

УДК 628.1–628.3

РІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ЗНЕШКОДЖЕННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ
ВІДХОДІВ УДОСКОНАЛЕНИМ МЕТОДОМ ВТЕП

Луньова О. В.
ДонНТУ

В статті розглянуті і проаналізовані два закордонних способи утилізації відходів: метод «Torraх», з додаванням повітря і метод «Rigox» з додаванням кисню. Обґрунтовано підхід до рішення проблеми знешкодження твердих побутових відходів удосконаленим екологічно безпечним методом ВТЕП. Показано і проаналізовано хімічний склад газів на виході з реактору пролізу при цих технологіях. Запропонована схема екологічно безпечної переробки твердих побутових відходів методом ВТЕП з одержанням електроенергії та товарного шлаку.

По масштабу негативних впливів на навколишнє природне середовище найважливіше місце займають тверді побутові відходи (ТПВ). По своєму складу вони неоднорідні і нестабільні суміші відходів, що надходять з житлових будинків, магазинів, лікарень, комунальних служб, установ і ін. Щорічний приріст ТПВ в Україні складає близько 35 млн.м³, а накопичена за всі роки їхня кількість досягає більш 3 млрд. м³ [1–3]. Тільки в Донецькій області щорічний приріст ТПВ складає 6 млн.м³, що складає 350 – 400 кг/рік на 1 людину [4].

ТПВ небезпечні як для навколишнього природного середовища, так і для всього людства через процеси окислювання, гниття і впливів атмосферних опадів. Щоб нейтралізувати шкідливий вплив ТПВ необхідно здійснювати їхнє знешкодження й утилізацію. У зв'язку з цим проблема видалення і знешкодження ТПВ перетворюється в екологічну проблему. Вона є однією із самих гострих і важкорозв'язуваних екологічних задач. Кардинальним рішенням цієї задачі вважається термічна обробка ТПВ. З огляду на її недоліки, можна затверджувати, що інтерес до цього процесу як засобу знешкодження ТПВ активізується завдяки енергетичній цінності відходів. Однією з основних енергетичних характеристик ТПВ є їхня теплотворна здатність. З роботи Гонопольського А.М. [5] видно, що за теплотехнічними показниками побутові відходи можна зіставити з бурим вугіллям, які застосовуються в тепловій енергетиці (особливо в Німеччині), а також близьким по енергетичній цінності паливним сланцям (Естонія).

Виснаження природних запасів, висока собівартість видобутку паливних корисних копалин, висока вартість кам'яного вугілля як енергоносія, усе це з'явилося передумовами для пошуку нових шляхів розвитку енергетики. В умовах ринкової економіки досягти поставлену мету можна тільки на економічно вигідній комерційній основі.

Економічна доцільність одержання енергії досягається при дотриманні наступних вимог: використання доступного і дешевого палива за умови його стабільних запасів; застосування нових високоефективних і економічно вигідних технологій і екологічно безпечного устаткування. Перспективним напрямком використання ТПВ як палива є їхнє спалювання з метою одержання на виході, як правило, електричної і теплової енергії. Заводи, що спалюють ТПВ, по суті є ТЕС, що перетворюють хімічну енергію в електричну [6].

За умови високої вартості доставки ТПВ оптимальним є використання мини ТЕС, розташовуваних безпосередньо біля постачальників побутових відходів, тобто включати їх у міську інфраструктуру [7, 8].

Як альтернатива спалюванню в багатьох країнах досліджується і впроваджується технологія піролізу твердих побутових відходів — термічна деструкція органічної частини ТПВ без доступу кисню, а також розплавлювання неорганічних компонентів [9].

У процесі піролізу відбувається перерозподіл твердої органічної, а також вуглеводнісної неорганічної частини ТПВ, у бік утворення рідких вуглеводнів з більш низькою молекулярною масою (головним чином смоли) і горючих газів (метан, водень, оксид вуглецю)

Технологічна послідовність процесу піролізу складається з чотирьох послідовних етапів:

- сортування сміття з метою відбору великогабаритних предметів, кольорових і чорних металів;
- одержання синтезу-газу і побічних хімічних сполук — хлору, азоту, фтору, а також шлаку при розплавлюванні металів, скла, кераміки, шляхом газифікації;
- очищення синтезу-газу з метою підвищення його енергоємності й екологічних властивостей;
- спалювання синтезу-газу, що пройшов очищення, у казанах-утилізаторах для одержання пару, гарячої води або електроенергії.

У технології піролізу ТПВ є дві основних переваги порівняно зі сміттєспалюванням: значне зменшення забруднення повітряного і водного середовищ, що дозволяє розміщати установки піролізу в

місті; практично повна утилізація потенційних матеріальних і енергетичних ресурсів, що утримуються в побутових відходах. Основним достоїнством піролізних установок є здатність переробляти відходи, що містять пластмасу і гуму — речовини, що погано піддаються переробці іншими методами.

На сьогоднішній день у світі існує багато різних варіантів технологічного оформлення процесу піролізу. Проаналізуємо два закордонних способи утилізації відходів: метод «Торгах», з додаванням повітря і метод «Ругох» з додаванням кисню [9]. По методу «Торгах», що розроблений в США, ТПВ завантажують зверху в реактор і під дією сили ваги вони послідовно проходять зони сушіння, піролізу, первинного горіння і плавлення.

Розкладання органічної частини сировини в зоні піролізу відбувається практично без доступу вільного кисню завдяки теплу висхідного потоку гарячих газів із зони первинного горіння і плавлення. У нижній частині реактора відбувається горіння твердих вуглеродвміщуючих продуктів, саме сюди подається підігріте до температури 1100°C повітря. Температура, необхідна для плавлення неорганічних компонентів ТПВ, у цій зоні досягає 1650°C. Утворений розплав безперервно виводиться з реактора в жужільну ванну, а газоподібні продукти піролізу при температурі 430–480°C виводяться з реактора і направляються в камеру спалювання.

В описаному способі введення тепла в реактор виключити влучення вільного кисню в зону піролізу можна тільки при спалюванні палива з невеликим кисню, тому одержати стабільно високі температури, що забезпечували б розплавлення всіх неорганічних компонентів, за таких умов важко. У зв'язку з цим не всі мінеральні компоненти відходів розплавляються. За рахунок цього порушується безперервність випуску шлаку і дестабілізується процес у цілому, тому стабільність протікання процесу піролізу з безперебійним плавленням усіх неорганічних включень і безперервним випуском шлаку по методу «Торгах» забезпечити неможливо.

Газоподібні продукти піролізу, що виводяться з реактора при температурі 430–480°C непридатні для безпосереднього використання через велику кількість олій, вологи, інших окислювачів. Для одержання товарного енергетичного газу проводять його багаторівневе очищення й у результаті, по методу «Торгах», одержують газ, що містить, %: водню — 11,2; метану — 1,9; інших вуглеводнів — 0,8; оксиду вуглецю — 10,3, двоокису вуглецю — 10,5; кисню — 3 і азоту — 62,3 [9].

По методу «Ругох» відходи також подаються у верхню частину реактора, а в нижню його частину вдувається кисень, а не повітря. При взаємодії кисню з твердим вуглецевміщуючим залишком піролізу одержують робочу температуру в нижній зоні реактора — 1650°C. Така температура забезпечує плавлення неорганічних компонентів відходів, а гарячі гази, що виходять у результаті горіння вуглецевого залишку, піднімаючи нагору по висоті реактора забезпечують піроліз відходів і їхнє сушіння.

З реактора піролізу газ відсмоктується при температурі близько 100°C, з високим змістом вологи, олій і інших баластових компонентів, тобто газ непридатний для безпосереднього використання. Після багаторівневого очищення газ по методу «Ругох» уміщає, %: водню — 24; оксиду вуглецю — 40; метану — 5,6; інших вуглеводнів — 5,4; двоокису вуглецю — 24 і азоту — 1 [9].

Таким чином, способом утилізації побутових відходів по методу «Ругох», неможливо:

- забезпечити стабільне плавлення неорганічних компонентів довільного хімічного складу без порушення технологічних основ процесу піролізу;
- запобігти розведення вироблюваного газу оліями, вологою й окислювачами;
- забезпечити знешкодження утворених у процесі піролізу токсичних з'єднань, поліпшити якість вироблюваного енергетичного газу, а також підвищити стабільність ходу процесу і його екологічну безпеку.

Загальне достоїнство установок піролізу — витрати на технологічний процес покриваються за рахунок власного виробництва, а загальним недоліком установок низькотемпературного і високотемпературного піролізу є відповідно: нестабільний хід процесу, неможливість забезпечити безперебійне плавлення усіх без винятку неорганічних компонентів ТПВ без підвищення окисного потенціалу атмосфери реактора; продукція поганої якості через те, що піролізні олії мають складний хімічний склад, у них утримується велика кількість води і вони термічно нестабільні, тому непридатні для використання як хімічну сировину; виникають проблеми з розплавленням мінеральних компонентів ТПВ і випуском шлаку, тому що складно підтримувати стабільно високу температуру (1500–1800°C).

Проаналізувавши й узагальнивши світовий досвід спалювання сміття, можна зробити висновок, що рішення проблеми шкідливих викидів при знешкодженні ТПВ повинне починатися на більш

високому рівні, чим буде визначатися не тільки екологічна чистота технології, але і її конкурентноздатність на світовому ринку.

На основі результатів виконаних досліджень автором розроблені вимоги до сучасної екологічно безпечної технології знешкодження ТПВ.

Така технологія повинна забезпечувати обробку ТПВ довільного хімічного складу (як сортованих, так і нерозділених); протікати при мінімальному впливі на навколишнє природне середовище (шляхом усунення токсичних речовин — з'єднань важких металів, диоксинів, фуранів — у реакторі, і уловлювання залишкових, менш шкідливих, речовин — кислих та нейтральних газів, а також летучої золи — за межами реактора); забезпечувати найбільш повне використання теплової енергії і матеріальних ресурсів, що утримуються в ТПВ (шляхом максимальної утилізації газоподібних продуктів і шлаку); мати низькі капітальні й експлуатаційні витрати; допускати можливість розташування таких установок поблизу житлової забудови; забезпечувати ритмічність цілодобової та круглорічної роботи.

Автором роботи пропонується удосконалення існуючого способу утилізації ТПВ методом [10]. Автором досліджено і обґрунтовано ефективний спосіб утилізації відходів по методу ВТЕП за допомогою ефекту Ранке, що підкріплено патентом України [11]. В якому запропоновані шляхи усунення недоліків класичного способу пролізу. В результаті, по методу ВТЕП одержують газ, що містить, %: водню — 39,5; оксиду вуглецю — 59,5; азоту — 0,5; хлористого водоводу — 0,2; діоксиду сірки — 0,1.

На рис. 1 представлений хімічний склад газів на виході з реактору пролізу при розглянутих технологіях Тогах, Ругох, ВТЕП.

Хімічний склад газу по методу «Тогах» свідчить про низьку його якість, що обумовлено високим умістом баластовим домішок (N_2 , CO_2) і іншими (на рис.1 – Прочие) вуглеводнями, до складу яких входить бенза-пірен ($C_{20}H_{12}$), тому поліпшити якість газу й очистити його від хімічних з'єднань по описаному методу не можливо. По методу «Ругох» замість повітря використовується чистий кисень, тому зміст окислювачів залишається високим, але можливо запобігти розведенню газу азотом. Наявність великої кількості токсичних домішок у газі при виході з реактора піролізу обумовлено утворенням у процесі піролізу при температурах 200–300°C токсичних з'єднань у суміші з іншими летучими, тому що, піднімаючи нагору сировині, що завантажується назустріч зверху, і, частково остудивши, виводяться з реактора, без хімічних

перетворень, а температурні умови для подальшого їхнього розкладання відсутні.

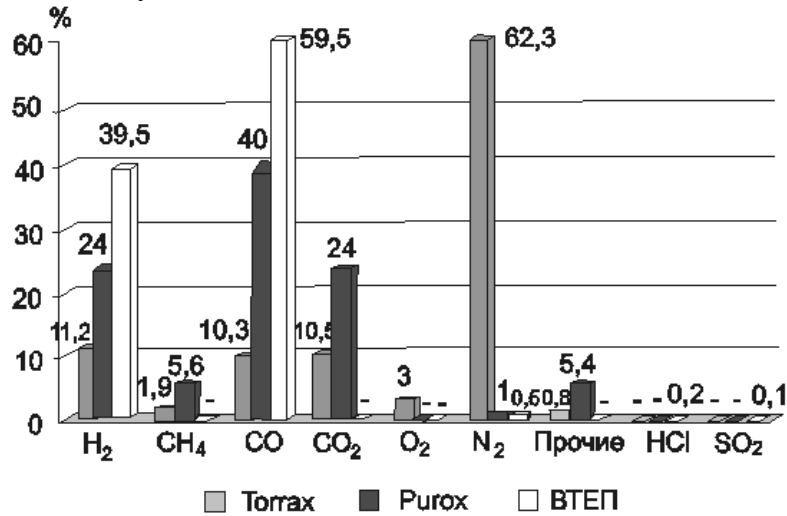


Рис.1. Хімічний склад газів (%) на виході з реактору пролізу при технологіях «Торгах», «Пугох», ВТЕП

Автором вирішується актуальна науково-прикладна задача підвищення екологічної безпеки способу утилізації ТПВ шляхом використання вперше запропонованих технологічних особливостей ведення процесу. При цьому, для зменшення технічних і економічних труднощів передбачається здійснювати термообробку нерозділених потоків ТПВ.

Реалізацію способу здійснюється за технологічною схемою, яка представлена на рис. 2. Вона включає блок прийому, блок піролізу, теплоенергетичний блок с пристроєм газоочищення от летучої золи, зовнішній блок.

Відходи, що надходять на переробний комплекс, без попередньої обробки і класифікації по складу, вивантажуються в накопичувальну яму, відкіля за допомогою грейферного крана подаються в прийомні лійки реактора піролізу. З лійки через похилу тічку, що виключає контакт атмосфери реактора з навколишнім середовищем, відходи переміщуються в шахту реактора піролізу.

Завантаження здійснюється в режимі, що забезпечує постійне заповнювання шахти. Під дією сили ваги відходи послідовно проходять зони сушіння, піролізу, первинного горіння і плавлення.

Термічне розкладання органічної частини сировини в зоні піролізу здійснюється без доступу вільного кисню за рахунок тепла, що надходить із зони первинного горіння і плавлення. Неорганічні компоненти відходів плавляться в нижній частині реактору, де розташована зона теплогенерації, що представляє собою шар розпеченого до температури 1700–1800°C коксу.

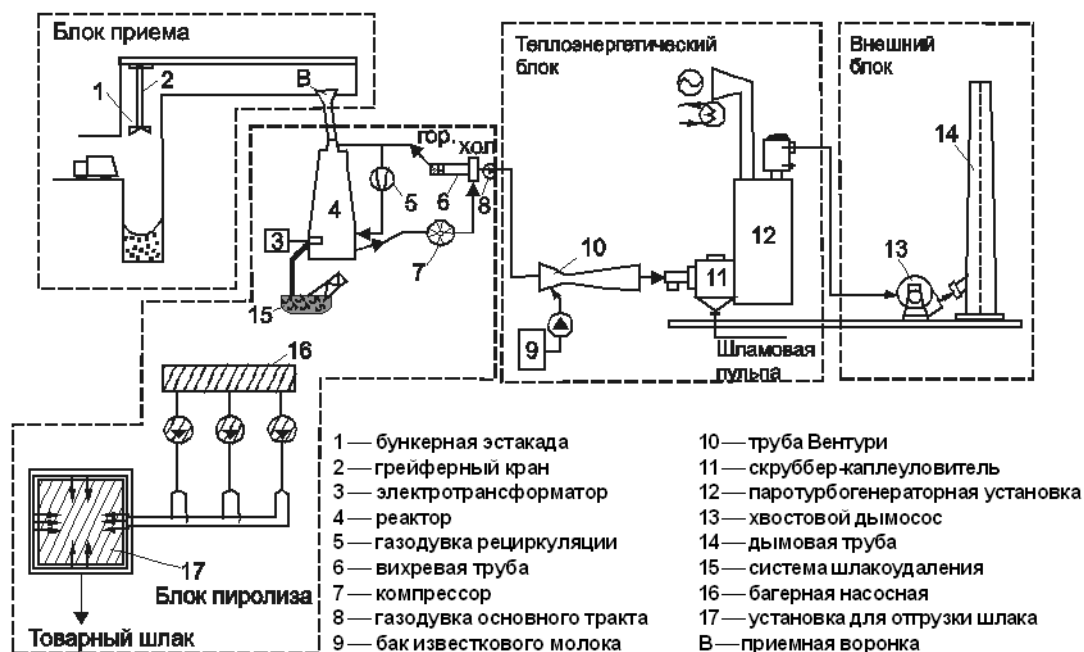


Рис. 2. Схема переработки ТПВ усовершенствованным методом ВТЕП с одержанням електроенергії та товарного шлаку

Заданий рівень температур забезпечується пропусканням через кокс електричного струму. Отриманий жувільний розплав безупинно виводиться через герметичну пастку у водоохолоджувану ванну, де утвориться гранульований шлак. Найвні у відходах метали плавляться, виводяться з реактора і гранулюються попутно з жувільними складовими. Згодом метали можуть бути витягнуті за допомогою магнітної сепарації.

Завершальна стадія піролізу проходить шляхом фільтрації газів крізь шар розпеченого до 1700–1800°C коксу. Підтримка зазначеного рівня температур необхідна, по-перше, для гарантованого розплавлювання всіх мінеральних складових ТПВ, а, по-друге, — ці температури виключають існування будь-яких токсичних вуглеводнів. Наприклад, утворення такого токсичного з'єднання як бензапірен ($C_{20}H_{12}$) при температурі понад 1500°C неможливо навіть теоретично.

Фільтрацією продуктів піролізу крізь шар коксу виключається також утворення таких небезпечних забруднюючу атмосферу газів, як оксиди азоту. Профільтровані крізь розпечений шар коксу газоподібні продукти піролізу приділяються в нижній зоні реактору. Температура вихідних з реактора газів може досягати 1500°C. При їхньому поступовому охолодженні можливий синтез діоксиноподібних з'єднань. Для запобігання цього явища використовується вихрова труба [11].

Таким чином, по методу ВТЕП, удосконаленому автором, досягається такий технічний результат: висока температура процесів, що протікають, підвищує екологічну безпеку й ефективність даного способу утилізації відходів, у якому шляхом уведення додаткових конструктивних ознак, забезпечується стабільність процесу та безперерйне плавлення неорганічних компонентів довільного хімічного складу; виключаються умови забруднення одержуваного енергетичного газу баластними домішками; попереджається випуск із реактора шкідливих хімічних сполук.

Література

30. Державна програма поводження з ТПВ: Постанова Кабінету Міністрів України від 04.03.04 №265.
2. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2001 р. — К.: Видавництво Раєвського, 2003. — 184 с.
3. Лапицький В. М., Борисовська О. О., Катічев О. М. Проблема переробки і утилізації твердих побутових відходів в Україні та шляхи її вирішення// Сб.: Проблемы сбора, переработки и утилизации отходов. — Одесса, ОЦНТЭИ. — 2004. — 488 с.
4. Кудрявцев А. А. Экологические аспекты сепарации твердых бытовых отходов// Труды II международной научно-практической конференции Экологические проблемы индустриальных мегаполисов, Москва, 2005 — 218 с.
5. Гонопольский А. М. И др. Твердые бытовые отходы как энергетическое топливо. Инженерная защита окружающей среды. Сборник докладов Международной конференции / Под ред. Д. А. Баранова, Н. Е. Николайкиной, В. А. Миронова. — М.: МГУИЭ, 2002. — 244 с.
6. Тугов А. Н. Москвичев В. Ф., Родионов В. И. Опыт ВТИ в создании и освоении современных ТЭС, сжигающих ТПВ // Пятый международный конгресс по управлению отходами и природоохранным технологиям, сборник докладов ВэйстТэк-2007. — Москва, 2007.
7. Гелетій З. С., Синкевич Б. Г. Шляхи підвищення економічної ефективності виробництва електричної енергії підприємствами з переробленням побутових відходів // Энергетика и электрификация, 2002. — № 8.
8. Синкевич Б. Г., Гелетій З. С. Економічна ефективність використання низькоякісного твердого побутового топлива для виробництва енергії // Энергетика и электрификация, 2002. — № 8.
9. Алексеев Г. М. И др. Индустриальные методы санитарной очистки городов. — Л.: Стройиздат, 1983. — 96 с.
10. Горда. В. И. Патент № 35979А, Украина, на изобретение. Способ утилизации бытовых отходов, заявлен 16.06.99г., опубликован 16.04.2001г., бюл. №3, 2001.
11. Лунева О. В., Горда В. И. И др. Патент № 79548, Украина, Способ утилизации отходов, заявлен 26.09.2005 г., опубликован 10.04.2007 г., бюл. № 4.

30.04.08