

ЕНЕРГЕТИКА

УДК 628.47

DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2025.4.1/14>**Абдулін М.З.**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**Хмара П.П.**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**Шахбазов І.О.**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ОЧИЩЕННЯ ВИХІДНИХ ГАЗІВ СМІТТЄСПАЛЮВАЛЬНИХ ПЕЧЕЙ В ТОПКАХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КОТЛІВ

У статті представлено огляд літератури щодо ефективності термічної переробки твердих побутових відходів, з наголошенням на екологічному аспекті зазначеного методу переробки, в топках енергетичних котлів.

В даний час, а також в минулому і майбутньому, завжди актуальна тема бережливого відношення до навколишнього середовища. Якщо зробити огляд основних економічних та соціальних проблем людства, можна побачити постійно існуючу проблему необхідності утилізації твердих побутових відходів (ТПВ). Програмними документами, включаючи державні стратегії розвитку, взято за мету знизити утворення забруднюючих речовин та передбачити можливість використання побутових відходів як альтернативного джерела енергії та ресурсів. До речі, виконавши це завдання, можна буде прискорити темпи переходу до високотехнологічних, максимально безвідходних моделей функціонування економіки. Маючи на увазі гостроту проблеми утилізації ТПВ, говориться про те, що в разі не вирішення її, існуватиме загроза критичного забруднення довкілля. Тому, вважаємо за необхідне зробити широкий аналіз технологій сміттєспалювання та очищення вихідних газів після спалювання. Починати треба з такого положення, що при роботі сміттєспалювальних заводів основною вимогою, що пред'являється до їх експлуатації, є жорсткий контроль за рівнем забруднення довкілля. При спалюванні сміття, серед продуктів згоряння, які потрапляють в атмосферу, значну частку займають дуже небезпечні речовини, такі як діоксини та фурани, концентрація яких в викидах залежить від температурного режиму, технологічного регламенту та складу спалюваних відходів. При проведенні огляду наявних в даний час технологій спалювання, з'ясовано, що утворення діоксинів і фуранів відбувається за відносно низьких температур (до 800°C). Нажаль, навіть сучасні системи газоочищення не в змозі забезпечити екологічної безпеки сміттєспалювання. В цій статті використана інформація із робіт, які описують методи переробки ТПВ, а також приділяється увага знешкодженню джерел утворення діоксинів термічним способом. Цю проблему не можливо вирішити без сучасних ефективних технологій спалювання.

Ключові слова: тверді побутові відходи, сміття, термообробка, спалювання, утилізація, діоксини, газоочистка, поновлювальні ресурси, екологічна безпека.

Постановка проблеми. В період за останніх 100 років суспільство більш ніж в 1000 разів збільшило споживання природних енергетичних

ресурсів, що призвело до збільшення кількості та різноманітності відходів. Весь цивілізований світ намагається зменшувати кількість відходів, яко-

мога повніше переробляти або використовувати їх, і вже на стадії планування нових товарів мати способи та шляхи їхньої утилізації.

Якщо прийняти той факт, що у теперішніх умовах господарювання великого значення набула проблема забруднення навколишнього середовища результатами життєдіяльності суспільства, то можна сформулювати одну з найважливіших екологічних, економічних, моральних та соціальних проблем людства – це проблема знешкодження твердих побутових відходів (ТПВ).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В Україні, задля зменшення забруднення навколишнього середовища і раціонального використання енергетичних ресурсів, розроблено Енергетичну стратегію на період до 2035 року [1], і в ній важлива роль відводиться охороні довкілля. Основними моментами в реалізації стратегічних цілей у цій сфері має бути завдання «створити систему стимулювання використання відходів як джерела енергії для виробництва теплової та електричної енергії».

Наявна Директива Європейського Союзу зумовлює критерії для охорони довкілля та здоров'я людини. Досягти цього планується за допомогою запобігання утворенню відходів, зменшення негативних наслідків від утворення відходів та їх подальшого знешкодження. Напрямок усунення, за можливістю, загальних наслідків використання природних ресурсів з подальшим підвищенням ефективності такого використання, вважається дуже важливим в процесі переходу до циркулярної економіки [2].

Проаналізувавши теперішній стан і тенденції розвитку практики утилізації в світі, можна побачити, що основними методами знешкодження є застосування термічної обробки ТПВ (в основному мова йде про спалювання). До переваг термічної переробки відноситься майже повне знешкодження відходів, в результаті чого утворюється сухий і відносно безпечний залишок (шлак чи пил), значне скорочення маси (у 3–6 разів) та об'єму (у 10–15 разів) залишку [3], якщо порівняти з початковим матеріалом. Застосовується також можливість використання відходів в якості джерела матеріальних ресурсів і енергії [3].

Постановка завдання. Метою даної роботи є аналіз останніх публікацій щодо висвітлення проблем термічних методів переробки сміття та інших відходів, з приділенням уваги технологіям, які дозволяють отримати корисну сировину або енергоресурс від спалювання сміття з мінімальним впливом на довкілля.

Для досягнення поставленої цілі, необхідно проаналізувати існуючі технології спалювання різних відходів у топках енергетичних котлів, та визначити найбільш перспективні для України технології термообробки відходів. Особливу увагу слід приділити ролі технологій спалювання, які дозволяють забезпечити необхідні екологічні нормативи при роботі обладнання, таким чином вирішивши проблему очищення вихідних газів.

Виклад основного матеріалу. На момент написання статті [3], в Україні й світі інтенсивно розвивались такі основні напрямки знешкодження маси твердих побутових відходів – спалювання на сміттєспалювальних заводах (ССЗ), або захоронення на звалищах (полігонах), також використовувався метод поховання з отриманням біогазу.

Спалювання ТПВ є саме по собі небезпечним технологічним процесом, який провокує виділення багатьох шкідливих речовин, знаних як діоксини, фурані, біфеніли, та інші забруднювачі, а також достатньо велика кількість пилу [4]. Із переліку продуктів, які виділяються при спалюванні, можемо сміливо сказати, що найбільш небезпечними є діоксини.

Діоксини – це дуже сильні канцерогени, які є небезпечними в будь-яких концентраціях. Крім онкологічних захворювань, вони можуть також викликати пригнічення імунітету, безпліддя, та вроджені патології. Діоксини розповсюджуються в верхньому шарі ґрунту, донних відкладеннях, воді, рибі, повітрі, овочах і т.д. Вони мають характеристики надзвичайно високої стійкості до хімічного та біологічного розкладання, а також є чинником довготривалого забруднення біосфери [5]. Одним з основних джерел утворення діоксинів з подальшим потраплянням їх у довкілля, є спалювання хлор-містких сполук, як приклад спалювання пластмас.

Високотемпературний піроліз можна назвати одним з найперспективніших методів переробки ТПВ, якщо мати на увазі екологічну безпеку, а також маючи завдання отримання вторинних цінних продуктів, таких як синтез-газ, шлаки, метали та інші матеріали, яким доцільно знайти пряме застосування на різних об'єктах економіки країни [6].

Наприклад, у Донецькій області було розроблено проект, який був направлений на впровадження системи «Створення відділень піролізу та когенерації на регіональному полігоні будівельних та промислових відходів із комплексом переробки ТПВ» [3]. В цьому проекті використовувався провідний зарубіжний досвід щодо пово-

дження з ТПВ, а також враховано особливості вітчизняних підприємств, які займаються спалюванням відходів.

Світовий досвід в галузі термічної переробки ТПВ, для зменшення утворення діоксинів та пониження їх концентрації у викидах в навколишнє середовище, застосовує складні системи газоочищення, які мають високий рівень капіталовкладень на їх застосування.

Принципова відмінність вищезгаданої технології від традиційно використовуваної технології піролізу у тому, що отриманий синтез-газ забирається від високотемпературної зони реактора. Процес спалювання відходів налаштований таким чином, що дозволяє додержуватись усіх встановлених нормативних вимог відносно знешкодження стійких органічних шкідливих речовин, у тому числі діоксинів, враховуючи тривалість термообробки (5–6 годин), та температурні режими [3].

Варто зазначити, що виникнення діоксинів не очікується саме за рахунок часових і термічних особливостей протікання процесу піролізу, а не властивостей обладнання [3]. Це дозволяє без появи небезпеки для екологічної ситуації суттєво знизити капітальні витрати у порівнянні із зарубіжними аналогами. Замкненість системи, малий займаний об'єм обладнання та висока екологічність дають можливості для розміщення підприємств такого типу у межах міст. Результатом процесу піролізу є те, що з однієї тони ТПВ виробляється близько 1200 кВт·год електроенергії та 250 кг шлаку. Шлак, який утворено в результаті спалювання ТПВ, якщо проаналізувати за хімічним складом, можна віднести до природного базальту та використовувати в якості будівельного матеріалу.

При спалюванні ТПВ в котлах ССЗ в першу чергу згорають органіка й полімери. Проте в разі вилучення цих компонентів із маси сміття, процес згорання такого сміття стає енергетично неефективним. До того ж, результатом сміттєспалювання є шлак та попіл, в об'ємі близько 30% початкової маси ТПВ. Як стверджують автори [7], наше законодавство намагається заохочувати використовувати дані матеріали в різних галузях будівельної та дорожньо-ремонтної промисловості. Проте з часом, основна більшість національних законодавств починає процес прирівнювання попілу та шлаку до небезпечних відходів, та вводить нові норми поховання з відповідними цінами.

При спалюванні ТПВ утворюється значна кількість енергії, яка може бути використана для отри-

мання теплоти опалення, технологічної пари та електроенергії. Схеми, які вирішують таку задачу, ефективно працюють у Китаї [8] та країнах Євро-союзу [9]. На даний час у нас, в Україні, ситуація, яка склалась, суттєво відрізняється в гіршу сторону від світових стандартів в технологічному плані. На сьогодні ми маємо деякі труднощі з експлуатацією ССЗ. Причиною цього є здорожчання газу, яким виконується теплова підсвітка при спалюванні ТПВ, газ починають економити, в результаті чого сміття не встигає пройти повного згорання, та не може бути доведеним до стану шлаку. В результаті, в продуктах спалювання на виході з ССЗ маємо обгоріле сміття в той час, коли бажали отримати попіл та шлак.

Єдиний наразі сміттєспалювальний завод в Україні – це завод «Енергія» [10]. На ньому в наш час утилізується близько 25% від загальної кількості сміття столиці нашої держави. Теплова енергія, яка утворюється в результаті спалювання відходів, забезпечує гарячим водопостачанням та опаленням близько 300 багатоповерхових будинків у районі «Позняки» міста Києва. Завод виробляє 200 тис. Гкал теплової енергії на рік, що замінює до 30 млн. м³ газу. На виході з сміттєспалювальних котлів встановлені електрофільтри, що збирають пил та шкідливі речовини димових газів. На момент написання статті [10] на цей завод планувалося встановити ще й систему хімічного очищення димових газів. Це повинно було б зменшити рівень шкідливих викидів у 5 разів. Будівництво такої системи передбачає декілька етапів і триватиме орієнтовно два роки за умови вчасного фінансування.

Згідно роботи [11] єдиним повністю надійним способом позбавлення відходів ССЗ від органічних забруднювачів можна назвати їх термічну обробку: спалювання, піроліз та газифікацію. Позитивним ефектом термообробки є знешкодження органічних складових сміття, проте, вона супроводжується виходом у димові гази солей важких металів та усіх інших токсинів. Цілком логічно, що виникає необхідність встановлювання дуже коштовних систем газоочистки, також необхідно вирішувати проблеми переробки золи, оскільки вона майже завжди містить недопалений вуглець.

Термічна утилізація відходів може бути моноспалювальною або передбачати сумісне спалювання, наприклад, з вугіллям чи газом. Вона налічує декілька визнаних технологій: моноспалювання у печах з киплячим шаром; спалювання у багатоподових печах; термічна деструкція

у циклонних та обертових печах; піроліз; газифікація. Сумісне спалювання відходів відбувається у топках енергетичних котлів з киплячим шаром, у факельних топках та у печах спалювання ТПВ [11].

Якщо говорити про конструкційні особливості спалювальних пристроїв, можна назвати обертові та багатоподові печі, та системи високотемпературного піролізу. Перевагою перших (обертових та багатоподових печей) є об'єднання в одному робочому просторі зон сушіння та горіння. Серед недоліків таких печей можна назвати нещільність, високу капітало- та енергоємність, швидку корозію елементів, а для багатоподових печей на додаток ще й нерівномірність температур в об'ємі речовини. На противагу вищезгаданим, печі з киплячим шаром забезпечують рівномірність температур у шарі, доволі низьку температуру горіння та відносно низькі значення викидів NO_x , CO , SO_2 , Cl , F , а також надійне вигорання з малими втратами. Однак дані технології киплячого шару мають відносно невисокий ККД перетворення отриманої теплової енергії відходів в електричну внаслідок своєї складності, в основному потребують ретельного догляду та вживання заходів для запобігання потрапляння габаритних включень у робочий простір.

Згадуючи про можливий вміст діоксинів та їх аналогів у викидах при спалюванні сміття, то він здебільшого має залежність від наявності в ТПВ спектру хлорорганічних речовин та хлорполімерів. Особливо тут треба нагадати про небезпечних попередників діоксинів, таких як поліхлорфеноли, поліхлорбензоли [12]. Склад продуктів згорання в викидах різних систем спалювання також має залежність від систем очищення, які застосовані на цих ССЗ.

Як стверджується авторами [13], найбільш ефективним при знешкодженні ТПВ на ССЗ є процес піролізу, оскільки він здійснюється високотемпературними реакторами за рівнем температур понад 1600°C при наявному дефіциті кисню, і при цьому не вимагає попередньої підготовки сміття. Належно високий рівень температури буде забезпечувати надійне руйнування фактично повного спектру складних органічних речовин, суцільне окислення їх до простіших горючих (горючий газ) або негорючих (шлак) сполук. Під час такого піролізу ТПВ процес викиду небезпечних шкідливих речовин у навколишнє середовище мінімальний, але реальна собівартість таких систем відносно висока.

Згідно з Нормативами [2], технологія перебування ТПВ в гарячій зоні камери спалювання має бути такою, щоб гарантовано забезпечити перебування продуктів згорання у зоні горіння з температурою, більшою за 850°C , і часом не менше 2 с (правило 2-х секунд). Концентрація кисню має бути не менше ніж 6 % (коефіцієнт надлишку повітря не менший за 1,4). Слід зазначити, що це складно досяжна вимога, якої важко дотримуватись постійно в процесі безперервної роботи ССЗ. Можемо побачити, що для постійного виконання цієї умови, ми маємо одночасно забезпечити високий рівень температури і достатньо високий надлишок повітря (мал. 1). До того ж потрібно зважати на те, що згадана вимога тривалості 2-х секунд перебування в зоні високих температур гарантує, що реальна концентрація діоксинів і фуранів у відхідних газах повинна стати прийнятною для їх надійного очищення до регламентованих $0,1 \text{ нг/м}^3$.

Однак, такі умови вимагають необхідність брати до уваги таку особливу властивість діоксинів, як схильність їх до повторного синтезу у холодній зоні.

Основною вимогою запобігання повторному утворенню поліхлорованих з'єднань під час всіх видів термодеструкції, вважається наявність якісного та постійно регульованого процесу спалювання, який унеможливить синтез попередників діоксинів і фуранів [14]. Такий процес має включати контроль складу і підготовку відходів не тільки перед спалюванням, а й на етапі збору (встановлення попередніх обмежень з номенклатури і розмірів відходів, візуальний огляд і подальший відбір прибуваючих відходів з місць збирання). Якщо технологія спалювання правильно підібрана та добре контрольована, тоді відбувається ефективна деструкція шкідливих вихідних речовин. Коли ми розглядаємо зону охолодження установки (там, де має відбуватись утилізація енергії), основним завданням в цій зоні буде саме підтримування відповідного температурного режиму (мова йде про максимально швидке охолодження газів у вузькому проміжку між 450°C і 200°C) та рівномірність температурного поля, що забезпечить запобігання від повторного утворення шкідливих сполук.

Технологія спалювання, яка передбачатиме допалювання продуктів згорання відходів в топках енергетичних котлів, зможе забезпечити більш повний та надійний розклад діоксинів і фуранів, що має унеможливити їх повторний синтез. Додатковим позитивним ефектом вищезгаданого

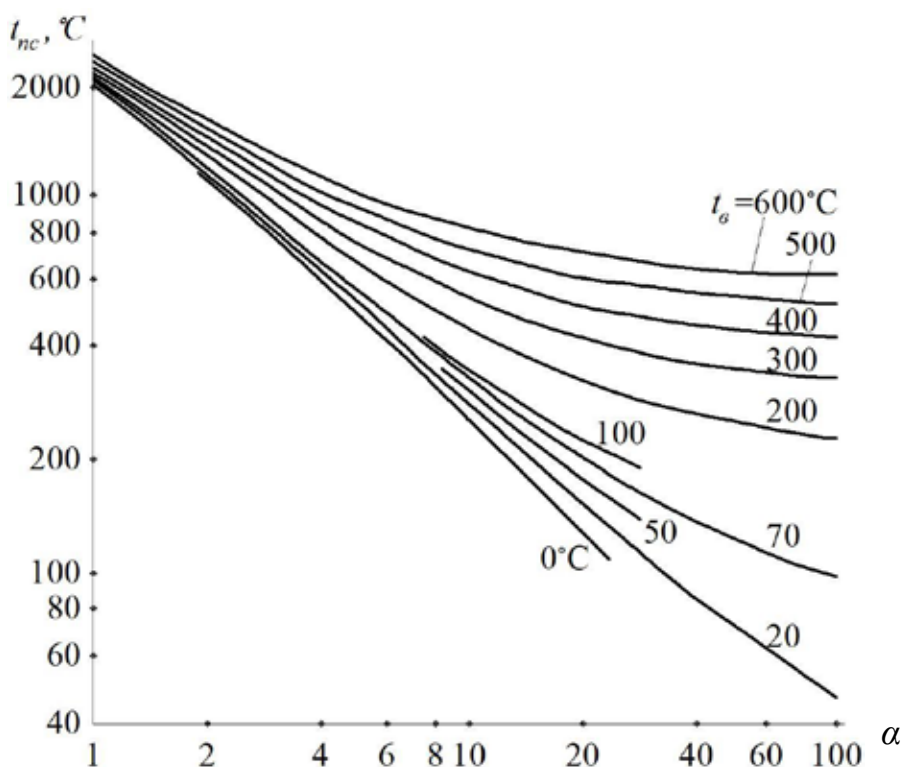


Рис. 1. Графік залежності температури продуктів згоряння від коефіцієнту надлишку повітря

підходу може стати зниження концентрації викидів NO_x у вихідних газах самих енергетичних котлів, внаслідок зниження температури їх факела, що також стає нагальним завданням на даний час.

Розглянувши склад ТПВ з точки зору шкідливих складових та горючої частки, можемо зазначити неможливість постійного виконання межових значень викидів діоксинів ($0,1 \text{ нг/м}^3$) тільки за допомогою перелічених вище способів спалювання. Тому, необхідним стає застосування додаткового спалювання продуктів згоряння, а також вловлювання шкідливих викидів.

Температурний режим на вході у зону видалення пилу (електрофільтри і рукавні фільтри) має бути на рівні якомога нижчому за 200°C , тому що в цьому разі поліхлоровані з'єднання будуть добре зчеплюватись з наявними частинками пилу. Такий ефект досягається не тільки додатковим охолодженням, а ще й зменшенням часу перебування розглядуваних пилових частинок за вищих температур [14]. Крім того, не варто забувати про фізико-хімічні методи: каталітичне окиснення для видалення шкідливих поліхлорованих з'єднань у рукавних фільтрах та відома вугільна адсорбція (інжекція активованого вугілля, або вугільної суспензії). Поєднання механічного пиловидалення з якісною хімічною деструкцією сприяє максимально можливому зменшенню викидів шкід-

ливих поліхлорованих з'єднань у повітря [14]. Але вдування адсорбенту (активованого вугілля) в технологічні гази є небезпечним через можливе загоряння пилу (а саме коксового пилу) у фільтрах при вдуванні вугілля більше 50 мг/м^3 .

Найбільш оптимальною технологією для вище згаданого типу спалювання (допалювання продуктів згоряння в топках енергетичних котлів) та ефективної боротьби з діоксинами і фуранами, може стати Струменеві-Нішева Технологія спалювання (СНТ), розроблена в «КПІ ім. Ігоря Сікорського» [15]. Дані конструкції пальників дають суттєві переваги у порівнянні із традиційними. Серед переваг можна назвати менші гідравлічні втрати тиску по тракту окисника, автомобільність та більшу ефективність технологічного процесу сумішоутворення як палива з окисником так і з баластним повітрям в області введення палива в потік. Все це надійно відбувається у широких діапазонах швидкостей, і, відповідно, високих коефіцієнтах широти регулювання робочого діапазону потужності вогне-технічного обладнання. Пальники СНТ надійно забезпечують стійку роботу при $\alpha=1,01\text{--}1,03$.

Висновки. За результатами даного огляду представлених робіт ми можемо встановити, що для того, щоб не наближатися до ситуації вірогідної екологічної катастрофи, в нашій країні потрібно

реалізувати, для початку, на законодавчому рівні відповідність до діючої Директиви 2008/98/ЄС про відходи. З огляду на відомий досвід Європи, можна сказати, що в порівняльному аналізі ситуації, на фоні найбільш розвинених країн, Україна має наразі доволі серйозні проблеми і застосовує чи не найбільш застарілі методи та технології в галузі присвячених знешкодженню твердих побутових відходів (ТПВ).

Наукова спільнота, керівництво країни та людство загалом мають бути серйозно занепокоєні тим, що шкідливі речовини, зокрема діоксини та фурани, навіть у дуже малих кількостях негативно впливають на здоров'я людей та стан довкілля. Аналіз наявних технологій в енергетиці показав, що синтез діоксинів в основному відбувається за низьких температур саме в процесі спалювання відходів. Сучасні встановлені системи газоочищення не є повністю досконалими, тому вони не можуть дати нам ефективне забезпечення екологічної безпеки довкілля при сміттєспалюванні, оскільки не буде виконана така умова як повне видалення токсикантів.

Складування та захоронення ТПВ – можуть бути простими в реалізації, але є небезпечними протягом тривалого часу способами утилізації,

оскільки вони однозначно дуже негативно впливають на навколишнє середовище. Більш ефективним та надійним способом знешкодження ТПВ необхідно вважати високотемпературне спалювання. Ця технологія відмінно вирішує багато завдань, та має суттєві переваги, так як є практично безвідходною. Вона знешкоджує майже всі матеріали переробки; забезпечує таку високу ступінь очищення газів, яка відповідає найсуворішим вимогам; а також вона дозволяє додатково отримати корисну теплоту.

У даному аспекті, технології спалювання «КПП ім. Ігоря Сікорського» можна вважати найбільш перспективними засобами ефективного використання в допалювальних пристроях. В силу того, що вони широко апробовані та успішно застосовуються на багатьох різноманітних об'єктах нашої країни, не виключаючи такі відповідальні та складні як, наприклад, високотемпературні печі металургії. Технології спалювання «КПП» не тільки постійно удосконалюються, а й проходять експериментальні та налагоджувальні випробування спочатку в лабораторних умовах університету, а потім і на діючому обладнанні. Все це приводить до подальшого надійного та ефективного використання їх в промисловості.

Список літератури:

1. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність»: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 18 серпня 2017 р. № 605-р / Верховна Рада України. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/file/text/58/f469391n10.pdf> (дата звернення: 21.11.2023).
2. Директива Європейського парламенту і Ради 2008/98/ЄС від 19 листопада 2008 року про відходи та про скасування деяких директив. URL: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/55-GOEEI/2008-98-ec.pdf> (дата звернення: 22.11.2023).
3. Ходарев О. В. Переробка твердих побутових відходів як фактор економічного розвитку України. *Ефективна економіка*. 2011. № 11. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=1353> (дата звернення: 23.11.2023).
4. Бахарев В. С. Оцінка рівня техногенної небезпеки промислових підприємств в умовах пилового забруднення атмосферного повітря / В. С. Бахарев // Вісник КДПУ. – Кременчук: КДПУ. – 2005. № 5 (34). С. 121–125.
5. Діоксини // Вікіпедія: вільна енциклопедія. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Діоксини> (дата звернення: 24.11.2023).
6. Основні напрямки діяльності ДП УкрНТЦ «Енергосталь». URL: <http://energostal.kharkov.ua/> (дата звернення: 25.11.2023).
7. Аналіз потенціалу твердих побутових відходів як сировини для виробництва альтернативних палив в Україні / І. Трофімов та ін. Системні еколого-енергетичні дослідження. 2016. № 2. С. 105–111.
8. Municipal solid waste fueled power generation in China: a case study of Waste-to-Energy in Changchun City / H. Cheng et al. *Environmental Science & Technology*. 2007. Vol. 41, № 21. P. 7509–7515. DOI: 10.1021/es071416g.
9. Grosso M., Motta A., Rigamonti L. Efficiency of energy recovery from waste incineration in the light of the new Waste Framework Directive. *Waste Management*. 2010. Vol. 30, № 7. P. 1238–1243. DOI: 10.1016/j.wasman.2010.02.036.
10. Єдиний сміттєспалювальний завод в Україні: як він працює // UABIO: Біоенергетична асоціація України. URL: <https://uabio.org/news/184/> (дата звернення: 26.11.2023).

11. Карп І., П'яних К., Нікітін Є. Проблема утилізації та знешкодження мулових осадів міських стічних вод та шляхи її вирішення. Енерготехнології та ресурсозбереження. 2017. № 2. С. 35–48. DOI: 10.33070/etars.2.2017.05.
12. Mukherjee A., Debnath B., Ghosh S. K. A Review on Technologies of Removal of Dioxins and Furans from Incinerator Flue Gas. *Procedia Environmental Sciences*. 2016. Vol. 35. P. 528–540. DOI: 10.1016/j.proenv.2016.07.037.
13. Козій О. І. Термічне знешкодження твердих побутових відходів: європейський досвід / О. І. Козій, М. П. Петрук, Я. І. Вахула // Зб. “Комунальне господарство міст”. – Харків, 2015. – 120(1). – С. 122–125.
14. Діоксинова проблема сміттєспалювання / О. І. Козій та ін. Хімія, технологія речовин та їх застосування. 2017. № 868. С. 291–297.
15. Mykhailo Abdulin, Oleksandr Siryi, Tetiana Sheleshei, Energy and ecological assessment of gas burning boiler equipment, 2022 *IEEE 8th International Conference on Energy Smart Systems (ESS) (Kyiv, 12-14 October 2022)*. Kyiv, Ukraine, 2022. P. 102–107. DOI: 10.1109/ESS57819.2022.9969254.

Abdulin M.Z., Khmara P.P., Shakhbazov I.O. PURIFICATION OF EMISSION GAS OF INCINERATION FURNISHERS IN THE FIREPLACES OF ENERGY BOILERS

The article presents the literature review on the effectiveness of thermal processing of municipal solid waste with emphasis on the environmental aspect of the designated processing method in the furnaces of energy boilers.

At present, as well as in the past and future, the topic of a careful attitude to the environment has always been relevant. If we take a look at the main economic and social problems of humanity, we can see the ever-present problem of the need to dispose of municipal solid waste (MSW). It is worth noting that program documents, including state development strategies, aim to reduce the formation of pollutants and provide the possibility of using household waste as an alternative source of energy and resources. By the way, having completed this task, we will be able to accelerate the pace of transition to high-tech, maximum waste-free models of economic functioning. Bearing in mind the acuteness of the problem of MSW disposal, we can say that if we do not solve it, we will face the threat of critical environmental pollution. Therefore, we consider it necessary to conduct a broad analysis of the technologies of waste incineration processes and the purification of exhaust gases after combustion. We must start from the position that when operating waste incineration plants, the main requirement for their operation is strict control over the level of environmental pollution. When burning waste, among the combustion products that enter the atmosphere, a significant share is occupied by very dangerous substances, such as dioxins and furans, the concentration of which in emissions depends on the temperature regime, technological regulations and the composition of the incinerated waste. When reviewing currently available incineration technologies, it was found that the formation of dioxins and furans occurs at relatively low temperatures (up to 800°C). Unfortunately, even modern gas purification systems are not able to ensure the environmental safety of incineration. This article uses information from works that describe methods of MSW processing, and also pays attention to the neutralization of dioxin formation sources by thermal methods. This problem cannot be solved without modern effective incineration technologies.

Key words: municipal solid waste, garbage, heat treatment, incineration, disposal, dioxins, gas treatment, renewable resources, environmental safety.

Дата надходження статті: 03.07.2025

Дата прийняття статті: 11.07.2025

Опубліковано: 27.10.2025