

УДК 66.074.3

МЕТОДИ ОЧИСТКИ ВИКИДІВ ПІДПРИЄМСТВ ТЕРМІЧНОГО ЗНЕШКОДЖЕННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

Крот О.П.¹, д.т.н., доц.; Ровенський О.І.², к.т.н., с.н.с.; Пуховой О.В.¹

¹Харківський національний університет будівництва та архітектури,
Харків, Україна;

²Північно-Східний Науковий Центр Національної академії наук України

Вступ. Загально визнано, що найбільш прийнятними методом переробки та знешкодження муніципальних відходів є спалювання на спеціально призначених для цього підприємствах. Спалювання відходів дозволяє зменшити обсяг відходів, скоротити загрузку на полігони та отримувати необхідну теплову та електричну енергії. Для вирішення проблеми зменшення негативного впливу процесів спалювання на навколишнього середовища пропонується використовувати багатоступінчасту систему очистки газових викидів. Для нейтралізації особливо токсичних речовин (діоксинів та поліциклічних ароматичних вуглеводнів) авторами пропонується використовувати каталітичну очистку. Каталітичні системи для нейтралізації викидів автомобільного транспорту досить широко розкриті у дослідженнях, проте використання каталізаторів у технологіях очистки викидів після спалювання твердих побутових відходів (ТПВ) недостатньо вивчені.

Постановка проблеми.

Об'єктом досліджень даної роботи є процес очищення вентиляційних (промислових) газових викидів від вуглеводнів, хлорорганічних сполук і сірковмісних речовин.

Метою експериментальних досліджень було вивчення каталітичної активності обраних каталізаторів, кінетики окислення вуглеводнів і побудова кінетичної моделі в процесі окислення окремо кожного компонента і їх сумішей, а також пошук оптимальних технологічних режимів.

Огляд літературних джерел.

Автори дослідження [1] проаналізували всі стадії процесу каталітичного очищення в реакціях повного окислення бензолу та монооксиду вуглецю. Була досліджена площа активної поверхні каталізатора та отримана стабільна каталітична реакція [1]. Каталітичні нейтралізатори вихлопних газів використовуються з 1975 року і є невід'ємною частиною автомобільної індустрії. У дослідженні [2] було доведено, що система виборчої каталітичної нейтралізації оксидів азоту етанолом на каталізаторі Ag/Al_2O_3 значно знижує викиди у змодельованому середовищі вихлопних газів двигуна. У цій статті спочатку оцінювалася ефективність каталізатора на випробувальному стенді двигуна і досліджувався вплив каталізатора на концентрацію твердих частинок у викидах. У дослідженні [3] представлені характеристики каталітичних нейтралізаторів, виготовлених з летючої золи вугілля, для зниження викидів від автотранспортних засобів. Для очищення викидів сміттєспалювальної установки використовують декілька процесів і технологій [4]. Під установкою для спалювання ТПВ розуміють такий комплекс обладнання (рис. 1): камера (камери) спалювання (згоряння) та допалювання, котел, систему очищення димових газів від спалювання, обладнання для перетворення енергії і відновлення, наприклад, теплообмінник, що постачає районне опалення або мережу охолодження і турбінний генератор. Першим кроком нейтралізації викидів є камера до-

опалювання, у якій встановлюється додатковий паливник для підтримки температури 1000°C. Другим кроком очистки газів у більшості сміттєспалювальних установок є видалення летючого попелу, що може бути зроблено за допомогою циклонів, електростатичного осаджувача (електрофільтра) або тканинного фільтра.

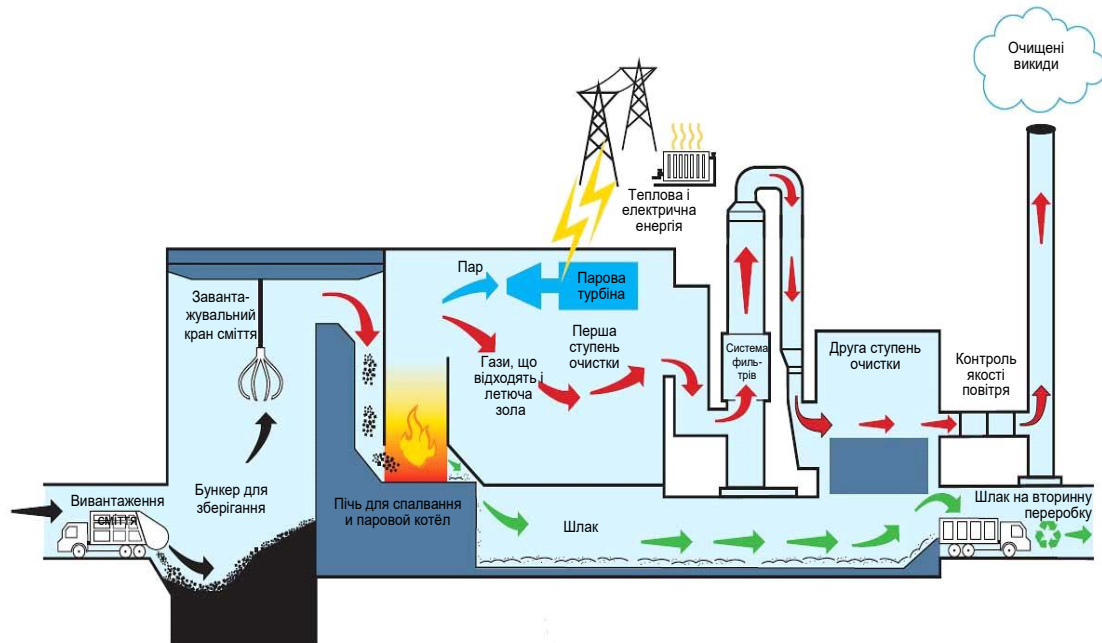


Рисунок 1 – Технологія спалювання відходів з отриманням енергії (www.EcoMaine.org) [4]

Хімічне очищення газів, які утворюються після спалювання сміття, може бути виконано двома основними способами: мокре очищення або сухе.

Принцип мокрого очищення – це поглинання газоподібних компонентів в рідині. Ефективність такого процесу поглинання залежить перш за все від доступної поверхні рідини, яка контролює перенесення маси з газу в рідку фазу. Для досягнення цієї мети використовуються різні апарати: скрубери Вентурі, порожнисті, пінні газопромивачі тощо.

Мокра очистка є спільною стратегією спалювання відходів у Центральній Європі, сьогодні в більшості випадків виконується як двоступенева установка з вхідним кислотним скрублером, за яким слідує нейтральна або слабо лужна очистка. Кислотний скрублер Вентурі знижує температуру димових газів від 180 -200 °С до 63 - 65 °С. Такі двостадійні системи мають дуже високою ефективністю видалення HF, HCl, HBr, ртуті і SO₂.

Спочатку мокрі скрубери експлуатувалися зі скиданням рідких стоків, що вимагало подальшої нейтралізації і ефективного видалення будь-якого важкого металу або іншого токсичного забруднювача. Сьогодні стандарти щодо норм скидання стічних вод в каналізацію досить жорсткі і вимагають великих зусиль, особливо при наявності у стоках ртуті та кадмію. З'являється необхідність у встановлюванні додаткового очисного обладнання, що є одним з недоліків використання мокрих методів.

Сухі та напівсухі методи очищення викидів прості і дешеві і використовуються в багатьох установках по спалюванню сміття по всьому світу. У більшості випадків адсорбент або вводиться безпосередньо в газовий канал, або в розпилюється у об'ємі котла в сухому вигляді (сухий процес) або у вигляді суспензії (на-

півсухий процес). Очищаючі продукти в більшості випадків видаляються з димового газу за допомогою тканинного фільтра. Авторами доведена [5] ефективність очистки газових викидів від канцерогенних вуглеводнів, у тому числі від діоксинів, за допомогою каталізаторів платинової або паладієвої групи та сумісних адсорбційно-каталітичних процесів. Каталітична система очищення викидів забезпечить відповідність екологічним вимогам процесу термічної обробки відходів.

Матеріали та методи.

На першому етапі проводяться експерименти, що дозволяють встановити характер залежності ступеня очищення від температури, далі була визначена температура для ефективної роботи каталізатора, на заключному етапі отримані рівняння кінетики і їх параметри (константи швидкості реакції і енергія активації процесу).

Каталізатор вибирається з урахуванням наступних вимог:

- висока активність в реакції окислення різних сполук;
- висока механічна міцність;
- низький гідравлічний опір;
- висока теплопровідність;
- доступність;
- стійкість до контактних отрут (сірковмісних речовин).

Практичний інтерес представляють паладієвий каталізатор, я якості першого шару (попередня очистка) можна використовувати марганцеворудний каталізатор. При пошаровим завантаженні цих каталізаторів вони володіють всіма перерахованими вище властивостями.

Експерименти проводяться в такій послідовності:

- залежності ступеня очищення від температури окремо для кожного каталізатора і при пошаровим їх завантаженні;
- раціональної величини температури, необхідної для отримання якісної очистки.

Для всіх серій випробувань використовується один зразок каталізатора. Іноді в кожній серії дослідів проводилися повторні випробування для з'ясування, чи змінюється активність каталізатора під час його роботи. Як правило, результати таких повторних випробувань збігалися з результатами попередніх випробувань; відхилення найчастіше не перевищували 5%.

В ході кожного експерименту відбирали 3-5 проб, отримані результати усереднювати. Активність каталізатора визначалася за ступенем окислення вихідних компонентів. Ступінь очищення визначалася за формулою:

$$\theta = \frac{C_{вх} - C_{вих}}{C_{вх}} \cdot 100\% , \quad (1)$$

де $C_{вх}$ – концентрація речовин на вході у реактор;

$C_{вих}$ – концентрація речовин на виході з реактора.

Результати та їх обговорення.

Було визначено основні технологічні параметри процесу очищення газових викидів:

- температура реакції;
- час контакту парів летючих органічних сполук з каталізатором;
- товщина шару каталізатора: паладієвого, марганцеворудного.

У більшості випадків термокatalітичне очищення викидів є ідеальним рішенням, оскільки воно дуже ефективно і економічно. У порівнянні з іншими технологіями, такими як термічне окислення, реакції кatalітичного окислення протікають при більш низькій температурі. Це означає менше навантаження на устаткування і зниження експлуатаційних витрат, що може принести значну економічну вигоду.

Висновки.

Доведена ефективність очистки газових викидів від канцерогенних вуглеводнів, у тому числі від діоксинів, за допомогою кatalізаторів платинової або паладієвої групи та сумісних адсорбційно-кatalітичних процесів. Кatalітична система очищення викидів забезпечить відповідність екологічним вимогам процесу термічної обробки відходів.

Прикладом ефективного використання кatalітичної очистки є кatalітичний апарат, який використовувався в установці термічного знешкодження муніципальних відходів. Реактор був заповнений кatalізатором, який підтвердив свою ефективність при остаточному розкладанні і допалюванні залишків важких вуглеводнів, оксидів вуглецю та інших органічних речовин, що важко розкладаються, на 95%, забезпечуючи сумарну ступінь очищення димових газів від органічних шкідливих речовин на високому рівні 99,0÷99,9%. Паралельно при розкладанні вуглеводнів на кatalізаторі відбувається відновлення частини оксидів азоту до молекулярного азоту. Робоча температура кatalізатора 550°C–650°C. Касети з кatalізатором періодично піддаються очищенню від пилу стисненим повітрям.

ЛІТЕРАТУРА

1. Todorova T., Petrova P., Kalvachev Y. Catalytic Oxidation of CO and Benzene over Metal Nanoparticles Loaded on Hierarchical MFI Zeolite. *Molecules*, 2021. 26. 5893. P.1–14.
2. Acres, G., Harrison, B. The Development of Catalysts for Emission Control from Motor Vehicles: Early Research at Johnson Matthey. *Topics in Catalysis*. 2004. Vol. 28. P.3–11.
3. Hongyi D., Shijin S., Rulong L., Jianxin W., Xiaoyan S., Hong H. Study of NOx selective catalytic reduction by ethanol over Ag/Al₂O₃ catalyst on a HD diesel engine. *Chemical Engineering Journal*. 2008. Vol. 135. P.195–201.
4. Moustakas Konstantinos and Loizidou Maria. Solid Waste Management through the Application of Thermal Methods. *Waste Management: InTech* / Edited by E. S. Kumar, 2010. P. 89-124.
5. Крот О.П., Ровенский А. И., Конев В. В. Термическая обработка твердых отходов, образовавшихся на железнодорожном транспорте. *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту*. 2018. № 4 (76), С. 15–24.