрахунок впливу цементної галузі на довкілля за такими напрямками: вплив від поводження з відходами, розробка рекомендацій для кожної області з урахуванням найближчого розташування до цементних потужностей; вплив від зберігання відходів на полігонах, від видобутку палива та від його безпосереднього спалення під час виробництва енергії у цементній печі.

Як було зазначено, цементна промисловість має значний вплив на викиди діоксину вуглецю. З метою впливу на ситуацію у глобальному розумінні у цьому розділі наведено розрахунки викидів діоксину вуглецю за вищезазначеними напрямками.

3.1 Перерахунок відходів для подальшої обробки

Для кожної області характерне відповідне співвідношення у морфологічному складі відходів. Врахування таких показників як усереднений вміст ресурсоцінних матеріалів та калорійність є важливими для прийняття рішення про встановлення установки виробництва RDF палива у тій чи іншій області. Були визначені співвідношення для майбутнього виробництва палива та середня калорійність для суміші.

Усі відходи були першочергово профільтровані за теплотворною здатністю, мінімальне значення якої для RDF складає 16,8 МДж / кг. Розподіл шкіри і гуми умовно прийнятий у рівному співвідношенні, для областей з відсутністю чіткої межі між гумою і текстилем, умовно прийнятий рівний поділ. ПЕТ та інші пластики були додані.

За цих умов було визначено середнє значення нижчої теплоти згоряння. У табл. 3.1 наведено результати перерахунку відсоткового співвідношення потенційних відходів для виробництва палива. Поводження з іншими відходами рекомендоване згідно 1 розділу і відповідно до ієрархічного підходу.

Таблиця 3.1 – Перерахунок відходів в залежності від коефіцієнту переробки

	Потенціальне використання відходів, %					
	Шкіра/гума	Папір	Текстиль	Деревина	Плаستي	Всього
Львівська	1,80	6,30	8,00	2,50	2,61	21,21
Івано-Франківська	3,00	15,17	2,00	2,75	4,00	26,92
Хмельницька	1,00	10,36	4,00	1,10	4,00	20,46
Рівненська	-	2,59	-	0,88	9,18	12,65
Одеська	2,00	5,55	3,00	1,10	7,19	18,84
Миколаївська	5,00	3,70	5,00	2,75	19,18	35,63
Дніпропетровська	1,40	2,18	2,90	0,61	6,31	13,40
Харківська	-	8,03	2,39	1,03	8,79	20,23

Потенціал використання відходів для виробництва альтернативного палива наведений на рис3.1.

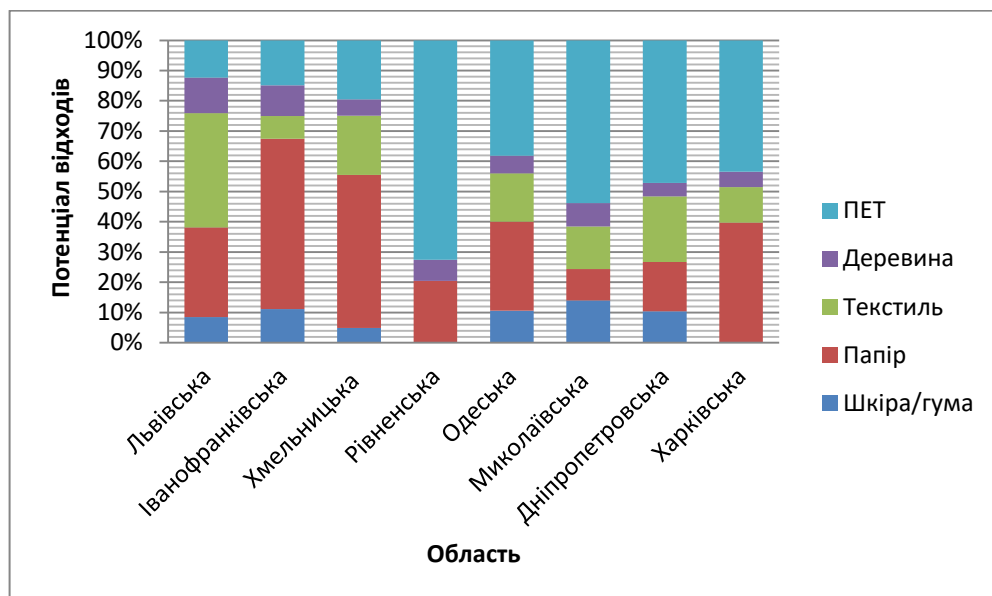


Рисунок 3.1 – Потенціал відходів для альтернативного палива

Для визначення потенціалу використання паливних альтернативних сумішей для спільного спалювання, перераховано вміст кожної із складової у загальній сировині альтернативного палива. Результати наведено у табл.3.2.

Таблиця 3.2 – Вміст потенційних відходів у паливній суміші

Область	Вміст у паливній суміші, %						Середня теплотворна здатність, МДж/кг
	Шкіра, гума	Папір	Текстиль	Деревина	Плаستي	Всього	
Львівська	8,49	29,70	37,71	11,79	12,32	100,00	21,98
Івано-Франківська	11,15	56,36	7,43	10,22	14,84	100,00	22,27
Хмельницька	4,89	50,65	19,56	5,38	19,53	100,00	23,66
Рівненська	-	20,47	-	6,96	72,57	100,00	38,89
Одеська	10,62	29,46	15,92	5,84	38,17	100,00	29,00
Миколаївська	14,03	10,39	14,03	7,72	53,83	100,00	33,56
Дніпропетровська	10,45	16,29	21,64	4,51	47,10	100,00	31,62
Харківська	-	39,70	11,79	5,07	43,44	100,00	30,52

Відповідний вміст відходів у паливі для кожної області наведено на рис. Згідно розрахункам, для виробництва палива в більшій мірі характерні такі види відходів: Львівська область – папір і текстиль, Івано-Франківська, Хмельницька області – папір, для Рівненської, Дніпропетровської і Миколаївської – ПЕТ, Одеської і Харківської області – ПЕТ і папір. Відсотковий вміст відходів наведено на рисунку 3.2.

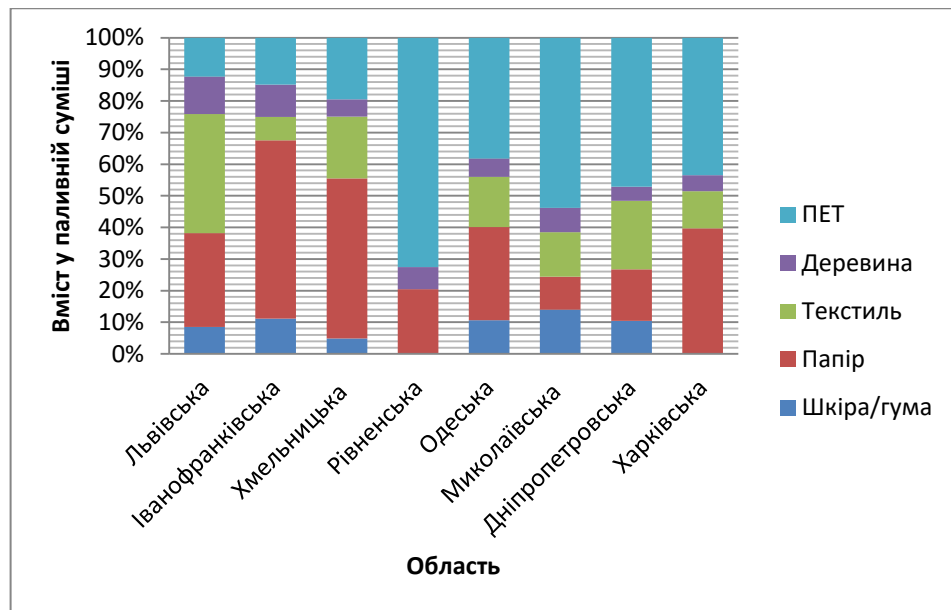


Рисунок 3.2 – Вміст відходів в альтернативному паливі

Важливим показником при виборі суміші палива є нижча теплотворна здатність. Вологість відходів прийнята за 0 %. Кожен з компонентів має різні значення цього показника та вміст у суміші палива. Тому, було визначено за формулою 3.1 нижчу теплотворну здатність, із врахуванням показників кожної складової.

$$N_H = \sum_i^n N_{H_i} \cdot x_i \quad (3.1)$$

де N_H – теплотворна здатність паливної суміші, МДж/кг,

x_i – вміст відходів у паливній суміші, %,

i – вид сировини.

Під час розрахунків прийнято за нижчу теплотворну здатність такі показники: шкіра/гума – 17 МДж/кг, папір – 17,6 МДж/кг, текстиль – 18,84 МДж/кг, деревина – 20,9 МДж/кг, пластики – 46,62 МДж/кг [23]. Визначено нижчу теплотворну здатність для різних сумішей альтернативного палива та визначено область з найбільшим потенціалом, результати розрахунків наведено на рис.3.3 .

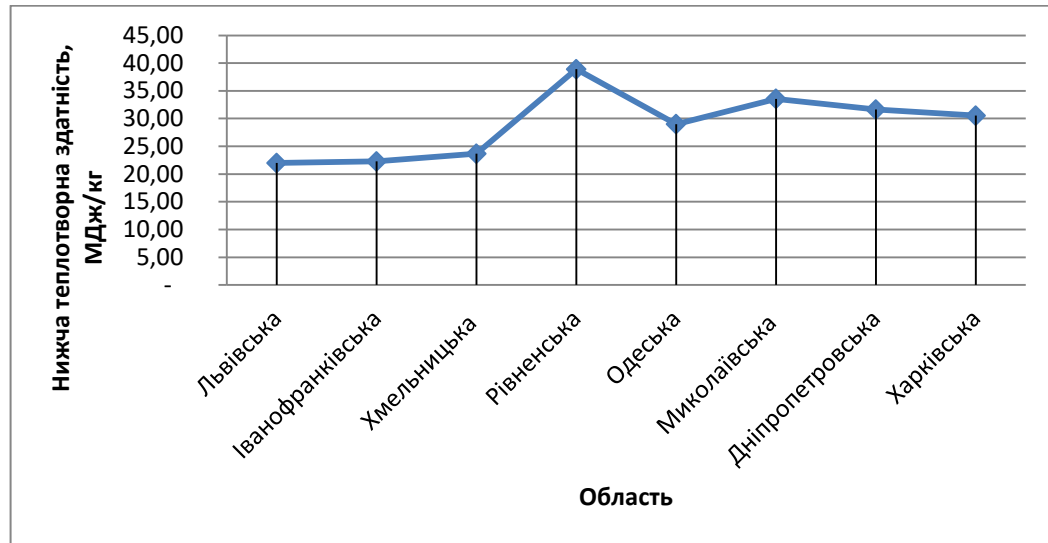


Рисунок 3.3 – Нижча теплотворна здатність палив для різних областей

Показники нижчої теплотворної здатності дозволяють визначити найбільш пріоритетні області по калорійності відходів для впровадження спільного спалювання. В першу чергу найбільш потенційними є Рівненська, Миколаївська та Дніпропетровська області.

3.2 Вплив альтернативного палива на склад клінкеру

Заміщення вугілля альтернативним паливом рекомендоване на 30 %. При спалюванні палива зола додається до суміші клінкеру. Заміщення традиційного палива може створювати ризики щодо складу суміші. Вміст шкідливих металів стає мінімальним за умови ретельного сортування на початковому етапі виробництва альтернативного палива. Вміст інших речовин у золі RDF такий же, як і у вугіллі. Їх відсоткове відношення залежить від морфологічного складу відходів та їх теплотворної здатності.

Нестабільність складу палива ускладнює визначення вмісту хімічних речовин у результаті випалу. Розглянуто різні види палива RDF за хімічним складом та відсотковим вмістом випаленої золи альтернативного паливу у клінкерній суміші та наведено у табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Хімічний склад клінкеру з різними складовими

Вміст золи у клінкері	2 % золи RDF	4 % золи RDF	8 % золи RDF	Без RDF
Вид	RDF 1	RDF 1	RDF 1	Вугілля
CaO	65,00	64,90	64,80	65,94
SiO ₂	22,60	22,40	23,00	22,60
Al ₂ O ₃	5,53	5,53	5,38	5,00
Fe ₂ O ₃	3,74	3,62	3,42	3,90

Склад клінкеру був розрахований таким чином, щоб забезпечити ті ж фази, що і основні фази справжнього портландцементного клінкеру. Використовуючи підрахунок Vogue було обчислено показники після процесу нагріву сировини. RDF палива, зола якого складає 2, 4 і 8 % суміші клінкеру були порівняні з вугіллям [24]. Для зменшення негативного впливу на довкілля, вихід речовин має бути максимально наближеним до показників вугілля. Такий підхід дозволить відмовитись від внесення доповнень розрахунок складу заміщення палива.

Визначено чотири основні матеріали клінкеру, а саме:

- Аліт (C₃S), або Трисилікат кальцію;
- Беліт (C₂S), або Ди силікат кальцію;
- Фаза алюмінату (C₃A), або три алюмінат кальцію;
- Фаза фериту (C₄AF), або три алюмоферрит кальцію.

Формули Vogue для розрахунку:

$$C_3S (\%) = 4,071(CaO) - 7,602 (SiO_2) - 6,718(Al_2O_3) - 1,43(Fe_2O_3), \quad (3.2)$$

$$C_2S (\%) = 2,87(SiO_2) - 0,754 (C_3S), \quad (3.3)$$

$$C_3A (\%) = 2,65(Al_2O_3) - 1,692 (Fe_2O_3), \quad (3.4)$$

$$C_4A (\%) = 3,043(Fe_2O_3) \quad (3.5)$$

З метою забезпечення якості клінкеру контролюються наступні параметри складу: коефіцієнт насичення вапна (LSF), модуль гідратації (НМ), відношення діоксиду кремнію і співвідношення глинозему (AR).

$$LSF (\%) = \frac{(CaO)}{2,8(SiO_2) + 1,18 (Al_2O_3) + 0,65(Fe_2O_3)}, \quad (3.6)$$

$$HM (\%) = \frac{(CaO)}{SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3}, \quad (3.7)$$

$$SR (\%) = \frac{(SiO_2)}{Al_2O_3 + Fe_2O_3}, \quad (3.8)$$

$$AR (\%) = \frac{(Al_2O_3)}{(Fe_2O_3)} \quad (3.9)$$

Порівняння результатів проведено за показником коефіцієнта кореляції, який визначено для кожного типу RDF і вугілля.

Результати розрахунків наведено у табл.3.4

Таблиця 3.4 – Матеріальні показники клінкеру при використанні альтернативного палива

Вид	RDF 2 %	RDF 4 %	RDF 8 %	Вугілля
C3S (%)	50,31	51,60	47,92	57,47
C2S (%)	26,93	25,38	29,88	21,53
C3A (%)	8,33	8,53	8,47	6,65
C3AF (%)	11,38	11,02	10,41	11,87
LSF (%)	0,90	0,91	0,89	0,92
HM (%)	2,04	2,06	2,04	2,09
SR (%)	2,44	2,45	2,61	2,54
AR (%)	1,48	1,53	1,57	1,28
R	0,84	0,32	0,83	1

Значення показників для визначення відхилень альтернативного палива від традиційного наведено на рис. 3.4 – 3.6.

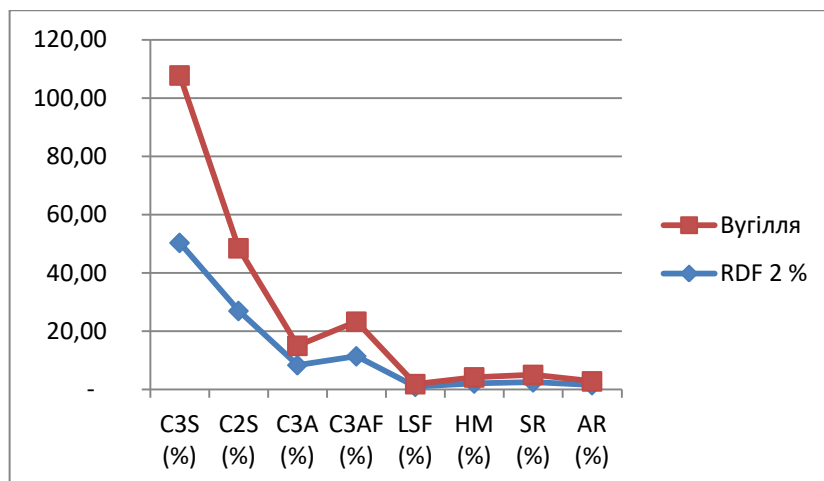


Рисунок 3.4 – Розрахункові показники для RDF 2 % і вугілля

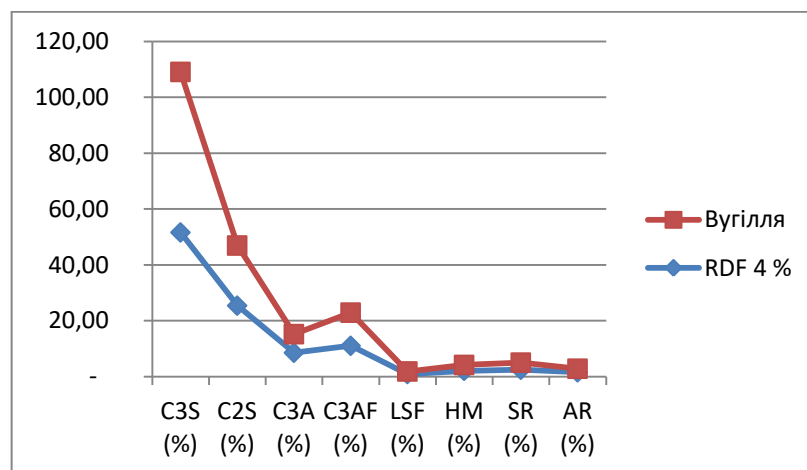


Рисунок 3.5 – Розрахункові показники для RDF 4 % і вугілля

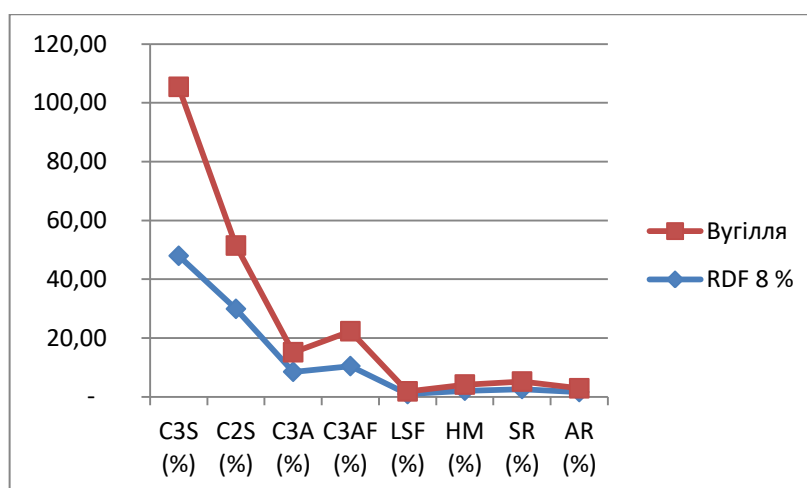


Рисунок 3.6 – Розрахункові показники для RDF 8 % і вугілля

Розрахункові показники для різних видів палива не значно відрізняються між собою. Коефіцієнт кореляції у всіх випадках був додатнім, що характеризує пряму залежність. Для першого палива (RDf 2%) його величина склала 0,84, для другого (RDf 4%) – 0,32, а для третього (RDf 8%) – 0,83. Паливо з вмістом 2 % і 8 % у золі клінкеру найбільше співпадають зі складом традиційного клінкеру, що говорить про безпечність складових золи RDF для використання у цементних печах. Для визначення показників конкретного заводу, необхідно дослідити золу експериментальної установи спалення RDF, яке містить відповідну характеристику складових. Середній склад золи розглянутих зразків, підтверджує безпечність застосування та максимальну ідентичність вихідного складу клінкеру. Мінімальний вплив часткової заміни палива не чинить значний вплив на властивості цементної продукції.

3.3 Підрахунок скорочення викидів вуглекислого газу

Внесок цементного виробництва у глобальні викиди вуглекислого газу складає 5 %, що є значною часткою. Впровадження заміни частини палива альтернативним дозволить зменшити викиди в навколишнє середовище.

3.3.1 Викиди від спалення палива в цементних печах

Розрахунки проводились для традиційного і альтернативного палива цементної печі на основі проектних розрахунків використання альтернативного палива Криворізький цементний завод [25].

Після 2009 р. цементним заводам рекомендовано перехід на сухий спосіб виробництва клінкеру, з метою зниження енергетичних та ресурсних витрат. Нижче приведені дані табл.3.5, саме для сухого процесу, як найбільш вірогідного в умовах України.

Базовий рівень викидів CO₂ при згорянні палива в клінкерній печі

визначено за формулою 3.10 [26]:

$$BF_{FC} = KE_{BSL} \cdot \frac{\sum_i (FC_{i,y} \cdot NCV_i \cdot EF_{CO_2,i})}{\sum_i (FC_{i,y} \cdot NCV_i)}, \quad (3.10)$$

де KE_{BSL} – ефективність печі (базове споживання тепла), ГДж/т клінкеру,

$FC_{i,y}$ – річне споживання палива типу i піччю (тис. нормалізованих т),

$EF_{CO_2,i}$ – коефіцієнт викидів (емісії) двоокису вуглецю палива типу i (т CO_2 /ГДж),

.... NCV_i – нижча теплотворна здатність палива типу i , ГДж/т).

Таблиця 3.5 – Показники для розрахунків викиду від спалення палива

Показник	Одиниці виміру	Значення
Ефективність печі (базове споживання тепла)	ГДж/т клінкеру	3,67
Річне споживання вугілля піччю	тис. т	102.032
Коефіцієнт викидів двоокису вуглецю вугілля	т CO_2 /ГДж	0,096
Нижча теплотворна здатність вугілля	ГДж/тис.т	26,229

Внесок спалювання традиційного палива склав 0,351 т CO_2 /т клінкеру.

Енергетичний еквівалент альтернативного палива розраховано на основі порівняння нижчої теплоти згоряння з вугіллям і складає 1,073. Цей показник може варіюватися в залежності від теплотворної здатності та співвідношення складових палива. Для зручності розрахунків прийнятий еквівалент рівний одиниці.

Заміщення на 30 % при еквіваленті альтернативного палива 1 дозволяє знизити викиди на 0,1053 т CO_2 /т клінкеру. Викиди після впровадження заміщення складають 0,2457 т CO_2 /т клінкеру.

Виробнича потужність обертової випалювальної печі має мінімальне значення 500 т клінкеру на день. Вихід клінкеру залежить від продуктивності та кількості печей. Зафіксоване виробництво клінкеру на Криворізькому цементному заводі складає 738 567 т у рік. Зниження викидів

для такого заводу складають 77 771,1 т CO₂/рік.

3.3.2 Викиди від видобутку палива

Для оцінки повного циклу заміщення палива запропоновано спрогнозувати зменшення питомих викидів на виробництво 1 т клінкеру не тільки під час спалення палива, а й у момент його видобутку. Сухий спосіб виробництва використовується цементними потужностями як більше сучасний як з економічних причин та і з екологічних. Цей спосіб взято за основу розрахунків викидів вуглекислого газу. Питоме споживання для цементної печі складає 3,20 ГДж/т клінкеру або 0,7648 Гкал/ т клінкеру. Таким чином, витрата палива на виробництво клінкеру склала 0,1461 т вугілля/т клінкеру.

Для розрахунку викидів CO₂ від видобутку такої кількості палива та приведення до 1 т виробництва клінкера використані дані при видобутку палива відкритим способом [27]. Викиди на 1 т вугілля складають 1,05 м³ CO₂. Таким чином, до впровадження заміщення палива на 30% альтернативним викиди від видобутку палива складають 0,1534 м³/т клінкеру, а після – 0,1074. Зменшення викидів складає 0,046 м³/т, у перерахунку для вищевказаного прикладу виробництва цей показник складає 33 974 м³ CO₂/рік.

3.3.3 Викиди від розміщення сміття на полігоні

У разі відсутності впровадження ієрархічної структури, більшість сміття вивозиться на полігон. Така ситуація наразі спостерігається в Україні. За таких умов, сміття, яке потрапляє на полігони і виділяє в процесі розкладання вуглекислий газ, тим самим забруднює довкілля. На поліг сміття потрапляє у змішаному стані, що сповільнює процеси розкладання та збільшує викиди під час цього процесу в результаті взаємодії різних типів

відходів. Сортивання та дотримання ієрархічної структур із подальшим спаленням на цементних потужностях із заміною 30 % палива дозволяє зменшити викиди CO_2 .

Вважаючи, що еквівалент спалення альтернативного палива має значення 1, скорочення викидів CO_2 складають 199.68 м^3 на 1 т сміття і відповідно $8,75 \text{ м}^3 \text{ CO}_2$ на 1 т клінкеру із врахуванням 30 % заміщення палива альтернативних з відходів [28].

3.3.4 Сумарні викиди від часткового заміщення палива

Загальні викиди визначено для тонни клінкеру. Викиди від спалення складають найбільшу частину і в перерахунку з масових одиниць на об'ємні мають значення $55,04 \text{ м}^3/\text{т}$. Таким чином сумарні показники, які є універсальними для будь-якого підприємства складають $63,836 \text{ м}^3\text{CO}_2/\text{т}$ клінкеру. Це значення є комплексним і не може бути оцінено в матеріальному вираженні для певного заводу, вони описують навантаження на довкілля та можуть бути застосовувані при не фінансових звітах цементних підприємств.

Висновки до розділу 3

Найбільш пріоритетними областями щодо калорійності та наявності палива є Рівненська, Миколаївська і Дніпропетровська області – мають найвищий показник нижчої теплоти згорання. Використання попередньо підготовленого палива залежно від морфології не значно може вплинути на склад готового клінкеру. Зола від альтернативного палива у складі клінкері демонструє прийнятні фазові показники при сумісному спаленні. Зокрема показники золи альтернативного палива відповідають показнику кореляції 0,83, що підтверджує його доцільність при сумісному спаленні.

Зниження викидів на 1 т клінкеру дозволяє зменшити негативний

вплив від цементних виробництв за рахунок відсутнього завантаження в повній мірі на довкілля під час видобутку вугілля, при розміщенні палива на полігонах і при спалюванні у цементних печах. Сумарні викиди були зменшені на $63,836 \text{ м}^3\text{CO}_2/\text{т}$ клінкері і можуть бути розраховані для діючих заводів в залежності від річного виробництва клінкеру.

4 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ

Стартап – це проект, який передбачає створення бізнес моделі та направлений на практичну реалізацію інноваційних ідей, технологій і послуг.

Головною метою стартапу є перетворення ідеї проекту у працюючу у бізнесі модель, яка має враховувати сегмент і взаємодію зі споживачами, цінність продукту або послуги, канали збуту, монетизацію, ключові види діяльності, ресурси та партнерів. Розрахунки проведено за методикою [29] і на основі даних [30] – [34].

4.1 Опис ідеї проекту

У табл.4.1 наведено опис ідеї проекту, напрямок її застосування та потенційні вигоди для споживачів.

Таблиця 4.1 – Опис ідеї та її переваг для споживача

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Переваги та вигоди для споживача
Впровадження спільного спалювання вугілля та RDF-палива нагріву обертової печі	Цементні заводи	Менша вартість у порівнянні з вугіллям
		Впровадження принципів циркулярної економіки
		Зменшення викидів вуглекислого газу
		Відсутність значного впливу на склад клінкеру
		Реалізація соціальної відповідальності

Ідея передбачає внесення змін до складу паливної суміші для розігріву цементної печі до технологічних температур і внесення частки золи альтернативного палива з відходів до складу клінкеру і готового продукту без значних змін у складі, за умови дотримання умов ручного та автоматичного сортування. Це дозволить відібрати цінні ресурси для

рециклінгу і безпечні для спалювання та непридатні для переробки відходи.

Дана технологія дозволяє зменшувати екологічне навантаження водночас вести діяльність цементних заводів на тому ж рівні. Корпоративна соціальна відповідальність має на меті участь у житті соціуму на територіях присутності підприємств. Зменшення викидів вуглекислого газу дозволить проводити діяльність згідно міжнародним умовам. Всі ці фактори підвищують позитивну репутацію компанії, яка впроваджує таку технологію і дозволяє отримати ряд переваг при котуванні на міжнародних біржах за показником EGS.

4.2 Аналіз конкурентного середовища

На території України основним конкурентом є єдина спроба виробництва RDF для подальшого спалювання на ПАТ «Волиньцемент» у м. Здолбунів, яка була зроблена в місті Рівне. На сьогодні завод працює в режимі сортування відходів, а «хвости» вивозяться на звалище Проте технологія була тестовою і показала низькі економічні переваги. Інші поширені практики використання відходів є спалювання у якості палива автомобільних шин. У табл. 4.2 наведено основну інформацію щодо конкурентів та розглянуто техніко-економічні показники.

Таблиця 4.2 – Аналіз конкурентів на ринку

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	Стартап проект	Конкурент1
1.	Матеріал для спалювання	RDF з відсортованих та непридатних до переробки ТПВ	Шини і тверде альтернативне паливо (шини, ДСП, деревина, торф)
2	Викиди CO ₂ на 1 т клінкеру	0,520	0,578
3	Заміщення природного палива, %	30 %	9,44 %

4.3 SWOT-аналіз потенційних загроз та можливостей

Аналіз загроз та можливостей дозволяє SWOT-аналіз дозволяє впорядкувати та оцінити процес формування ідеї, але не охоплює остаточну інформацію для реалізації стартап-проекту. Результати наведені у табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – SWOT-аналіз для впровадження технології

Фактори	Оцінка середовища		Оцінка підприємства	
	Можливості	Загрози	Сильні сторони	Слабкі сторони
1.Залежні від діяльності підприємства: 1.1. Відсоток палива для покриття потреб 1.2. Регулювання складу теплотворної здатності 1.3 Умови зберігання RDF-палива	1. Максимально можливий - 30 % і відповідно розраховану масу альтернативного палива на постійній основі. 2. Визначення сталого значення нижчої теплотворної здатності або не нижчої за показник для діючого палива. 3. Дотримання оптимальних умов задля зменшення показника вологості.	1. Зміна відсотка заміщення палива 2. Зменшення теплотворної здатності готового палива. 3. Збільшення вологості і зменшення теплотворної здатності.	1. Більший відсоток ніж у конкурентів. 2. Можливість створення вимог до постачальників палива. 3. Умови зберігання не потребують особливих умов.	1. Не може вплинути на виробництво сталої сировини для палива. 2. Підбір вимог виходячи з вимог постачальника і продукування ТПВ. 3. Не належне звільнення від вологи RDF.
2.Незалежні від діяльності підприємства: 2.1. Вміст компонентів золи у складі клінкеру 2.2. Склад альтернативного палива 2.3 Вміст шкідливих речовин	1. Відповідність складу золи традиційного палива. 2. Склад палива, який не впливає на показники речовин у клінкері або цементі. 3. Відповідність нормам або нижчим показникам.	1. Зміна властивостей цементу при відхиленні від проектних показників його складу. 2. Вплив на теплотворну здатність палива та екологічні показники. 3. Навантаження на довкілля та неконтрольовані викиди небезпечних речовин.	1. Заміщення складових золи палива у клінкері. 2. Можливість незначного відхилення від заданих параметрів. 3. Прийом палива у відповідності до вимог мінімальної наявності металевих частин.	1. Необхідний перерахунок у разі значних відмінностей у складі золи палива. 2. Відсутність можливості впливу на склад. 3. Довіра до показників складу альтернативного палива постачальників.

Для підприємств цементної галузі важливим є показник відповідності палива нормам. Зокрема, більшість екологічних показників залежить від отримуваної сировини постачальників. Саме тому, більшість ризиків виникають від доброчесності постачальників. Умови зберігання не потребують особливих умов, тому ризик виникнення ситуацій є мінімальними, за умови достатнього осушення RDF-палива.

4.4 Обґрунтування ресурсного забезпечення проекту

Вартість усіх етапів реалізації проекту залежить від багатьох показників, у тому числі у вартість закладаються витрати на виробництво палива поза межами заводу. Капітальні витрати наведено у табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Величина капіталовкладень

Статті капіталовкладень	Величина, тис. грн.
1	2
Прямі матеріальні затрати	2 571 930
– Сміттєпереробний комплекс	10 500
– Оптичний сепаратор	25 030
– Установка з переробки відходів у RDF паливо	2 440 000
– Опалення	44 000
– Витрати палива й енергії	52 400
Прямі затрати на оплату праці виробничих працівників	2331
– заробітна плата за ставками і тарифами виробничих працівників	500
– премії, заохочення, компенсаційні виплати виробничих працівників	150
– оплата відпусток виробничих працівників	263
Соціальні відрахування до Пенсійного фонду – 22% по заробітній платі виробничих працівників	583
Вартість основних фондів та нематеріальних активів виробничого призначення	17 000
– початкова вартість задіяних у виробничому процесі основних засобів та необоротних нематеріальних активів (разом із транспортуванням, установкою та демонтажем)	17 000
Інші прямі витрати:	33 500
– витрати на дослідження та розробку інноваційних продуктів	3 500

Продовження таблиці 4.4

1	2
– витрати на оплату комунальних послуг	10 000
Загальновиробничі витрати	58 950
– витрати на управління виробництвом (оплата праці управлінського персоналу всіх підрозділів підприємства разом із ЄСВ до Пенсійного фонду, відряджень тощо)	50 950
– витрати на опалення, освітлення, водопостачання, водовідведення та інше утримання виробничих приміщень	8 000
Всього капіталовкладень на реалізацію проекту	2 684 294

4.5 Ключові види діяльності

Визначення ключових видів діяльності необхідно для опису шляхів досягненні мети у проекті, тобто для розкриття способів виконання завдань проекту. Нижче у табл.4.5 надано короткий опис виду діяльності/заходу, направлених на реалізацію завдань проекту.

Таблиця 4.5 – Ключові види діяльності

Назва діяльності	Опис діяльності	Результат діяльності
1	2	3
Проектування та розробка проекту	Створення проектних креслень та документації для усіх потужностей виробництва альтернативного палива.	Розроблений проект для будівництва, закупівлі обладнання, апробації та порівняння результатів.
Просвітницька робота з громадськістю	Визначення ключових сумнівних питань, щодо впровадження технології. Поширення в інформаційних джерела, виступи на тематичних заходах.	Підвищення довіри громадськості для впровадження технології. Залучення інвесторів до фінансування.
Побудова переробної станції	Закупівля сміттєпереробного комплексу, оптичного сепаратору для автоматичного сортування та установки з переробки відходів RDF. Визначення території розміщення обладнання у приміщенні заводу. Оренда додаткової території та побудова складського приміщення.	Визначення розміщення обладнання. Встановлене обладнання для запуску циклу переробки відходів.

Продовження таблиці 4.5

Налагодження логістики	Встановлення домовленостей з перевізником відходів, призначення відповідального за логістику. Створення транспортного шляху та частоту вивезення для RDF палива до цементного заводу.	Визначений шлях транспорту і налагоджена система безперервної подачі альтернативного на цементний завод для спалювання. Дотримання проектних вимог щодо складу альтернативного палива у масі відходів.
Прийом паливної сировини не цементному виробництві	Встановлення системи розвантаження, визначення відповідального за прийом та збереження на складах. Орендування автотранспорту для внутрішнього перевезення палива.	Налагоджена система прийому палива та дотримання умов зберігання палива задля підтримки його придатності для спалювання без втрати теплотворної здатності. Фіксовані параметри палива на вході.
Використання альтернативного палива для пальника	Прийом RDF на виробничому цеху, змішування відходів, завантаження для спалювання і підтримки температури у печі.	Закріплений механізм прийому палива та змішування його з традиційним паливом. Тестування витрат праці на поводження з іншим видом палива.
Апробація, оцінка результатів	Аналіз показників до впровадження альтернативного палива і після, внесення змін за потреби. У разі виконання очікуваних результатів направити на друге випробування технології (другий цикл).	Визначенні основних технологічних показників для палива з фіксований складом . порівняння показників з традиційною технологією. Направленні документи на запуск повторний цикл для іншої партії RDF.
Аналіз висновків та впровадження	Визначення показників для іншої порції палива та визначення ключових характеристик, порівняння з попередніми. У разі дотримання проектних вимог – впровадження ідеї на постійній основі.	Визначена придатність та похибки показників у розрахунках. У разі виконання вимог - запуск ідеї на постійній основі, в іншому випадку – доопрацювання показників впливу на відхилення і повернення до апробації.

Також у табл. 4.6 визначено основну інформацію щодо партнерів. У даному випадку, Асоціація Укрцемент об'єднує цементні підприємства і може стати контактною стороною з потенційними інвесторами.

Таблиця 4.6 – Партнери у реалізації проекту

Інформація	Партнер 1
Повна офіційна назва організації-партнера	Українська асоціація підприємств і організацій цементної промисловості "Укрцемент"
Місце розташування	м. Київ
Юридичний статус	Асоціація
Офіційна адреса	вул. Дегтярівська, 33а Київ, Україна
Адреса електронної пошти	office@ukrcement.com.ua
Роль та залученість до підготовки цього проекту	Зв'язки з громадськістю і потенційним партнерами та інвесторами.
Завдання, які покладаються на організацію партнера в реалізації проекту	Поширення ідеї проекту серед потенційних інвесторів. Представлення на тематичних заходах. Участь у підборі спеціалістів.

4.6 Обґрунтування рівня рентабельності ідеї

Прибуток – це частина валового доходу підприємства за виключенням усіх витрат на виробничу та комерційну діяльність.

Дані обґрунтування необхідного рівня прибутку інноваційної ідеї, для якої розраховується ціна узагальнено в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Обґрунтування рівня рентабельності

Статті витрат	Од. вимір.	Значення показників
1	2	3
1. Собівартість одиниці продукції	грн.	300
2. Обсяг виробництва в рік		30 609
3. Необхідний прибуток	грн.	157 195 667

Продовження таблиці 4.7

1	2	3
3.1. Кредитні засоби та їх обслуговування	грн.	86 830 447
3.2. Засоби ФРВ	грн.	43 415 223
3.3. Засоби ФСР	грн.	21 707 611
3.4. Засоби ПФ	грн.	3 256 141
3.6. Фінансовий резерв	грн.	1 628 070
3.7. Податок на прибуток	грн.	358 175
4. Необхідний рівень рентабельності продукції	%	184

4.7 Обґрунтування вартості виробництва інноваційної техніки

З метою необхідності наповнення виробничих фондів підприємства, підтримання рівня рентабельності обґрунтовано вартість та ціну. Визначено ПДВ, який перетворює вартість на ціну. Величина ПДВ становить 20% доданої вартості. Результати обґрунтування зазначено в таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 – Обґрунтування вартості та ціни

Статті витрат	Джерело даних	Одиниці вимірювання	Значення показників
1. Собівартість одиниці товару (послуги)	табл. 17	грн.	300
2. Норма рентабельності	табл. 18	%	184
3. «Нормальний» питомий прибуток	п.1 * п.2 / 100%	грн.	552
4. Вартість виробництва одиниці продукції	п.1 + п.3	грн.	852
5. ПДВ	п.4*0,2	грн.	170,4
6. Відпускна ціна товару (послуги)	п.4+п.5	грн.	1022,4

Для аналізу границь змін відпускної ціни в умовах вільного ринку проведено маркетингове дослідження на продукти-аналоги. Результати досліджень записані в таблицю 4.9.

Таблиця 4.9 – Аналіз сформованої ціни з цінами конкурентних товарів

Види ціни	Джерело даних	Одиниці вимірювання	Показники
1. Розрахункова ціна виробництва одиниці продукції з ПДВ	Табл. 19	грн.	1022,4
2. Ринкові ціни товарів-аналогів на ринку	Маркетингове дослідження ринку	грн.	1000
мінімальна		грн.	870
максимальна		грн.	1000
середня		грн.	935
3. Скоригована ціна реалізації		Грн..	980,7

4.8 Цільові групи потенційних споживачів

Для обґрунтування потенційних споживачів визначено цільові групи, яким буде запропоновано реалізація технології. Також визначено відповідну стратегію охоплення ринку. Результати зведено до табл. 4.10.

Таблиця 4.10 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис цільової групи потенційних клієнтів	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Клієнтами можуть стати цементні заводи, які виробляють клінкер та мають обертальну піч. Клієнтом на технологію може стати Асоціація УкрЦемент як її потенційний співвласник для впровадження на інших заводах.	Величина викидів та вартість сировини змушує цементні заводи шукати рішення задля забезпеченості стаого рівня рентабельності. Міжнародні зобов'язання вимагають зменшення викидів діоксину вуглецю, що дозволяє реалізувати ця інновація.	На українському ринку конкуренція низька, тому що всі впровадження стосуються матеріалів шин і не враховують ієрархічну структуру поведінки з відходами.	За рахунок низької інтенсивності конкуренції, простота входу у сегмент май високі показники.

Обраний сегмент ринку передбачає розроблення базової стратегії розвитку, деталі якої наведено у табл.4.11.

Таблиця 4.11 – Визначення базової стратегії розвитку

Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентні позиції відповідно до обраної стратегії	Базова стратегія розвитку*
<i>Співпраця з Асоціацією задля підкріплення авторитетності та збільшення ймовірності залучення інвесторів до проекту.</i>	<i>Планується реалізація ідеї для одного заводу та її поширення на основі результатів як сере інвесторів так і для фахівців інших підприємств.</i>	<i>Зниження екологічного навантаження, вартості сировини для виробництва клінкеру, якісне обладнання, низька ймовірність утворення небезпечних викидів або зміни властивостей готового продукту, робота з громадськістю.</i>	<i>Поширення принципів дотримання ієрархічного підходу та забезпечення паливом для власного виробництва.</i>

4.9 Канали збуту

Канали збуту — це сукупність осіб або фірм, які виконують посередницькі функції і переймають на себе або сприяють переданню права власності на товари на шляху їх просування від виробника до споживача. Їх наявність є скорі перевагою, зокрема тому, що це дозволяє зменшити навантаження на реалізатора проекту. Канали збуту сформовані та зведені в табл. 4.12.

Таблиця 4.12 – Формування системи збуту

Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Оптимальна система збуту
Визначення якості клінкера перевагою у процесі. Дотримання екологічних вимог та лояльного контакту з громадськістю на територіях присутності.	Визначення необхідних показників у відповідній документації, підтвердження показників при кожній поставці палива, проведення інструктажів з персоналом і пояснювальних робіт з громадськістю.	Проведення аналізу та видача відповідних документів на підприємстві. Комунікація при реалізації проекту на громадських слуханнях.

4.10 Бізнес-модель проекту

Для вирішення поставлених задач необхідна побудова конкурентної бізнес-моделі. Вона представляє структуру найважливіших елементів та є джерелом інноваційних ідей, які можуть бути застосовані в унікальному поєднанні компонентів. У таблиці 4.13 представлено структуру моделі.

Таблиця 4.13 – Структура бізнес-моделі

Ключові партнери 1. Асоціація «Укрцемент» 2. Інші заводи (для поширення після реалізації)	Ключові види діяльності 1. Проектування та розробка проекту 2. Просвітницька робота з громадськістю 3. Побудова переробної станції 4. Налагодження логістики 5. Прийом паливної сировини не цементному виробництві 6. Використання альтернативного палива для пальника 7. Апробація, оцінка результатів 8. Аналіз висновків та впровадження	Цінність пропозиції Зниження екологічного навантаження, вартості сировини для виробництва клінкеру, якісне обладнання, низька ймовірність утворення небезпечних викидів або зміни властивостей готового продукту, робота з громадськістю .	Взаємовідносини з клієнтами За рахунок низької інтенсивності конкуренції, простота входу у сегмент май високі показники. Взаємовідносини підтримуються завдяки співпраці з Асоціацією.	Споживчі сегменти Цементні виробництва. Виробники клінкеру .
	Ключові ресурси Стала кількість палива з відходів для підтримки технологічного процесу. Дотримання норм відбору та виготовлення палива.		Канали збуту Ведення взаємодії з дотриманням вимог експлуатації та безпечності.	
Структура собівартості 1.Витрати разові (капітальні): 2 602 430 000 2.Витрати постійні: 61 864 000 3.Витрати змінні: 20 000 000			Потоки надходження доходу Різниця між собівартістю та збитковою ціною.	

Реалізація проекту є потенційною як для реалізації міжнародних вимоги дотримання екологічних показників, так і для отримання прибутку. Низькі ризики обумовлюють привабливість бізнес моделі для потенційної реалізації інвесторами на українському та міжнародному ринках.

4.11 Оцінка ефективності впровадження стартап-проекту та пропозиції інвестору

Визначено головні показники оцінювання проекту для інвесторів. Результати розрахунків наведено в табл. 4.14. При цьому, були визначено деякі значення: ставка дисконтування 18 %; щорічний прибуток – 545755 грн з урахуванням компенсації ОСВ у розмірі 11 євро за 1 т CO₂; щорічні втрати – 536858. Частка фінансування інвесторів склала 20 %. Додаткові інвестиції на автоматизацію склали 250 000 грн.

Таблиця 4.14 – Критерії оцінки для інвесторів

Показник	Од.виміру	Значення
Чиста приведена вартість проекту, NPV	грн	36717
Співвідношення кредиту до вартості проекту, LTC		4
Співвідношення кредиту до цінності проекту/об'єкту, LTV		828
Простий термін окупності проекту, $T_{ок}$	роки	6
Коефіцієнт ефективності E		0,17
Чиста дисконтова вартість (ЧДВ)	грн	1658834
Період окупності інвестицій	міс	6

У табл. 4.15 підводяться підсумки підготовки інноваційного стартапу та узагальнюються основні техніко-економічні показники.

Таблиця 4.15 – Узагальнюючі техніко-економічні показники

Показники	Значення
Річний випуск продукції, од.	30 609
Капіталовкладення, тис. грн.	2 684 294
Собівартість продукції, грн.	300
Ціна продукту, грн	980
Прибуток, тис. грн.	680
Рентабельність, %	184
Коефіцієнт економічної ефективності	0,17
Період повернення капіталовкладень, років	6

Висновки до розділу 4

Розраховані показники свідчать про можливість реалізації та комерціалізації проекту. Показники терміну окупності є прийнятними для інвестування. Передбачено часткову оплату цементним заводом реалізації ідеї та залучення інвестицій. Низький рівень конкуренції знижує ризики впровадження. Подальша імплементація є рекомендованою та потенційною для вкладення інвестицій.

ВИСНОВКИ

1. Україна може запозичувати досвід зарубіжних колег та реалізовувати принципи кругової економіки на цементних заводах. Це має відповідати ієрархічному підходу для мінімізації впливу на довкілля і реалізовуватися шляхом направлення на спалювання відходів, які не можуть бути використані повторно.

2. Величина відходів від початкової морфології у відсотковому значення для спалювання кожного з типів відходів складає: для паперу 36,7 %, для ПЕТ 79,9 %, для дерева 55 %.

3. Важливими критеріями при виборі альтернативної сировини є калорійність палива та відповідність значення як показникам вугілля.

4. Склад золи палива, яка потрапляє до сировини спалювання і виробництва клінкеру, не впливає на зміни загального складу суміші.

5. Необхідною умовою безпечності є впровадження ручного і автоматичного сортування сміття.

6. Найбільш пріоритетними областями щодо калорійності та наявності палива є Рівненська, Миколаївська і Дніпропетровська області – мають найвищий показник нижчої теплоти згорання.

7. Показники золи альтернативного палива відповідають показнику кореляції 0,83, що підтверджує його доцільність при сумісному спаленні.

8. Зниження викидів на 1 т клінкеру дозволяє зменшити негативний вплив від цементних виробництв за рахунок відсутнього завантаження в повній мірі на довкілля під час видобутку вугілля, при розміщенні палива на полігонах і при спалюванні у цементних печах. Сумарні викиди були зменшені на 63,836 м³CO₂/т клінкері і можуть бути розраховані для діючих заводів в залежності від річного виробництва клінкеру.

9. Показник терміну окупності складає 6 років. Показник NPV складає 36717 грн і підтверджує доцільність інвестування стартап-проекту.

10. Передбачено часткову оплату цементним заводом реалізації ідеї та

залучення інвестицій.

11. Низький рівень конкуренції знижує ризики впровадження. Подальша імплементація є рекомендованою та потенційною для вкладення інвестицій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Municipal waste, Generation and Treatment. OECD.stat. 2019. URL: <https://stats.oecd.org/viewhtml.aspx?datasetcode=MUNW&lang=en>.
2. Population Pyramids of the World from 1950 to 2100. URL: <https://www.populationpyramid.net/> (дата звернення 20.09.2019).
3. The Climate Change Mitigation Potential of the Waste Sector. Dessau-Roßlau. 2015. URL: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_56_2015_the_climate_change_mitigation_potential_of_the_waste_sector.pdf.
4. Матвеев Ю.Б., Гелетука Г.Г. Перспективи енергетичної утилізації твердих побутових відходів в Україні. Аналітична записка БАУ, 2019. №22. С. 19–23.
5. Realizing new markets, lessons learned in the cement industry. ERFO. 2016. URL: <https://www.erfo.info/images/PDF/HeidelbergCement%20ERFO%20presentation%202016.pdf>.
6. Звітність "Санітарна очистка" за 2018 рік. Мінрегіон. 2019. URL: <http://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2019/03/TPV-4-2018.pdf>.
7. Цементні заводи України. URL: <http://www.ukrcement.com.ua/pidприємства.html>.
8. Огляд реалізації основних положень Кіотського протоколу до Рамкової Конвенції ООН про зміну клімату та зобов'язання країн-членів ОЕСР і Євросоюзу щодо виконання рекомендацій Паризької Конференції. МІНЕНЕРГОВУГІЛЛЯ УКРАЇНИ. 2017. URL: https://ua.energy/wp-content/uploads/2017/05/3.-Osn_polozh_SOR21.pdf.
9. Национальный кадастр антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов в Украине за 1990-2013 гг.: материалы Министерства экологии и природных ресурсов Украины., м. Київ, 2013. 625 с.
10. Методологія розрахунку викидів CO₂ для установок виробництва

цементу: матеріали проекту USAID «Муніципальна енергетична реформа в Україні»). 2015. 25 с.

11. Ініціативи «Миколаївцементу»: очищення чи нове забруднення. URL: <http://svb.ua/news/initiatiivi-mikolaivtsementu-ochishchennya-chi-nove-zabrudnennya>.

12. Енергетичне використання горючих відходів як спосіб зниження негативного впливу на довкілля. Львівський національний аграрний університет. 2012. URL: <http://ena.lp.edu.ua/bitstream/ntb/16649/1/38-Khrunyk-201-207.pdf>.

13. Circular Economy. CRH URL: <https://www.crhcement.com/circular-economy/>.

14. Circular Economy. CEMBUREAU The European Cement Association. URL: https://cembureau.eu/policy-focus/environment/#Circular_Economy.

15. The Use of RDF as a Kiln Fuel : матеріали NTIS, Washington D.C. 1980. 139 с.

16. Dioxin and Furan Toolkit: матеріали UNEP Chemicals. Geneva, 2001. С. 84–87.

17. Производство цемента. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Москва, 2015. С. 305.

18. Co-processing waste in the cement industry: A solution to natural resource preservation and total emission reduction. Cementis. URL: <https://www.cementis.com/co-processing/>.

19. Clavier K., B. Watts B., Liu Y. Risk and performance assessment of cement made using municipal solid waste incinerator bottom ash as a cement kiln feed. Resources, Conservation & Recycling. 2019. №146. С. 270–279.

20. Roessler J., Paris J., Ferraro C. C.. Use of Waste to Energy Bottom Ash as an Aggregate in Portland Cement Concrete: Impacts of Size Fractionation and Carbonation. Waste Biomass Valo. 2016. С. 3–11.

21. Багданас В. В., Тихонова І. О.. Разработка требований к

производству альтернативного топлива на полигонах твердых коммунальных отходов. Успехи в химии и химической технологии. 2017. №9. С. 62–64.

22. Fuel from municipal solid waste for the cement industry. Solid Fuel Chemistry. 2017. №51. С. 57–64.

23. Низшие теплоты сгорания для многих твердых веществ, гидкостей (в т.ч. топлив) и газов. URL: <https://tehtab.ru/Guide/GuidePhysics/GuidePhysicsHeatAndTemperature/CombustionEnergy/LowerCalorific1/>.

24. Utilization of Incineration Waste Ash Residues in Portland Cement Clinker. CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS. 2010. №21. С. 757–762.

25. Використання альтернативних видів сировини на підприємстві Криворізький цементний завод в Україні. Глобал Карбон Б. В.. 2011. №4. С.42.

26. Хруник С. Підвищення екологічної безпеки при використанні альтернативного палива в цементному виробництві : дис. ... канд. техн. наук : 21.06.01 / Національний університет «Львівська політехніка». Львів, 2014. 179 с.

27. Методические указания по расчету выбросов парниковых газов в атмосферу для предприятий добычи и обработки угля открытым способом. РГП «КазНИИЭК» МОС РК. Астана, 2010. С. 13.

28. Comparison of Greenhouse Gas Emissions from Waste-to-Energy Facilities and the Vancouver Landfill. CH2M HILL CANADA LIMITED. 2009. С. 1–12.

29. Круш П., Шевчук Н., Андрусь О.. Стартап-проект: Рекомендації до виконання розділу магістерської дисертації «Розроблення стартап-проекту». Київ, 2019. С. 50.

30. Оптическая сортировочная машина UNISORT P1400 R. НЕТМУС URL: <https://netmus.ru/catalog-oborudovaniya/separatory/opticheskie-separatory/opticheskaya-mashina-dlya-sortirovki-unisort-p1400-r/> (дата звернення 18.11.2019).

31. Переработка ТБО в топливо RDF. НЕТМУС URL: <https://netmus.ru/katalog-tipovyh-resheniy/pererabotka-tbo-v-rdf/pererabotka-tbo-v-toplivo-rdf/> (дата звернення 18.11.2019).
32. Мусоросортировочный комплекс. URL: <https://prom.ua/p25214699-musorosortirovochnyj-kompleks.html>.
33. Тарифи на електроенергію в 2019 році. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/tariff/electric/>.
34. Екологічний податок. URL: https://services.dtkr.ua/catalogues/tax_rates/31.