

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ А
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ ІМЕНІ
АДМІРАЛА МАКАРОВА

На правах рукопису
УДК 504:696.139(005)

МАРКІНА Людмила Миколаївна

СТВОРЕННЯ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО
ПРОЦЕСУ ТА УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ПОБУТОВИХ
ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ МЕТОДОМ БАГАТОКОНТУРНОГО
ЦИРКУЛЯЦІЙНОГО ПРОЛІЗУ

Спеціальність 21.06.01 - екологічна безпека

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття вченого ступеня
кандидата технічних наук

Миколаїв 2007

Дисертацією є рукопис
Робота виконана в Національному університеті кораблебудування
Імені адмірала Макарова Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник - доктор технічних наук, професор
Рижков Сергій Сергійович,
Національний університет
кораблебудування, завідувач кафедри
екології

Офіційні опоненти - доктор технічних наук, професор
Шмандій Володимир Михайлович,
Кременчуцький державний політехнічний
університет
декан факультету природничих наук,
завідувач кафедри екології

кандидат технічних наук, старший
науковий співробітник
Гелетуха Георгій Георгійович,
Інститут технічної теплофізики
Національної академії наук України
завідуючий відділом теплопровідності,
директор науково - технічного центру
„Біомаса“

Провідна установа Національний технічний університет
"Київський політехнічний інститут"
Міністерства освіти і науки України

Захист відбудеться „_____” _____ 2007 р. о _____ годині на
засіданні спеціалізованої вченої ради Д 38.060.01 в Національному
університеті кораблебудування за адресою: 54025, м. Миколаїв, просп.
Героїв Сталінграда, 9.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного уні-
верситету кораблебудування імені адмірала Макарова, 54025, м. Ми-
колаїв, пр. Героїв Сталінграда, 9.

Вчений секретар
Спеціалізованої вченої ради
доктор технічних наук, професор

М.І. Радченко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Глобалізація світової економіки, розвиток і створення нових виробництв та робочих місць на Україні розвивають сферу споживання і, як наслідок, збільшують кількість побутових та промислових відходів. На Україні загальна кількість відходів щорічно збільшуються на 40 млн. м³ (10-12 млн. тон). Відходи являють реальну епідеміологічну небезпеку для населення, а в більших кількостях негативно впливають на атмосферу, верхні шари літосфери та підземну гідросферу, створюють проблеми в сфері охорони навколишнього середовища і здоров'я населення.

Велика кількість і розмаїття твердих відходів загострюють питання їхньої переробки. Існуючі технології розміщення органічних відходів на полігонах, смітниках, шламонакопичувачах займають та потребують великих площ земель за умов їх гострого дефіциту. При цьому відбувається забруднення водоносних горизонтів, мимовільне займання відходів із утворенням токсичних компонентів, газовиділення та ін. Біологічним методам переробки підлягає лише частина органічних відходів, компостна маса містить неорганічні включення, а також ряд солей важких металів, має неприємний запах. Метод спалювання відходів характеризується наявністю димових газів, що виділяються в навколишнє середовище, в яких міститься ряд токсичних речовин, особливо при горінні полімерних матеріалів і гуми. Системи очищення димових газів складні, дорогі й не забезпечують достатню нейтралізацію високотоксичних компонентів. Сортування та подрібнювання відходів не вирішує повністю проблеми їхньої переробки й утилізації в одному технологічному процесі.

З погляду екологічної безпеки найбільш перспективними для переробки органічних відходів можна вважати технології, засновані на процесі піролізу - термічній переробці відходів у герметичному реакторі без або з обмеженою подачею кисню повітря. Недоліком стандартних технологічних схем на основі методу піролізу є неможливість добору необхідних технологічних режимів процесу для переробки суміші різних відходів при утилізації їх в єдиному потоці. У зв'язку з цим неможливо забезпечити необхідну глибину деструкції всієї суміші високомолекулярних органічних відходів.

Це обумовило необхідність вирішення науково - прикладного завдання створення екологічно безпечного технологічного процесу переробки різних сумішей органічних відходів в єдиному потоці на основі багатоконтурного процесу з високою глибиною деструкції.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами й темами - тема дисертаційної роботи відповідає програмам і планам виконання фундаментальних науково - дослідницьких робіт Міністерства освіти й науки України (наказ № 633 від 05.11.2002р.) і Національного університету кораблебудування на період 1999 - 2010р.: „Екологічно чиста енергетика та ресурсоощадні технології“, „Новітні та ресурсосберігаючи

технології в енергетиці, промисловості та агропромисловому комплексі", «Створення екотехнологій та ресурсосберігаючих установок по очистці від забруднень навколишнього середовища» №0100U003105.

Мета й задачі дослідження. Метою роботи є створення екологічно безпечного технологічного процесу й устаткування для переробки побутових органічних відходів методом багатоконтурного циркуляційного піролізу.

Для досягнення поставленої мети було вирішено наступні задачі:

1. Розробка технологічного процесу переробки органічних відходів методом багатоконтурного циркуляційного піролізу.

2. Створення математичної моделі технологічного процесу переробки відходів шляхом багатоконтурного циркуляційного піролізу.

3. Реалізація технологічного процесу в конструктивних рішеннях устаткування по переробці відходів.

4. Одержання експериментальних даних із якісних і кількісних характеристик кінцевих продуктів переробки відходів.

5. Створення на базі розробленого технологічного процесу робочих установок і устаткування по переробці органічних відходів.

Об'єкт дослідження — методи раціонального використання природних ресурсів на основі переробки органічних побутових відходів.

Предмет дослідження - екологічно безпечний технологічний процес та устаткування для переробки побутових органічних відходів методом багатоконтурного циркуляційного піролізу.

Методи дослідження. Задача створення екологічно безпечного технологічного процесу переробки високомолекулярних органічних відходів методом багатоконтурного циркуляційного піролізу вирішувалася на основі системного підходу. Спочатку проводилося моделювання і розрахунок складу відходів із наступною розробкою технологічних процесів на експериментальній установці. Отримані дані використовувалися при проектуванні реальних установок для переробки відходів. Теоретичне дослідження проведене з використанням методів фізичного та математичного моделювання, з перевіркою адекватності моделей експериментальними даними. Експериментальні дослідження виконувалися із застосуванням сучасних газоаналізаторів на спеціально розробленій установці, при обробці даних використані методи математичної статистики.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

1. Уперше обґрунтовано і реалізовано в екологічно безпечному технологічному процесі переробки органічних побутових відходів принцип багатоконтурного циркуляційного піролізу шляхом циркуляції важких рідких фракцій, які утворюються на контурах багатоконтурної циркуляційної системи та повертаються в реактор, що забезпечує глибокий ступінь розкладання відходів з одержанням рідкого продукту, який енергетично забезпечує процес переробки. Новизна принципу

підтверджується патентами України на винахід способу (№ 400442 А, № 52840 С2).

2. Удосконалено математичну модель технологічного процесу переробки органічних відходів із широким діапазоном молекулярних мас методом багатоконтурного циркуляційного піролізу, яка встановлює залежність мінімального реакційного об'єму від загального ступеня деструкції на контурах при максимальному виході легкої рідкої фракції із заданими характеристиками та дозволяє розраховувати глибину деструкції органічних відходів.

3. Експериментальним шляхом на спеціально створеній установці визначені раціональні кількості контурів багатоконтурної циркуляційної системи для різних сумішей відходів і температурні режими для кожного контуру залежно від складу відходів, які переробляються. Обґрунтовано застосування триконтурної циркуляційної системи та визначені раціональні температурні режими контурів: I контуру - 330 - 370 °С; II контуру - 220 - 250 °С та 120 - 160 °С для III контуру. Схемно - конструктивне рішення багатоконтурної циркуляційної системи захищено патентом України на винахід № 58616 С2)

4. Встановлено залежність частки рециркуляту в системі від складу суміші відходів і зниження його молекулярної маси нижче 200, якісні та кількісні характеристики одержуваного рідкого продукту від складу вихідної сировини, що переробляється шляхом багатоконтурного циркуляційного піролізу. Встановлено, що розроблений технологічний процес збільшує вихід корисних продуктів: газу - на 3 - 12 %, рідкої фракції - 8 - 25 %, зменшує утворення твердого залишку на 10-20 %. Утворені рідкий продукт, піролізний газ і пірокарбон можна застосовувати для енергетичного забезпечення самого процесу і як альтернативне паливо

На основі отриманих теоретичних і експериментальних результатів сформульовано наступне **наукове положення**: екологічно безпечний технологічний процес переробки побутових органічних відходів у єдиному потоці можна здійснити, використовуючи принцип багатоконтурного циркуляційного піролізу, що збільшує вихід корисних продуктів і зменшує утворення твердого залишку.

Достовірність наукових положень забезпечено коректними постановкою науково - прикладної задачі та використанням математичної моделі циркуляційних процесів, задовільним узгодженням результатів теоретичних і експериментальних досліджень; позитивними результатами натурних випробувань і досвідно - промислової експлуатації розроблених установок, що реалізують запропонований технологічний процес багатоконтурного циркуляційного піролізу.

Практичне значення отриманих результатів:

- розроблено екологічно безпечний і безвідхідний технологічний процес переробки органічних побутових відходів на основі багатоконтурного циркуляційного піролізу;

-створено установки для утилізації різних сумішей відходів із одержанням на виході рідкого продукту, піролізного газу й пірокарбону, які можна застосовувати для здійснення самого процесу і як альтернативне паливо;

-розроблено рекомендації з проектування й виготовлення одиничних і модульних установок, які працюють із використанням запропонованого технологічного процесу для сумісної термічної переробки сухих твердих побутових, відсортованих від вологих харчових і неорганічних відходів, та схожих з побутовими промислових органічних відходів.

Ефективність установок підтверджена натурними і стендовими випробуваннями, а також промисловою експлуатацією. Технічний рівень установок відповідає кращим світовим зразкам і підтверджений шістьма патентами України на винахід.

Впровадження результатів роботи здійснено на ПКФ «Теплоелектронсервіс» (м. Миколаїв) розроблені робоча конструкторська документація та виготовлені експериментальні установки УПУ/МИО - 10 і УПУ/МИО - 100 для переробки різних сумішей органічних відходів; в Українському фінансово - промисловому концерні (м. Київ) розроблена конструкторська документація, виготовлені вузли промислових установок: модульної УПЦШ - 0,005 для утилізації нафтошламів і УМ/МЦП - 10 для переробки побутових і промислових органічних відходів, схожих з побутовими; на ТОВ «ТРЕНД» (м. Київ) виготовлений промисловий зразок установки УПУ/МИО - 100 для утилізації інфікованих медичних відходів; в УкрНДІмет (м. Харків) дано позитивний висновок щодо впровадження вихідного твердого вуглецевого залишку від технології багатокогаурного циркуляційного піролізу в електродній, металургійній (як у чорній, так і в кольоровій) та електротехнічній галузях промисловості; у навчальному процесі Національного університету кораблебудування (м. Миколаїв) при виконанні курсового та дипломного проектування, магістерських робіт зі спеціальності № 8 070801 «Екологія та охорона навколишнього середовища».

Особистий внесок здобувача в одержанні науково- практичних результатів, зазначених у дисертаційній роботі, полягає в розробці математичної моделі технологічного процесу переробки побутових органічних відходів на основі багатоконтурного циркуляційного піролізу; теоретичному дослідженні та розрахунку основних залежностей процесу багатоконтурного циркуляційного піролізу [3, 13]. розробці програми та методики проведення практичних досліджень, на основі розробленої математичної моделі циркуляційного процесу; розробці та проектуванні експериментальної піролізної установки з багатоконтурною циркуляційною системою [1]; створенні патентоспроможних технологічних процесів багатоконтурного циркуляційного піролізу та конструкції устаткування для його здійснення [2, 4, 5, 12]; проведенні

практичних досліджень процесу багатоконтурного циркуляційного піролізу та відпрацьовуванню технічних параметрів дослідно-промислової установки [1, 2, 10, 14, 15]; розробці практичних рекомендацій із проектування конструкцій установок; розробці й патентуванні технологічних процесів БЦП і використання вихідних продуктів [6-9, 11, 13].

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи розглянуті і схвалені на: 4-й Всеросійській науково-практичній конференції з міжнародною участю «Нове в екології й безпеці життєдіяльності», 1999 р., Санкт-Петербург; науковій конференції, присвяченій 75-річчю від дня народження член-кореспондента НАН, АМН України, професора, доктора медичних наук Ю.С. Кагана "Актуальні проблеми токсикології», 1999 р., Київ; конференції "Нові технології та обладнання по переробці промислових відходів і їх медико-екологічне забезпечення", Київ, 2001р.; міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми збору, переробки й утилізації відходів», Одеса, 2001р.; 3-й і 4-й міжнародних науково-технічних конференціях «Проблеми енергозбереження й екології в суднобудуванні», 2002 і 2005 р., м. Миколаїв; конференції "Економічна доцільність та нормативно-правова забезпеченість переробки відходів", 2002 р., м. Ялта; 1-й та 2-й міжнародних конференціях «Енергія з біомаси», 2002 і 2005 р., м. Київ; 2-й науково-практичній конференції "Енергозбереження в термічній переробці відходів - значний потенціал енергоресурсів". Досвід, досягнення та перспектива, 2002 р., Крим, м.Алушта; 2-й науково-технічній конференції "Нові технології та обладнання по переробці промислових та побутових відходів і їх медико-екологічне забезпечення", 2003р, пгт.Східниця.; 3-й науково-практичній конференції «Переробка енергоресурсних відходів. Проблеми й рішення по очищенню газів, що відходять, і теплоутилізація», 2003 р., пгт. Східниця; науково-технічній конференції "Досвід і проблеми переробки відходів машинобудівного й військово-промислового комплексів та хімічної промисловості України", 2003 р., м. Ялта; 5-й науково-практичній конференції «Переробка енергоресурсних відходів. Екологічні, економічні й медичні аспекти», 2004 р., Свалявський р-н о Галявина; міжнародній науково-практичній конференції «Поводження з відходами виробництва й споживання, медико - екологічні й економічні аспекти», 2005 р., Свалявський р-н; міжнародній науково - технічній конференції «Муніципальна енергетика: проблеми, рішення», 2005 р., Миколаїв, 4-й международной научно-технической конференции «Проблемы экологии и энергосбережения в судостроении», 2005 г., г. Николаев.

Публікації. Основні положення дисертації викладеш й опубліковані в 15 роботах, з них: 3 наукові статті у виданнях ВАК (без співавторів - 1), 6 патентів України, 6 доповідей і тез на науково-практичних конференціях.

Структура й обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаної літератури та додатків. Її загальний обсяг становить 246 сторінки, з яких 147 сторінок машинописного тексту, 49 малюнка та 33 таблиці, список використаної літератури з 139 найменувань та 2 додатки на 43 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтована актуальність теми, обрані об'єкт і предмет дослідження, сформульовані мета й основні задачі дисертаційної роботи, коротко викладені методологічні основи досліджень, наукова новизна й практична значимість роботи.

У **першому розділі** проведений аналіз морфологічного складу можливих сумішей органічних побутових високомолекулярних органічних відходів (ВОВ), а також впливу на навколишнє природне середовище й людину як суміші відходів у цілому, так і окремих компонентів. Виконано порівняльний аналіз основних способів переробки ВОВ - складування, компостування, спалювання, піролізу), зазначено недоліки перерахованих методів. Виявлено, що відомі традиційні методи піролізу й конструкції реакторів не забезпечують необхідну глибину деструкції ВОВ, що не дозволяє на виході одержувати цільові продукти із заданими характеристиками, у тому числі й нетрадиційні енергоносії. Визначено мету й поставлені задачі наукового дослідження.

У **другому розділі** виявлена й проаналізована фізична сутність технологічного процесу переробки відходів на основі методу багатоконтурного циркуляційного піролізу (БЦП). Для вивчення фізичної сутності рециркуляції на контурах БЦС проаналізовано процеси на i -тому контурі (рис. 1), для цього проведене східчасте здійснення процесу з відводом продуктів реакції, що надходять до наступного контуру, розглянуто сумарний обсяг потоків у системі (рис. 2).

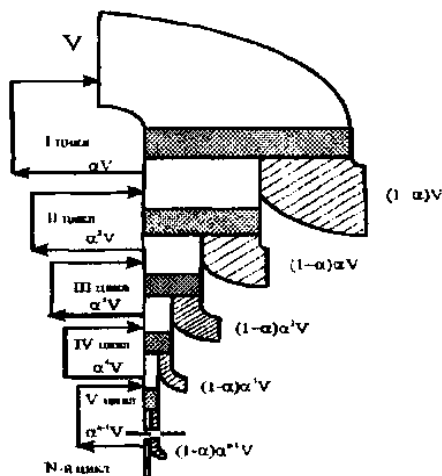


Рис. 1. Схема послідовного східчастого перетворення сировини на контурах: V - кількість сировини, що надходить на контур; α - вагова частка рециркулята від загальної кількості сировини

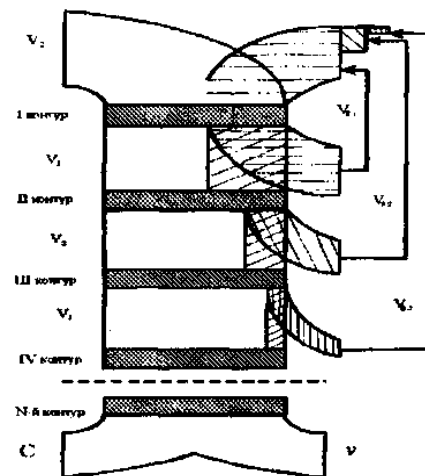


Рис. 2. Схема потоків у БЦС при термічній деструкції відходів з рециркуляцією важких компонентів ППС

Розроблена математична модель технологічного процесу переробки відходів на основі БЦП, яка дозволяє визначити мінімально можливий реакційний об'єм системи при максимальному виході цільового продукту. При моделюванні використовується методика поетапного розрахунку об'єму потоків, що надходять із кожного контуру.

Отримано основне диференціальне рівняння рециркуляційного процесу для визначення реакційного об'єму:

$$dZ = \frac{RT}{K_2 S \beta_1 P^2} \frac{\left(\sum_{i=1}^4 c_i + P \beta_1 c_1 + P \beta_2 c_2 + P \beta_3 c_3 + P \beta_4 c_4 \right) \sum_{i=1}^4 c_i}{c_1 c_2} dc_3, \quad (1)$$

де K_2 – константа швидкості рециркуляційного піролізу; c_1, c_2, c_3, c_4 – кількості речовин в реакторі в одиницю часу (відповідно первинної ПГС, рециркулята важкої рідкої фракції, кінцевого продукту у вигляді легких фракцій і пірокарбону); $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ – константи кінетичного рівняння; P і T – тиск і абсолютна температура в реакторі; R – газова постійна. Для одноконтурної циркуляційної системи реакційний об'єм, необхідний для одержання будь-якого заданого ступеня деструкції відходів, може бути визначений за допомогою рівняння:

$$Z_1 = \frac{V_0}{L} \left[F_{R1} + \chi(b-1) \ln \frac{1}{1-F_{R1}} - \gamma(b-B-F_{R1}) \ln \frac{B}{B-F_{R1}} \right], \quad (2)$$

де F_{R1} – ступінь деструкції на першому контурі; V_0 – кількість первісної ПГС; L, B, b, χ, γ – розрахункові коефіцієнти, введені при інтегруванні.

При роботі реактора з двоконтурною циркуляційною системою розрахунок проводиться по наступному рівнянню:

$$Z_2 = \frac{V_0(1-F_{R1})}{L} \left[\frac{F-F_{R1}}{1-F_{R1}} + \chi(b-1) \ln \frac{1-F_{R1}}{1-F} - \gamma \left(b - \frac{B}{1-F_{R1}} \right) \ln \frac{B}{B-F+F_{R1}} \right]. \quad (3)$$

При роботі триконтурної циркуляційної системи рівняння виглядає в такий спосіб:

$$Z_3 = \frac{V_0(1-F_{R1}-F_{R2})}{L} \times \left[\frac{F-F_{R1}-F_{R2}}{1-F_{R1}-F_{R2}} + \chi(b-1) \ln \frac{1-F_{R1}-F_{R2}}{1-F} - \gamma \left(b - \frac{B}{1-F_{R1}-F_{R2}} \right) \ln \frac{B}{B-F+F_{R1}+F_{R2}} \right]. \quad (4)$$

При роботі реактора з чотирьохконтурною рециркуляційною системою:

$$Z_4 = \frac{V_0(1-F_{R1}-F_{R2}-F_{R3})}{L} \times \left[\frac{F-F_{R1}-F_{R2}-F_{R3}}{1-F_{R1}-F_{R2}-F_{R3}} + \chi(b-1) \ln \frac{1-F_{R1}-F_{R2}-F_{R3}}{1-F} - \gamma \left(b - \frac{B}{1-F_{R1}-F_{R2}-F_{R3}} \right) \ln \frac{B}{B-F+F_{R1}+F_{R2}+F_{R3}} \right]. \quad (5)$$

Тут $F_{R1}, F_{R2}, F_{R3}, F_{R4}$ – ступінь деструкції на I, II, III і IV контурі, F – загальний ступінь деструкції.

Загальний обсяг потоків, що циркулюють у рециркуляційній системі БЦП складається із суми: $V_{\text{обц}} = Z_1 + Z_2 + \dots + Z_n$ (6)

При певнім сполученні значень $F_{R1}, F_{R2}, F_{R3}, \dots, F_{Rn}$ і обсяг системи має мінімальне значення, розмір якого необхідно визначити, при отриманні максимального ступеню переробки відходів та виходу цільового продукту. Показано, що для одержання обґрунтованого економічного ефекту обсяг рециркулята на контурі не повинен бути менш 5 - 7 % від загальної кількості ПГС, що утворилася.

У третьому розділі наведені результати експериментальних досліджень. На базі математичної моделі робочих процесів розроблена конструкція експериментальної установки УПУ/МІО-10 (рис.3).

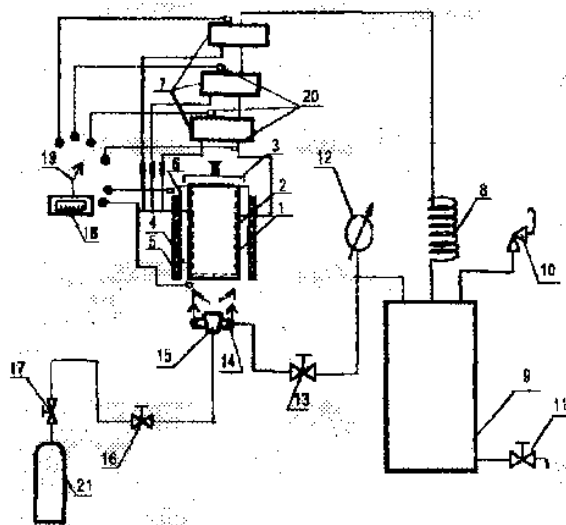


Рис. 3. Схема експериментальної установки: 1 - реактор; 2 - виймальний контейнер; 3 - герметична кришка реактора; 4 - димохід; 5 - теплоізоляція; 6 - отвір димоходу; 7 - контури циркуляційної системи; 8 - конденсатор; 9 - розділова ємність; 10 - підливний клапан; 11- кран для зливу рідкої фракції; 12 - манометр; 13 - кран піролізного газу; 14 - пальник дожига піролізного газу; 15 - основний пальник для зрідженого газу; 16 - кран зрідженого газу; 17 - кран на газовому балоні; 18 - вимірник температури; 19 - перемикач термопар; 20 - термопар

Для аналізу можливості спільної переробки суміші різнорідних ВОВ, а також для аналізу впливу різних компонентів, що входять у суміш, на якісний і кількісний склад цільового вихідного продукту були складені модельні суміші (таблиця 1), а також з урахуванням середньостатистичних кількісних характеристик відходів, які переробляються.

Таблиця 1

Склад модельних сумішей

Найменування відходів	Хімічний склад	Питома теплота згоряння, кДж/кг	Модельні суміші, % мас.							
			A	B	C	D	E	K	M	N
текстиль	$C_6H_{7,8}O_{2,9}$	18750	2	2	4	-	5	-	-	-
папір	$C_6H_{8,8}O_{2,8}$	20120	4	6	4	10	6	-	-	-
гума	$C_6H_{8,1}O_{1,7}$	28640	5	2	-	20	2	-	-	-
ЗАШ	$C_6H_{8,6}O_{1,3}$	24890	20	25	20	-	-	100	-	-
ПЕ	$(CH_2)_n$	28340	10	20	12	15	3	-	50	-
ПП	$(C_3H_6)_n$	28100	15	20	5	3	15	-	25	-
ПС	$(C_8H_8)_n$	27880	10	5	20	-	5	-	25	-
ПЕТФ	$(C_5H_4O_2)_n$	28560	15	5	10	30	25	-	-	-
ПВХ	$(C_2H_3Cl)_n$	-	-	-	1	2	2	-	-	-
нафтошлями	$C_6H_{2,1}O_{0,9}$	-	19	12	-	15	-	-	-	100
відпрацьовані олії	$C_6H_{8,8}O_{3,8}$	-	-	10	24	-	22	-	-	-
мастила	$C_6H_{8,8}O_{3,8}$	-	-	3	-	5	15	-	-	-

Суміші А, В, С, Б, Е характеризують варіативні дані нагромадження побутових і промислових, схожих з побутовими, відходів з урахуванням місця їхнього збору, порою року й інших факторів. Суміш К характерна для нагромадження на автотранспортному та інших промислових підприємствах. На нафтопереробних заводах, депо, а також на автотранспортних підприємствах відбувається нагромадження нафтовідходів (суміш N). Суміш М у чистому виді може бути накопичена на підприємствах із виробництва товарів споживання, що виготовляють із полімерної сировини.

При первинному піролізі незалежно від початкової молекулярної маси або состава сировини, тобто незалежно від вихідної речовини або суміші різних речовин (модельної суміші) відбувається значне зниження молекулярної маси приблизно до 1500-2000 (рис.4)

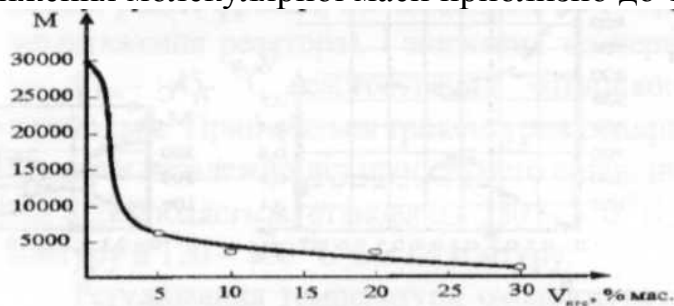
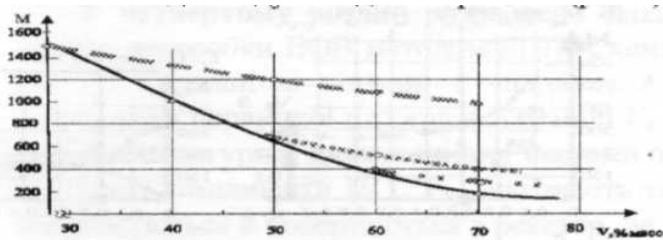
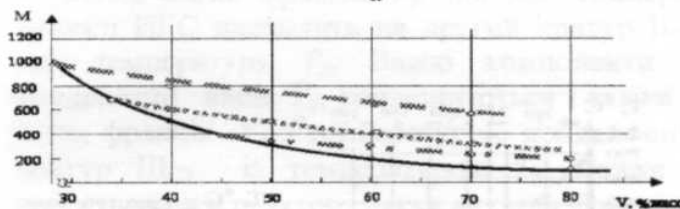


Рис. 4. Зміна молекулярної маси при піролізі для різних сумішей відходів (усереднені дані для всіх модельних сумішей)

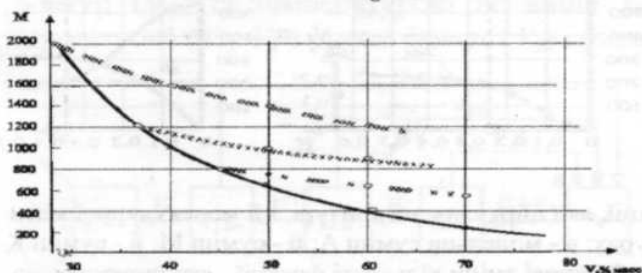
Характерною рисою багатоконтурного піролізу є зниження молекулярної маси рідкої фракції нижче 500. Встановлено, що при проведенні триконтурного піролізу значення молекулярної маси рідкої фракції не залежить від складу вихідної сировини (рис.5).



а



б



в

Рис. 5. Залежність зміни молекулярної маси рідкої фракції:

- при 3-х контурному піролізі;
- при первинному піролізі;
- - при одноконтурному піролізі;
- - - - - при 2-х контурному піролізі

а - модельна суміш А,
б - модельна суміш М,
в - модельна суміш К

Для практичного визначення долі речовини, яка непрореагувала, що надходить із кожного контуру, та залежності температури контуру від обсягу реагенту, який на ньому рециркулює, і відповідно розрахунку ступеню деструкції на контурі, було проведено ряд досліджень, результати яких наведені на рис. 6.

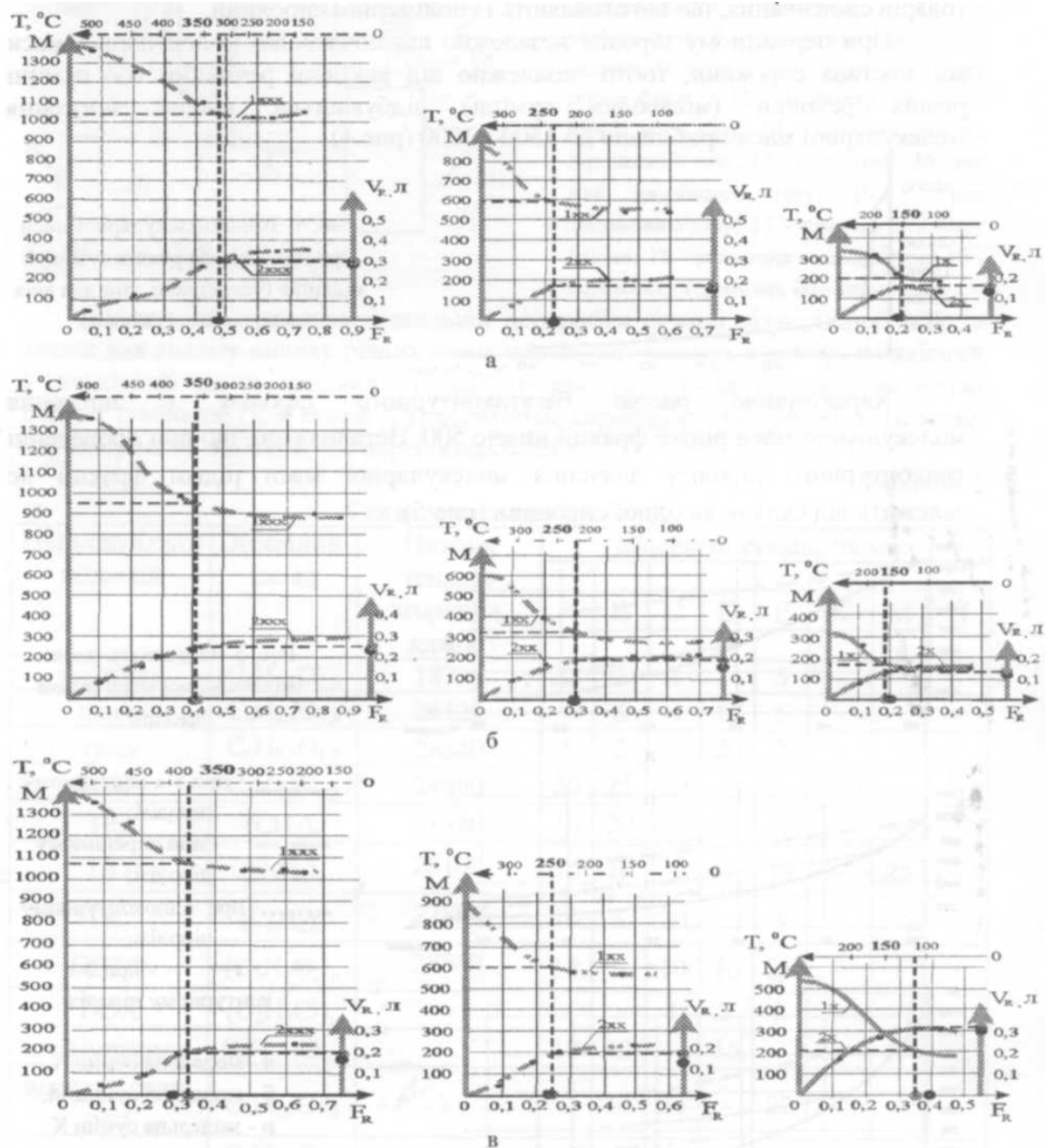


Рис. 6. Залежності кількості фракції, яка циркулює на контурі, і її молекулярної маси від ступеня деструкції в окремих контурах: а - модельна суміш А; б - суміш М; в - суміш К 1 - криві зниження молекулярної маси; 2 - криві зміни кількості фракції, яка циркулює на контурі xxx - перший контур; xx - другий контур; x - триконтурна система циркуляції

При аналізі даних досліджень можна зробити висновок, що кількість циркулюючої речовини і значення її молекулярної маси значно змінюються в районі певної температури кожного контуру, при цьому є збіги в температурних характеристиках контурів при одержанні оптимального виходу цільового продукту при максимальному зниженні молекулярної маси незалежно від початкового складу сировини. Тому для досягнення мінімальних втрат і з урахуванням економіки процесу, виходячи з теоретичних розрахунків по максимальному виходу цільового продукту й мінімально можливому реакційному об'єму, внаслідок обмеженості кількості важкої рідкої фракції, що надходить на IV контур (менше 7 % від загального завантаження реактора), і зниження температури наступного контуру всього на 40 - 45 °С, застосування чотириконтурної циркуляційної системи недоцільне. Приймається триконтурна рециркуляційна система, а температури контурів незалежно від процентного співвідношення різних відходів в суміші, яка переробляється, становлять 330 - 370 °С для I контуру, 220 - 250 °С для II контуру й 120 - 160 °С для III контуру.

Регулювання температури охолоджувачів контурів дозволить управляти ступенем термічного розкладання органічних відходів із широким діапазоном молекулярних мас, а це забезпечить зниження експлуатаційних енерговитрат і збільшення продуктивності установок, а також одержувати цільовий продукт із заданими характеристиками.

У четвертому розділі розроблено екологічно безпечний технологічний процес переробки ВОВ методом БЦП. Схематично цей процес зображено на рис. 7. Органічні відходи V піддаються піролізу без доступу кисню з утворенням первинної парогазової суміші V_L , що надходить на перший контур I_{CT} багатоконтурної циркуляційної системи з температурою першого контуру T_1 . Важкі компоненти ПГС V_{R1} , які мають температуру конденсації вище T_1 , конденсуються й повертаються в реактор, де вони перемішуються з відходами V . Більш легка фракція V_2 , що має температуру конденсації нижче T_1 , у вигляді ПГС надходить на другий контур II_{CT} циркуляційної системи, який має температуру T_2 . Важкі компоненти V_{R2} , що мають температуру конденсації вище T_2 , конденсуються і також повертаються в реактор. Більш легка фракція V_3 з температурою конденсації нижче T_2 надходить на третій контур III_{CT} із температурою T_3 . Важка фракція V_{R3} конденсується й повертається в реактор. Легка вихідна фракція ПГС V_K надходить на вихідний контур IV_{CT} із температурою не вище T_4 , у якому відбувається розподіл піролізного газу V_G і рідкої фракції V_K із заданою молекулярною масою.

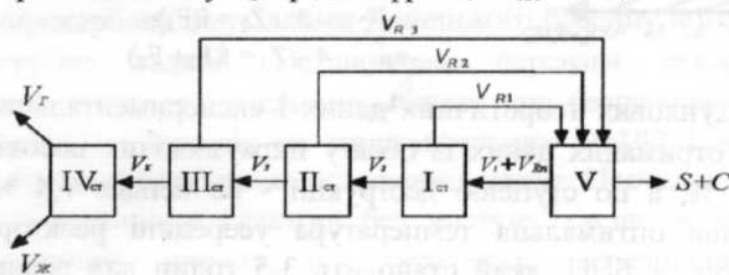
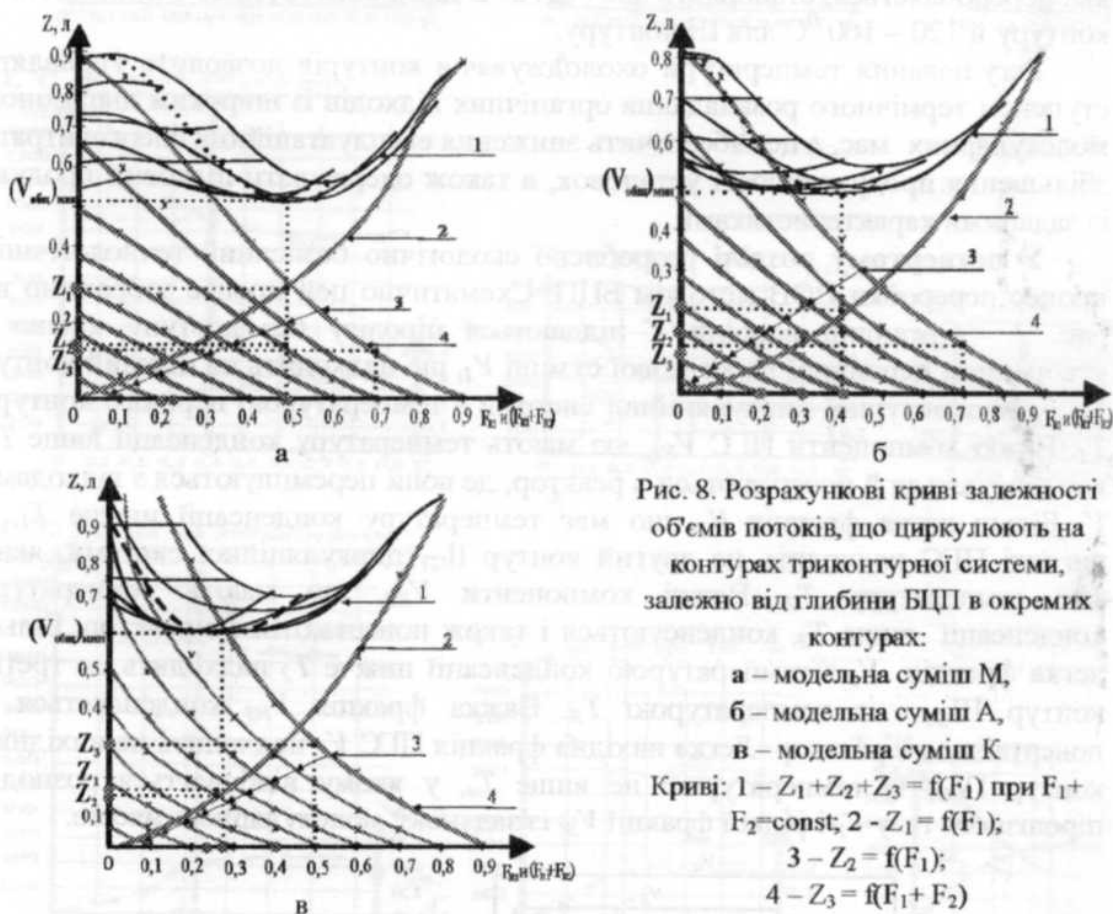


Рис. 7. Структурна схема процесу БЦП

За допомогою кривих теоретичного розрахунку залежності обсягів потоків, що циркулюють на контурах триконтурової системи, від глибини піролізу в окремих контурах, були визначені умови ведення процесу піролізу, при яких досягається мінімальне значення обсягу циркулюючих потоків при максимальному ступені деструкції органічних відходів.

При переробці модельної суміші А (рис. 8а) гранично мінімальний обсяг для триконтурної системи можна одержати, коли $F_{R1} = 0,48$, $F_{R1} + F_{R2} = 0,7$, $F_{R3} = 0,2$. У цих умовах $(V_{обш})_{\min} = Z_1 + Z_2 + Z_3 = 0,26 + 0,15 + 0,13 = 0,54$ л. Аналогічний розрахунок може бути зроблений для будь-якої суміші ВОВ. Наприклад, для модельної суміші М (рис. 8, б) мінімальний об'єм для триконтурної системи можна одержати, коли $F_{R1} = 0,40$, $F_{R1} + F_{R2} = 0,70$, $F_{R3} = 0,20$. При цьому $(V_{обш})_{\min} = Z_1 + Z_2 + Z_3 = 0,21 + 0,15 + 0,12 = 0,54$ л. Для модельної суміші К (рис. 8в) розрахунок показав наступні дані: $F_{R1} = 0,28$, $F_{R1} + F_{R2} = 0,50$, $F_{R3} = 0,40$. $(V_{обш})_{\min} = Z_1 + Z_2 + Z_3 = 0,16 + 0,14 + 0,30 = 0,60$ л.



При порівнянні розрахункових теоретичних даних і експериментальних результатів розбіжності в отриманих даних із обсягу циркулюючих потоків становлять не більше 5,8 %, а по ступеню деструкції - не більше 7,4 %. Експериментально підібрана оптимальна температура усередині реактора 600°C і час ведення процесу БЦП, який становить 3-5 годин для різних модельних сумішей. Дані висновки були підтверджені додатковими дослідженнями з визначення залежності швидкості реакції деструкції (швидкості виділення ПГС) від температури й залежності виділення загальної кількості ПГС від тривалості процесу.

Кількість важких фракцій з $M > 1500$, що циркулює на I контурі, залежить від співвідношення складових відходів (модельних сумішей) і коливається від 20 % до 55 % від ПГС, що утворюється; на II контурі від 15 % до 35 %; на III контурі від 8 % до 30 %, а на вихідному контурі відбираються тільки легкі фракції з молекулярною масою не більше 200 у кількості від 45 % до 95 %. Визначено, що при проведенні більш глибокого процесу піролізу модельної суміші А з рециркуляцією важких фракцій збільшується кількість газу на 4 %, зменшується кількість твердого залишку на 15 %. Кількість рідкої фракції збільшується за рахунок випарювання летких фракцій з пірокарбону, однак на третьому контурі відбувається невелике її зменшення за рахунок більш глибокого розкладання на газоподібні продукти, у підсумку загальне збільшення рідкої фракції становить 11%. Для інших модельних сумішей значення таких збільшень коливаються в межах для газу від 3 до 12 %, для рідкої фракції від 8 до 25 %, при цьому відбувається зменшення утворення твердого залишку до 20 % від відповідних параметрів первинного піролізу.

У п'ятому розділі описані дослідження з вивчення складу й властивостей одержуваних речовин при термічній деструкції сумішей різного складу органічних відходів з метою вивчення можливості використання вихідних продуктів БЦП. Отримані дані свідчать про те, що при збільшенні глибини деструкції спостерігається збільшення вмісту ароматичних вуглеводнів, при цьому значно зменшується в'язкість і молекулярна маса, знижується температура застигання й збільшується теплота згоряння. Рідка фракція, отримана за технологічним процесом БЦП, є більш стійкою при зберіганні, ніж отримана за традиційною схемою, тому що містить меншу кількість парафінових сполучень, які найбільш піддані окислюванню.

При порівнянні одержуваної рідкої фракції з іншими видами палива зроблено висновок, про можливість використання одержуваного рідкого продукту як альтернативного палива, тому що характеристики його близькі до дизельного палива Л-02.

Обґрунтовано можливість використання піролізного газу після БЦП як заміника природного. При проведенні порівняльного аналізу якості пірокарбону з вугіллями Донецького басейну його можна використовувати як грубе паливо. Встановлено переваги використання пірокарбону як покривних матеріалів на меніску при безперервному розливанні кольорових металів і сплавів на горизонтальних МНЛЗ і як інгредієнту обмазки при з'єднанні комбінованих кристалізаторів. Проведення технологічного процесу в герметичному реакторі без доступу кисню в замкнутому циклі виключає шкідливі викиди в навколишнє середовище, забезпечує ефективне розкладання всієї суміші різних по хімічному й фізичному складу відходів, що істотно спрощує технологію сортування сміття. Процес здійснюється при температурах 500 - 600 °С, тому є низькотемпературним, що виключає утворення парів важких

металів і викид їх з димовими газами в навколишнє середовище. Визначено відсутність шуму й вібрації в робочій зоні. Одорометричні дослідження показали відсутність запаху в повітрі навколишнього середовища на відстані 3 м у процесі роботи обладнання. Аналіз характеристик, що визначають екологічну чистоту вихідних продуктів, показав екологічну безпеку й можливість використання їх без додаткового очищення.

У результаті проведених досліджень на базі експериментальної установки була розроблена промислова установка для переробки інфікованих медичних відходів методом БЦП УПУ/МІО - 100 (рис. 10 і 11). Дослідження, проведені на УПУ/МІО - 100, дозволили провести перевірку теоретичних і практичних даних, отриманих на експериментальній установці, визначити умови одержання максимальної кількості цільового продукту, уточнити оптимальні технологічні параметри процесу.

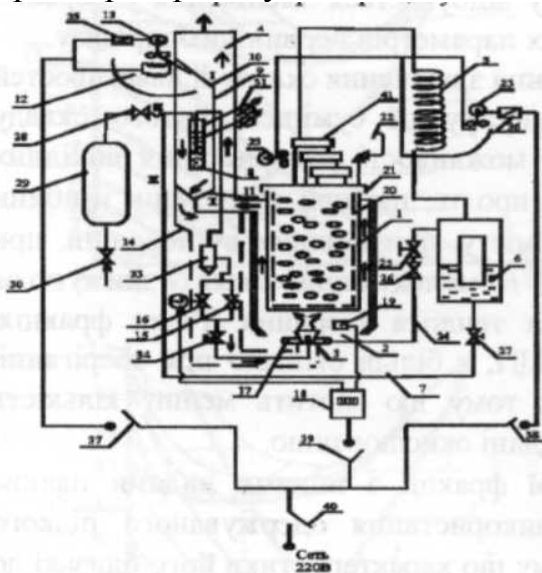


Рис. 10. Схема установки піролізної УПУ/МІО - 100

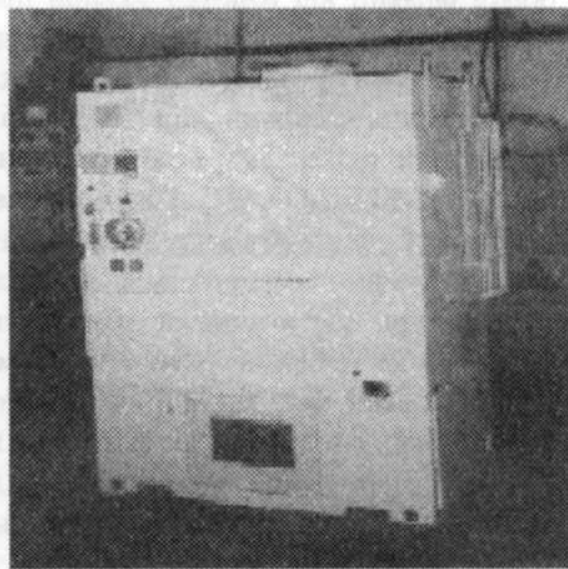


Рис. 11. Зовнішній вигляд установки піролізної УПУ/МІО - 100

1 - реактор; 2 - камера згоряння; 3 - основний пальник; 4 - димохід; 5 - кондиціонер; 6 - розділова сміть; 7 - трубопровід; 8 - сміть; 9 - відітнув повітрявода; 10, 11 - шибер; 12 - електропідігрівач; 13, 23 - електровентилатор; 14 - повітрявод; 15, 16, 27, 34, 37 - 40 - засувки; 17 - газовий пальник піролізного газу; 18 - терморегулятор; 19 - датчик; 20 - кошик; 21 - кришка реактора; 22 - запобіжний клапан; 24 - газопровід; 25 - засувка піролізного газу; 26, 28 - зворотний клапан; 29 - ресивер; 30 - ніпель; 31 - манометр; 32 - індикатор температури; 33 - відстійник; 35, 36 - електрозапобіжник; 41 - БЦС

Технологічний процес БЦП лежить в основі модульного заводу по переробці високомолекулярних органічних побутових і промислових, схожих з побутовими, відходів і осаду міських стічних вод (термобіологічний комплекс) та заводу по переробці нафтошламів. У процесі досліджень технологічних особливостей процесу БЦП і на його основі також був розроблений спосіб термічної рециркуляційної утилізації (РЦП) суміші високомолекулярних побутових і промислових відходів та установка для його здійснення. Для визначення перспектив розвитку та

впровадження технологічного процесу БЦП ВОВ вказані рекомендації з розрахунку техніко-економічних показників залежно від продуктивності як одиничного модуля, установки, так і всього заводу в цілому. Окупність проектів не перевищує: для невеликих установок продуктивністю до 1 т/доба - 3,5 роки, для заводів продуктивністю до 100 т/доба - 1,5 років.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі на основі теоретичних і експериментальних досліджень розроблений екологічно безпечний технологічний процес переробки побутових органічних відходів методом багатоконтурного циркуляційного піролізу. Розробка нового технологічного процесу полягає в наступному:

1. Вперше обґрунтовано та визначено основний принцип здійснення технологічного процесу переробки органічних відходів багатоконтурним циркуляційним піролізом, що полягає в досягненні глибокого ступеню деструкції відходів та одержанні рідкого продукту легких фракцій шляхом циркуляції важких рідких фракцій, які утворюються на контурах багатоконтурної циркуляційної системи та повертаються в реактор на додаткову деструкцію. Принципова особливість технологічного процесу на основі БЦП у порівнянні з первинним піролізом полягає у забезпеченні процесу переробки власними енергетичними ресурсами та збільшенні виходу корисних продуктів - газу на 3 до 12 %; рідкої фракції на 8 - 25 % і зменшення утворення твердого залишку на 20 % максимум.

2. Вдосконалено математичну модель циркуляційного піролізу з урахуванням багатоконтурного циркуляційного процесу, яка забезпечує управління глибиною переробки відходів із широким діапазоном молекулярних мас, дозволяє визначити кількість контурів багатоконтурної циркуляційної системи, встановити залежність мінімального реакційного об'єму від загального ступеню деструкції та ступеню деструкції на контурах при максимальному виході цільового продукту.

3. Розроблено екологічно безпечну раціональну технологічну послідовність робочих процесів переробки високомолекулярних органічних відходів методом БЦП шляхом надходження первинної парогазової суміші до багатоконтурної циркуляційної системи, де конденсуються важкі рідкі фракції та повертаються у реактор для глибокої термічної деструкції з метою одержання рідкого продукту із заданими характеристиками. Новизна технології підтверджується патентами України (№ 400442 А, № 52840 С2).

4. Виявлено залежності долі рециркуляту в рециркуляційній системі та зниження його молекулярної маси нижче 200, якісні й кількісні характеристики одержаного рідкого продукту від складу вихідної сировини, яка переробляється за технологічним процесом БЦП. Обґрунтовано незалежність кількості контурів багатоконтурної циркуляційної системи та температурних режимів кожного контуру від складових сумішей, які утилізуються.

5. Встановлено експериментальним шляхом мінімальні показники реакційного об'єму та максимального виходу цільового продукту. Зроблено розрахунок кількості контурів БЦС, яка підтверджує теоретичні висновки про доцільність застосування триконтурної циркуляційної системи незалежно від виду відходів, що надходять на утилізацію. Визначено раціональні температурні режими контурів циркуляційної системи з температурою I контуру 330-370 °C, 220-250 °C - II контуру й 120-160 °C для III контуру. Встановлено ідентичність температурних характеристик контурів для переробки різних сумішей ВОВ в єдиному технологічному потоці та одержанні раціонального виходу цільового продукту при максимальному зниженні молекулярної маси незалежно від початкового складу сировини.

6. Встановлено зниження молекулярної маси одержуваного продукту на кожному контурі БЦП і кінцевого цільового продукту за рахунок здійснення глибокої деструкції важких рідких фракцій: молекулярна маса кінцевого рідкого продукту після первинного піролізу високомолекулярних органічних відходів становить 800 - 1500, при здійсненні БЦП на I контурі - 400 - 700, на II контурі - 200 - 500, на III контурі - 150 - 190. Доведено незалежність значень молекулярної маси кінцевого рідкого продукту БЦП від початкового складу відходів.

7. Доведено можливість і обґрунтовано доцільність утилізації різних органічних відходів за технологією БЦП із одержанням рідкого продукту з молекулярною масою не більше 200, який може застосовуватися як альтернативне рідке паливо, з одержанням піролізного газу як заміника природного газу та пірокарбону, що використовується як грубе паливо або як покривні матеріали на меніску при безперервному розливанні кольорових металів і сплавів на горизонтальних МНЛЗ і як інгредієнт обмазки при з'єднанні комбінованих кристалізаторів.

8. Розроблений технологічний процес переробки відходів на основі БЦП і установка для його здійснення є екологічно безпечними завдяки відсутності міграції хімічних речовин з реактора під час роботи й через 15 хв. після закінчення, відсутності запаху в повітрі робочої зони, шуму та вібрації. Отримані вихідні продукти є екологічно чистими, оскільки вміст шкідливих речовин нижче ПДК та відповідає існуючим нормативам, що створює можливість використання їх без додаткового очищення.

9. Розроблено рекомендації з проектування промислових установок, що працюють за розробленим технологічним процесом БЦП і дозволяють створити типорозмірний ряд установок із широким інтервалом продуктивності від 50 кг за процес обробки до 300 т/доба для утилізації різних високомолекулярних органічних відходів.

10. Наведено напрямки використання технологічного процесу на основі БЦП на практиці у вигляді розробленого й виготовленого устаткування: установки по утилізації інфікованих медичних відходів (патент України № 58616 С2), модульного заводу по утилізації високомолекулярних органічних побутових та промислових відходів і осаду міських стічних вод (термобіологічний комплекс) (патент України

11.№ 74681 С2), заводу по утилізації нафтошламів (патент України № 74635), способу термічної рециркуляційної утилізації суміші високомолекулярних побутових і промислових відходів і установки для його здійснення (патент України № 69061).

Основний зміст дисертації опублікований у наступних наукових працях:

1.Рижков С.С., Маркіна Л.М., Бабій В.П., Рудюк М.В. Особливості процесу багатоконтурного піролізу високомолекулярних органічних відходів// Екотехнології й ресурсозбереження. - 2001. - № 5. - С. 56-61.

2.Рижков С.С., Маркіна Л.М., Рудюк М.В. Аналіз матеріального балансу термічного розкладання органічних відходів за технологією багатоконтурного циркуляційного піролізу//Екотехнології й ресурсозбереження.-2003.- № 5.-С.29-36.

3.Маркіна Л. Н. Моделювання й розрахунок елементів технології багатоконтурного циркуляційного піролізу високомолекулярних органічних відходів //Екотехнології й ресурсозбереження. - 2006. - № 4. - С. 71 - 76 .

4.Спосіб утилізації органічних відходів: Патент 40442 А України, МКИ 7 F 23 G 5/027, С 10 G 1/00.- Маркіна Л. М., Рудюк М.В., Бабій В.П. - Опубл. 16.07.2001р. - Бюл. № 6, 2001р. - 5 з іл.

5.Спосіб утилізації органічних відходів: Патент 52840 С2 України, МКИ 7 F 23 G 5/027, С 10 G 1/00. - Маркіна Л.М, Рудюк М.В., Бабій В.П. - Опубл. 15.01.03. - Бюл. № 1, 2003р. - 5 з іл.

6.Установка для утилізації інфікованих медичних шприців: Патент 58616С2 України, МКИ7 F23 G5/027, Рудюк М.В., Бабій В.П., Маркіна Л.М.-Опубл.15.08.2003р.-Бюл.№ 8,2003 р.-4 з іл.

7.Спосіб термічної утилізації суміші високомолекулярних органічних побутових та промислових відходів і установка для його здійснення: Патент 69061 України, МПК F 23 G 7/00, С 10 G 1/00. - Рудюк М.В., Маркіна Л.М., Коваль О.М. - Опубл. 16.01.06. - Бюл. № 1, 2006р. - 6 з іл.

8.Спосіб термічної утилізації нафтошламів та установка для його реалізації: Патент 74635 України, МІЖ F 23 G 7/00, С 10 G 1/00. - Рудюк Н.В., Маркіна Л.Н., Коваль О.Н. - Опубл 16.01.06. - Бюл № 1,2006р. - 7 з іл.

9.Спосіб термобіологічної утилізації: суміші органічних побутових та промислових відходів і мулі» міських стічних вод та установка для його реалізації: Патент 74681 України, МПК В 03 В 9/00, F 23 G 7/00, С 10 G 1/00, С 05 F 9/00, С 02 F 9/14, С 02 F 11/00, В 09 В 3/00. - Рудюк М.В., Маркіна Л.М., Коваль О.М., Зайців А.И. - Опубл. 16.01.06. - Бюл. № 1, 2006р. - 6 з іл. Ю.Рудюк М.В., Бабій В. П., Маркіна Л.М. Нові екологічні технології в галузі утилізації органічних відходів з одержанням нетрадиційних енергоносіїв // Збірник наукових статей міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми збору, переробки й утилізації відходів». - Одеса: ОЦНТЕІ. - 2001. -С. 305-310.

11.Рижков С.С., Маркіна Л.М. Принципи роздільного формування та утилізації потоків міських твердих побутових відходів // Матеріали 3-й міжн. науч.-техніч. конф. «Проблеми енергозбереження та екології в суднобудуванні». - Миколаїв: УДМТУ. - 2002. - С. 33 - 34.

12.Рудюк М.В., Бабій В. П., Маркіна Л.М. Особливості поетапного термічного розкладання органічних відходів за технологією БЦП // Труди другої наук.-техніч. конф. "Нові технології та обладнання по переробці промислових та побутових відходів і їх медико-екологічне забезпечення". - К.: Знання. - 2003. - С. 123 - 130.

13.Рудюк М.В., Коваль О.М., Маркіна Л.М. Особливості термобіологічного методу утилізації твердих побутових і промислових органічних відходів і мулів міських стічних вод // Тези доповідей другої міжнародної конф. «Енергія з біомаси». - К.: Знання.-2004.- С. 265- 267.

14.Маркіна Л.М. Регулювання ступеня деструкції органічних відходів в екологічно безпечній технології багатоконтурного піролізу // Матеріали 4 - й міжнародної науково-практич. конф. «Проблеми екології й енергозбереження в суднобудуванні» - Миколаїв: НУК. - 2005. - С І 14.

15.Маркіна Л.М. Технологія багатоконтурного піролізу як екологічно безпечний метод утилізації муніципальних відходів//Матеріали міжнародної науково-техніч. конф. «Муніципальна енергетика: проблеми, рішення». -Миколаїв: НУК. - 2005. - С. 83 - 86.

АНОТАЦІЯ

Маркіна Л.М. Створення екологічно безпечного технологічного процесу та устаткування для утилізації побутових органічних відходів методом багатоконтурного циркуляційного піролізу. Рукопис. Дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 -екологічна безпека. - Національний університет кораблебудування, Миколаїв, 2007р. Метою роботи є створення екологічно безпечного технологічного процесу й устаткування для переробки побутових органічних відходів методом багатоконтурного циркуляційного піролізу.

Розроблені загальні принципи переробки відходів шляхом глибокої термічної деструкції високомолекулярних органічних відходів. Створена математична модель технологічного процесу переробки відходів на основі багатоконтурного циркуляційного піролізу (БЦП) на базі теорії рециркуляційних процесів. Розроблена технології високомолекулярних органічних відходів. Проаналізовано вплив складу вихідної сировини на технологічні параметри процесу. Встановлені закономірності впливу режимів роботи на характеристики вихідних продуктів. Підтверджено екологічну безпеку БЦП суміші різних органічних відходів і одержаних вихідних продуктів. Розроблені рекомендації із застосування розробленого процесу на основі БЦП для переробки органічних відходів.

Ключові слова: переробка відходів, багатоконтурний циркуляційний піроліз, екологічна безпека, установки по переробці відходів.

АННОТАЦИЯ

Маркина Л.Н. Создание экологически безопасного технологического процесса и оборудования для переработки бытовых органических отходов методом многоконтурного циркуляционного пиролиза. Рукопись. Диссертации на получение научной степени кандидата технических наук за специальностью 21.06.01 - экологическая безопасность. - Национальный университет кораблестроения, Николаев, 2007г. Целью диссертационной работы является создание экологически безопасного процесса и оборудования для переработки органических отходов с энергетическим обеспечением процесса за счет получаемого из отходов топлива, а также дополнительным получением нетрадиционного жидкого топлива, высокоэнергетического горючего пиролизного газа и твердого углеродного остатка — пирокарбона. Поставленная цель достигнута теоретико - экспериментальным решением исследовательских задач. Разработаны общие принципы переработки бытовых органических отходов различных смесей путем глубокой термической деструкции ВОО. Раскрыта физическая сущность процесса переработки отходов на основе пиролиза в циркуляционной системе. Впервые на основе уравнения рециркуляции разработана математическая модель МЦП, обеспечивающего управление глубиной деструкции ВОО с широким диапазоном молекулярных масс. Разработана математическая зависимость общей загрузки реактора при глубокой переработке высокомолекулярных составляющих парогазовой смеси и выходных продуктов. Разработана и защищена патентом Украины технология утилизации органических отходов методом МЦП и устройство для ее осуществления.

Представлена конструкция многоконтурного реактора для экспериментальных исследований. Проведено изучение МЦП различных смесей ВОО, отработаны оптимальные режимы работы, осуществлена оценка качественных и количественных характеристик выходных продуктов после утилизации отходов. Впервые представлена графическая зависимость снижения молекулярной массы тяжелых составляющих парогазовой смеси на каждом контуре циркуляционной системы. При исследовании температурных и временных характеристик процесса МЦП различных смесей органических отходов, выбраны оптимальные параметры процесса. Даны количественные характеристики выходных продуктов различных смесей при различных режимах многоконтурного реактора. Проведенный анализ влияния состава исходного сырья на технологические параметры процесса, показал идентичность условий ведения процесса деструкции для любого набора ВОО. Установлены закономерности влияния режимов работы на характеристики выходных продуктов.

Проведены исследования экологической безопасности МЦП смеси различных органических отходов и получаемых выходных продуктов. Разработана промышленная установка для утилизации одноразовых

медицинских шприцев. Разработаны рекомендации по применению разработанного процесса на основе МЦП для переработки различных органических отходов.

Ключевые слова: переработка отходов, многоконтурный циркуляционный пиролиз, экологическая безопасность, установки по переработке отходов.

THE SUMMARY

Markina L.M. Creation of ecologically safe technological of process and equipment for recycling household organic waste by a multiplanimetric circulating pyrolysis method. The manuscript. The dissertations on reception of a scientific degree of the candidate of engineering science behind a speciality 21.06.01 -ecological safety. - National university of shipbuilding, Nikolaev, 2007r. The purpose of work is the creation of ecologically safe technological process and equipment for recycling household organic waste by a multiplanimetric circulating pyrolysis method. General principles of recycling by deep thermal destructon high-molecular organic waste are developed. The created mathematical model multiplanimetric circulating pyrolysis (MCP) on the basis of the theory circulatings of processes. High-molecular organic waste technologies are developed. The influence of structure of initial raw material on technological parameters of process is analysed. The established laws of influence of modes of operations on the characteristics of initial products. The ecological safety MCP of a mix different organic waste and received initial products is revealed. Recommendations from application MCP for recycling organic waste are developed.

Key words: multiplanimetric circulating pyrolysis, recycling, high-molecular organic waste, ecological safety.

Підписано до друку 20.02.07. Папір офсетний. Формат 60x84/16. Гарнітура "Тайме". Друк офсетний. Ум. друк. арк. 0,7. Обл.-вид. арк. 0,8. Тираж 100. прим. Зам. № 20.

Друкарня видавництва Національного університету кораблебудування, 54002, м. Миколаїв, вул. Скороходова, 5