



УКРАЇНА

(19) UA (11) 40442 (13) A

(51) 7 F23G5/027, C10G1/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВИНАХІДвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) СПОСІБ УТИЛІЗАЦІЇ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ

(21) 2001020769

(22) 02.02.2001

(24) 16.07.2001

(33) UA

(46) 16.07.2001, Бюл. № 6, 2001 р.

(72) Маркіна Людмила Миколаївна, Рудюк Микола  
Васильович, Бабій Виктор Петрович(73) ПРИВАТНЕ ПІДПРИЄМСТВО ВИРОБНИЧО-  
КОМЕРЦІЙНА ФІРМА "ТЕПЛОЕЛЕКТРОНСЕРВІС",  
UA(57) Спосіб утилізації органічних відходів, який  
включає первинний піроліз відходів у реакторі без  
доступу повітря при температурі 400÷980°C з  
отриманням твердого вуглецевого залишку та ба-  
гатокомпонентної парогазової суміші, подальше  
охолодження парогазової суміші в багатоконтурній

циркуляційній системі охолодження з відбиранням  
важкої рідкої фракції на кожному контурі системи  
та подачу її для піролізу у реактор до отримання  
на кінцевому контурі газоподібної фракції та рідкої  
фракції з зазначеною молекулярною масою, який  
**відрізняється** тим, що відібрану важку рідку фракцію  
подають у реактор на рівень з температурою  
відходів, яка відповідає температурі рідкої фракції  
даного контуру; піроліз проводять у дві стадії, на  
першій стадії нагріті відходи перемішують з важ-  
кими рідкими фракціями, що подаються у реактор,  
до отримання однорідної маси, а на другій - з од-  
норідної маси відділяють твердий залишок і ве-  
дуть процес піролізу до отримання сухого пірокар-  
бону.

Винахід стосується термічних способів утилі-  
зації органічних побутових, промислових та сільсь-  
когосподарських відходів і може бути використа-  
ний у комунальному господарстві, хімічній, нафто-  
хімічній та інших галузях промисловості для реге-  
neraції вуглеводнів у рідкі, газоподібні та тверді  
палива.

Найбільш близьким за технічною суттю до за-  
пропонованого способу є "Спосіб утилізації органі-  
чних твердих побутових відходів" (заявка на па-  
тент України № 99126630 МПК F23G5/027 від  
07.12.99 з рішенням про видачу патенту від  
2.03.2000 р.), який включає первинний піроліз без  
доступу повітря при температурі 400÷980°C з  
отриманням первинної багатокомпонентної паро-  
газової суміші та твердого вуглецевого залишку,  
подальше охолодження парогазової суміші, роз-  
поділ її на компоненти у вигляді рідкої та газоподі-  
бної фракцій, при цьому первинну парогазову су-  
міш піддають послідовному багатоступеневому  
охолодженню з пониженням температури кожного  
ступеня, починаючи з початкової температури пе-  
рвинної парогазової суміші, на 70÷100°C; отрима-  
ну на кожному ступені рідку фракцію окремих ко-  
мпонентів парогазової суміші повертають самопли-  
вом у реактор на рівень  $t_n + t_y = T_p = \text{const}$ , де  $t_n$  - тем-  
пература n-ого ступеня охолодження, °C;  $t_y$  - тем-  
пература реактора на зазначеному рівні, °C;  $T_p$  -  
максимальна температура реактора, °C, забезпе-  
чуючи сполучення первинного піролізу з повтор-

ним піролізом окремих компонентів парогазової  
суміші, а залишену частину парогазової суміші на-  
правляють на наступний ступінь охолодження,  
процес ведуть до отримання на кінцевому ступені  
рідкої фракції з зазначеною молекулярною масою,  
при цьому кількість ступенів охолодження знахо-  
дять за залежністю:

$$N = \frac{t_{\text{нр}} - t_c}{(70 \div 100)^{\circ}\text{C}},$$

де: N - кількість ступенів охолодження;  
 $t_{\text{нр}}$  - початкова температура первинної парогазової  
суміші, °C;  
 $t_c$  - температура кінцевого ступеня охолодження,  
°C

Ознаки, які збігаються з суттєвими ознаками  
запропонованого способу:

- первинний піроліз відходів у реакторі без до-  
ступу повітря при температурі 400÷980°C з утво-  
ренням твердого вуглецевого залишку та багато-  
компонентної парогазової суміші;

- подальше проходження парогазової суміші  
через багатоконтурну циркуляційну систему, відбір  
охолодженої при різних температурах важкої рід-  
кої фракції на кожному контурі та подачу її у реак-  
тор до отримання на кінцевому контурі газоподіб-  
ної фракції та рідкої фракції із заданою молекуля-  
рною масою.

(13) A

(11) 40442

(19) UA

Причини, які перешкоджають отриманню потрібного технічного результату:

Треба відмітити, що твердий залишок складається з двох частин: неорганічної, яка не змінює своїх фізичних властивостей при термообробці і питома вага її не змінюється, вона завжди більше одиниць, та органічної - пірокарбону. Органічний твердий залишок (пірокарбон) виникає на кінцевій стадії процесу піролізу органічних відходів. В результаті інтенсивного газовиділення він набуває пористої структури і питома вага сухого пірокарбону здебільшого менше одиниць, і він плаває навіть у таких легких фракціях, як бензин. Таким чином, відомий спосіб не забезпечує працездатності у безперервному режимі роботи, бо при подачі у реактор нової порції відходів рідка їх складова проникає в твердий залишок, який знаходиться у нижній частині реактору, а в окремих випадках, можливе впливання вже сухого пірокарбону у верхню частину реактору, у цьому випадку видалити сухий пірокарбон із реактору практично неможливо. Виходячи з цього, спосіб забезпечує роботу тільки в циклічному режимі. Коли процес закінчено, пірокарбон видаляють з реактору і тільки після цього можлива подача нової порції відходів, що істотно зменшує галузь застосування відомого способу через малу його продуктивність.

Вказаний недолік особливо важливий в екологічному плані, як спосіб утилізації відходів, при якому неможливе видалення з герметичного реактору пірокарбону, в об'єм якого проникла рідка фракція, бо в цьому випадку небезпечні компоненти відходів можуть потрапити в навколишнє середовище.

Досвід обробки промислової технології довів, що для забезпечення глибокого рівня розкладу, особливо, небезпечних органічних відходів, потрібне якісне змішування нової порції відходів, що нагріваються, з важкою рідкою фракцією, яка поступає від багатоконтурної циркуляційної системи та являється ініціюючим елементом для відходів, які потрапляють у реактор, але забезпечити цим вимогам за відомою технологією неможливо.

У відомій технології передбачається підтримка постійної величини  $t_n + t_r = T_p = \text{const}$ , ці вимоги диктуються умовами отримання максимальної продуктивності реактору. Але для його виконання необхідно більш холодні рідкі компоненти подавати в більш нагріте місце реактору, а більш гарячі - в холодне місце, при цьому різниця температур досягає 450÷650°C. Досвід експлуатації піролізної установки у відомій технології показав, що через різкі перепади температур та температурні перепади у місцях з'єднання корпусу реактора з трубопроводами для повернення важкої рідкої фракції від контурів з'являються тріщини, в результаті чого реактор швидко виходить із ладу. Вказані недоліки істотно знижують надійність та обмежують галузь використання відомого способу.

В основу запропонованого винаходу поставлено задачу створити спосіб утилізації органічних відходів, в якому застосування нових технологічних прийомів при багатоконтурному піролізі дозволить збільшити рівень розкладу відходів у безперервному технологічному процесі, що забезпечить екологічну чистоту процесу та підвищить його продуктивність.

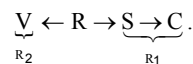
Суть винаходу полягає у тому, що в способі утилізації органічних відходів, який включає первинний піроліз відходів у реакторі без доступу повітря при температурі 400÷980°C з отриманням твердого вуглецевого залишку та багатоконтурної парогазової суміші, подальше охолодження парогазової суміші в багатоконтурній циркуляційній системі охолодження з відбиранням важкої рідкої фракції на кожному контурі системи та подачу її для піролізу у реактор до отримання на кінцевому контурі газоподібної фракції та рідкої фракції з зазначеною молекулярною масою, згідно з винаходом, відібрану важку рідку фракцію подають у реактор на рівень з температурою відходів, яка відповідає температурі рідкої фракції даного контуру, піроліз проводять у дві стадії, на першій стадії нагріті відходи перемішують з важкими рідкими фракціями, що подаються у реактор, до отримання однорідної маси, а на другій - з однорідної маси відділяють твердий залишок і ведуть процес піролізу до отримання сухого пірокарбону.

Розкриваючи причинно-наслідковий зв'язок між суттєвими ознаками запропонованого способу та досягнутим технічним результатом, слід відзначити наступне:

Промислові випробовування даної технології показали, що рівень розкладу відходів істотно залежить від введення добавок, ініціюючого елемента з низькою енергією активації (енергія розриву зв'язку C-H та C-C), які взаємодіють з алілійними радикалами з утворенням легких радикалів -H, -CH<sub>3</sub>, -C<sub>2</sub>H<sub>5</sub> та інші.

У цьому випадку ініціюючим елементом є важка рідка фракція, що отримується від кожного контуру. Досягнення більш ефективного впливу важкої рідкої фракції на активацію процесу термічного розкладу відходів забезпечують за рахунок отримання однорідної маси при змішуванні відходів на стадії їх нагріву з важкою рідкою фракцією на відповідних температурних рівнях реактора, коли температура відходів, що нагріваються, повинна бути рівною температурі рідкої фракції даного контуру.

Утворення пірокарбону при піролізі проходить як двостадійний процес перетворення початкових органічних відходів R, з отриманням проміжного продукту твердого залишку S, а потім пірокарбону C та багатоконтурної низькомолекулярної парогазової суміші, летючих продуктів V за схемою:

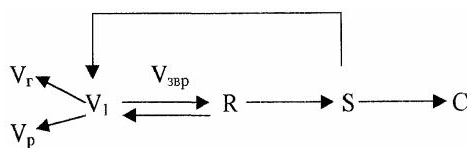


У зв'язку з цим органічні відходи можна розглядати як двокомпонентні: перший компонент R<sub>1</sub> - це складова твердого пірокарбону, а друга R<sub>2</sub> - складова летючих продуктів.

Як показали експерименти, в залежності від типу відходів, перевага однієї з величин R<sub>1</sub> чи R<sub>2</sub> може змінюватися, наприклад, у полімерних відходів переважає R<sub>2</sub>, у відходах сухої деревини - R<sub>1</sub>, а для відходів гумово-технічних виробів R<sub>1</sub>≈R<sub>2</sub>.

Треба відзначити, що R<sub>1</sub> та R<sub>2</sub> здатні до взаємного переходу, що визначається підготовкою відходів, тобто температурного нагріву та однорідністю змішування їх зі складовою частиною важкої фракції.

Для багатоконтурного піролізу, в якому відібрані важкі фракції з заданими температурами на кожному контурі використовуються як ініціюючий елемент процесу, схема набуває наступного вигляду:



де:  $V_1$  - сумарна парогазова суміш;

$V_{звр}$  - складова зворотного процесу у вигляді важкої рідкої фракції усіх контурів, яка містить екологічно небезпечні елементи;

$V_p$  - вихідна рідка фракція;

$V_r$  - вихідна газоподібна фракція.

У цьому випадку  $R_1 = C$ , а  $R_2 = V_p + V_r$ .

У зв'язку з цим для отримання сухого пірокарбону на другій стадії піролізу проміжний твердий залишок S відокремлюють від однорідної маси і процес піролізу ведуть до утворення сухого пірокарбону С.

Таким чином, сукупність істотних ознак дозволить збільшити рівень розкладу небезпечних відходів у безперервному технологічному процесі утилізації, що дасть можливість:

1. За рахунок ініціювання процесу піролізу знизити на 20% теплові затрати при досягненні глибокого рівню розкладу відходів, у результаті чого зменшити на 10% термін повернення капітальних затрат даного виробництва.

2. За рахунок подачі гарячої важкої рідкої фракції на рівень реактора з температурою відходів, яка дорівнює температурі рідкої фракції даного контуру, досягти ефективного ініціювання процесу піролізу та збільшення терміну служіння реактора в 2-3 рази.

3. За рахунок ефективного ініціювання збільшити рівень розкладу небезпечних відходів, термічно знешкодити їх у закритому герметичному об'ємі без сполучення з навколишнім середовищем. В порівнянні зі спалюванням цей процес є найбільш екологічно чистим виробництвом.

4. За рахунок видалення твердого залишку від однорідної маси та отримання сухого пірокарбону у безперервному потоці створити безперервний технологічний процес та збільшити його продуктивність на 30%.

5. За рахунок отримання на виході сухого пірокарбону вивантажити його з реактору у відкриті ємності, при цьому в навколишнє середовище не виділяються шкідливі летючі продукти. Отримаємо екологічно чистий процес утилізації органічних відходів.

Суть винаходу пояснюється кресленням (фіг.), де показана схема установки для реалізації запропонованого способу (стрілками зображені потоки):

В - відходи; С - пірокарбон; ПГС - парогазова суміш; ВРФ - важка рідка фракція відповідного контуру; I к, II к, III к - контури циркуляційної системи; ВО - вода для охолодження вихідного конденсатора; ПГ - піролізний газ; РП - вихідна фракція рідкого палива.

Установка складається з реактора 1, який знаходиться під кутом, має шнек 2 з електроприводом 3, шнек 4 з електроприводом 5, бункер 6 для подачі відходів (В), бункер 7 для видалення пірокарбону (П) та патрубок 8 для відбору ПГС, яка подається в багатоконтурну циркуляційну систему, що має, наприклад, три контури I к, II к, III к. Кожний контур має індивідуальні ступені охолодження 9, 10, 11, які з'єднані трубопроводами 12, 13, 14 з реактором 1. Останній ступень 11 з'єднаний з вихідним конденсатором 15, який охолоджується водою (ВО) і має трубопроводи для виходу піролізного газу (ПГ) та рідкого палива (РП).

Спосіб здійснюють наступним чином:

Подрібнені органічні відходи (В) завантажують у бункер 6, а потім у реактор 1, де без доступу повітря при температурі 400-980°C відбувається первинний піроліз відходів з утворенням багатоконтурної парогазової суміші (ПГС) та твердого вуглецевого залишку. Утворену парогазову суміш виводять з реактору 1 через патрубок 8 та охолоджують на ступенях 9, 10, 11 багатоконтурної циркуляційної системи з пониженням температури на кожному контурі, наприклад, для 3-х контурної системи 350°C; 250°C; 150°C. На першому контурі (I к) у відповідному ступені охолодження 9 конденсуються у рідку фракцію найбільш важкі складові з високою температурою кипіння (ВРФ), які неповністю пройшли деструкцію і мають молекулярну масу, набагато перевищену, ніж потрібно для рідкого палива (РП), тобто 100-200. Утворену важку рідку фракцію (ВРФ) подають трубопроводом 12 у реактор на рівень з температурою відходів, яка дорівнює температурі рідкої фракції (350°C). Залишену більш легку частину ПГС подають на другий контур (II к) системи охолодження 10 з температурою 250°C, де також утворюються ВРФ, більш легкі, ніж на I контурі, але які ще не задовольняють вимогам вихідного РП. Їх подають трубопроводом 13 у реактор 1, але на рівень з температурою відходів, яка дорівнює 250°C. Ще легшу ПГС, яка залишається, подають на контур (III к) з температурою 150°C. Утворену ВРФ трубопроводом 14 теж подають у реактор 1, на рівень з температурою відходів, яка дорівнює 150°C. Легку ПГС подають на кінцевий конденсатор 15, що охолоджується водою (ВО) до температури не більше 50°C, звідки виходить рідке паливо з заданою молекулярною масою та піролізний газ (ПГ).

Після попадання ВРФ з контурів циркуляційної системи охолодження 9, 10, 11 до реактору 1, піроліз ведуть у 2 стадії. На першій стадії нагріті відходи перемішують з ВРФ шнеком 2 до однорідної маси. В даному випадку складові ВРФ кожного контуру мають енергію активації в 1,5-3 рази менше, ніж складові початкових відходів. Енергія активації характеризує енергію розриву зв'язків С-С та С-Н і вимірюється в (ккал/моль). Таким чином, в однорідній масі відходів, що піддаються піролізу, рідка фракція грає роль ініціюючого елемента, який знижує загальну енергію розриву зв'язків у початкових органічних відходах, наприклад, в середньому від 120 до 80-90 ккал/моль, чим досягається збільшення рівня розкладу відходів.

Для розрахунку енергії розриву зв'язку С-Н у вуглеводнів різної будови застосовувалась емпірична формула:

$$E_{R-H} = E_{R-H} = \sum N_i \alpha_i e^{\beta n},$$

де:  $E_{R-H}$  - величина, постійна для зв'язку даного типу;

$N_i$  - число зв'язків  $i$ -го типу, розташованих у  $n$ -го атому вуглецю;

$\alpha_i$   $\beta$  - коефіцієнти, визначені з експериментальних даних для зв'язку даного типу;

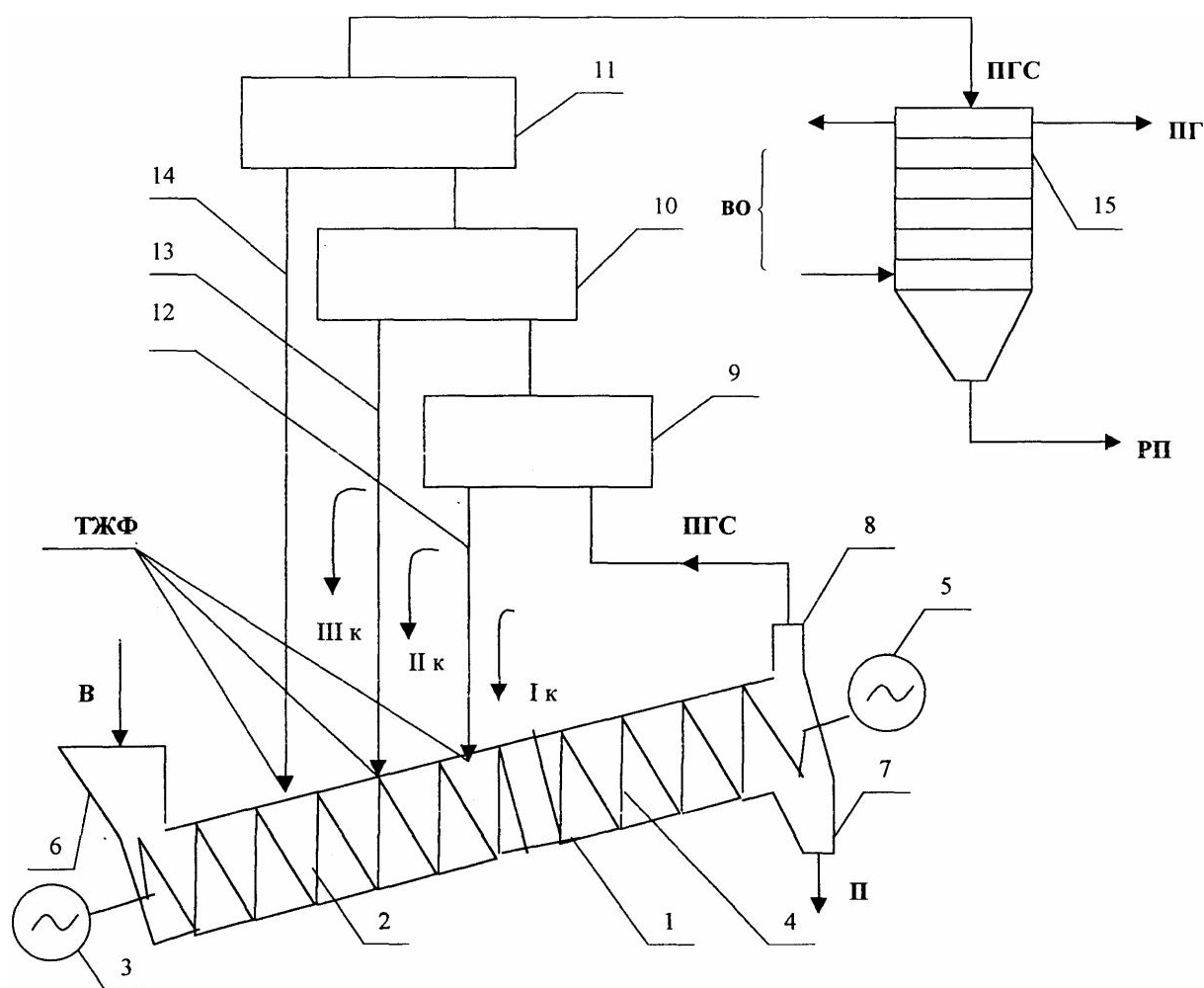
$n$  - номер атому вуглецю в радикалі, відрахований від атома, який несе вільну валентність (див. книгу: Р.З. Магарил. Механізм та кінетика гомогенних термічних перетворень вуглеводнів. - М.: Хімія, 1970. - 224 с.).

Потім на другій стадії від цієї суміші відокремлюють твердий залишок шнеком 4 з приводом 5 і ведуть процес піролізу до тих пір, доки під впливом температур з усього об'єму твердого залишку випариться з парогазовою сумішшю частина рідки-

ни і твердий залишок набуде пористої структури і стане вуглецевим залишком - пірокарбоном (С).

Таким чином, запропонований спосіб дозволяє збільшити рівень розкладу відходів у безперервному технологічному процесу та підвищити продуктивність.

Запропонований спосіб має велике народно-господарське значення як у плані покращення екології, так і в економіці. Він дозволяє утилізувати відходи, які в природних умовах практично не розкладаються, наприклад, гума, полімери, та забруднюють навколишнє середовище. Крім цього, з даних відходів можна отримати енергоресурси у вигляді рідкого палива для двигунів внутрішнього згоряння або котельне паливо, які являються гостро дефіцитними у період енергетичної кризи.



Фіг.

---

ДП "Український інститут промислової власності" (Укрпатент)  
Україна, 01133, Київ-133, бульв. Лесі Українки, 26  
(044) 295-81-42, 295-61-97

---

Підписано до друку \_\_\_\_\_ 2001 р. Формат 60х84 1/8.  
Обсяг \_\_\_\_\_ обл.-вид. арк. Тираж 50 прим. Зам. \_\_\_\_\_

---

УкрІНТЕІ, 03680, Київ-39 МСП, вул. Горького, 180.  
(044) 268-25-22

---