Державна служба України з надзвичайних ситуацій
Національний університет цивільного захисту України

Матеріали XVI Міжнародної
науково-практичної конференції

«ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА ГАСІННЯ ПОЖЕЖ ТА ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ»

2 травня 2025 року

Черкаси 2025

Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій: Матеріали XVI Міжнародної науково-практичної конференції – Черкаси: НУЦЗ України, 2025. – 449 с.

Рекомендовано до друку Вченою радою
навчально-наукового інституту
оперативно-рятувальних сил НУЦЗ України
(протокол №5 від 22.04.2025 р.)

Дозволяється публікація матеріалів збірника
у відкритому доступі комісією з питань роботи
із службовою інформацією в НУЦЗ України
(протокол №3 від 26.04.2025 р.)

Національний університет цивільного захисту України, 2025

УДК 628.543:541.11

МЕТОД ПЛАЗМОХІМІЧНОЇ УТИЛІЗАЦІЇ ШИННОЇ ПРОДУКЦІЇ

Дмитро ТРЕГУБОВ, к.т.н., доцент
Владислав ЗАХАРЧЕНКО
Національний університет цивільного захисту України

Утилізація відходів є необхідною ланкою життєдіяльності суспільства та одним із засобів запобігання надзвичайним ситуаціям. На сьогодні не створено достатніх потужностей для знешкодження побутових та промислових відходів. Велику шкоду довкіллю створюють звалища шинної продукції. Для аналізу небезпек цієї продукції, оцінимо приблизний склад гумової суміші, яка різниться для різних частин шини відповідно до технічної ролі. У склад суміші входять натуральний та синтетичний каучук (ізопреновий, бутадієн-метилстирольний, бутадієновий, етиленпропіленовий, хлоропреновий), технічний вуглець різних марок (технічна сажа), кремнієва кислота (як і вуглець підвищує механічні характеристики шини), пом'якшуючі олії та смоли, вулканізуючі агенти (сірка та інші) та інші. Гумову масу гомогенізують за температури 120°С. Готова шина містить поліароматичні вуглеводні та інші канцерогени, за умови перегріву на сонці шина виділяє бенз(а)пірен. Шинна продукція розкладається до ста років.

Лише у США утилізації потребує 20 млрд шин. Для утилізації та переробки шинної продукції використовують фізико-механічні (дроблення, бародеструкція, вибухо-циркулярний, кріогенний), фізико-хімічні, термічні (спалювання, піроліз, газифікація), мікробіологічні методи, застосовують у цементній промисловості, для виробництва вторинних матеріалів, як порошкову добавку до гумових сумішей, для покрівельних, гідроізоляційних, асфальтобетонних матеріалів [1].

Фізичні та хімічні методи. Бародеструкція використовує явище виникнення текучості шини за високих тисків з видавлюванням та формуванням порошку, але змінюються властивості гуми та метод енергозатратний. Вибухо-циркулярний метод використовує енергію вибуху для отримання порошку; при цьому енергозатрати незначні але застосовують складне устаткування. За кріогенним методом за температури «-120 ^{o}С полегшується отримання порошку, але метод енергозатратний та потребує дорогого устаткування. Електромагнітний удар застосовують для швидкого відокремлення металевого корду від шини. Для більш компактного перевезення на утілізацію застосовують розрізання шин. Розроблено розчинення в органічному розчиннику за температури 280-435 ^{o}С та тисків > 6 МПа або більше з наступним виділенням фракцій за температурами.

Термічна переробка шин. Спалювання для отримання енергії має недолік у вигляді забруднення довкілля оксидами цинку та сірки в атмосферу, що потребує складних та дорогих технологій уловлювання. Піроліз шин використовує різні температури та середовища (нестача O_2, вакуум, H_2, каталізатори, суміш шин з відпрацьованим мастилом тощо). Термомеханічне руйнування проводять у середовищі стабілізуючих розчинників (гудрон, асфальт, нафтохімічні та хімічні відходи) за температурі 250–350 ^{o}С з утворенням суспензії.

Можливість отримання позитивного теплового ефекту визначається теплотою згоряння > $Q_{кр}$ = 1650 кДж кг $^{-1}$ (горючими вважають речовини з $Q_н$ > 1830 кДж·кг $^{-1}$ [2]).

Серед термічних методів переробки багатокомпонентних систем високу ефективність дії та різноманітність впливів має електророзрядна обробка. Рівномірність такої обробки можна досягти у системі з зернистим електродом. При протіканні електричного струму в засипці зернистого електропровідного матеріалу в точках перехідних контактів виникають множинні мікродугові розряди. Ці плазмові канали стають мікрореакторами з тиском до 100 МПа і температурою понад 5000 °С, що

формує комплекс фізичного і хімічного впливів на речовини в оброблюваному об'ємі, відповідно стадії розвитку розряду. Якщо таку обробку здійснюють у рідкому середовищі, то продукти плазмохімічних реакцій миттєво «заморожуються».

Досліджено [3] обробку стічних вод електророзрядами з електронапругою до 1000 В та великою густиною введення потужності, яка має корелювати з відстанню між базовими електродами, яку заповнено зернистим електродом. За умов мережевої напруги діють різнополярні імпульси. Але у різні моменти часу на систему діє напруга різної амплітуди, що ініціює процеси різного характеру та інтенсивності. Виникає потреба зменшення частки низьковольтних впливів, що досягають впровадженням імпульсної електрообробки.

За такого впливу можливо переробляти суспензію шинного порошку у відпрацьованому мастилі. Підведена у енергія розподіляється відповідно до співвідношення електричних опорів у системі «об'ємний електрод-мікродуга-рідина» [3]. Для водного середовища генерація мікродуг стає можливою, якщо сухий зернистий шар частинок фракції 5-7 мм має питомий електроопір менше 0,2 Ом·м. Як зернистий електрод доцільно використовувати відходи коксохімічного та металообробного виробництв: кокс фракції < 10 мм та металеві стружки.

При створенні мікророзрядів у сухих та не водних середовищах термічна дія розряду стає головним фактором, який впливає на напрямок процесів утилізації відходів; виникає газифікація середовища внаслідок піролізу. Реакції, що протікають у зоні розрядів, інтенсифікуються за рахунок ультрафіолетового випромінювання. Якщо у зону реакції подавати кисень, можливе спалювання відходів, зокрема важкогорючих. Відповідно до теплоти згоряння відходу, що переробляється, відбувається компенсація енерговитрат. Рівномірність обробки досягається за рахунок використання електротермічного псевдозрідженого шару. Цей метод також можна використовувати як для відновлення відпрацьованих мастил, так і для їх утилізації.

Непереробленi мастила також небезпечні для довкілля і підлягають відновленню, регенерації, переробці або утилізації залежно від виду забруднень. Застосовують видалення диспергованих частинок, випарювання вологи, перегонку; коагуляцію, адсорбцію, переробка як добавки до бензину, регенерація до вихідних або схожих властивостей, піроліз та спалювання з виробленням енергії [4].

При створенні електророзрядів серед рідких відходів органічного походження виникають умови для гідрування за рахунок водню, який утворюється при їх розкладанні. Деструкція відбувається з утворенням широкої номенклатури органічних сполук. Наприклад, під час обробки мікродуговим розрядом кам'яновугільної смоли утворюються продукти газифікації наступного складу, % [5]: CO_2 – 0,6, CO – 6,6, C_2H_2 – 32,2, H_2 – 50.5, CH_4 – 4.6, C_2H_4 – 1,1, C_3H_6 з C_2H_6 – 4.4. Наведені дані показують, що склад газів, які утворюються під час мікродугового розряду у середовищі коксового зернистого електроду за умови впливу на рідкі вуглеводні дає з високим виходом ацетилен, етилен, метан і в незначній кількості продукти окислення карбону за наявності оксигену у молекулах вуглеводневої суміші.

Обробка вуглеводневих рідин характеризується більшою ефективністю, ніж для водних середовищ внаслідок відсутності електропровідності. Металевий електрод використовувати при цьому не бажано, оскільки в мікродугових розрядах буде утворюватися нанорозмірні дисперговані частинки металу.

Таким чином, за умов мікродугової обробки можлива комплексна утилізація відходів з одночасною переробкою твердих та рідких відходів, таких як суспензія шинного порошку у відпрацьованому мастилі у співвідношенні 20 % на 80 %.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Пляцук Л.Д., Гурець Л.Л., Будьонний О.П. Утилізація гумових відходів. *Вісник КДПУ ім. М. Остроградського. Ч.1.* 2007. №5(46). С. 152–154.

2. Трегубов Д.Г., Дадашов І.Ф., Мінська Н.В., Гапон Ю.К., Чиркіна-Харламова М.А. Фізико-хімічні основи розвитку та гасіння пожеж горючих рідин. Х.: НУЦЗ України, 2024. 216 с.

3. Tregubov D., Slobodskoj S. The study of microarc discharge electric characteristics in wastewater treatment. *Coke and Chemistry*. 1997. №9. P. 32–34.

4. Деструкція хімічних сполук стічних вод процесу коксування вугілля: Автореф. дис... канд. техн. наук : 05.17.07 / Д. Г. Трегубов; УДНДВІ "УХІН". Харків: 2000. 16 с.

5. Кулик М.І. Утилізація відпрацьованих моторних мастил: еколого-економічний аспект. Людина та довкілля. Проблеми неоекології. 2016. № 3-4 (26). С. 35–45.

УДК 628.543:541.11

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД КОКСОХІМІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА У МІКРОДУГОВОИХ РОЗРЯДАХ

Дмитро ТРЕГУБОВ, к.т.н., доцент
Олександр ПЛУЖНИК
Національний університет цивільного захисту України

На об’єктах промисловості часто виникає проблема знешкодження викидів для захисту навколишнього середовища та для забезпечення сфери безпечної життєдіяльності людини, що реалізується шляхом заходів очищення, утилізації, регенерації тощо. Одним з найбільш шкідливих виробництв за кількістю забруднювачів, їх токсичністю та за концентраціями, що викидаються, є коксохімічне виробництво. Значна кількість шкідливих сполук потрапляє у стічні води, очищення яких являє собою велику проблему внаслідок багатокомпонентності. Серед методів, здатних до очищення таких вод, високою ефективністю та різноманітністю впливів характеризуються електрохімічні методи, зокрема, електророзрядна обробка.

Але одиничний підводний розряд не забезпечує рівномірність обробки та створює потужні гідродинамічні хвилі, що ускладнює реалізацію технології. Більш рівномірну обробку забезпечує мікродуговий розряд у середовищі зернистого електроду між струмоподвідними електродами. Мікродуговий розряд виникає у місцях контакту частинок при протіканні електричного струму в об’ємі зернистого електропровідного матеріалу. утворюються численні плазмені канали, свого роду мікрореактори з тиском до 100 МПа і температурою до 5000 °С. Ці умови формують комплекс фізичних і хімічних впливів на забруднюючі воду домішки.

Можливість керування інтенсивністю хімічних реакцій і ефективністю обробки електророзрядами залежить від енергоємності їх утворення, умов і способу організації, властивостей об’ємного електроду, геометрії робочої камери реактора [1]. Підведена енергія розподіляється пропорційно співвідношенню електричних опорів у системі «об’ємний електрод–мікродуга–стічна вода». Генерація мікродуг є можливою, якщо мікродуговой шар має питомий електроопір до 0,2 Ом·м. Підвищити амплітуду зі зменшенням тривалості дії напруги дозволяє імпульсний режим введення електричної потужності. При цьому зростає кількість мікродуг і площа їх реакційної поверхні, а питома електрична потужність для ініціювання розряду в об’ємі реактора знижується до 1,6 Вт/см^3, проти 13 і 16 Вт/см^3 – для джерел змінного та постійного струмів, якщо у якості зернистого електроду використано кокс фракції 5–7 мм.

Активний розряд руйнує хімічні сполуки, формує активні окисники і молекулярні уламки, які вступають у вторинні реакції з утворенням нетоксичних сполук аж до CO_2, сульфатів, N_2 і H_2O. Окиснення протікає за механізмами термоокисних, вторинних,

Дмитро СОКОЛОВ, Анатолій ГЛАДІЙ
АНАЛІЗ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУДАХ 343
Дмитро СОКОЛОВ, Андрій КАЛАПАЧ
АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ТА АНАЛІЗ ВИНИКНЕННЯ НС НА ОБ'ЄКТАХ З НАЯВНІСТЮ НХР 344
Дмитро СОКОЛОВ, Максим ПАТЬОХА
ПИТАННЯ ЩОДО НЕБЕЗПЕЧНИХ ФАКТОРІВ ПРИ АВАРІЯХ НА ОБ'ЄКТАХ З ОБЕРТАННЯМ НЕБЕЗПЕЧНИХ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН 345
Дмитро СОКОЛОВ, Олег КОТИК
АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ТА АНАЛІЗ ВИНИКНЕННЯ НС НА ОБ'ЄКТАХ ПО ЗБЕРІГАННЮ НАФТИ ТА НАФТОПРОДУКТІВ 347
Дмитро СОКОЛОВ, Федір АНДРІЄВСЬКИЙ
АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ НС З НАЯВНІСТЮ РАДІАЦІЇ 348
Ігор СОЛОДКИЙ, Юліана ГАПОН
ОГЛЯД АВАРІЙ ТА НАСЛІДКІВ ПОВ'ЯЗАНИХ З ВИКИДОМ НЕБЕЗПЕЧНИХ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН В ПЕРІОД ВОЄННОГО СТАНУ 349
Данило СТАНКЕВИЧ
РОЗРОБКА ОПЕРАТИВНО-ОРГАНІЗАЦІЙНИХ ЗАХОДІВ З ХІМІЧНОГО ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ, ПОВ'ЯЗАНИХ З ЛІКВІДАЦІЄЮ НАСЛІДКІВ АВАРІЇ НА «ДНІПРОВСЬКІЙ ВОДОПРОВІДНІЙ СТАНЦІЇ №1» 350
Віталій СТЕПАНЕНКО
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ НА ОБ'ЄКТАХ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ З НЕБЕЗПЕЧНИМИ ХІМІЧНИМИ РЕЧОВИНАМИ 351
Юлія СТЕПАНЕНКО, Олександр ЗОБЕНКО
ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ ДЛЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ 352
Наталя ТВЕРДОХЛЄБОВА
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ 353
Олександр ТЕСЛЕНКО, Олександр ДОЦЕНКО, Сергій ЦИМБАЛІСТИЙ, Олександр КРИКУН
РИЗИКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРОГЕНЕРАТОРІВ ПАЛИВНОГО ТИПУ ПІД ЧАС ЕНЕРГЕТИЧНИХ КРИЗ: АНАЛІЗ ПРИЧИН ПОЖЕЖ І ЗАХОДИ БЕЗПЕКИ 355
Єгор ТИНДЮК, Артем МАЙБОРОДА
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РОЗТАШУВАННЯ ТВЕРДИХ ГОРЮЧИХ РЕЧОВИН НА ШВИДКІСТЬ ГОРІННЯ 357
Дмитро ТРЕГУБОВ, Віктор ДЕРЕНКО
ПРОГНОЗУВАННЯ ГДК З ВРАХУВАННЯМ НАДМОЛЕКУЛЯРНОЇ БУДОВИ 359
Дмитро ТРЕГУБОВ, Владислав ЗАХАРЧЕНКО
МЕТОД ПЛАЗМОХІМІЧНОЇ УТИЛІЗАЦІЇ ШИННОЇ ПРОДУКЦІЇ 362
Дмитро ТРЕГУБОВ, Олександр ПЛУЖНИК
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД КОКСОХІМІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА У МІКРОДУГОВОИХ РОЗРЯДАХ 364
Олександр ТРОЯН, Олександр ПАШЕНЮК, Анастасія ВОЛОТІВСЬКА, Дмитро ЖУРБИНСЬКИЙ
БАЗОВІ АСПЕКТИ СТВОРЕННЯ ТА МОДЕРНІЗАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ВОЄННОГО ХАРАКТЕРУ 366