

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Єлецька Ілона Володимирівна

УДК 666.9

**ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА
ЕНЕРГІЇ З ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ НА ЦЕМЕНТНИХ ЗАВОДАХ**

Спеціальність 101 – Екологія

Автореферат магістерської дисертації на здобуття
ступеня магістра

Київ – 2019

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі інженерної екології Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник:

доктор технічних наук,
ТКАЧУК Костянтин Костянтинович,
Національний технічний університету
України
«Київський політехнічний інститут імені
Ігоря Сікорського»,
професор кафедри інженерної екології;

Рецензент:

Кандидат технічних наук,
ДАНІЛІН Олександр Валерійович,
заступник директора з навчально-
організаційної роботи
«Київський політехнічний інститут імені
Ігоря Сікорського»
доцент, к.т.н.

Захист відбудеться «16» грудня 2019 р. о 14:00 годині на кафедрі інженерної екології Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» за адресою: 03056, м. Київ, вул. Борщагівська, 115, корпус 22, ауд. 201.

З магістерською дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» за адресою: 03056, м. Київ, проспект Перемоги 37.

Автореферат розісланий «____»_____2019 р.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

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.

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 сміттесортувальних 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.

Міжнародні зобов'язання потребують зменшення викидів діоксину вуглецю. У цьому відношенні цементна промисловість має значний вплив і значний потенціал його зменшення. Загалом, цементна діяльність займає 5 % світових викидів діоксину вуглецю.

За результатами аналізу відходів визначено, що 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.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась на кафедрі інженерної екології Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського» (КПІ ім. Ігоря Сікорського) та охоплює задачі, які визначені:

- Національною стратегією поводження з відходами до 2030 року;
- Проектом закону України «Про управління відходами»
- розділом 3 «Стратегії державної екологічної політики України на період до 2020 року»;
- «Державною цільовою економічною програмою енергоефективності і розвитку сфери виробництва енергоносіїв з відновлюваних джерел енергії та

альтернативних видів палива на 2010-2020 роки» № 243 від 01.03.2010.

Мета та задачі дослідження. **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.

Для досягнення поставленої мети сформульовані наступні **задачі**:

- 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 – процес спалювання у цементній обертовій печі суміші палива з вугілля і альтернативного палива з ТПВ у співвідношенні 70:30.

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

Методи дослідження. При проведенні дослідження використані наступні методи: **методи порівняння та аналізу** запропоноване використання відходів областей України для спільного спалення відходів на цементному виробництві; **методом теоретичного моделювання** встановлено залежність складу клінкеру від морфології відходів; **методикою Bogue** визначено основні матеріали клінкеру після змішування із золою палива. Визначено зменшення викидів вуглекислого газу від впровадження технології.

Наукова новизна одержаних результатів, що виноситься на захист, представлена науковими положеннями, в яких **вперше**:

- визначено морфологічний склад відходів з урахуванням розташування та потенційного використання на цементних заводах у якості палива;
- запропоновано та розроблено методику зменшення викидів вуглекислого газу на масовий вихід клінкеру для Криворізького цементного заводу, що є актуальним для впровадження на цементних потужностях з різними показниками продуктивності;
- визначено економічний ефект від впровадження спільного спалювання палива на прикладі Криворізького цементного заводу.

Практичне значення одержаних результатів полягає в наступному:

- розроблено методику підбору складу альтернативного палива в залежності від морфології відходів в області;
- отримана залежність складу клінкеру на виході від складу золи відходів у суміші з паливом;
- визначено показники зменшення викидів при спалюванні альтернативного палива у порівнянні з традиційним, при відсутності видобутку палива та зберігання відходів на полігонах;

– встановлено, річну економію при заміщенні палива для умов Криворізького цементного заводу із застосуванням 30 % альтернативного палива з ТПВ.

Особистий внесок здобувача полягає у формулюванні ідеї, мети, задач досліджень, наукової новизни, аналізу результатів, розробці рекомендацій та методики розрахунку. У роботі [1]: розглянуто викиди різних областей, о знаходяться в найближчому розташування до цементного заводу та розглянуто їх потенціал для використання у якості відходів.

Апробація результатів наукової роботи. Наукові роботи за темою дисертації доповідались та були опубліковані у матеріалах II Науково-технічної конференції магістрантів Інституту енергозбереження та енергоменеджменту (за результатами дисертаційних досліджень магістрантів).

Об'єм і структура роботи. Дисертація викладена на 80 сторінках, складається зі вступу, 4 розділів та висновків, уміщує 17 рисунків, 31 таблиць, список використаних джерел із 34 найменувань на 3 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **ВСТУПІ** зазначено дані щодо викидів для України, актуальний стан поводження з відходами та пріоритетність використання спільного спалення на цементних заводах з метою зменшення екологічного навантаження ТПВ на довкілля. Визначено актуальність теми, зв'язок роботи з державними програмами, планами, темами, мету і завдання дослідження, об'єкт, предмет та методи дослідження, наукові положення та новизну одержаних результатів, практичне значення. Викладено дані щодо попередніх досліджень, об'єм і структура роботи.

У **ПЕРШОМУ РОЗДІЛІ** проведено аналіз впровадження технології країнами ЄС, визначено пріоритетні напрямки для досліджень в умовах України. Проведено аналіз поводження з відходами на міжнародному та державному рівні. Також, проведено аналіз морфології відходів у різних областях, які є потенційними для впровадження з точки хору логістики. Досліджено, яку частку та які види цих відходів доцільно використовувати у якості палива. Визначено та враховано принципи ієрархічного підходу з метою максимально ефективного використання ресурсів. На рис. 1 зображене територіальне розміщення цементних підприємств в Україні.

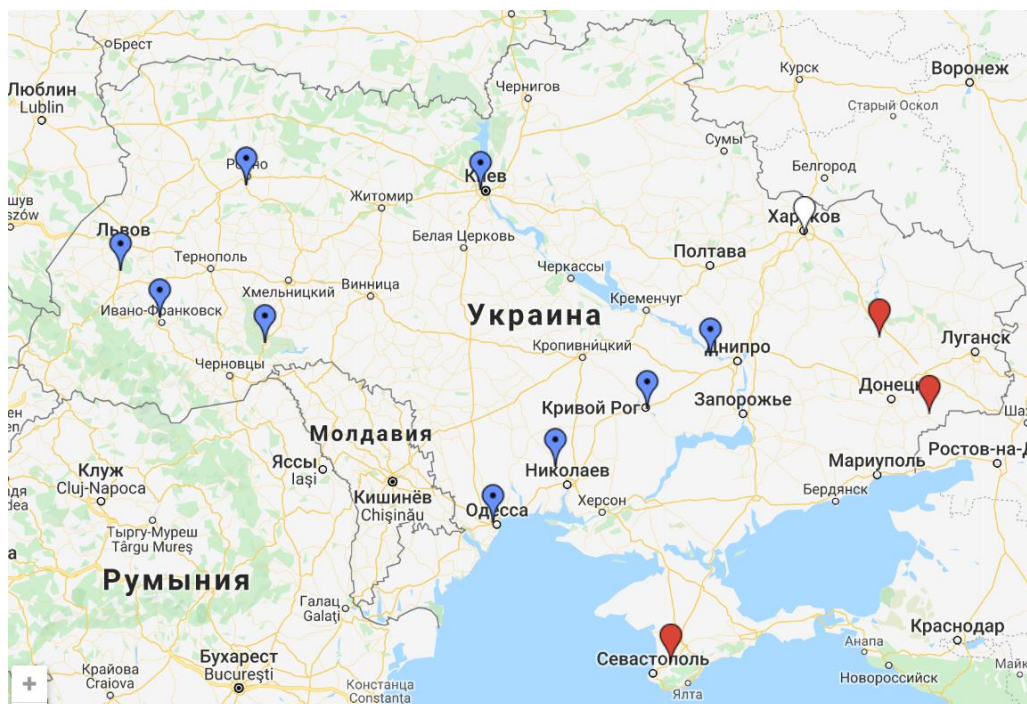


Рисунок 1 – Територіальний розподіл цементних підприємств України

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.

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

Для паперу усереднений показник склав 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.

Величина відходів від початкової морфології у відсотковому значенні для спалювання кожного з типів відходів склала: для паперу 36,7 %, для ПЕТ 79,9 %, для деревина 55 %.

Практики переробки текстилю поки не запроваджено, через високу ресурсоемність 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.

У **ДРУГОМУ РОЗДІЛІ** визначено основні позиції ієрархічного підходу до поводження з відходами на міжнародному рівні. Визначено роль та основні вимоги щодо спалювання для цементних заводів. Зокрема, 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 економічність і доцільність і взаємовигідний інтерес представників цементної та сміттєпереробної галузі.

Проаналізовані переваги палива з відходів у порівнянні з традиційним паливом.

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.

Наведено опис процесу виробництва клінкеру. Вплив визначається завдяки реакції клінкеру, які мають місце при температурі в інтервалі від 1000°C до 1500°C. Приблизно 80% енергії, необхідної для виробництва цементу використовується при розпалюванні 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.

Розглянуто способи виробництва клінкеру. Найбільш пріоритетним як з економічної так і економічної точки зору. 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.

Спільне спалювання на цементних заводах дозволяє мінімізувати викиди у довкілля у порівнянні з сміттєспалювальними заводами, зокрема за рахунок потужний очисних систем, а система ретельного сортування у поєднанні з ручним і автоматичним сортуванням дозволяють знизити вплив складових відходів на викиди при спалюванні та склад клінкеру.

Розглянуто потенціал використання відходів у якості альтернативного палива та визначено основні моменти його підготовки.

Наведено основні переваги спільного спалювання саме з використанням палива з відходів. 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.

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).

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, різаними краями, які формувались шляхом подрібнення в шредерах.

Характеристики, виражені у числових значення наведені у табл.1.

Таблиця 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.

Розглянуто способи виробництва RDF палива та визначено, що залишковий метод є найбільш доцільним з метою ведення діяльності відповідно до екологічних вимог.

Окрім вуглекислого газу для всього виробництва визначено також викиди інших речовин, які можна зменшити шляхом сортування. 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 відвантаженні цементу, при зберіганні і підготовці твердого палива або паливних відходів.

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.

Оксиди азоту є одним із ключових забруднюючих речовин, викидаються в атмосферу при виробництві цементу. Вони складаються з суміші монооксиду NO («95%») і діоксиду азоту NO₂ (> 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).

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.

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. вибухонебезпечна суміш, здатна до вибуху і руйнування електрофільтру. На сучасних цементних заводах спеціальні пристрої відключають електрофільтр при перевищенні граничного значення концентрації СО в димових газах. Викиди СО, 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 СО з печей для випалу клінкеру зазвичай незначні.

Метали та їх сполуки надходять в піч для випалу клінкеру з сировинними матеріалами і з технологічним паливом.

Вміст сполук хлору і фтору в клінкері зазвичай не перевищує 0,050 - 1% за масою. Вони потрапляють у систему обертальної 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 **ТРЕТЬОМУ РОЗДІЛІ** визначено перерахунок відходів для подальшої обробки, вплив альтернативного палива на склад клінкеру. Розраховано скорочення викидів вуглекислого газу від спалення палива в цементних печах, видобутку палива та розміщення сміття на полігоні.

На основі перерахунку визначено вміст відходів у паливі для кожної пріоритетної області. Відсотковий вміст відходів наведено на рисунку 2.

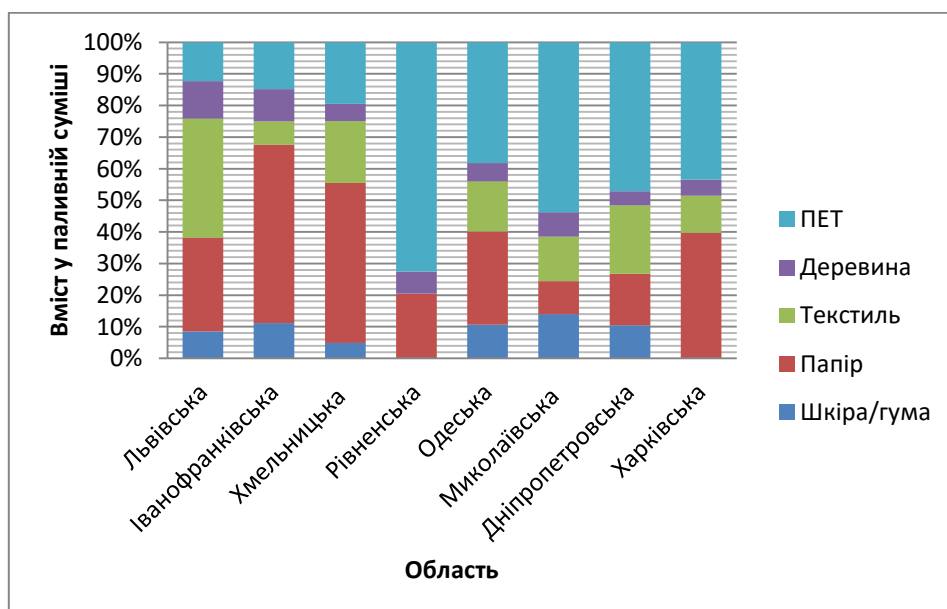


Рисунок 2 – Вміст відходів в альтернативному паливі

Визначено нижчу теплотворну здатність для різних сумішей альтернативного палива та визначено область з найбільшим потенціалом, результати розрахунків наведено на рис.3 .

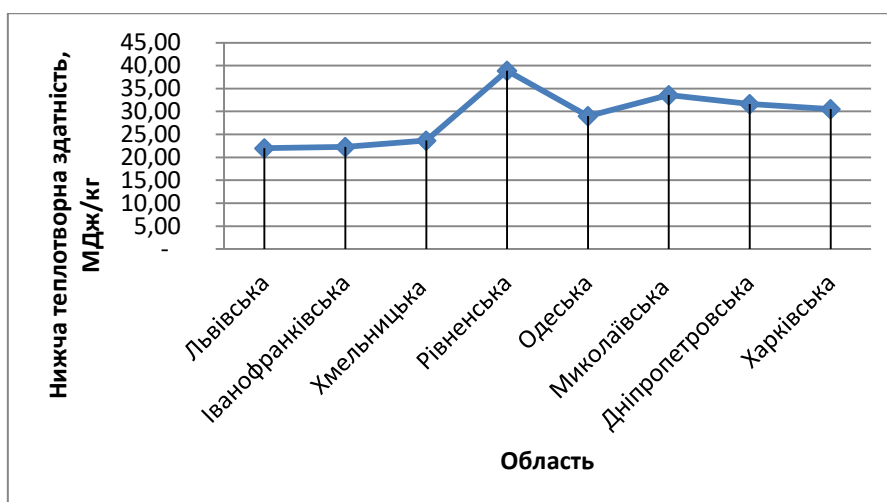


Рисунок 3 – Нижча теплотворна здатність палив для різних областей

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.

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 м³СО₂/т клінкері і можуть бути розраховані для діючих заводів в залежності від річного виробництва клінкеру.

У **ЧЕТВЕРТОМУ РОЗДІЛІ** визначено основні економічні показники впровадження такого заміщення частини палива та розроблено стартап-проект для залучення інвестицій. Враховано також впровадження автоматичного та ручного сортування при виробленні альтернативного палива. Щорічний прибуток склав 545755 грн з урахуванням компенсації ОСВ у розмірі 11 євро за 1 т СО₂; а щорічні втрати – 536858 грн. Частка фінансування інвесторів склала 20 %. Рентабельність складає 21 %, коефіцієнт економічної ефективності 0,17, а період повернення капіталовкладень, тобто термін окупності складає 6 років.

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

Дисертація є закінченою науково-дослідною роботою, в якій вирішена актуальна нова наукова задача із удосконалення технології цементного виробництва шляхом впровадження спільної утилізації відходів з ТПВ у цементних печах з врахуванням логістичної складової з метою зменшення використання викопного палива та зменшення навантаження на полігони ТПВ, що є важливим виконання як державних так і міжнародних вимог ведення діяльності.

Основні наукові і практичні результати роботи полягають у наступному:

1. Проведений аналіз морфологічного складу ТПВ для областей найближчого розташування до цементних заводів, за результатами якого найбільш пріоритетними областями для впровадження за критерієм нижчої теплотворної здатності є Рівненська, Миколаївська та Дніпропетровська області.

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

3. Сумарні викиди були зменшені на 63,836 м³СО₂/т клінкері і можуть бути розраховані для діючих заводів в залежності від річного виробництва клінкеру.

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

5. Визначено основні розрахунки на прикладі Криворізького цементного заводу, для якого зниження викидів склали 77 771 та 33 974 т СО₂/рік від спалювання та видобутку палива відповідно при 30 % заміщення палива.

6. Для заводу розраховано річну економію коштів при виробництві 102 032 т клінкеру/рік для умов Криворізького цементного заводу із застосуванням 30 % альтернативного палива з ТПВ становить 464 245 600 UAH/рік.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Єлецька І.В. Ієрархічний підхід у поводженні з відходами як альтернативного палива для цементної промисловості: матеріали II Науково-технічної конференції магістрантів Інституту енергозбереження та енергоменеджменту (за результатами дисертаційних досліджень магістрантів). Київ, 2019.

Здобувачем визначені показник використання відходів областей у найближчому розташуванні до цементних заводів для спільного спалювання, визначено вплив відходів на клінкер та зменшення викидів діоксиду вуглецю на 1 т клінкеру, що є універсальним показником для впровадження на діючих заводах.

АНОТАЦІЯ

Слецька І. В. – Еколого-економічні дослідження технології виробництва енергії з побутових відходів на цементних заводах – На правах рукопису

Дисертація на здобуття ступеня магістра за спеціальністю 101 – Екологія. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» МОН України, Київ, 2019.

Дослідження еколого-економічних показників при впровадженні спільного спалювання з паливом з твердих побутових відходів. Використання відходів областей найближчого розташування до цементних заводів у якості альтернативного палива на цементних заводах. Вплив морфології відходів на склад клінкеру. Зменшення викидів від процесу спалення відходів, видобутку палива та розміщення на полігоні.

Ключові слова: спільне спалювання, цементне виробництво, тверді побутові відходи, клінкер, зола палива, вуглекислий газ.

ABSTRACT

Yeletska I.- Ecological and economic researches of technology of production of energy from domestic waste at cement plants - As a manuscript

Thesis for a Master's degree, specialty 101 – Ecology. – National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2019.

Investigation of ecological and economic indicators in the implementation of co-incineration with solid waste fuel. Use of waste areas of the closest location to the cement plants as alternative fuel in the cement plants. Impact of waste morphology on clinker composition. Reduction of emissions from waste incineration, fuel extraction and landfill.

Key words: co-processing, cement manufacturing, solid household waste, clinker, ash fuel, carbon gas.

Єлецька Ілона Володимирівна

**ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ
ВИРОБНИЦТВА ЕНЕРГІЇ З ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ НА ЦЕМЕНТНИХ
ЗАВОДАХ**

Спеціальність 101 – Екологія

(Автореферат)