

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет лісового господарства та екології
Кафедра екології

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Зибалова Альона Сергіївна

УДК 622:504

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**«ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА В ТЕХНОЛОГІЯХ ТЕРМІЧНОЇ УТИЛІЗАЦІЇ
ВІДХОДІВ»**

(тема роботи)

101 Екологія

(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття другого рівня вищої освіти - магістр

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.

Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на

відповідне джерело _____ А.С. Зибалова

Керівник роботи:

канд. с.-г. наук, доцент

Борисюк Борис Васильович

Житомир – 2023

АНОТАЦІЯ

Зибалова А.С. Екологічна безпека в технологіях термічної утилізації відходів. Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття другого (магістерського) рівня вищої освіти зі спеціальності 101 екологія – Поліський національний університет. Житомир. 2023.

У науковій роботі приведені матеріали звітних та статистичних даних роботи ТОВ «ЕКО ЗАХИСТ-УКРАЇНА» щодо робіт пов'язаних із збиранням, зберіганням, обробленням, знешкодженням небезпечних відходів та власних спостережень, замірів параметрів екологічної безпеки роботи *Утилізатора термічного УТ-500Д*.

Проаналізовано технологічні та конструктивні особливості УТ-500Д, означені технологічні параметри, що визначають ефективність утилізації небезпечних відходів та рівень очистки димових газів.

Приведена порівняльна екологічних оцінка розрахункових (виходячи з конструктивних особливостей установки) параметрів викидів забруднюючих речовин з фактичними (робочим) та нормативами ГДК_{м.р.}.

Ключові слова: небезпечні відходи, утилізатор термічний, знешкодження, димові гази, забруднюючі речовини, технології, екологічна безпека.

SUMMARY

Zybalova A.S. Environmental safety in thermal waste disposal technologies. Qualification work on manuscript rights.

Qualification work for obtaining the second (master's) level of higher education in the specialty 101 ecology - Polis National University. Zhytomyr. 2023.

The scientific work contains the materials of reporting and statistical data of the work of "ECO PROTECTION-UKRAINE" LLC regarding the work related to the collection, storage, processing, disposal of hazardous waste and own observations, measurements of the environmental safety parameters of the UT-500D Thermal Utilizator.

The technological and design features of the UT-500D were analyzed, the technological parameters determining the efficiency of hazardous waste disposal and the level of flue gas purification were determined.

A comparative ecological evaluation of the calculated (based on the design features of the installation) parameters of pollutant emissions with the actual (working) and standards of the MPC of the city is presented.

Key words: hazardous waste, thermal disposer, disposal, flue gases, pollutants, technologies, environmental safety.

ЗМІСТ

ВСТУП	4	
 РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ		
1.1 Екологічні проблеми в управлінні та утилізації твердих побутових відходів	6	
1.2 Термічне знешкодження небезпечних відходів	8	
 РОЗДІЛ 2 ОБ'ЄКТ, УМОВИ ТА МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ		
2.1. Загальна характеристика виробництва	11	
2.2. Характеристика видів та дотримання норм екологічної безпеки при зберіганні відходів	12	
2.3. Методика проведення інструментальних замірів визначення концентрації забруднюючих речовин	16	
 РОЗДІЛ 3 ТЕХНОЛОГІЯ ТЕРМІЧНОЇ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ		
3.1. Характеристика установки термічного знищення відходів	18	
3.2. Дотримання екологічної безпеки при термічному знешкодженні та обробленні відходів	22	
3.3 Визначення складу та концентрації полуюантів у викидах	24	
 РОЗДІЛ 4 ЕКОЛОГІЧНИЙ АСПЕКТ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ В УСТАНОВЦІ УТИЛІЗАТОР ТЕРМІЧНИЙ УТ – 500Д		26
 ВИСНОВКИ	 29	
 СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	 30	
 ДОДАТОК	 32	

ВСТУП

На сьогодні однією з найгостріших екологічних проблем України є масове накопичення на звалищах твердих побутових відходів та неналежна експлуатація цих полігонів. Полігони твердих побутових відходів стали джерелами забруднення значної площі прилеглих до них територій. Практика збирання, сортування та вивезення ТПВ без екологічно безпечних технологій утилізації відходів не є ефективною.

Розроблена Національна стратегія поводження з ТПВ [1] визначає цілий ряд правових, технологічних заходів на сучасному етапі та довгостроковій перспективі.

Використання застарілих технологій утилізації відходів, переважно складування їх на сміттєзвалищах породили в Україні масу екологічних негараздів для всіх екосфер. Тиск на довкілля здійснює не тільки саме тіло звалища, але і продукти прилегли до звалища забрудненні території. Спалювання відходів за високої температур 1100-1400°C у обертових пічках не є достатньо новою технологією, проте має більший екологічний ефект порівняно з дещо нижчими температурами [2]. В Європейських країнах встановлені жорсткі нормативи [3-4] до технологічних аспектів спалювання відходів, тому в Україні можливі ризики завезення застарілих технологій і обладнання.

Тема наукової роботи досить актуальною для України оскільки дозволяє оцінити вплив технології термічного знищення цілого ряду відходів на довкілля екологічну безпечність використання утилізатора термічного УТ-500Д, як з точки зору забруднення вторинними речовинами в результаті спалювання, так і використання ТВП для отримання теплової енергії.

Мета роботи : Оцінити рівень екологічної безпеки за термічної утилізації твердих побутових та клінічних відходів на установці УТ-500Д. Вивчити досвід збирання, оброблення та утилізації небезпечних відходів підприємством ТОВ «ЕКО ЗАХИСТ-УКРАЇНА».

Завдання:

1. Дослідження технологій та обладнання термічної утилізації небезпечних відходів на утилізаторі термічному УТ-500Д;

2. Оцінити дотримання норм екологічної безпеки при збиранні, оформленні, сортуванні та утилізації ТПВ на підприємстві ТОВ «ЕКО ЗАХИСТ-УКРАЇНА»;

3. Дослідити ступінь екологічної безпеки технології термічної утилізації за показниками викидів димових газів з установки УТ-500Д.

Об’єкт дослідження – конструктивні та технологічні характеристики утилізатора термічного УТ-500Д.

Предмет дослідження – динаміка показників забруднюючих речовин в димових газах при спалюванні небезпечних відходів в технологічних циклах УТ-500Д та газоочисного обладнання ГОУ.

Апробація та впровадження: результати наукового пошуку та роботи доповідались:

- На XVI Всеукраїнській науково-практичній конференції «Наука. Молодь. Екологія-2020» (21 травня 2020, Поліський національний університет) (ДОДАТОК 1);

- на Всеукраїнській науково-практичній конференції присвяченій «Студентські читання - 2021» (1 тур конкурсу наукових студентських робіт) в Поліському національному університеті, викладено в матеріалах «**Студентські наукові читання - 2021**» (ДОДАТОК 2);

- IV Всеукраїнській науково-практичній конференції «Сучасні екологічні проблеми урбанізованих територій» (21 грудня 2021 р. Поліський національний університет (ДОДАТОК 3).

Структура роботи: робота обсягом 38 сторінок машинописного тексту; містить 10 таблиць та 12 рисунків. Складається зі вступу, літературного огляду актуальності теми досліджень, трьох розділів (де приведені: умови, методи досліджень, результати власних досліджень і обговорення), висновків, список використаної літератури (25 джерел), додатків.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Екологічні проблеми в управлінні та утилізації твердих побутових відходів

Якість життя суспільства, нормальна життєдіяльність населення, екологічна безпека держави та охорона навколишнього середовища без розв'язання проблеми раціональної утилізації твердих побутових відходів не можлива. Рівень поведінки з ТПВ в країні визначає ступінь технологічного та соціального розвитку країни.

Світова практика поведінки з ТПВ пропонує три основні шляхи [2] :

- Захоронення на спеціальних полігонах;
- Утилізація твердих побутових відходів шляхом термічного знешкодження (спалювання);
- Збирання, сортування, очищення ТПВ від шкідливих компонентів та їх утилізація в поєднання з рекуперацією.

Національна стратегія поведінки з відходами для України [1] передбачає комплексний підхід в збирання, сортуванні, утилізації та раціональному використанні ТПВ як на державному так і регіональному рівні [5].

Майже у всіх країнах світу проблема утилізації відходів вирішується методом розміщення ТПВ на полігонах [9]. Проблему усугубляється необхідністю відводу цінних земельних площ поблизу міст, переповненістю діючих полігонів, не дотриманням норм санітарного-гігієнічних безпеки тощо [6].

Крім того, в Україні широко розмаху набуває тенденція розміщення відходів у несанкціонованих місцях; в лісах, уздовж доріг, закинутих нежилих приміщеннях, в заплавах річок. Причиною є те, що лише 70% міст та 10% сіл вивозять відходи на полігони [7].

На полігонах ТПВ частими явищами стали горіння з виділенням небезпечних газів, забрудненням земель прилеглих територій, поверхневих та підземних вод [8].

Сучасні темпи урбанізації, розширення асортименту в побуті сучасної техніки та матеріалів одноразового використання спричиняють зростання темпів утворення міських твердих побутових відходів. За кількістю, об'ємами та наслідками впливу на навколишнє середовище ТПВ можна порівняти з промисловими відходами. В Україні на 4,5 тисячах звалищах і полігонам розміщено більше 3 млрд. м³ побутових відходів. Обсяги утворення твердих побутових відходів за 2018 рік склали - 366 млн. т., що в перерахунку на одного жителя становить - 8616 т. [10].

Про те, в частині видів побутових відходів, внаслідок сортування, обсяги переробки зростають (полімерні відходи, макулатура, скляна тара тощо) [17].

В ТПВ частка полімерних відходів складає до 20% від маси і за рік їх кількість обраховується сотнями тисяч тонн [12].

Міські та регіональні власті беруть на себе сьогодні державні функції з управління та екологічно безпечної утилізації відходів. Особлива увага приділена системі управління в сфері поводження з токсичними відходами [13].

Всі етапи збирання, зберігання, оброблення, утилізації та знешкодження небезпечних відходів мають відбуватись централізовано з дотриманням вимог екологічної безпеки. Проведення робіт із складування, або утилізації токсичних відходів без попереджувальних заходів можуть мати небезпечні наслідки для навколишнього середовища, в тому числі здоров'я людини [14].

Судячи з даних матеріалів 9 та 10-го Міжнародних Форумів кількість непридатних в Україні пестицидів та хімікатів становить більше 37 тис. тонн. Кількість та обсяги небезпечних рідких речовин, які потребують утилізації постійно зростає. Умови та стан їх зберігання в багатьох випадках не відповідає санітарно-епідеміологічним нормативам [16].

Поряд з непридатними пестицидами накопичуються і інші види рідких хімічних речовин протерміновані дії та речовини які не відповідають

специфікації. Такі речовини становлять підвищену екологічну безпеку і потребують у виборі методу утилізації ґрунтового аналізу екологічного ризику [17].

В останній 2020 рік значно, у зв'язку з пандемією «сovid-19», загострилась проблема утилізації клінічних відходів. Медичні заклади стикаються з рядом проблем, в тому числі: низький рівень уваги та відсутності розуміння вимог до безпечного зберігання; браку місць екологічно безпечного зберігання інфекційних відходів; відсутності вентиляції та холодильників низьких температур; обмеження у придбанні відповідного обладнання тощо [10].

Ці та цілий ряд інших проблем визначає актуальність термічного методу знешкодження запропонованого на ринку послуг ТОВ «ЕКО ЗАХИСТ-УКРАЇНА».

1.2. Термічне знешкодження небезпечних відходів

В Україні лише 2-3% переробляється, коли у розвинутих переробляються більше половини [8]. Основна проблема у зменшенні кількості відходів є вибір ефективних технологій їх утилізації за двома критеріями; екологічної безпеки та ефективного використання відходів як енергетичного ресурсу, чи інших корисних властивосте [15].

Сьогодні універсального методу екологічно безпечного знешкодження небезпечних речовин не існує. Ті чи інші методи мають цілий ряд вад екологічного, соціального чи економічного характеру. Проте, на думку багатьох вчених в найближчі 10-15 років у практиці широке застосування буде мати комбінований метод, термічної утилізації відходів та використання відходів як джерело енергоносіїв чи вторинних ресурсів [2, 9].

Практичний досвід цивілізованих розвинутих країн засвідчує, що ефективність утилізації, підвищення рівня екологічної безпеки значно вища при переробці на спеціалізованих підприємствах [18].

До числа таких слід віднести і підприємство ТОВ «ЕКО ЗАХИСТ-УКРАЇНА». На підприємстві одночасно проходить збирання, оброблення,

утилізація забрудненої тари та термічне знешкодження небезпечних відходів. Використання в технологіях поведінки з відходами високотемпературного спалювання один з найбільш перспективним в Україні методів серед видів промислової переробки відходів [19].

При термічній технології утилізації за рахунок енергії хімічних і мінеральних компонентів відходів вдається здійснити самопідтримуючий процес горіння, що забезпечує ефективне знешкодження ТПВ за температури 1100-1200°C [2, 11]. Серед недоліків термічної утилізації означені: небезпека забруднення атмосфери, високий вихід золи і шлаків (біля 30%); складність регулювання стабільної температури в основній камері. Використання двостадійного процесу в технології термічної утилізації нівелює вказані недоліки, а також виключає утворення діоксинів та фуранів, забезпечує надійне знешкодження небезпечних відходів [20].

До недоліків термічного знешкодження відходів також відносять використання значної кількості рідкого палива для забезпечення високих температур (до 265 л на тону відходів) та низький коефіцієнт використання теплової енергії (в США не перевищує 65%) [18].

Також, в установках термічного знешкодження не задовольняється перша вимога до будь-якої технології знищення відходів, ступінь деструкції небезпечної речовини має складати 99,99% [21].

Не є секретом, що установки термічного знешкодження під час роботи утворюють вторинні токсичні відходи (феноли, формальдегіди, поліхлоровані дибензодіоксини та інші), які разом з важкими металами викидаються в повітря з димовими газами [18].

Для забезпечення екологічної безпеки за такого методу знешкодження небезпечних відходів слід доповнити технологію досить дорогою системою очистити димових газів [22].

Ефективне очищення димових газів від поліюантів має включати системи які забезпечуватимуть: подвійне фільтрування (ефективні фільтрувальні матеріали, стійкі до високих температур); напівсухе фільтрування для очищення від кислих

газів, мокре для очищення від лужних; використання ефективних дорогих реагентів (сполук сірки, активованого вугілля, окисників) [25].

Дослідження, ряду вчених [24, 25], якості і хімічного складу золи та шлаків показали, що ці відходи спалювання ТПВ містять важкі метали, ртуть, вторинні діоксини, тому і ця мінеральна складова вторинних відходів потребує особливо безпечного методу утилізації.

В цілому проведений аналітичний огляд літературних джерел засвідчує широкий інтерес науковців і практиків до проблем збирання, оброблення небезпечних відходів, в тому числі і методу термічного знешкодження.

Цей метод, на думку багатьох вчених, має цілий ряд позитивних технологічних рішень, однак і ряд вад які можуть нести загрозу забруднення навколишнього середовища вторинними продуктами. Для зниження рівня екологічної небезпеки, на мій погляд, потрібні широкі дослідження складових технологічних процесів та вторинних продуктів температурного спалювання небезпечних відходів.

Ці завдання покладені в основу моїх досліджень, обрахунків та обговорення отриманих результатів.

РОЗДІЛ 2 ОБ'ЄКТ, УМОВИ ТА МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Загальна характеристика виробництва

Підприємство ТОВ «ЕКО ЗАХИСТ-УКРАЇНА» здійснює на території України свою діяльність в ряді областей з оброблення, утилізації, термічного знешкодження небезпечних та помірно небезпечних відходів.

На території проммайданчика площею 540 м² (рис. 1) встановлений в нежитловому приміщенні площею 359.8 м² утилізатор термічний УТ-500Д з системою охолодження та очистки димових газів (рис. 2).



Рис. 1 Розміщення на карті м. Житомира проммайданчика



Рис. 2 Приміщення зі збору та утилізації відходів

Поряд з приміщенням термічного утилізатора відходів розташований пункт прийняття і тимчасового зберігання відходів площею – 140,2 м².

В технології термічної утилізації відходів закладені передові технологічні рішення які передбачають руйнування небезпечних відходів з мінімальним антропогенним навантаженням на довкілля [9].

Конструктивні елементи утилізатора теплового та газоочисного обладнання (ГОУ) забезпечують екологічний та економічний ефект при утилізації відходів.

Екологічний ефект – за рахунок запобігання забруднення навколишнього середовища небезпечними рідкими та газоподібними відходами.

Економічний – зменшення кількості відходів, що потрапляють на полігон і відповідно зменшуються витрати на їх захоронення.

Термічна технологія утилізації відходів включає ряд операцій, екологічна безпека кожного з них формує її екологічність:

- спалювання відходів, допалювання димових газів, збір та підготовка до захоронення шлаку;
- первинна очистка та охолодження димових газів;
- доочистка димових газів для екологічно безпечного їх викиду.

2.2. Характеристика видів та дотримання норм екологічної безпеки при зберіганні відходів

ТОВ «ЕКО ЗАХИС-УКРАЇНА» забезпечує збирання, зберігання, утилізацію та знешкодження небезпечних відходів: відпрацьованих нафтопродуктів; відходів виробництва латексів, пластифікаторів; клінічні та подібні їм відходи медичного догляду; відходи виробництва, одержання і застосування фармацевтичних препаратів; відходів, що містять хімічні речовини в препаратах простроченого терміну придатності, в т.ч. лікарських засобів; відходи пластмас які містять ртуть; відпрацьовані свинцеві батареї, тощо (рис. 3, 4).



Рис.3 Зберігання відходів у контейнерах



Рис. 4 Відходи виробів з пластмас

У випадку тимчасового зберігання відходів у стаціонарних складах чи промислових приміщеннях забезпечуються умови ГОСТ 12.1.005-88 до повітря робочої зони.

Згідно з технічним регламентом для термічної утилізації відходів можуть підлягати і небезпечні відходи різного класу, зокрема:

- відходи, що класифікуються як біологічні (трупи тварин і птахів), до цієї групи належать і відходи ветеринарної медицини;

- клінічні відходи (прострочені медичні препарати, використані шприци інші відходи медицини які потребують утилізації;

- відпрацьовані паливо-мастильні матеріали, ряд побутових органічних відходів (паперові фільтри, фарби з втраченими властивостями, вироби з пластмас), промислові відходи що можуть спалюватись;

- використана паперова, пластмасова, дерев'яна тара яка непридатна для повторного використання, обломки дерев'яних будівель;

- хімічні та органічні речовини які втратили свої первозданні властивості відповідно до специфікації;

- відпрацьовані синтетичні мастила до складу яких входить ПХБ (рис. 5).



Рис. 5. Зберігання рідких небезпечних відходів

Безпечне зберігання відходів одне з головних завдань умілого поводження з відходами [17].

Так, відходи відповідно до їх агрегатного стану зберігаються:

- I класу небезпеки зберігаються в герметичній тарі;
- II класу небезпеки в металевих чи поліетиленових діжках, поліетиленових мішках, пакетах чи іншій спеціальній тарі (рис. 6);
- III класу небезпеки – у тарі локального зберігання яка виключає можливість забруднення довкілля цими відходами.



Рис. 6 Зберігання клінічних відходів

Небезпечні відходи зібрані у неушкоджену, зручну при поведені перевантаження, тару мають відповідний ступінь екологічної безпеки з обов'язковим маркуванням власником відходів, згідно ГОСТ 14192-96.

Відходи паливо-мастильних матеріалів надходять в герметичних маркувальних ємкостях які мають відповідати вимогам екологічної безпеки ГОСТ 21046-86.

2.3 Методика проведення інструментальних замірів визначення концентрації забруднюючих речовин

Для вимірювання концентрації забруднюючих речовин в промислових організованих викидах у витяжних трубах газоочисного обладнання передбачені порти (рис. 7).



Рис. 7 Розміщення портів для замірів концентрації газів у викидах

Замір концентрації поліантів у димових газах термічного утилізатора УТ-500Д здійснювали інструментальним методом відповідно з КНД 211.2.3.063-98 «Метрологічне забезпечення. Відбір проб промислових викидів. Інструкція».

Масову частку інгредієнтів, у вигляді суспендованих твердих часток забруднюючих газів, викидів стаціонарного джерела УТ-500Д досліджували гравітаційним методом відповідно до методики МВВ № 081/12-0161-05.

Визначення масової концентрації пилу у відібраних пробах проводили розрахунковим методом за формулами.

Швидкість газового потоку, V , м/с обчислювали за формулою (1):

$$U = 2 * g * \Delta P * K_t / Y_t \dots\dots\dots(1)$$

де: g – показник прискорення вільного падіння, м/с²;
 ΔP – динамічний тиск, виміряний диференціальним манометром, мм водн. ст.;
 K_t – коефіцієнт напірної трубки;
 Y_t – щільність газового потоку.

Щільність газового потоку визначаємо за формулою (2):

$$Y_t = 0,359 * y_0 (P_{BAR} + P_2) / (273 + t) \dots\dots\dots(2)$$

де: y_0 – щільність газу при 0 °С (для повітря – 1,29 кг/м³);
 P_{BAR} – атмосферний тиск, мм. рт. ст.;
 P_2 – статистичний тиск в газоході, мм. рт. ст.;
 t – температура газу в газоході, °С.

Об'єм відібраної проби газу визначали за формулою (3):

$$V = q'_{vp} * T \dots\dots\dots(3)$$

де: q'_{vp} – об'ємна витрата газу, дм³/хв.;
 T – тривалість відбору проби, хв..

Об'єм відібраної проби газу (V_0 , дм³) зводиться до нормальних умов (273 К, 101,3 кПа, (760 мм. рт. ст.)) за формулою (4):

$$V_0 = 1,583 * V * (P_a - P_p) / (273 + t_p) \dots\dots\dots(4)$$

де: V – об'єм відібраної проби газу, дм³.;
 P_a – атмосферний тиск у період відбору проби, кПа;
 P_p – розрідження перед ротаметром аспіраційного пристрою кПа;
 t_p – температура газу перед аспіраційним пристроєм, °С.

Масову концентрацію пилу (P_v , г/м³) у пробі газу визначали за формулою (5):

$$P_v = (m_2 - m_1 \pm m_x) * 1000 / V_0 \dots\dots\dots(5)$$

де: m_2 – маса фільтруючого елемента після відбору проби, г;
 m_1 – маса фільтруючого елемента до відбору проби, г;
 m_x – маса холостої проби, г;
 V_0 – об'єм відібраної проби газу, зведений до нормальних умов, дм³.

РОЗДІЛ 3 ТЕХНОЛОГІЯ ТЕРМІЧНОЇ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ

3.1. Характеристика установки термічного знищення відходів

Установка термічної утилізації відходів УТ-500Д спроможна знищувати близько 400 кг/год. твердих відходів (вологість не більше 70%) та 200 кг/год. рідких відходів [9, 23].

Утилізатор складається з таких технологічних вузлів:

- шлюзової камери завантаження (рис. 8);
- основної камери спалювання облаштованої пальниками (рис. 8);
- камери допалу обладнаної також пальником (рис. 9);
- люк для видалення золи;
- охолоджувач викидних газів (рис. 10);
- електричний щит керування;
- теплообмінник.



Рис.8. Шлюзова камера завантаження та камера спалювання УТ-500Д

За рахунок додаткової подачі кисню, росту температури і тривалості впродовж 5 с. в камері допалу відбувається ефективне спалювання органічних залишків.



Рис. 9 Камера допалювання викидних газів



Рис. 10 Охолоджувач димових газів та подача сухого реагенту

Управління та контроль технологічних параметрів робота УТ-500Д здійснюються з електричного щита (рис. 11).



Рис. 11 Електричний щит управління УТ-500Д

Технологічна схема утилізації небезпечних відходів складається з:

- ✓ камери спалювання з робочою температурою горіння 1100-1200 °С;
- ✓ модуля хімічної очистки з розпиленням сухого реагенту (рис. 10);
- ✓ модуля охолодження димових газів та відведення тепла;
- ✓ модуля хімічної очистки з розпиленням рідкого реагенту;
- ✓ модуля ГОУ (газоочисного обладнання).

Газоочисне обладнання утилізатора термічного УТ-500Д (циклон, рукавний та сітчастий фільтр) мають забезпечує ефективні очистку димових утворених в оборотних печах як продукт термічного спалювання. На ГОУ димові гази надходять попередню охолоджені в системі рекуперації тепла. Технологічною

картою роботи ГОУ передбачено доочистка димових газів до концентрацій інгредієнтів до вимог Директиви ЄС 2010/75/1:С.

Утилізатор термічний УТ-500Д працює на дизельному паливі та забезпечує такі технічні характеристики термічної утилізації небезпечних відходів (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Основні технічні параметри роботи УТ-500Д

№ п/п	Назва параметра	Значення параметра
1	Максимальне завантаження, кг	500
2	Об'єм камери спалювання, м ³	1,1
3	Швидкість спалювання, кг/год.	150
4	Час розігрівання, хв. не менше	15
5	Максимальна температура в камері допалювання, °С	1300
6	Маса відходів, кг, не більше	2000
7	Розрідження в установці, Па	600
8	Максимальна витрата палива на один пальник, л/год.	20
9	Кількість пальників в камерах (основній/допалу)	4 (3/1)
10	Рівень шуму максимальний, дБ(А), не більше	80
11	Температура димових газів на виході з УТ-500Д, °С	900-1300
12	Температура димових газів після охолодження, °С	До 90

Спалювання діоксинів та фуратів технологічно забезпечується за рахунок нагнітання повітря та створення умови з підвищеною концентрацією (коефіцієнт надлишку кисню ≥ 1.2).

Для зниження рівня теплового забруднення від УТ-500Д технологічно передбачається відведення тепла димових гарів для використання для обігріву приміщень та інших цілей корисного його застосування [9, 11].

3.2. Дотримання екологічної безпеки при термічному знешкодженні та обробленні відходів

Знешкодження небезпечних відходів в утилізаторі тепловому УТ-500Д здійснюється у відповідності до вимог санітарно-державної експертизи та технологічного регламенту. Технологічні параметри роботи установки термічної утилізації відходів визначаються типом і характеристиками основних складових відходів [11].

Зібрані відходи формують у партії від 10 до 15 кілограм, змішуючи їх з вапном. Доля вапнякових матеріалів у складі утилізаційного матеріалу складає до 10%. Укомпоновані матеріали (пошкоджена тара, непридатні пластмасові вироби до 10%, пакувальні матеріали тощо) запаковують у поліетиленові мішки рис. 6 та подають до шлюзової камери.

Із шлюзової камери пакети надходять до основної камери розігрітої до температури 850-900°C. При спалюванні небезпечних відходів температура в основній камері має становити 1100-1200°C. В процесі спалювання отриманий золошлаковий залишок підлягає утилізації за окремим регламентом (рис. 12).



Рис. 12 Золошлакові відходи термічної утилізації

Золошлакові відходи пакуються в поліпропіленову тару партіями до 5 тонн.

В послідуєчому партія золошлакових відходів утилізується на полігоні для промислових відходів відповідно до вимог СанПіН 2.27.029-99 «Гігієнічні вимоги щодо поводження з промисловими відходами та визначення їх класу небезпеки для здоров'я населення». Золошлакові відходи спалювання це в основному мінеральні солі натрію, кальцію, магнію, калію представлені карбонатами, фосфатами та сульфатами.

В регламенті роботи УТ-500Д передбачено додаткове допалення димових газів. За рахунок зростання кисню та додаткового подання енергоносія в камеру допалу димових газів створюються умови для розкладу фтор та хлорорганічних сполук з окисненням вуглеводів до 98%.

В послідуєчих технологічних проходячи через вапнякові матеріали, содовий розчин димові гази очищаються з перетворенням на нешкідливі для довкілля солі.

Для зниження теплового забруднення в установці передбачений модуль охолодження. Там, гарячі гази з температурою 1200°C, що виходять з камери допалу охолоджуються до температури 120-130 °С. Процес охолодження відбувається за участі рідкого реагенту охолоджувача в сумішці з повітрям. Процесі загартування димових газів необхідний для запобігання відтворення токсичних сполук.

В послідуєчих технологічних циклах відбувається кінцева очистка димових газів від пилу, залишків попелу, солей важких металів. Ці дії відбуваються при проходженні димових газів через ряд установок ГОУ – циклон, фільтри. В блоці механічної очистки гази на 99,4-99,5% звільняються від забруднюючих речовин. Проходячи через вуглетканний фільтр димові гази, концентрація полуюантів в яких після допалу і механічної очистки не повинна перевищувати 10 мг/м³, звільняються від важких металів, ванадію, ртуті, кобальту та парів інших металів.

Пропустивши димові гази через обладнання ГОУ одягаємо відповідність концентрації полуюантів до регламентних норм екологічної безпеки. Охолоджені

до температури нижче 100°C та очищення на ГОУ викидаються через витяжну трубу (рис. 7) атмосферу.

У таблиці 3.2. детально розписаний обсяг видалення відходів за класами небезпеки для людини. Дані відходи включають в себе різноманітні матеріали і речовини, що не можуть використовуватися за призначенням через пошкодженість, забрудненість або через інших причини. Щоб зменшити негативний вплив на навколишнє середовище використовують вид обробки відходів – утилізацію [23] .

Таблиця 3.2

Класифікація та обсяги відходів що надходять для спалювання

№ п/п	Код	Найменування	Група	Клас небезпек	Обсяг видалення (тис. тонн)	
					Всього	За попередній рік
1	2	3	4	5	6	7
1.	1740.1.1.12	Зіпсована текстильна сировина, сировина яка не може бути використана за призначенням за призначенням.	17	IV	7,064	7,064
2.	2000.1.2.15	Зіпсований клей, непридатний за призначенням	20	III	133,809	133,809
3.	2000.3.1.27	Меблі офісні та магазинні некондиційні	20	IV	41,233	41,233
4.	2320.1.1.01	Хімічні речовини зіпсовані або невідомого походження	23	II	2,403	2,403
5.	2320.2.9.26	Рідини, які містять нафтопродукти	23	II	6,794	6,794

6.	2416.1.1.02	Полімери матеріали, забруднені чи невідомого походження які не можна використати за призначенням	24	IV	1,416	1,416
7.	2461.2.9.01	Шлакові відходи очистки стічних промислових вод	24	IV	5,733	5,733
8.	2613.3.1.01	Скляна тара яка стала некондиційною та втратила своє призначення	26	IV	0,389	0,389
9.	2820.2.1.17	Рідини мастильно-охолоджувальні синтетичні, відпрацьовані у процесі формування металу	28	IV	44,905	44,905
10.	4010.2.8.01	Шлак паливний	40	IV	4,455	4,455
11.	6000.2.8.10	Паливно-мастильні відпрацьовані рідини, в тому числі трансмісійні масла	60	II	55,289	55,289
12.	7710.3.1.01	Макулатура паперова та картонна	77	IV	18,370	18,370
13.	7710.3.1.10	Деревина та вироби з деревини зіпсовані або використані	77	IV	7,876	7,876
14.	7710.3.1.11	Відходи кухонні органічні, придатні для компостування	77	IV	2,500	2,500
15.	7710.3.1.19	Некондиційні фарби та емалі, лаки, чорнила, зіпсовані речовини для склеювання зіпсовані або відпрацьовані, їх залишки, що не можуть бути використані за призначенням	77	III	135,280	135,280
16.	7730.3.1.07	Одяг захисний зіпсований, відпрацьований чи забруднений	77	IV	5,427	5,427
17.	8510.2.9.07	Інші відходи, збирання та знищення яких не обумовлено спеціальними вимогами для запобігання виникненню інфекції	85	IV	146,834	146,834
18.					<i>Всього</i>	624,961

3.3. Загальна характеристика відходів, що видаляються (спалюються)

Відповідно до заходів, спрямованих на зменшення забруднення атмосферного повітря навколишнього природного середовища, підприємством передбачено проведення моніторингу забруднення атмосферного повітря на межі встановленої СЗЗ.

Протягом року акредитованою лабораторією (згідно Висновку державної санітарно-епідеміологічної експертизи від 20.10.2015 № 05.03.02-07/47540 та Протоколу державно-епідеміологічної експертизи № 2367 від 30.09.2015) таблиця 3.2. буде здійснено відбір зразків повітря.

Згідно Акту від 21 липня 2021 року за дотримання вимог стаття 19 та 22 Закону України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення», ст. 31 Закону України «Про Охорону навколишнього природного середовища, ст 4 Закону України «Про охорону атмосферного повітря» та Протоколу вимірювань забруднюючих речовин в атмосферному повітрі № 33/21 від 13.07.2021 у зразках повітря, відібраних на межі СЗЗ, а саме: 300 м на північ та на захід від джерел викидів, на межі житлової забудови 260 м на схід від джерела викиду (труба утилізатора), на межі житлової забудови 230 м на південь від джерела викиду (труба утилізатора), вміст азоту діоксиду, вуглецю оксиду, пилу (суспендовані тверді частки), фенолу, сірки діоксиду; формальдегіду не перевищує гранично допустимих концентрацій.

Ці показники відповідають нормам «Гігієнічних регламентів гранично допустимої концентрації хімічних та біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць» затверджених наказом МОЗ України № 52 від 14.01.2020.

Вимірювання проведено вимірювальною лабораторією ТОВ «ЕКО МБ» (сертифікат підтвердження компетентності № 008-1/2021 від 26.03.2021 чинний до 17.04.2024).

На підприємстві з термічної утилізації відходів ТОВ «ЕКО ЗАХИСТ-УКРАЇНА» двічі на рік передбачено проведення інспекційного контролю за дотримання концентрації полюантів у викидах стаціонарних джерел

забруднення на рівні більш нижчому від ГДК.

Відповідно до категорії екологічної безпеки місць видалення відходів (МВВ) на підприємстві складений паспорт та здійснюється низька заходів підвищення рівня екологічного контролю (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Категорія екологічної безпеки МВВ

Категорія екологічної безпеки місць видалення відходів			Види державного екологічного контролю, та перелік заходів
□	А	Малонебезпечні	Об'єкти спорадичного регламентного контролю
□	Б	Помірно небезпечні	Включенні до об'єктів періодичного регламентного контролю з обов'язковою розробкою заходів попередження забруднень
■	В	Небезпечні	МВВ де здійснюється постійний державний контролю з обов'язковість заходів моніторингу та локалізації місць і джерел забруднення
□	Г	Надзвичайно небезпечні	Об'єкти особливої (виключної уваги) з боку органів державного контролю. Обов'язковість заходів щодо захисту та моніторингу, припинення та експлуатації

Для забезпечення високого рівня екологічної безпеки в ТОВ «ЕКО ЗАХИСТ - Україна» здійснюється постійно ревізія регламенту роботи УТ – 500Д, обновляються данні паспорту МВВ (табл. 3.4). Паспорт МВВ є обов'язковим документом що регламентує поводження з відходами та визначає комплекс заходів захисту довкілля при розміщенні відходів.

Таблиця 3.4

Календарні терміни перегляду й оновлення даних паспорта МВВ

№ з/п	Дата ревізії	Розділ паспорта до якого внесені і які саме
1	2	3
1	05.03..2023	Розділ II п. 4 обсяг видалених відходів: Запланований режим роботи 6240 год/рік із швидкістю спалювання відходів 350 кг/год при вологості до 25%, швидкість спалювання твердих відходів вологістю до 70% - 150-250 кг/год. п. 5 обсяг видалених відходів за попередній рік <u>624,961 тон</u> (<u>0,625 тис. т</u>).
		Розділ V обсяг видалених відходів за попередній рік 0,625 тис т . п.5 обсяг видалених відходів за попередній рік 624,961 т

3.3 Визначення складу та концентрації поліантів у викидах

Інструментальні вимірювання концентрації забруднюючих речовин, в тому числі речовин у вигляді твердих суспендованих часток, фенолів, формальдегідів, проведені нами для оцінки ефективності роботи ГОУ та дотримання затверджених нормативів ГДВ (гранично допустимих викидів).

Вихідні данні для розрахунку концентрації речовин у вигляді суспендованих частинок в організованих викидах приведені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5

Умови в час відбору проби, швидкість димових газів

Температура повітря, °С	Атмосферний тиск, кПа	Тиск динамічний (серед), Р мм. вод. ст.	Тиск статистичний, Р, мм. вод. ст.	Т-ра газу перед пристроєм аспіраційним, °С	Т-ра вихідних газів, t, °С	К-цієнт напірної трубки,	Діаметр, м
1	99,2	5,06	221,8	3,2	83	0,57	0,63

Для встановлення концентрації пилу та потужності викиду димових газів при робочих умовах в портах витяжних труб здійснюється замір (данні таблиці 3.6).

Таблиця 3.6

Заміри для визначення концентрації твердих суспендованих часток

Об'єм відібраної проби, V, дм ³	Розрідження перед ротаметром, Р _р , кПа	Різниця мас фільтрів, М ₂ -М ₁ , Г
110	1,69	0,0026

Розрахунок проводиться відповідно до формул приведених в підрозділі 2.3

Визначаємо швидкість газового потоку (за формулою 1)

$$U = 2 \cdot 9,8 \cdot 5,06 \cdot 0,57 / 0,989 = 7,560 \text{ (м/с)}$$

Для визначення щільності газового потоку атмосферний тиск (кПа) переводимо

в мм. рт. ст.

$$P_{\text{ст}} = P \cdot 0,00735 = 16,30 \text{ (мм. рт. ст.)}$$

$$P_{\text{БАР}} = 99,2 \cdot 7,5 = 744 \text{ (мм. рт. ст.)}$$

$$\text{Тиск газового потоку } P_{\text{T}} = P_{\text{БАР}} + P_{\text{ст}} = 744 + 16,30 = 760,30 \text{ (мм. рт. ст.)}$$

$$\text{Температура газового потоку } T_{\text{T}} = (273 + t_{\text{T}}) = 273 + 83 = 356 \text{ (°С)}$$

$$P_{\text{T}} / T_{\text{T}} = 760,30 / 356 = 2,136$$

Визначаємо щільність газового потоку (формулою 2)

$$Y_{\text{T}} = 0,359 \cdot 1,29 \cdot (744 + 16,30) / (273 + 3,2) = 0,989 \text{ (кг/м}^3\text{)}$$

Об'єм відібраної проби газу зводимо до нормальних умов (формулою 4)

$$V_0 = 1,583 * 110V (99,2 - 1,69) / (273 + 3,2) = 103,463 \text{ (дм}^3\text{)}$$

Визначаємо масову концентрацію пилу у пробі газу (формулою 5)

$$P_B = 0,0026 * 1000 / 103,463 = 0.025 \text{ (дм}^3\text{)}$$

Для визначення потужності викиду речовин у вигляді суспендованих твердих часток проводи наступні розрахунки:

Знаходимо площу газоходу для визначення об'єму газоповітряної суміші

$$S = 3,14 * 0,3969 / 4 = 0,312 \text{ (м}^2\text{)}$$

Розраховуємо об'єм газоповітряної суміші при робочих умовах

$$q_v = 7,560 * 0,312 = 2,355 \text{ (м}^3\text{/с)}$$

Розраховуємо об'єм газоповітряної суміші при нормальних умовах

$$q_{v0} = 0,359 * q_v * P_r / T_r = 0,359 * 2,355 * 2,136 = 1,806 \text{ (м}^3\text{/с)}$$

Результати розрахунків зводимо в таблицю 3.7

Таблиця 3.7

Зведена таблиця результатів замірів і розрахунків

Швидкість газопилового поток, м/с	Об'єм газоповітряної сумішки, м ³ /с		Концентрація, мг/м ³	Потужність викиду	
	р. у.	н. у.		г/с	кг/год.
7,560	2,355	1,806	25,1	0,045	0,163

Одночасно з визначенням концентрації в димових газах речовин у вигляді твердих суспендованих часток проводилось визначення концентрації формальдегідів (методом СОУ МПП 13.040-156:2007) та фенолу (методом МВХ 08.315-2001) (табл. 4.3).

РОЗДІЛ 4 ЕКОЛОГІЧНИЙ АСПЕКТ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ В УСТАНОВЦІ УТИЛІЗАТОР ТЕРМІЧНИЙ УТ – 500Д

Основним джерелом викидів димових газів в навколишнє середовище в період експлуатації утилізатора термічного УТ-500Д є димова труба.

Приведені данні (табл. 4.1) викидів забруднюючих речовин вказують, що установка УТ-500Д за конструкцією газоочисного обладнання та технологічними параметрами не за всіма компонентами може забезпечувати безпечний викид.

Таблиця 4.1

Данні про викиди УТ 500 в повітря

Найменування речовини	ГДК м. р., ОБРВ, мг/м ³	Клас небезпеки	Концентрація забруд. реч., мг/м ³
01004 Кадмій та його сполуки	0.003	1	3,6 E-5
01007 Ртуть та її сполуки	0,003	1	7,2 E-11
01009 свинець та його сполуки	0.001	1	3.6 E-4
03009 Речовини як суспендовані тверді частки	0,5	3	5,0
04001 Оксид азоту	0,2	3	5,8
04003 Аміак	0,2	4	1,1
05001 Сірки діоксид	0,5	3	0,4
06000 Оксид вуглецю	5	4	334,3
11030 Ксилол	0,2	3	9,6
11036 Спирт метиловий	1,0	3	2,5
11041 Толуол	0,6	3	3,25
11048 Фенол	0,01	2	0,4
11049 Формальдегід	0,035	2	0,5

Так, викиди очищених димових газів за показниками концентрації аміаку, речовин у вигляді твердих суспендованих часток, оксиду вуглецю, спирту метилового, ксилолу, толуолу (табл. 4.1), є надзвичайно небезпечними, особливо фенолу та формальдегіду які відносяться до другого класу небезпек [17, 23].

За таких параметрів забруднюючих речовин у димових газах важливим елементом екологічної безпеки роботи термічного утилізатора небезпечних відходів є ефективність роботи газоочисного обладнання ГОУ. Перед усім

визначальним у роботі ГОУ є конструктивні особливості та технологічні характеристики процесів і хімічних реагентів які мають забезпечувати дотримання норм санітарно-епідеміологічної експертизи.

Так, завдяки технічним характеристикам елементів ГОУ має різний ступінь очистки від діпазон - від 80% у циклону ЦН-15 до 98-99% рукавного фільтру СРФ 8 і вугільного адсорбенту ГЕО 10 (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Ефективність роботи газоочисного обладнання

Найменування ГОУ	Код речовини	Найменування забруднюючої речовини	Концентрація на вході ГОУ мг/м ³	Ефект ГОУ, %	Концентрація на виході ГОУ, мг/м ³
Циклон ЦН-15	<u>03000</u> <u>2902</u>	Речовини як суспендовані тверді частки	2507,0	80	501,4
Рукавний фільтр СРФ 8	<u>03000</u> <u>2902</u>	Речовини як суспендовані тверді частки	501,4	99	5,0
Вугільний адсорбент ГЕО 10	01004	Кадмій та його сполуки	18 E-4	98	3,6 E-5
	01007	Ртуть та її сполуки	3,6 E -9	98	7,2 E-11
	01009	Свинець та його сполуки	0,018	98	3,6 E-4
	11041	Толуол	162,78	98	3,25
	13101	Бенз(а)пирен	1,8 E-9	98	3,6 E-11

Використання в технологічному циклі очистки димових газів циклону ЦН-15 та рукавного вуглетканиного фільтру ГЕО 10 дозволяє значно знизити концентрацію речовин у вигляді твердих суспендованих часток які недиференційовані за складом з 2507 мг/м³ на вході в ГОУ до 5,0 мг/м³ на виході.

Показник 5,0 мг/м³ концентрації речовин у вигляді суспендованих часток значно нижче показника ГДК нормативів викидів ЗР із стаціонарних джерел у 150 мг/м³ затверджених Міністерством охорони навколишнього середовища (Наказ № 309 від 27.06.2006).

Аналіз проведених нами розрахунків викидів ряду забруднюючих речовин порівняно з фактичними показниками концентрації цих речовин в димових газах утилізатора термічного УТ-500Д засвідчили певну невідповідність розрахункових показників з фактичними за рахунок зростання потужності викиду (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

Результати інструментальних замірів та розрахункових показників

Найменування речовини	Клас небезпеки	Розрахункова конструктивна потужність викиду, г/с	Фактична (робоча) потужність викиду, г/с
Речовини у вигляді суспендованих часток	3	0,013889	0,045
Формальдегід	2	0,001409	0,003
Фенол	2	0,001104	0,004

Так, фактичні показники потужності викидів досліджуваних забруднюючих речовин порівняно до розрахункових зросли в 3-4 рази.

Порівняльний аналіз показників потужностей викиду ряд забруднюючих речовин у димових газах утилізатора термічного УТ-500Д показав, що концентрація, а відповідно і потужність викиду цих поліантів, залежить не тільки від конструктивних особливосте установки та обладнання ГОУ, але і від ряду інших не менш важливих чинників, вплив яких потребує дослідження і комплексного аналізу для прийняття науково обґрунтованих технологічних рішень.

Не мало важне для екологічної безпеки має і шумовий спектр роботи УТ-500Д. Так, нами констатовано той факт, що загальний рівень шуму у < 80 дБА, димососу на рівні <112 дБА, циклону, пресу гідравлічного, роторної машини на рівні <75 дБА, в сукупності сумарний шум $L_{a \text{ сум.}}=39,9$ дБА є безпечним – допустима норма 45-55 дБА.

ВИСНОВКИ

1. Термічна технологія утилізації відходів включає ряд операцій, екологічна безпечність кожного з них формує її екологічність:

- спалювання відходів, допалювання димових газів, збір та підготовка до захоронення шлаку;
- первинна очистка та охолодження димових газів;
- доочистка димових газів для екологічно безпечного їх викиду..

2. Установа термічної утилізації відходів УТ-500Д здатна знищувати близько 400 кг/год. твердих відходів (вологість не більше 70%) та 200 кг/год. рідких відходів.

3. Небезпечні відходи на складах ТОВ «ЕКО ЗАХИСТ-УКРАЇНА» зібрані у неушкоджену, зручну при поведенні перевантаження, тару і мають відповідний ступінь екологічної безпеки - обов'язково маркуються власником відходів згідно ГОСТ 14192-96.

4. За рахунок додаткової подачі кисню, росту температури і тривалості впродовж 5 с. в камері допалу відбувається ефективно спалювання органічних залишків.

5. Відповідно до категорії екологічної безпеки місць видалення відходів (МВВ) на підприємстві складений паспорт та здійснюється низька заходів підвищення рівня екологічного контролю

6. Викиди очищених димових газів за показниками концентрації аміаку, речовин у вигляді твердих суспендованих часток, оксиду вуглецю, спирту метилового, ксилолу, толуолу є надзвичайно небезпечними, особливо фенолу та формальдегіду які відносяться до другого класу небезпек.

7. Використання в технологічному циклі очистки димових газів циклону ЦН-15 та рукавного вуглетканиного фільтру ГЕО 10 дозволяє значно знизити концентрацію речовин у вигляді твердих суспендованих часток які недиференційовані за складом з 2507 мг/м³ на вході в ГОУ до 5,0 мг/м³ на виході.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Національна стратегія поводження з відходами для України. Робочий варіант. К: 2016. 77 с.
2. Козій О.І., Петрук М.П., Вахула О.М. Термічне знешкодження твердих побутових відходів: Європейських досвід. *Комунальне господарство міст*. 2015, випуск 120 (1). С. 122-125.
3. Директива 2008/98/ ЄС про відходи.
4. Директива 2000/76/ ЄС про спалювання відходів.
5. Зеркалов Д.В. Енергозбереження в Україні [Електронний ресурс]: Довідник. К.: Основа, 2009.
6. Лифшиц А.Б. Современная практика управления твердыми бытовыми отходами. *Чистый город*. 1999. № 1(5). С. 2-10.
7. Бровдій В.М., Гаца О.О. Екологічні проблеми України. К.: НПУ ім. М.П. Драгоманова. 2000. 111 с.
8. Охріменко О.В., Вогнівенко Л.П., Біла Т.А. Методи переробки твердих побутових відходів. *Таврійський науковий вісник*. Херсон: ДВНЗ «ХНАУ», 2018. № 101. С. 214-219.
9. Козій О.І. Петрук А.П. Вахула О.М. Термічне знешкодження твердих побутових відходів: Європейський досвід. *Комунальне господарство міст*. 2015, вип.. 120 (1). С. 122-125.
10. Аналітичний звіт «Базове дослідження стану та напрямків розвитку екологічної політики України ...». К.: Відродження. 2019. 117 с.
11. Шаго Є.П. Екологічні аспекти термічного оброблення (знешкодження) відходів. Збірник статей III Всеукраїнського з'їзду екологів. ВНТУ, 2011. С. 75-78.
12. Пономарьова В.Т., Лихачова М.М., Ткачик З.А. Використання пластмасових відходів за кордоном. *Пластичні маси*. 2008. № 5. С. 44-48.
13. Андрощук О.В., Андрощук І.В. Система управління в сфері поводження з токсичними відходами. Збірник статей III Всеукраїнського з'їзду екологів. Том 1. Вінниця: ВНТУ, 2011. С. 43-45.

14. Годовська Т.Б., Фещенко В.П. Еколого-економічний аналіз менеджменту твердих побутових відходів на прикладі Житомирської області. *Вісник ЖНАЕУ*. 2010. № 2. С. 25-26.
15. Шаго Є.П. Екологічні аспекти термічного оброблення (знешкодження) відходів. *Збірник статей III Всеукраїнського з'їзду екологів*. Том 1. Вінниця: ВНТУ, 2011. С. 75-78.
16. Акімов В.І., Андрусенко М.І., Голік Ю.С. Проблеми накопичення та утилізації непридатних до використання пестицидів у Полтавській області. *Світ довкілля*. 2005. № 5. С. 12-13.
17. Петрук В.Г., Турчик П.М., Панченко Т.І. Аналіз техногенних ризиків зберігання та знешкодження небезпечних речовин. *Збірник статей III Всеукраїнського з'їзду екологів*. Том 1. Вінниця: ВНТУ, 2011. С. 104-106.
18. Шаго Є.П. Аналіз існуючих технологій термічного знешкодження відходів. *Вісник КрНУ ім. м. Остроградського*. Вип. 2. 2012. С. 179-183.
19. Бобович Б.Б., Девяткин В.В. Переработка отходов производства и потребления. *Справочник*. Х.: Металлика, 2000. 496 с.
20. Потапов Н.И., Юдин А.Г. Наилучшие доступные технологии в области сжигания отходов. *Экологическая экспертиза*, 2012. С. 57-73.
21. Крайнов И.П., Скоробогатов В.М. Технологии уничтожения СОЗ. *Экологии и ресурсосбережение*. НАНУ. 2002. № 4. С. 45-49.
22. Ходарев О.В. Переробка твердих побутових відходів як фактор економічного розвитку України [Електронний ресурс]. <http://www.economy.nayka.com.ua>.
23. Зибалова А.С. Термічний метод утилізації небезпечних відходів. *Сучасні екологічні проблеми урбанізованих територій*. 2021. С. 29-30.
24. Управління та поводження з відходами. Частина 2. Тверді побутові відходи: навч. посіб. /Петрук В.Г. та інші. Вінниця: ВНТУ, 2013. 243 с.
25. Войцеховская А., Кравченко О., Мелень-Забрамна О., Панькевич М. Крайні європейські практики управління відходами *Посібник*. Вид. «Компанія «Мунускрипт»», Львів. 2019. 64 с.

ДОДАТОК