

## РОЗДІЛ IV

### НОВІ СПОСОБИ ТЕРМІЧНОГО ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ТА ШЛЯХИ ПРАКТИЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ ПРОДУКТІВ ПЕРЕРОБКИ НЕПРИДАТНИХ ПЕСТИЦИДІВ (за матеріалами патентного пошуку)

#### 4.1 Спосіб термохімічного знешкодження високотоксичних речовин і пристрій для його здійснення

Відомий спосіб знешкодження токсичних речовин вищих класів небезпеки: хімічної зброї, пестицидів, поліхлорбіфенілів, ціанідів і т.п. в оболонці або в текучому вигляді (рідкому, порошкоподібному і газоподібному), який може бути ефективно використаний при здійсненні заходів захисту навколишнього середовища від забруднення, а також при створенні ресурсозберігаючих технологій. Сутність способу полягає у здійсненні процесів термічного розкладання, окиснення і ступінчастої нейтралізації кінцевих продуктів реакції у високошвидкісному трансзвуковому потоці робочого газу з числом Маха  $M \geq 1$  при коефіцієнті надлишку окиснювача  $\alpha \geq 1,1$ . В даному способі використовують пристрій, що містить камеру згорання ракетного двигуна і змішувальні надзвукові струминні апарати.

Відомий спосіб оснований на тому, що знешкоджувану речовину завантажують у порожнину термічної камери, де з нею здійснюють ряд послідовних операцій: руйнування оболонки контейнера, перемішування знешкоджуваної речовини з високотемпературним робочим газом, з наступним її хімічним перетворенням (відбувається повне окиснення речовини – спалювання), після чого продукти реакції, що являють собою малотоксичні чи нетоксичні сполуки, розділяють на фракції і після повного знешкодження їх утилізують чи викидають у навколишнє середовище.

Пристрій для здійснення цього способу містить маніпулятор (пристосування для завантаження знешкоджуваної речовини), допоміжний плазмотрон для порізки оболонки контейнера, основний плазмотрон, малий плазмотрон, термічну камеру, центрифугу, окисну камеру, систему евакуації шлаків, вихлопну систему аерозолей з утилізацією тепла, систему очищення газів, систему утилізації аерозолей, вихлопну трубу розсіювання газових викидів.

Технічний результат досягається тим, що перемішування знешкоджуваної речовини з високотемпературним газом здійснюють діючи на знешкоджувану речовину трансзвуковим і надзвуковим потоком з числом Маха  $M = 0,9-2,0$  при  $\geq 2000^\circ\text{C}$ , після чого в реакційній камері доопалюють отриману суміш з коефіцієнтом надлишку окиснювача  $\alpha \leq 1,1$  до утворення кінцевих продуктів реакції, а потім поступово вводять хімічні реагенти,

які після перемішування з кінцевими продуктами реакції поглинають водним розчином.

Пристрій містить змішувальну камеру у вигляді надзвукового ежектора, а джерело високотемпературного газу виконано у вигляді камери згорання ракетного двигуна, герметично з'єднаного соплом з вузькою частиною ежектора, вихід якого скріплений з реакційною камерою, виконаною за формою сопла Лавалю, вихідний торець якого з'єднаний із вхідною частиною багатоланкової системи нейтралізації, а її вихідна частина виконана із звуженим по довжині перетином і розміщеним усередині блоком для уловлювання кінцевих продуктів реакції, заповненого водним поглинаючим розчином.

На рис. 4.1 зображений пристрій, який містить 1 – джерело високотемпературного газу, 2 – механічний маніпулятор для введення знешкоджуваної речовини в оболонку або гідравлічну систему подачі в рідкому вигляді, змішувальний пристрій 3, 4 – системи введення додаткових хімічних реагентів, 5 – реакційну камеру, 6 – багатоланкову систему очищення, 7 – систему уловлювання, 8 – систему нейтралізації й утилізації твердих речовин, 9 – газову систему вихлопу.

Спосіб і пристрій для його реалізації дозволяють істотно інтенсифікувати виконання всіх операцій технологічного процесу знешкодження високотоксичних речовин. Зокрема, контейнер із знешкоджуваною речовиною, що вводиться в трансзвуковий потік робочого об'єму, протягом десятих долі секунди руйнується, а сама речовина активно перемішується з робочим газом. Таким чином, відпадає необхідність у використанні допоміжного плазмотрона і центрифуги для перемішування знешкоджуваної речовини. При цьому конструкція термічної камери істотно спрощується, а її габарити різко скорочуються.

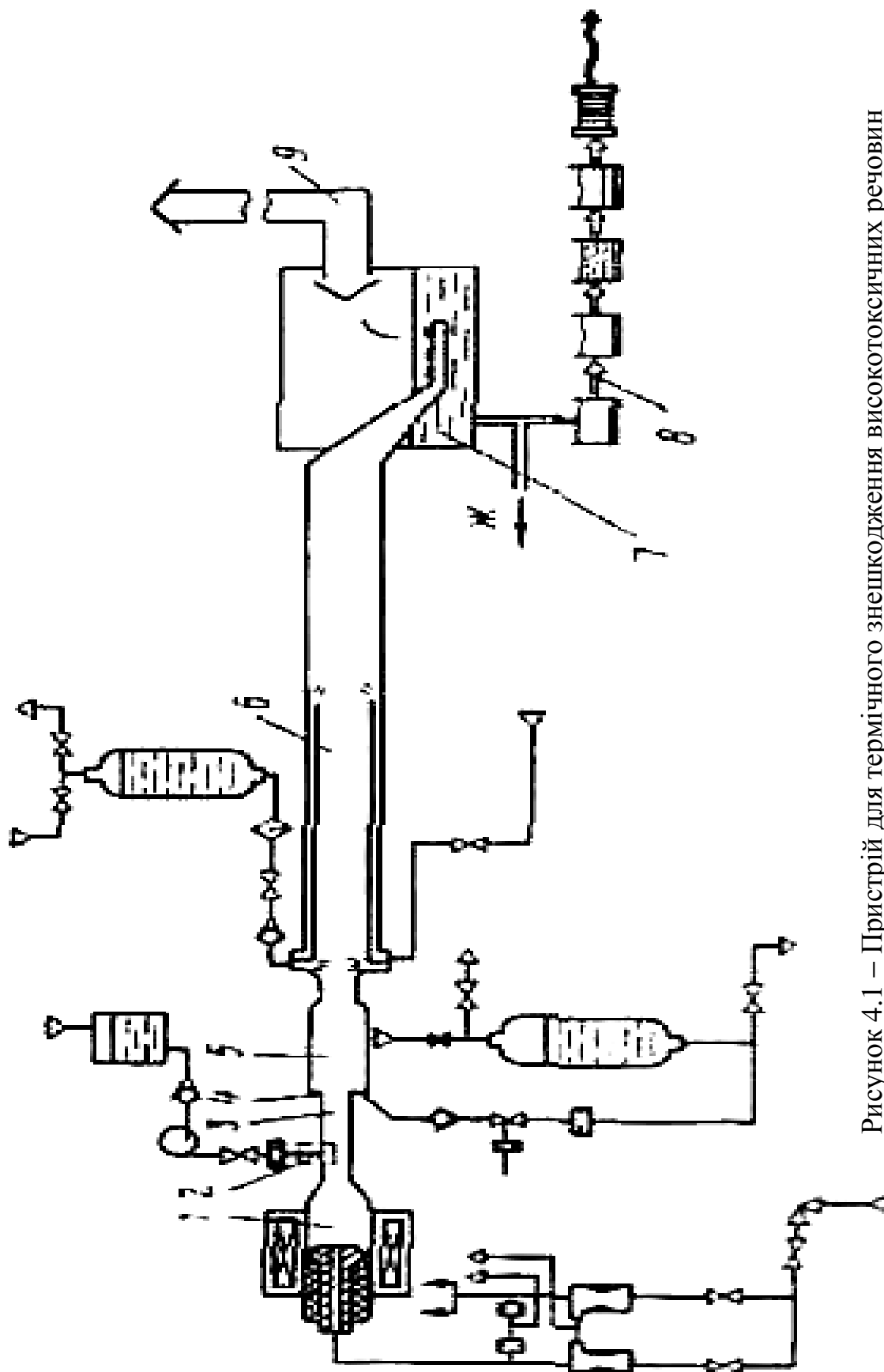


Рисунок 4.1 – Пристрій для термічного знешкодження високотоксичних речовин

Екологічні аспекти термічного знешкодження непридатних отрутохімікатів. Монографія / Петрук В.Г., Яворська О.Г., Васильківський І.В., Ранський А.П., Іщенко В.А., Петрук Р.В., Петрук Г.Д., Тхор І.І., Кватернюк С. М. / Під ред. д.т.н., проф.Петрука В.Г. – Вінниця: Універсум-Вінниця, 2006. – 254 с.

## 4.2 Камера спалювання відходів

Винахід відноситься до пристроїв для термічної переробки відходів і може використовуватися в хімічній промисловості і комунальному господарстві для зниження токсичності викидів реакторів термічної обробки відходів.

Камера допалювання відходів містить металевий циліндричний корпус з торцевими фланцями і футеровкою з вогнетривкого матеріалу. Корпус має сорочку зі штуцерами для подачі охолоджуючого агента.

Технічний результат досягається тим, що в камері допалювання відходів, що містить металевий корпус у вигляді циліндра з торцевими фланцями, внутрішня поверхня камери забезпечена футеровкою з вогнетривкого матеріалу з центральним осьовим каналом діаметром  $d$  не менше 70 мм із отворами введення і виведенням газів діаметром  $(0,3-1,0)d$ , заповненими насадкою з матеріалу футеровки розміром кожного елемента  $(0,15-0,3)d$ .

Технічний результат, крім того, досягається тим, що насадка виконана у вигляді кілець Рашига, циліндрів, чи куль кускового матеріалу, внутрішній діаметр  $D$  камери має розмір не менше 200 мм і довжину  $L$   $(2-10)D$ , а корпус камери має сорочку для охолодження.

На рис. 4.2 показаний загальний вигляд запропонованого пристрою в поздовжньому перетині.

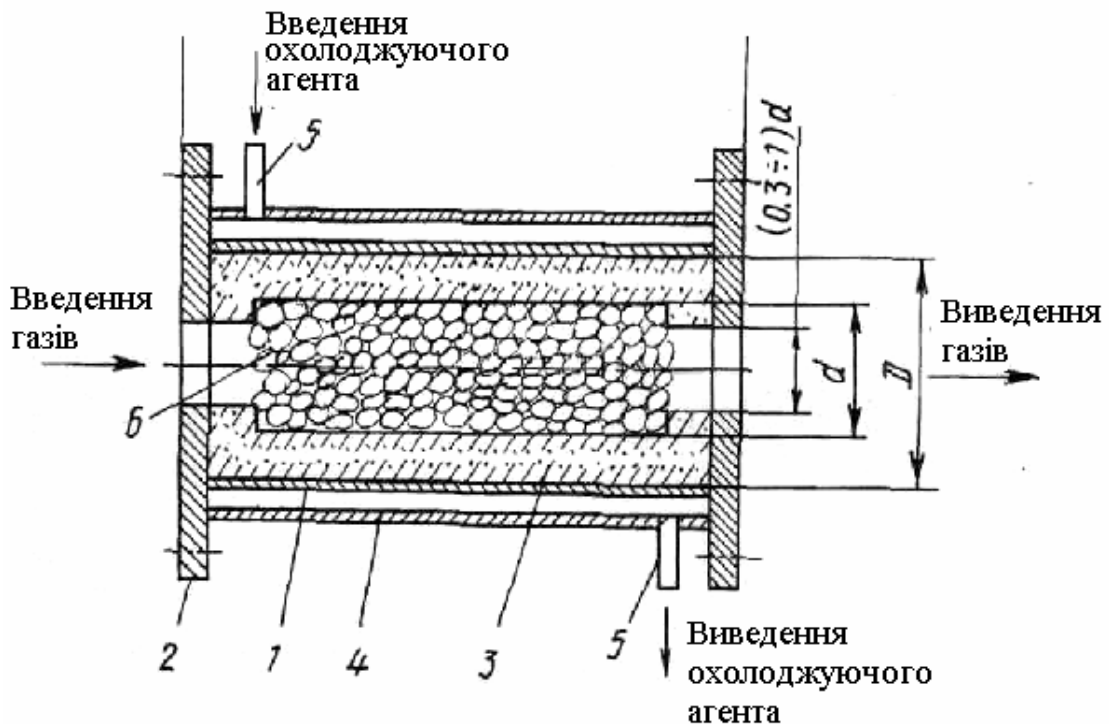


Рисунок 4.2 – Камера спалювання відходів

Пристрій містить металевий циліндричний корпус 1 із внутрішнім діаметром  $D$  не менше 200 мм і довжиною  $L$ , рівною від двох до десяти  $D$  із фланцями 2 на торцях, має внутрішню теплоізоляцію з футеровкою товщиною до  $0.4D$  з корозійно- і жаростійкого матеріалу з центральним внутрішнім каналом діаметром  $d$  не менше 70 мм, у торцях якого знаходяться вхідний і вихідний отвори для газу, що доопалюється, діаметром від  $0,3$  до  $1d$ . Вхідним отвором за допомогою фланця доопалювач з'єднаний із джерелом високотемпературного газу, наприклад, з камерою спалювання відходів. Корпус може мати сорочку 4 із штуцерами 5 для подачі холодного агента, наприклад, води чи повітря. Внутрішній канал доопалювача заповнений насадкою 6 з того ж матеріалу, з якого виготовлена футеровка, розміром кожного елемента  $(0,15-0,30)d$ . Насадка може бути виконана у вигляді куль, циліндрів, кілець Рашига, кускового матеріалу.

Пристрій працює в такий спосіб. У вхідний отвір подають гази і проводять спалювання відходів із середньою температурою 1000-3000 К і зі швидкістю не нижче 30 м/с. Потік газів розбивається насадкою 6 на окремі струмені, що під різними кутами зіштовхуються між собою і зі стінкою футеровки 3 по всій довжині камери, не даючи стабілізуватися пристінному шару. Розмір насадки 6 у межах  $0,15-0,3d$  забезпечує можливість рівномірного її укладання. Крім того, при швидкості потоку не нижче 30 м/с потоки газу при русі до стінки через насадку зберігають достатній напір для дестабілізації процесу формування холодного пристіночного шару, що забезпечує ефективність роботи доопалювача. Футеровка знижує втрати тепла в навколишнє середовище і захищає корпус камери від дії високої температури й агресивного середовища. З камери газ через вихідний отвір направляють на подальшу обробку. Запропонований пристрій дозволяє при правильному виборі товщини і матеріалу футеровки і насадки робити обробку агресивних газів при температурі вище 1250 К, насадка сприяє відносній затримці в камері твердих вуглецевих часток, що є основним вихідним матеріалом при ресинтезі діоксинів і тим самим їх активному випалюванню, відсутність холодного пристіночного шару сприяє кращому випалюванню термостійких органічних сполук, необхідний час контакту забезпечується вільним вибором обсягу внутрішнього каналу футеровки. Ремонт зводиться до дозаповнення каналу спеціальною насадкою.

### **4.3 Спосіб знищення високотоксичних органічних сполук**

Даний спосіб використовується для термічного розкладання органічних сполук і може бути використаний для знищення високотоксичних органічних відходів. Даний спосіб базується на піролізі високотоксичних органічних сполук без доступу кисневмісних газів з наступним очищенням

отриманого піролізного газу твердим лужним адсорбентом, процес піролізу проводять в один ступінь у циклічному режимі до заданого значення ступеня розкладання органічної сполуки з використанням регенеративного теплообміну на нерухомій теплоакumuлюючій насадці, а піролізний газ після очищення твердим адсорбентом додатково очищають органічним розчинником і після спалювання виділене тепло повертають у процес піролізу для обігріву нерухомої насадки.

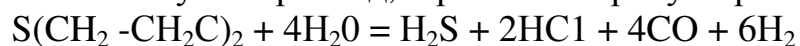
Способи термічного розкладання органічних сполук, засновані на спалюванні, мають ряд недоліків: недостатня екологічна чистота, недостатня надійність, високий рівень капітальних і експлуатаційних витрат.

При спалюванні 1 т іприту на установці АО "Лургі" витрачається 4,4 т умовного палива, 3,2 т NaOH, 6250 кВт·год електроенергії.

Утворюється 94000 дм<sup>3</sup> забруднених SO<sub>2</sub> і HCl супутних газів, очищення яких ускладнюється абсорбцією CO<sub>2</sub> і приводить до одержання 83 дм<sup>3</sup> сольового стоку, що містить Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, NaCl і Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Відзначається, що при ситуаціях, що ведуть до припинення горіння палива в топці, неминучі забруднення системи і викид сполук, що не розклалися, в атмосферу. У зв'язку з цим для підвищення надійності рекомендується накопичувати топкові гази в газгольдерах і скидати в атмосферу після контрольного аналізу. Реалізація подібної рекомендації при великому об'ємі топкових газів потребує значного збільшення капітальних витрат.

Найближчим за технічною сутністю є спосіб термічного розкладання гетероатомних органічних сполук без використання кисневмісних газів, заснований на двоступінчастому піролізі з водяною парою.

На першому етапі при температурі піролізу  $t = 500-600^{\circ}\text{C}$  відбувається часткове розкладання сполуки з одночасною адсорбцією кислих газів, що утворюються, циркулюючим твердим лужним адсорбентом. На другому етапі досягається глибоке розкладання сполуки при  $t = 1150 - 1500^{\circ}\text{C}$  в апараті з електричним обігрівом, виготовленим з жаростійкої кераміки. Остаточне очищення піролізного газу відбувається на активованому вугіллі і цеолітах. Використання піролізу без кисневмісного газу дозволяє усунувати ряд недоліків способу. Наприклад, піроліз 1 т іприту за рівнянням



дає 1840 дм<sup>3</sup> піролізного газу, що підлягає очищенню від H<sub>2</sub>S і HCl, або  $\approx$  в 50 разів менше, ніж на установці АО "Лургі". Крім того, у газі відсутній CO<sub>2</sub>. Усе це різко знижує витрати на очищення газу, наприклад витрата луку в 2 - 2,5 рази менша. Більша частина сольових відходів виходить у твердому вигляді, що знижує об'єм сольового стоку. Відсутність у піролізному газі вільного кисню виключає утворення діоксинів і фуранів.

У той же час, спосіб має недоліки, деякі з яких можуть обмежити чи цілком виключити його використання, особливо для розкладання високо-токсичних сполук. На рис. 4.3 подана схема даного процесу.

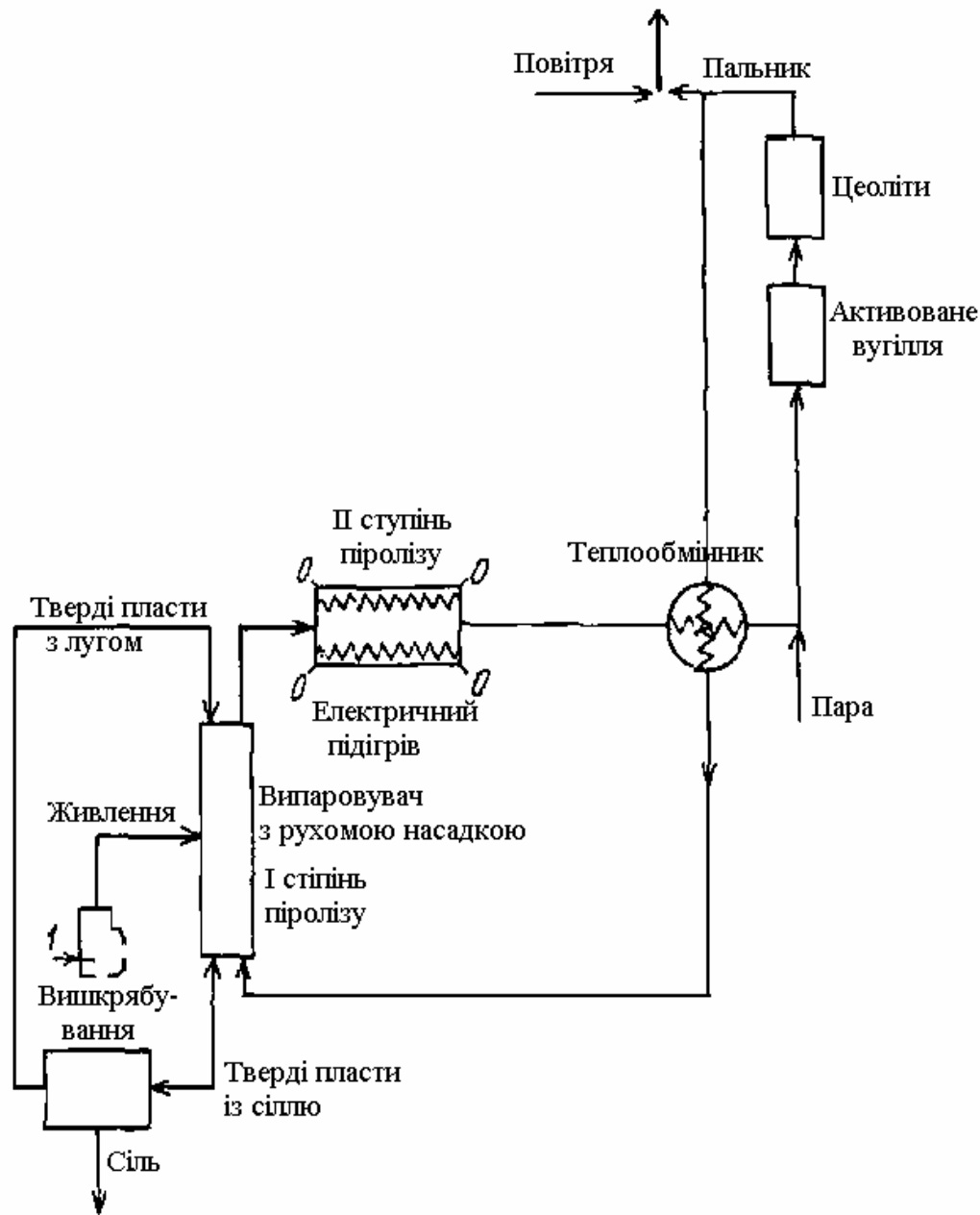


Рисунок 4.3 – Схема установки для термічного розкладання гетеро-атомних органічних сполук

#### 4.4 Спосіб переробки токсичних промислових продуктів і пристрій для його здійснення



Винахід відноситься до галузі термічної переробки токсичних і екологічно небезпечних промислових продуктів. Сутність винаходу полягає в нагріванні промислових токсичних відходів у присутності газоподібного окисника і розплаву неорганічних сполук, що вступають у хімічну взаємодію з продуктом, який переробляється, з наступним видаленням продуктів реакції. Нагрівання ведуть при 1300-2000 К, як окиснювач використовують кисневмісний газ, розплав використовують зі вмістом лужноземельних металів, продукт, що переробляється, подають у розплав з кисневмісним газом, попередньо нагрітим до 250-600 К, а газоподібні продукти реакції, що виділяються, перед видаленням з реакційного простору пропускають через шар розплаву. Пристрій містить реакційну і барботажні камери, розділені перегородкою з прорізом у придонній частині, нагрівачі газу-окисника в реакційній камері, дозатори регульованої подачі речовини, що переробляється, лоток в барботажній камері. Причому реакційна камера виконана з патрубків, нижні торці яких розміщені на рівні нижче верхнього краю прорізу в перегородці, а нагрівачі газу-окисника розміщені на верхніх торцях патрубків (рис. 4.5). У табл. 4.1 представлена експлікація обладнання до рис. 4.5.

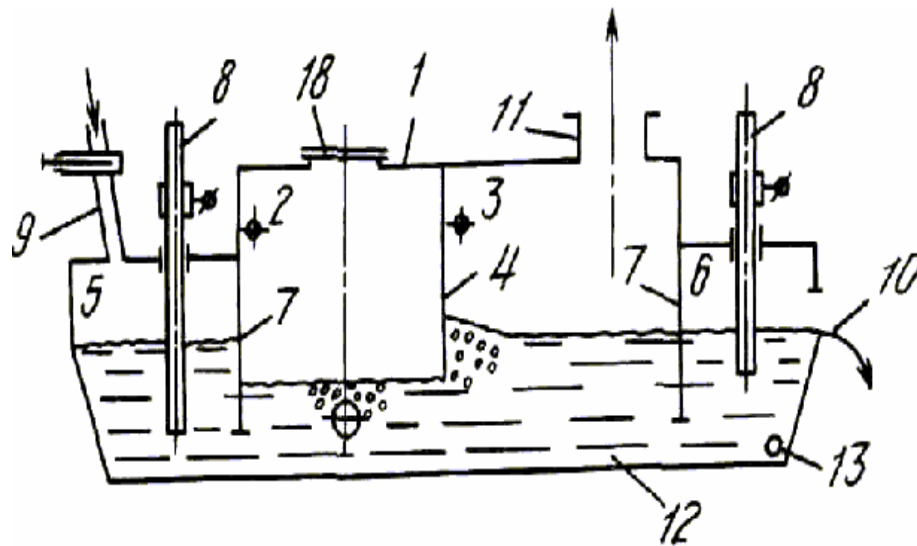


Рисунок 4.5 – Установа для переробки токсичних промислових продуктів

Таблиця 4.1 – Експлікація обладнання

Найменування і позиція	Характеристики	Кіл.
Реципієнт N <sub>2</sub> (2)	P=30 атм, t=300°C, матер.сталь	2
Ємкість для живлення (2)	P=30 атм, t=300°C, V=6м <sup>3</sup> , матер. нержав, сталь	1
Реактор піролізу з камерою спалювання (3)	P=1,1 атм, t=1100°C, H=8м, D=2,0 м, насадка кільця 50*50	1
Лужний адсорбер (7)	P=1,1 атм, t=600°C, H=8 м, D=1,5м	1
Адсорбер органічних домішок (10)	P=1,1 атм, t=50°C, H=2 м, D=1 м	1

Газгольдер (13)	$V=600\text{м}^3$	1
Повітродувка (14)	$G=8000\text{ м}^3/\text{год}$ , $h=1500\text{мм H}_2\text{O}$ $N=55\text{ кВт}$	2
Газодувка (15)	$G=800\text{ м}^3/\text{год}$ , $h=2000\text{ мм H}_2\text{O}$ $N=8\text{ кВт}$	2
Фільтр для повітря (9)		1
Ємкість відпрацьованого абсорбенту (11)	$V=1\text{ м}^3$	1
Ємкість для пускового пропілена (12)	$V=3\text{м}^3$ , $P=16\text{ атм}$ , $C=30^\circ\text{C}$	1

Даний спосіб призначений для термічної переробки токсичних і екологічно небезпечних промислових продуктів, наприклад, отруюючих речовин (ОР), інсектицидів, дефоліантів і побічних продуктів хімічної промисловості.

Відомий спосіб переробки токсичних продуктів, зокрема фосфоровмісних ОР, шляхом їхнього розкладання в плазменому реакторі при температурі 1000-2000 К. У розплаві, що утвориться при такій температурі, розкладаються шкідливі сполуки важких кольорових металів, і металовмісні продукти піролізу видаляються зі шлаком після охолодження і затвердіння останнього. Одержані в результаті піролізу газоподібні продукти окисляють у закритій камері в потоці кисню, після чого суміш, що утворилася, подають у триступінчасту установку для відмивання екологічно шкідливих домішок. Недоліками способу є його багатоступеневість і висока вартість за рахунок значного питомого енергоспоживання.

Відомий пристрій для переробки токсичних продуктів і речовин, зокрема для переробки побутових відходів і побічних продуктів металургійної промисловості. Пристрій являє собою двокамерну піч, причому в першій, реакційній, камері (шахті), пристосованій для утворення в ній жужільного розплаву, відбувається горіння і розкладання відходів, що переробляються, із плавленням неорганічних компонентів. Друга, барботажна камера (ванна) відділена від шахти перегородкою з прорізом (вікном) у придонній частині, що служить для барботажу газів, що утворюються в шахті, через шар розплаву у ванну, чим забезпечується більш повна переробка твердих відходів. Пристрій має пристиковані до шахти засоби для нагрівання газу-окисника і регульованої подачі в неї відходів, що переробляються, а в барботажній камері є газохід для видалення газів, що відходять, і лютка для безупинного зливу жужільного розплаву. Необхідна температура в печі забезпечується встановленими в надгорновій частині шахти по її периметру плазменними пальниками і теплом від згорання речовин, що переробляються.

Недоліком цього пристрою є подача сировини, що переробляється, і окиснювача над поверхнею розплаву, що не забезпечує повноту переробки

газоподібних і рідких легко випаровуваних речовин через малий час перебування їх у зоні розплаву. Другий недолік полягає в тому, що використовувані електродугові плазмотрони мають обмежений ресурс роботи (100-500 годин), а їхня заміна неминуче зв'язана з розгерметизацією реакційного простору чи печі і вимагає припинення процесу переробки на невизначений тривалий період для повного знищення розплаву матеріалів у реакційній зоні і продуктів неповної переробки ОР. При переробці високотоксичних речовин, особливо ОР, це неприпустимо.

Метою пропонованого винаходу є поліпшення економічних показників процесу за рахунок використання дешевої і доступної сировини для утворення розплаву й одержання придатного для промислового застосування продукту, зокрема для виробництва добрив при переробці фосфорвмісних речовин, а також спрощення технології і створення пристрою для реалізації процесу, що забезпечує повне і надійне знищення високотоксичних продуктів, зокрема отруйних речовин, з гарантованим запобіганням вилучення шкідливих речовин у навколишнє середовище.

Відповідно до винаходу зазначена мета досягається тим, що переробку токсичних промислових продуктів, у тому числі отруйних речовин, проводять шляхом їхнього нагрівання в присутності газоподібного окиснювача в розплаві неорганічних сполук, що вступають у хімічну взаємодію з речовиною, що переробляється, при цьому процес ведуть при температурі 1300-2000 К, у якості утворюючих розплав компонентів використовують оксиди лужноземельних металів. Промислові продукти вводять у розплав з потоком попередньо нагрітого до 2500-6000 К кисневмісного газу, а газову суміш, що утворюється в процесі, перед видаленням з робочої зони вдруге пропускають через шар цього ж розплаву.

Висока температура газу-окиснювача в потоці із сировиною, що переробляється, забезпечує більш ранній початок процесів піролізу й окиснення, високу швидкість хімічних реакцій, змішування реагентів, а також сприяє нагріванню розплаву до необхідної температури, що підвищує його рідинотекучість і хімічну активність.

Запропонований пристрій схематично поданий рис. 4.5 – 4.7, на яких показані подовжній і поперечний розрізи і план печі.

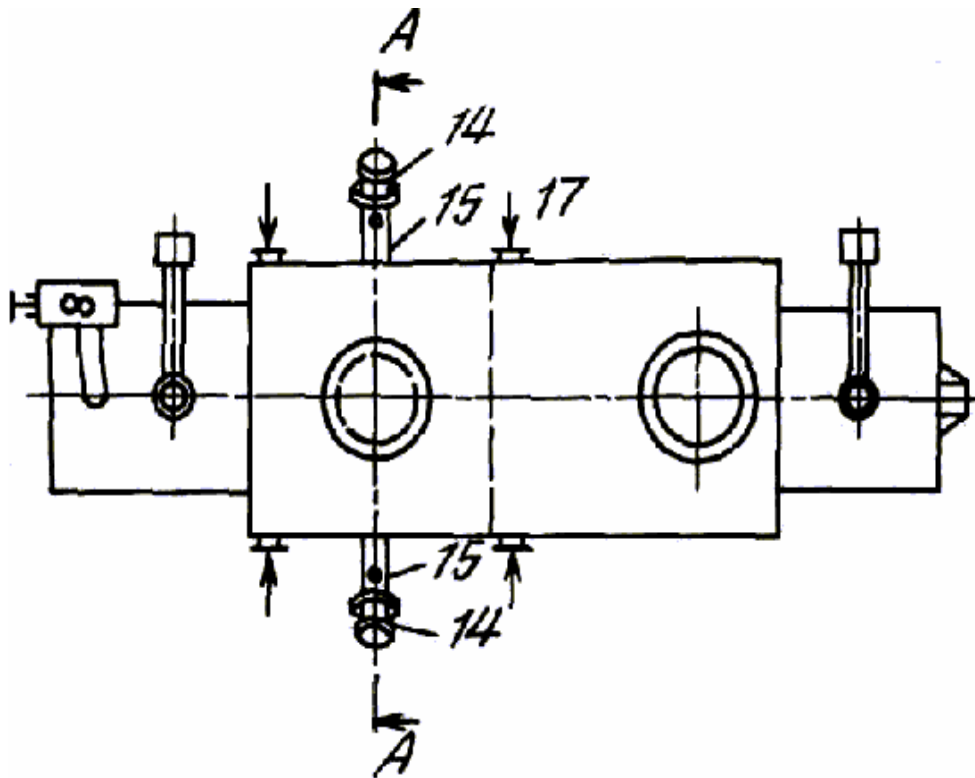


Рисунок 4.6

A - A

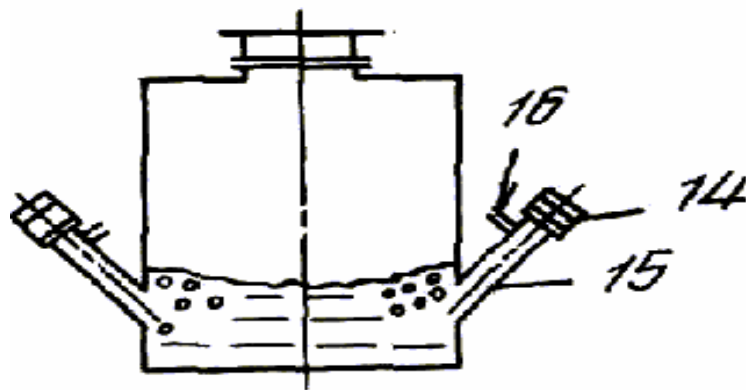


Рисунок 4.7

Корпус печі 1 розділений на реакційну 2 і барботажну камеру 3 перегородкою 4. До кожної з камер примикають відсіки відповідно 5 і 6, відділені від робочих просторів камер сифонними перегородками 7 і які мають графітові електроди 8, для прямого нагрівання жужільного розплаву з електроприводами осевого переміщення по типу стандартних сталеплавильних і руднотермічних електропечей. До верху відсіку 5 примикає канал 9

для регульованого завантаження шлакоутворювачів, а відсік 6 має лоток 10 для безупинного зливу насиченого продуктами переробки жужільного розплаву. Розташування верхніх рівнів придонних прорізів у перегородках і рівня сифонного лотка видно на рис. 4.5: різниця в рівнях лотка і верхнього краю створу в перегородці 4 складає 150-300 мм, що обмежує підвищення тиску в камері 2, забезпечуючи достатній контакт барботуючих газів з розплавом. Газохід для відводу газоподібних продуктів процесу переробки розміщений у верхній частині камери 3 на дальньому її кінці від перегородки 4, щоб уникнути великого викиду крапель шлаку з потоком газів, що відходять. У придонній частині одного з відсіків (рис. 4.5, відсік 6) для зливу всього розплаву 12 з печі у випадку її зупинки (вироблення сировини, ремонт) передбачений лоток 13. Електронагрівники газу-окиснювача 14 (плазмотрони) встановлені на патрубках 15, зварених у корпус печі в протилежних бічних стінках камери 2, причому вони можуть розташовуватися в різних площинах, забезпечуючи круговий рух розплаву, і їхня кількість визначається потужністю нагрівачів і необхідною продуктивністю агрегату. На патрубках розташовуються вводи 16 для подачі речовини, що переробляється, у нагрітий струмінь газу-окиснювача. Для подачі додаткової кількості газу-окиснювача в камери 2 і 3 передбачені вхідні патрубки 17.

Всередині корпус печі може бути футерований вогнетривкою цеглою. Наявність сифонних перегородок 7 перед відсіками 5 і 6 не вимагає герметизації останніх.

У верхній частині камери 2 для робіт при запуску печі і ремонті може бути передбачений спеціальний люк 18, що закривається герметично перед початком кінцевого процесу.

Пристрій працює в такий спосіб. У початковий період розігріву печі на її піддон засипається шар коксу, через який по електродах 8 пропускається електричний струм. В міру розігріву печі в неї по каналу 9 порціями завантажують шлак і набирають ванну розплаву до рівня трохи вище верхнього краю прорізу в перегородці 4, після чого вводять у роботу електронагрівники газу 14 і продовжують додавати шлакоутворювачі до початку зливу розплаву через лоток 10, після цього в патрубки 17 і 15 починають подавати газ-окиснювач і сировину, що переробляється, контролюючи їхню витрату, тиск у камері 2, температуру і склад газів на вході в газохід і на виході з теплообмінного апарата і системи газоочистки, а також температуру і склад шлаку, і коректуючи за отриманими даними режимні керовані параметри процесу (потужність, що вводиться, витрати речовини, що переробляється, окиснювача і шлакоутворювачів) до виходу на стаціонарний режим процесу з необхідними результатами.

#### **4.5 Спосіб спалювання відходів будь-якого походження, що містять токсичні речовини, і продукт випалювання**

Даний спосіб відноситься до галузі переробки відходів шляхом спалювання, зокрема його можна застосовувати для спалювання відходів і сумішей відходів будь-яких видів (як твердих, так і рідких), будь-якої природи (міського, промислового, лікарняного і т.п. походження), і які можуть становити небезпеку для навколишнього середовища (токсичні, радіоактивні і т.п. відходи).

Відомі способи спалювання промислових відходів мають у даний час визначене число недоліків. Серед останніх можна вказати:

- обмеженість застосування, тому що печі для спалювання відходів звичайно переробляють тільки визначені типи і визначені форми відходів;
- незадовільне зв'язування продуктів спалювання, зокрема, галогенів, ангідридних газів, кислот, оксидів азоту, а також важких металів;
- незадовільне розкладання таких стабільних продуктів як, наприклад, хлорвмісні органічні сполуки;
- швидке руйнування вогнетривких стінок, зумовлене, зокрема, присутністю розплавлених солей лужних металів;
- невисока годинна продуктивність, з огляду на труднощі з видаленням тепла;
- необхідність застосовувати часту подачу повітря, збагаченого киснем. Хоча використання печей для спалювання відходів у киплячому шарі забезпечують коректне розкладання визначених відходів, однак необхідно, щоб відходи були утворені дрібнодисперсними частками з однорідною гранулометриєю і, щоб композиція містила тільки невелику частку легкоплавких продуктів, таких як, зокрема, солі лужних металів. На практиці мало відходів відповідають цим умовам, крім, наприклад, мулових відходів, що утворюються на станціях біологічного очищення міських стоків.

Відомий спосіб спалювання відходів, що містять токсичні речовини, шляхом здрібнювання відходів до розміру часток менш 5 мм, додавання рідких відходів до одержання пастоподібної маси і наступного її нагрівання до температури спалювання. Однак цей метод спалювання не може переробляти відходи будь-яких видів, такі як рідкі чи пастоподібні, а також приводить до шкідливих газоподібних викидів, що містять такі сполуки, як  $\text{HCl}$ ,  $\text{N}_y\text{O}_x$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$  і т.д.

Одержані продукти спалювання вимагають додаткової обробки за допомогою вапна з утворенням нових відходів.

В основу винаходу поставлена задача створення способу спалювання відходів будь-якого походження, що містять токсичні речовини, що забезпечує можливість переробки в одній і тій же печі для спалювання різнома-

нітних видів відходів різного походження і розмірів, а також у різних станах (пастоподібних, твердих, рідких), з одночасним зниженням викидів забруднюючих речовин, а також в одержанні твердого продукту, що легко переробляється.

Крім того, як реагент використовують мергель, чи суміш вапняку і глини зі вмістом вапняку не менше 70%, чи суміш вапняку і кварцового піску.

Поставлена задача вирішується тим, що продукт випалу від спалювання відходів будь-якого походження, що містять токсичні речовини, у тому числі сполуки галогенів, що включає клінкерні мінерали у вигляді твердих розчинів, відповідно до винаходу, містить клінкерні мінерали у вигляді сульфоалюмінату кальцію  $(CaO)_4Al_2O_3SO_4$ , фероалюмінату кальцію  $(CaO)_4Al_2O_3Fe_3O_4$ , а також мінерали  $(Ca)_5Si_4SO_4$  і  $(Ca)_{12}(Al_2O_3)_7 X$ , де X – галоген і додатково метакаолін і діоксид кремнію, і отриманий шляхом здрибнювання зазначених відходів до розміру часток 5 мм, додавання рідких відходів і реагенту на основі карбонату кальцію, що містить оксид кремнію, оксид алюмінію і, можливо, оксид заліза в кількості, що забезпечує в продукті випалу таке співвідношення оксидів:

$$\frac{CaO}{SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3} > 0,45$$

до одержання пастоподібної маси і наступного її нагрівання до температури спалювання 900-1100°C.

Отриманий продукт може містити також хлорований двокальційовий силікат.

Подібні реагенти мають, зокрема, перевагу в тому, що вони не є дорогими й у ході згорання відходів приводять до сильно ендотермічних реакцій (через декарбонізацію вапняку) на відміну від способів спалювання з використанням вапна чи цементу. З цього випливає, що спалювання здійснюються при істотно нижчих температурах і, отже, для даної печі при тому самому капіталовкладенні можна спалювати набагато більше відходів.

На практиці зазначений реагент, названий тут  $R_1$ , генерує в ході спалювання реагент  $R_2$ , що містить в основному CaO (у результаті декарбонізації  $CaCO_3$ ), модифікований у кристалографічному плані діоксид кремнію, оксид алюмінію і, можливо, оксид заліза (тривалентного). Цей реагент  $R_2$  зв'язує шляхом капсулювання забруднюючі елементи відходів і, крім того, у ході перетворення в золу він трансформується в продукти  $R_3$ , що можуть містити, наприклад, метакаолін (Ca,  $SiO_2$ ), діоксид кремнію з активованою поверхнею, такі продукти, як:  $(CaO)_4 Al_2O_3 SO_4$ ,  $(CaO)_4 Al_2O_3$ ,  $Fe_3O_4$ ,  $(CaO)_5$ ,  $(SiO_2)_2SO_4$ ,  $(CaO)_{12}(Al_2O_3)_7X$ , (X – галоген), хлорований  $(CaO)_2SiO_2$  (якщо відходи хлоруються), а також значне число твердих розчинів, що уловлювали метали, серед яких важкі і токсичні метали.

Як відомо, перетворення в золу відходів приводить до утворення трьох великих груп “напівпродуктів”, а саме: шлаків, летких зол (кіптяви, ЛЗ) і відходів очищення димів (ВОД).

Завдяки використанню продуктів ( $R_1$ ), багатих вапняком і діоксидом кремнію, можна позбутися від додавання іншого реагенту для одержання нерозчинних і інертних твердих речовин. Досить лише додати небагато води чи водних відходів.

Як приклад здійснення цього способу нижче описується переробка одного типу відходів, відомих як такі, що дуже важко піддаються коректному перетворенню в золу, а саме: промислові відходи, що містять хлоровані органічні речовини.

Приклад:

Застосовують ротаційну піч, укомплектовану пристроєм для додаткового згорання (постзгорання), але можна також використовувати піч циклонного типу. Тверду фракцію відходів, що підлягають переробці, направляють у подрібнювач, потім на млин для одержання часток із середнім розміром менше 5 мм. Потім додають (у змішувач) рідкі відходи (бруд після обробки води) так, щоб одержати пастоподібну масу. Потім додають тонко подрібнений реагент  $R_1$  з розмірами часток менше 200 мкм. Цей реагент  $R_1$ , в суміші вапняку і глини, має такий склад: 77,1%  $CaCO_3$ ; 13,9%  $SiO_2$ ; 2,6%  $Al_2O_3$ ; 2,3%  $Fe_2O_3$ , а залишок складається, в основному, з оксидів лужних металів. Відходи переробляють зі швидкістю 3 тонни за годину при таких співвідношеннях компонентів (табл. 4.2):



Таблиця 4.2 – Внутрішня теплота згорання (ВТЗ)

подрібнена тверда фракція: 1140 кг/год.	4000 кДж/кг
рідини з високою ВТС: 990 кг/год.	8500 кДж/кг
рідини з низькою ВТС: 270 кг/год.	1500 кДж/кг
хлорвмісні продукти: 450 кг/год.	1000 кДж/кг
порошкоподібний реагент R <sub>1</sub> : 300 кг/год.	500 кДж/кг

Відходи вводять у піч через один чи кілька пальників переважно коаксiального типу, причому особливий пальник, крім того, може використовуватися для хлорвмісних відходів, наприклад, типу піралена. Температура полум'я складає порядка 1000°C.

В одержуваних кінцевих продуктах відзначено, що дими мають значно нижчий вміст по Cl<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub> і т.д., ніж дими, отримані при звичайній переробці відходів за допомогою вапна чи цементу. Вміст HCl був нижче 100 мг/м<sup>3</sup>. Композиція містить, в основному, описані вище продукти типу R<sub>3</sub> і невеликі кількості R<sub>1</sub>, і R<sub>2</sub>.

З метою перетворення цих відходів у нерозчинний і компактний матеріал їх обробляють невеликою кількістю води чи водомісткого продукту, відповідно до відомої методики.

Наприклад, додають до 150 зважених частин R<sub>3</sub> 20 частин ВОД, що виходять у класичних печах по спалюванню побутових відходів, потім енергійно змішують з 100 частинами суміші пастоподібних промислових відходів (як джерело води), що має хімічну потребу в кисні (ХПК) 9000 мг/л, рН=7 і такий вміст металів – Pb : 0,5 ppm; Cu : 90; Cd : 2; Zn : 3; Fe : 0,4 і Al : 20 (кількості в ppm : частин на мільйон). Вони тверднуть менше, ніж за одну годину. Через 10 днів, твердий матеріал був підданий експерименту по перколяції (вилужуванню) у відповідності зі стандартом Д1№ 38414. Були отримані такі результати: ХПК : 200 мг/л; Pb : 0,2; Cu : 0,1; Cd : 0,1; Zn : 0,1; Fe : 0,1; Al менше 0,5 (усі кількості виражені в ppm).

Відзначено, що кінцевий продукт типу R<sub>3</sub>, отриманий по закінченні перетворення в золу і, у разі потреби, після камери допалювання складається частково з тонкодисперсних часток (ЛЗ, ВОД) і частково з розплавленого некристалізованого шлаку внаслідок швидкого охолодження на виході з печі, що відіграє роль гартування. Цей шлак має гідравлічні пуцоланові властивості і, отже, швидко поглинає воду.

Спосіб може бути застосований для будь-якого існуючого типу печі по спалюванню відходів без модифікації конструкції.

#### 4.6 Спосіб знищення токсичних речовин

Сутність способу полягає в термічному розкладанні хлор-, азот-, сір-

ко- чи фосфорорганічних пестицидів у середовищі склоутворюючої шихти такої сполуки, мас. %:

Пестицид	5-25
Двоокис кремнію	40-60
Карбонат чи оксид кальцію	5-10
Карбонат натрію чи їдкий натр	15-25

Перед початком термообробки шихту змішують з водою чи відпрацьованою робочою рідиною зі стадії абсорбції газів, що відходять, хлорид, фосфат чи сульфат натрію, у кількості, необхідній для утворення консис-тенції густої маси (15-20 масових частин рідини на 100 масових частин шихти). Склад шихти, використаної для знищення пестицидів, наведено у табл. 4.3.

Зазначена шихта забезпечує повне хімічне і термічне розкладання діючої речовини пестицидів при їхній взаємодії спочатку з гарячим йодним розчином лужних компонентів шихти (гідроліз), а потім, після випаровування води, з масою розплавленої шихти з утворенням після охолодження твердого безпечного залишку (скла). При цьому мінеральні наповнювачі препаративних форм пестицидів беруть участь у хімічному процесі склоутворення.

Процес знищення пестицидів був досліджений на лабораторній установці періодичної дії, що складається з послідовно з'єднаних муфельних печей, санітарної смолоскипової печі допалювання газоподібних продуктів знешкодження, скрубера для поглинання кислих газів, зрошуваного 10% водним розчином їдкого натру, і санітарного водяного скрубера. Шихту зі знищуваним пестицидом в спеціальних лотках з вогнетривкої цегли поміщають у робочу зону муфельної печі з температурою 1000-1500°C, де витримують протягом 1-8 годин. Газоподібні продукти розкладання компонентів шихти проходять санітарну смолоскипову піч допалювання з робочою температурою 900-1100°C, два скрубери і скидаються в атмосферу. Вміст хлористого водню, хлору, окислів азоту, п'ятиокису фосфору і пилу не перевищував значень відповідних ГДК у повітрі робочої зони. Тверді продукти знищення пестицидів аналізувалися на гідролітичну стійкість і, вибірково, на вміст знищуваних пестицидів. Паралельно для обраних дослідів проводився аналіз вмісту пестицидів у робочій рідині останнього санітарного скрубера, що дозволяло оцінити викиди незнищених пестицидів в атмосферу. Для випробування була використана стандартна методика НДІ скла "Випробування скла на гідролітичну стійкість" зерновим методом. У табл. 4.4 подані технологічні параметри знищення пестицидів і дані по гідролітичній стійкості твердих продуктів знешкодження.

У табл. 4.5 подані результати вибіркового аналізу вмісту знищуваних пестицидів у твердому залишку знешкодження, його водному екстракті і

робочій рідині (воді) останнього санітарного скрубера. Водний екстракт одержують шляхом кип'ятіння 10 кг подрібненого твердого залишку знешкодження в 250 мл дистильованої води протягом 1 години. Визначення пестицидів проводять газорідинною і тонкошаровою хроматографією за відповідними методиками.

Залишковий вміст гексахлорану в робочій рідині останнього санітарного абсорбера (менше  $5 \cdot 10^{-5}$  мг/л), що визначається чутливістю використаного методу, відповідає максимальному вмісту пестициду в газових викидах в атмосферу з урахуванням витрати газу і робочої рідини абсорбера за один цикл знешкодження менше 8-10 мг/л. Хлорофос у газових викидах в атмосфері не виявлений.

Таким чином, даний спосіб знищення пестицидів забезпечує повне розкладання діючих речовин пестицидів, а також зв'язування мінерального наповнювача і твердих продуктів хімічного і термічного розкладання в інертну водонерозчинну склоподібну масу, що не містить вихідних пестицидів і безпечну для навколишнього середовища у випадку захоронення чи іншого практичного використання.

Таблиця 4.3 – Склад шихти, використаної для знищення пестицидів

Дослід	Знищений пестицид	Склад шихти, %					
		пестицид	діоксид кремнію SiO <sub>2</sub>	карбонат кальцію CaCO <sub>3</sub>	оксид кальцію CaO	карбонат натрію Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	їдкий натр NaOH
1	Гексахлоран	25	50	–	–	25	–
2	Гексахлоран	15	60	–	–	–	25
3	Гексахлоран	5	60	10	–	25	–
4	Хлорофос	25	40	10	–	–	25
5	Хлорофос	15	60	10	–	–	15
6	Хлорофос	5	60	–	10	25	–
7	Протразин	20	55	–	–	25	–
8	Зиразин	20	60	–	–	–	20
9	2-КФ	10	60	5	–	25	–
10	Ридеон	20	60	–	–	20	–
11	Симазин	20	55	–	–	–	25
12	Хлорамп	10	60	–	5	25	–

Таблиця 4.4 – Технологічні параметри знищення пестицидів і властивості отриманого скла

Дослід	Знищений пестицид	Параметри знешкодження		Клас скла
		температура, °С	час, год	
1	Гексахлоран	1200	6	IV
2	Гексахлоран	1300	2	IV
3	Гексахлоран	1200	6	IV
4	Хлорофос	1200	6	III
5	Хлорофос	1300	2	III
6	Хлорофос	1500	1	III
7	Протразин	1200	6	IV
8	Зиразин	1200	6	IV
9	2-КФ	1000	8	IV
10	Ридеон	1200	6	IV
11	Симазин	1200	6	IV
12	Хлорамп	1000	8	IV

Таблиця 4.5 – Вміст пестицидів у продуктах знешкодження

Дослід	Шифр зразка	Знищений пестицид	Вміст пестициду		
			твердий залишок (скло), мг/кг	водний екстракт скла, мг/л	вода з останнього абсорбера, мг/л
1	ТНПО-I	Гексахлоран	Немає	Немає	Сліди
2	ТНПО-II	Гексахлоран	Немає	Немає	Сліди
3	ТНПО-III	Хлорофос	Немає	Немає	Немає
4	ТНПО-IV	Хлорофос	Немає	Немає	Немає

#### 4.7 Спосіб переробки високотоксичних речовин

Даний спосіб відноситься до переробки високотоксичних речовин, зокрема пестицидів, у корисні і більш нешкідливі, а саме, у речовини, що можуть бути використані в малотонажній хімії як поліфункціональні добавки до індустріальних олій, ультраприскорювачів вулканізації ненасичених каучуків, у кабельній і гумотехнічній промисловості.

Найближчим за технічною сутністю і результатом, що досягається, є спосіб знищення токсичних речовин шляхом уведення їх у скляну шихту з наступною обробкою при температурі 1000-1500°C протягом 1-8 годин [Авт.св. СРСР 1768875. кл. F 23 G 7/00. 15.10.92. бюл. № 38]. Так, наприклад, непридатний пестицид вводять у шихту, що містить двоокис кремнію і карбонат або гідроксид натрію при такому співвідношенні компонентів,

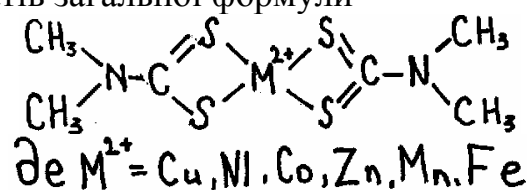
мас. %:

Діоксид кремнію	40-60
Карбонат чи гідроксид натрію	15-25
Пестицид	5-25

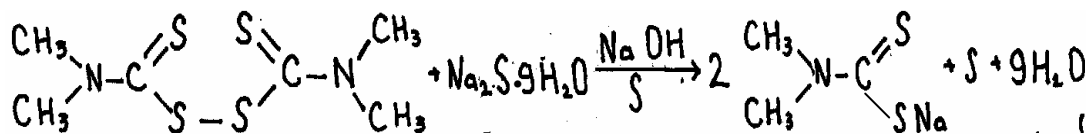
Недоліком цього способу є низький ступінь знешкодження високотоксичних речовин, зумовлений тим, що на першій стадії термообробки шихти, що включає непридатні хлор-, сірко-, фосфор- і азотомісткі пестициди, утворюються леткі високотоксичні органічні продукти розкладання, включаючи і діоксини. Крім того, необхідно подальше знешкодження води чи відпрацьованої рідини, що містить солі хлоридів, сульфатів чи фосфатів лужних металів. До недоліків також варто віднести високу енергоємність процесу і час їхньої утилізації.

Задача винаходу – безвідхідна переробка високотоксичних речовин, зокрема пестицидів, у корисні і більш нешкідливі продукти шляхом реагентної обробки пестицидів.

Поставлена задача вирішується тим, що у відомому способі переробки високотоксичних речовин, що включає термічну обробку їх, відповідно до винаходу, пестициди обробляють сульфідно-лужною сумішшю з концентрацією лугу 8-12 мас. % при температурі 55-65°C протягом 20-30 хв із наступною обробкою реакційної маси еквівалентною кількістю солі металу з утворенням метал-хелатів загальної формули



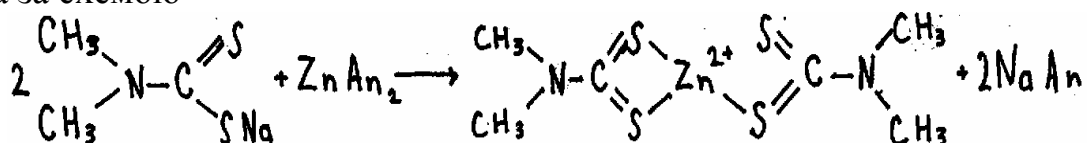
Істотною ознакою способу є реагентна обробка пестицидів, що прийшли в непридатність, з виділенням диметилдитіокарбаматів металів і їх



наступним корисним використанням у гумо-технічній промисловості.

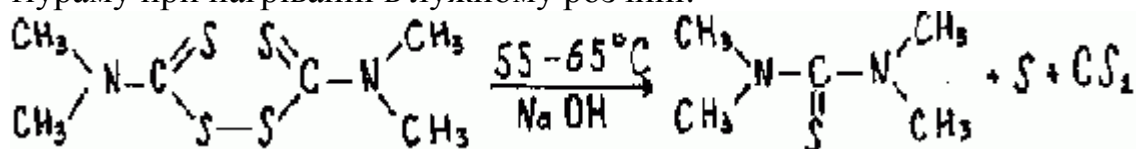
Відповідно до запропонованого способу для регенерації пестициду (тіурама) останній обробляють сульфідно-лужним розчином згідно схеми

Наприклад, диметилдитіокарбамат цинку одержують додаванням солі цинку в цьому ж реакторі без виділення натрієвої солі диметилдитіокарбамата за схемою



При цьому проходить небажана побічна реакція, зв'язана з розкладан-

ням тіураму при нагріванні в лужному розчині:

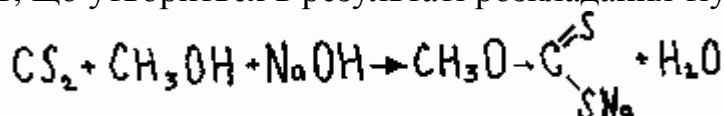


З метою досягнення максимального виходу N,N-диметилдитіокарбамату натрію визначають технологічні параметри, що дозволяють одержати, наприклад, цинкову сіль дитіокарбоненової кислоти з максимальним виходом.

Кількість тіураму, що розклалась, визначають по кількості виділеного CS<sub>2</sub> (метод Гофмана).

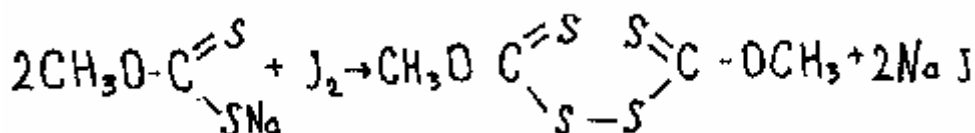
У способі, що пропонується, кількість CS<sub>2</sub> визначають модифікованим методом Гофмана. Модифікація методу полягає в тому, що на першій стадії реакційну систему попередньо продувають інертним газом (азот, аргон) протягом 30 хвилин. Це дозволяє забрати з першої поглинальної склянки ацетат кадмію і барієву сіль ЕДТА, використовувані по класичному методу Гофмана визначення сірковуглецю.

Сірковуглець, що утвориться в результаті розкладання тіурама,



поглинають у перших двох склянках метанольно-лужним розчином їдкого натру.

Третя і четверта поглинальні склянки служать для поглинання залишків сірковуглецю. Надалі метанольно-лужні розчини ксантогената натрію першої і другої поглинальних склянок поєднують і відтитровують спиртовим розчином йоду. При цьому відбувається утворення діксантогената натрію за схемою



По кількості йоду, що витратили на титрування, визначають кількість тіураму за формулою

$$m = \frac{2 \cdot N \cdot V \cdot E \cdot M_{(E)TMTD}}{1000 \cdot M_{(E)J_2}}, \quad (4.1)$$

де *N* – нормальність розчину; *E* – еквівалентна маса йоду; *M*<sub>(E)J<sub>2</sub></sub> – 254 в.о., *V* – об'єм розчину 0,2Н йоду, витраченого на титрування, мл; *M*<sub>(E)TMTD</sub> = 240 в.о.

Приводимо приклади конкретного виконання.

Приклад 1. Шихту, що складається з 10,0 г тіурама, 60,0 г двоокису

кремнію, 20,0 мл лугу і 10,0 г карбонату кальцію в спеціальному лотку з вогнетривкої цегли поміщають у робочу зону муфельної печі з температурою 1000°C, де витримують протягом 5 годин. Газоподібні продукти розкладання компонентів шихти проходять санітарну смолоскипову піч допалювання з робочою температурою 900°C з кінцевим утворенням оксидів розкладання шихти: оксидів сірки, азоту і вуглецю, що утворилися. Кислі оксиди проходять два скрубери, де поглинаються лужним розчином до утворення відповідних натрієвих солей, інші газоподібні продукти розкладання пестицидів викидаються в атмосферу. Потім гарячі робочі розчини лужних компонентів подають у зону шихти, де після випаровування води сульфати і фосфати натрію розкладалися з утворенням оксиду натрію і кислотних оксидів сірки і фосфору. Останні обдувають інертним газом з робочої зони і фіксують індикаторним методом.

Приклад 2. Наважку 10,0 г технічного пестициду (тіурама) поміщають у перший реактор, і потім додають туди ж послідовно сульфід натрію у вигляді кристалогідрату  $\text{Na}_2\text{S} \cdot \text{H}_2\text{O}$  кількістю 10,0 г і 10%-ний розчин лугу  $\text{NaOH}$ . Відновлення дисульфиду до натрієвої солі тіураму здійснюють на водяній бані при температурі 65°C.

Температурний режим підтримують автоматичним регулятором температури і контактним термометром. Реакційна вода конденсується холодильником, а сірковуглець, що утворився в результаті розкладання тіураму, обдувають інертним газом (азот) у другий реактор, куди з мірників подають розчин лугу і необхідну кількість водного розчину диметиламіну. Утворення, наприклад, цинкової солі тіураму в першому і другому реакторах проводять через 30 хвилин після початку реакції додаванням кристалогідрату  $\text{ZnCl}_2$  масою 4 г.

Реакційну масу в реакторах з'єднують, а осад, що випав, відфільтровують, промивають холодною водою і сушать у сушильній шафі.

Аналогічним чином одержують інші метал-хелати на основі N,N-диметилдитіокарбамату натрію додаванням еквівалентної кількості відповідної солі металу.

У табл. 4.6 подані технологічні параметри сульфідно-лужної обробки непридатних до подальшого використання пестицидів "Тіурам" і "Фентіурам". При цьому змінювалися такі параметри: температура процесу, час проведення обробки, концентрація використовуваного розчину їдкого натру.

Результати, отримані при титруванні спиртовим розчином йоду, приведені в табл. 4.7.

У результаті обробки даних, приведених на прикладі цинкової солі тіураму, були визначені оптимальні параметри реагентної обробки непридатних до подальшого використання пестицидів. Так, обробка проби пести-

циду масою 10,0 г в умовах малих концентрацій (2-6 мас. % NaOH) і в інтервалі температур 30-50°C за 5-15 хвилин приводить у кращому випадку лише до сумарного утворення цинкової солі тіураму в кількості 46,5% від максимально можливого. Проведення цієї ж обробки у більш жорстких умовах: температура 70-85°C, концентрація їдкого натру 14-20 мас. % за час 35-50 хвилин приводить до утворення цинкової солі тіураму в кількості 73,4-66,3 мас. %.

З наведеного прикладу видно, що запропонована високотемпературна технологія утилізації непридатних пестицидів у складі шихти зв'язана з утворенням великої кількості кислотних оксидів, інших газоподібних продуктів термічного розкладання органічних речовин, серед яких можуть знаходитися і високотоксичні. Запропонована технологія уловлювання кислих оксидів у скруберах може бути прийнятною лише у випадку низькотемпературного випарювання води й окремого виділення натрієвих солей: хлоридів, сульфатів і фосфатів. У тому випадку, коли гаряча технічна вода розчинів знову подається в робочу зону муфельної печі, перераховані вище солі піддаються повторній термічній дисоціації з утворенням кислих оксидів, що не дозволяє вирішити поставлену задачу.

Запропонована нами технологія сульфідно-лужної обробки непридатних пестицидів не пов'язана з деструкцією діючої речовини пестицидів і з утворенням кислих оксидів і інших газоподібних продуктів лужного гідролізу. Вона проста в технологічному й апаратурному оформленні і може бути впроваджена на типовому хімічному устаткуванні діючих очисних споруд. З іншого боку, у випадку існуючого дефіциту хімічної сировини на Україні ця технологія дозволяє рекуперувати дорогі хімічні сполуки з метою їхнього ефективного використання в гумо-технічній промисловості.

Таблиця 4.6 – Умови виділення діючої речовини з пестициду “Тіурам”, “Фентіурам”

№ досліду	Температура, °C	Час, хв	Концентрація NaOH, мас.%
1	30	5	2
2	40	10	4
3	50	15	6
4	55	20	8
5	60	25	10
6	65	30	12
7	70	35	14
8	75	40	16
9	80	45	18
10	85	50	20



Таблиця 4.7 – Результати титрування розчинів ксантогената натрію 0,2Н спиртовим розчином йоду і кількість диметилдитіокарбаматів металів (на прикладі Zn-солі)

№ досліду	Кількість прореаг. ТМТД в I р-ні		Об'єм йоду, який пішов на титрування, мл	Кількість ТМТД що розклалася в II р-ні		Загальна кількість прореаг. ТМТД	
	Г	%		г	%	г	%
1	0,86	10,0	10,4	0,5	6,3	1,36	17,1
2	1,09	13,7	12,7	0,61	7,6	1,7	21,3
3	3,1	38,7	12,9	0,62	7,8	3,72	46,5
4	5,3	66,2	12,9	0,62	7,8	5,92	74
5	5,16	64,4	20,0	0,96	12,0	6,12	76,4
6	5,47	68,4	15,0	0,72	9,0	6,19	77,4
7	4,59	57,4	26,7	1,28	16,0	5,87	73,4
8	3,9	48,7	37,1	1,78	22,3	5,58	71
9	3,83	47,9	39	1,87	23,4	5,7	71,3
10	3,14	39,3	45	2,16	27	5,3	66,3

Таблиця 4.8

№ досліду	Кількість утвор. Zn-солі ТМТД в I р-ні	К-сть утвор. Zn- солі ТМТД в II реакторі	Загальна кількість утвор. Zn-солі ТМТД	
	г	г	г	%
1	1,10	0,64	1,74	17,1
2	1,39	0,78	2,17	21,3
3	3,94	0,79	4,73	46,5
4	6,74	0,79	7,53	74
5	6,56	1,22	7,78	76,4
6	6,96	0,92	7,88	77,4
7	5,84	1,63	7,47	73,4
8	4,96	2,27	7,23	71,0
9	4,88	2,38	7,26	71,43
10	4,00	2,75	6,75	66,3

#### 4.8 Спосіб знищення високотоксичних органічних сполук

Спосіб знищення високотоксичних органічних сполук шляхом піролізу без доступу кисневмісних газів з наступним очищенням отриманого піролізного газу твердим лужним адсорбентом відрізняється тим, що процес піролізу проводять в один ступінь у циклічному режимі до заданого значення ступеня розкладання органічної сполуки з використанням регенеративного теплообміну на нерухомій теплоакumuлюючій насадці, а піролізний газ після очищення твердим адсорбентом додатково очищають органікологічні аспекти термічного знешкодження непридатних отрутохімікатів. Монографія / Петрук В.Г., Яворська О.Г., Васильківський І.В., Ранський А.П., Іщенко В.А., Петрук Р.В., Петрук Г.Д., Тхор І.І., Кватернюк С. М. / Під ред. д.т.н., проф.Петрука В.Г. – Вінниця: Універсум-Вінниця, 2006. – 254 с.

чним розчинником і після спалювання виділене тепло повертають у процес піролізу для обігріву нерухомої насадки.

#### **4.9 Спосіб знешкодження фторхлорвуглеводнів**

Спосіб знешкодження промислових відходів, що містять хлорфторвуглеводні, включає їхню термічну обробку в струмі продуктів згорання органічного палива при надлишку повітря й у присутності гідрату окису кальцію відрізняється тим, що термічну обробку проводять при 1400-1500°C при коефіцієнті надлишку повітря стосовно стехіометричного співвідношення для палива 1,15 - 1,20 протягом 2 год, причому гідрат окису кальцію використовують у вигляді 30 - 35%-ної водної суспензії.

#### **4.10 Спосіб знешкодження отруйних речовин і пристрій для його здійснення**

1. Спосіб знешкодження отруйних речовин (ОР) шляхом термічного розкладання в зоні горіння рідкого органічного пального з киснем, введення в потік продуктів згорання і розкладання сполук кальцію в кількості, яка перевищує необхідну кількість для стехіометричного перетворення продуктів згорання, і уловлювання твердих продуктів, що утворилися, відрізняється тим, що, з метою скорочення часу процесу знешкодження і зменшення викидів в атмосферу, температуру в зоні горіння доводять до 2200 – 3200 К, а як сполуки кальцію використовують водний розчин ацетату кальцію.

2. Спосіб по п.1 відрізняється тим, що в якості рідкого органічного пального використовують гас у масовому співвідношенні до знешкоджуваних ОР – 4:1, а ОР подають у вигляді розчину в гасі.

3. Пристрій для знешкодження отруйних речовин (ОР), що включає реактор з камерою, на одному торці якої розташоване днище, а на іншому торці виконане вихідне критичне сопло і форсунки для введення пального, кисню, ОР і сполук металу, відрізняється тим, що, з метою підвищення ефективності знешкодження, камера розділена на зону термічного розкладання ОР, що примикає до днища, і зону нейтралізації, що примикає до вихідного критичного сопла, при цьому форсунки для введення пального, кисню і ОР розташовані в днищі, а форсунки для введення сполук металу – на межі зазначених зон.

4. Пристрій по п.3 відрізняється тим, що форсунки для введення ОР розташовані в центрі днища, форсунки для введення пального – по периферії, а форсунки для введення окиснювача – рівномірно по всій площі днища.

#### 4.11 Спосіб знищення твердих відходів

Спосіб знищення твердих відходів відбувається так: в обертовій печі тверді відходи піддають примусовому капсулюванню, причому у якості матеріалу, що покриває, використовують речовину із температурою плавлення 1250-1450°C при такому співвідношенні її з твердими відходами, мас. % :

– тверді відходи	4-40
– речовина, що покриває	60-96

Співвідношення твердих відходів і матеріалу, що покриває, вибирається таким чином, щоб виключити вихід речовини відходу на поверхню капсули. Це співвідношення (при встановленій експериментальній оптимальній товщині прошарку речовини, що покриває, 1мм) залежить від початкових розмірів твердих відходів, предметів переробки. З 95% рівнем значимості радіус часток токсичних відходів можна прийняти в межах 0,1-3 мм. При їхньому радіусі 0,1мм кількість речовини, що покриває, з урахуванням кулеподібної форми капсул повинна перевищувати масу відходів у 24 рази, а при радіусі часток 3 мм - у 1,5 рази. Цим і обумовлені межі, що з'являються, співвідношенням твердих відходів, і речовини, що їх покриває. При інших розмірах часток відходів, співвідношення, що з'являється, забезпечується зміною товщини прошарку, що їх покриває.

Ефективність додаткової операції капсулювання підвищується зі збільшенням щільності прошарку, що покриває, перешкоджаючому ранньому виходові з капсули продуктів термічного розкладання відходів. Важливо в цьому зв'язку, щоб самий верхній прошарок капсул був зацементований в'язкою речовиною, що набрала до моменту подачі капсул у пічний агрегат визначену тривкість і щільність. У той же час речовина внутрішнього прошарку, що покриває, повинна добре гранулюватися. Поєднання цієї вимоги з межами температури плавлення речовини, що покриває, обумовило вибір його складових.

Для внутрішнього прошарку, що наноситься на тверді відходи в процесі першої стадії капсулювання, найбільшою мірою підходить пил електрофільтрів обертової печі для випалу портландцементного клінкера. Природна каолінова глина сприяє гарній грануляції матеріалу і достатній тривкості гранул, спроможних без руйнації витримати другий етап капсулювання. На другій стадії в якості речовини, що покриває капсулу, можуть бути використані звичайний цемент або пил рукавних фільтрів цементного млина. Маса зовнішнього (цементного) прошарку складає не більш 10% усієї маси речовини, що покриває капсулу. З огляду на близькість хімічних

складів цементу, пилу електрофільтрів (у розрахунку на прожарену речовину) і портландцементного клінкера, введення в пічний агрегат капсул не позначиться негативно на якості і складі основного продукту - клінкера.

#### Приклад здійснення.

Дослідження проводилися в лабораторних умовах із використанням у якості твердого відходу 300г дихлордифенілтрихлорметиліану (ДДТ), який являє собою білий порошок із середнім радіусом часток 1мм і різким запахом. Кількість матеріалу, що покриває капсулу, з урахуванням заданої товщини прошарку 1мм перевершує масу ДДТ у 7 разів, тобто складає 2100г. Таким чином кількість твердого відходу складала 12,5%, а матеріалу, що покриває – 87,5%, тобто їх співвідношення знаходиться в межах, що заявлені. З 2100г матеріалу, що покриває капсулу, 1800г припадає на пил електрофільтрів клінкеровипалювальної печі, відібраної із системи очищення газів печі №2 Балаклійського цементно-шиферного комбінату, а 300г складає рядовий портландцемент марки 500. Рідка фаза в пилу електрофільтрів за даними прямого визначення за допомогою конусів Зегера зафіксована при температурі 1280°C. Температура появи розплаву в цементі 1315°C.

На першій стадії переробки використаний тарілчастий гранулятор, налагоджений на отримання гранул із радіусом 1,8-2,5мм. Вологість гранул підтримується на рівні 12-14%. Процес грануляції ведеться періодично: спочатку на гранулятор подається порція ДДТ, а потім поступово разом із водою розрахована (у співвідношенні до твердого відходу 6:1) кількість пилу електрофільтрів. Це дає можливість здійснити початкову присадку пилу безпосередньо на поверхню часток ДДТ. Гранули, що утворюються і збільшуються, згодом практично цілком покриті пилом електрофільтрів. Наявність у її складі глини і до 5% вільного оксиду кальцію СаО забезпечує достатню тривкість гранул.

На другій стадії отримані гранули поміщаються в барабанний гранулятор, куди подається портландцемент. У барабанному грануляторі при мінімальній кількості води відбувається остаточне покриття гранул в'язким матеріалом, у якому на виході з гранулятора починають протікати гідратаційні явища, що супроводжуються ростом тривкості. Збереження продукту (капсул) у повітряне – вологих умовах сприяє поряд із підвищенням тривкості підвищенню монолітності зовнішнього прошарку гранул. Отриманий продукт характеризується повною відсутністю запаху, властивого ДДТ, що свідчить про досягнення заданого ефекту блокування токсичних відходів усередині капсул. Аналіз хімічного складу капсул полягає у визначенні утримання іона хлору.

Випал капсул, що містять ДДТ, відбувався в силітній печі в діапазоні температур 1050-1450°C. У силітній печі до температури 1050°C опікалася

сировинна суміш традиційного хімічного складу з відомою масовою часткою іона хлору. По досягненні зазначеної температури в прошарок забраної з печі сировинної суміші поміщалися капсули, що містять ДДТ. Співвідношення маси сировинної суміші і капсул складало 10:1, що відповідало кількості чистого ДДТ у складі матеріалу, що обпікається, 1,5%. Капсули і частково обпалена сировинна суміш перемішувалися, після чого отриманий матеріал поміщався знову в силітну піч, де й опікався до температури 1450°C з одержанням портландцементного клінкера. Таким чином, як за режимом випалу, так і за кількістю ДДТ, що спалюється в печі, експеримент відповідав виробничому режиму.

Контроль повноти термічного розкладання ДДТ здійснювався за даними аналізу складу проб обпаленого матеріалу, відібраних із різних прошарків. Баланс масової частки іонів хлору в системі сировина суміші – капсули, що містять ДДТ – клінкер показав, що 97,0-99,1% хлору засвоюється клінкерними мінералами в процесі клінкероутворення. Інша незначна частина хлору, взаємодіє із CaO і CaCO<sub>3</sub> та перетворюється в хлористий кальцій CaCl<sub>2</sub>.

Таким чином, у результаті проведеного експерименту підтверджено досягнення поставленої мети – повний термічний розпад токсичних відходів і поглинання продуктів термічного розпаду клінкерними мінералами. Це забезпечує повну безпеку процесу знищення твердих відходів, що містять токсичні матеріали.

#### **4.12 Установа для термічної переробки твердих відходів**

Поставлена задача вирішується тим, що в установці для термічної переробки твердих відходів, що включає вузол завантаження шихти, камеру піролізу з електродами й отворами для випуску газів і розплаву, згідно винаходу, камера піролізу усередині по периметру обладнана радіально орієнтованими вогнетривкими ребрами, установленими на подині з рівним інтервалом між електродами, а в центрі подини містить кругову порожнину, що з'єднує камеру піролізу з камерою стерилізації, причому, довжина вогнетривких ребер складає 0,5 – 0,9 радіуса камери піролізу, а кругова порожнина співпадає з кругом, вписаним між торцевими стінками ребер.

Доцільно висоту камери стерилізації виконувати рівною частці від ділення 2 – 2,5 продуктивності установки по газу на площу живого поперечного перетину камери стерилізації, а над отвором для випуску розплаву установити допоміжні електроди.

Приведені вище ознаки складають суть винаходу. Технічна сутність винаходу пояснюється рисунками 4.8 і 4.9, на яких: 1 – вузол завантаження шихти, 2 – камера піролізу, 3 – електроди, 4 – отвір для випуску газів, 5 –

отвір для випуску розплаву, 6 – вогнетривкі ребра, 7 – кругова порожнина, 8 – камера стерилізації, 9 – допоміжні електроди.

Перераховані вище конструктивні елементи виконані в такий спосіб.

Завантажувальний вузол 1 являє собою герметизований шлюзовий пристрій, що забезпечує порціонне завантаження шихти без контакту з атмосферою. Камера піролізу 2 виконана круглого перетину, футерована вогнетривкого цеглою і обладнана розташованими по периметру на подині графітовими електродами 3. Між електродами 3 вертикально, з рівним інтервалом по периметру камери на подині встановлені орієнтовані радіально вогнетривкі ребра 6. Довжина ребер складає 0,5 – 0,9 радіуса камери, їхня кількість дорівнює числу електродів, а подовжня осьова лінія кожного ребра поділяє простір камери між суміжними електродами на дві рівновеликі частини. Виготовляються ребра з матеріалів підвищеної вогнетривкості, наприклад, з мулітокорунду.

Установка працює в такий спосіб. Камера піролізу 2 і камера стерилізації 8 заповнюються коксом 10 розміром кусків 70 – 100мм до рівня, що покриває електроди 3. Після цього на електроди, приєднані до різних фаз пічного трансформатора, подається напруга, а зверху на шар коксу завантажуються порція шихти. В результаті проходження струму між електродами в шарі коксу виділяється Джоулеве тепло по всій довжині шляху струму. Наявність вогнетривких ребер 6 між електродами виключає протікання струму по найкоротшій відстані між ними і визначає шлях струму в радіальному напрямку через геометричний центр камери піролізу.

Крім цього, осьове розташування зони максимальної теплогенерації дозволяє здійснювати безперешкодне завантаження шихтових матеріалів 11 безпосередньо в епіцентр підвищених температур і в такий спосіб інтенсифікувати процес. Високий рівень температур в осьовій зоні, відсутність вільного кисню в камері піролізу цілком виключають процеси окислювання, і створюють ідеальні умови для інтенсивного відновлення металів і протікання чистого процесу піролізу – термічного розкладання (температура 500 – 1100°C) органічної частини відходів на газоподібний продукт – пірогаз і вуглецевий залишок.

В інтервалі температур 1200 – 1500°C практично всі метали, що містяться у вихідній сировині, цілком відновлюються, а вуглецевий залишок - газифікується в синтез - газ (суміш CO і H<sub>2</sub>). Далі – в інтервалі 1700 – 1800°C мінеральні складові відходів розплавляються до рідкого стану і виводяться з камери піролізу через кругову порожнину 7 та випускний отвір 5, розташований в придонній зоні камери стерилізації 8. Оскільки сполучувальна кругова порожнина 7 виконана в межах зони максимального тепловиділення й одночасно є верхнім відкритим входом в камеру стерилізації, то всі без винятку продукти термічної деструкції відходів, як газоподі-

бні, так і рідкі, проходять зону максимальних температур, створену між електродами, і далі додаткову термообробку в камері стерилізації 8. У камері стерилізації здійснюється остаточне гарантоване знешкодження всіх отриманих продуктів. Шлаково-металічні складові, пройшовши через відновне середовище, створене коксом, виводяться у вигляді відновлених металів і екологічно стерильного шлаку. Газоподібні продукти також набувають екологічно безпечних властивостей, оскільки висота і перетин камери стерилізації встановлюються якраз з розрахунку виконання екологічного правила “двох секунд”, тобто виведені гази, піддаються високотемпературній обробці (вище 1200°C) протягом не менше 2 секунд.

Таким чином, у результаті переробки відходів в установці, що заявляється, досягається практично стовідсоткова деструкція матеріалів, що переробляються, з високим ступенем використання матеріально-енергетичного ресурсу відходів – метали, шлак, пірогаз.

При цьому, конструкцією установки забезпечується не тільки підвищена ефективність переробки відходів, але і гарантована екологічна безпека, як самого процесу, так і отриманих продуктів. В процесі випробування установки вогнетривкі ребра змінювали, встановлюючи їх різної довжини. Результати випробування з варіюванням довжини вогнетривких ребер приведені в таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 – Залежність технологічних показників роботи установки від довжини вогнетривких ребер

Довжина ребер відносно радіуса камери піролізу	Показники процесу	
	Продуктивність установки, кг/год	Ступінь деструкції відходів, %
0,45P	120	92,5
0,50P	130	96,8
0,70P	150	99,7
0,90P	1100	99,8
0,95K	90	99,9

З таблиці видно, що оптимальною за технологічними показниками є довжина ребер рівна 0,7P. Зменшенням довжини ребер знижується концентрація теплової потужності в заданому об’ємі, а збільшенням – зменшується відносний обсяг зони теплогенерації. Як у першому, так і в п’ятому випадках питома продуктивність установки знижується. Що стосується підвищення ступеня утилізації відходів, то зі збільшенням довжини стінок, а отже, з підвищенням концентрації потужності і температури, вона росте.

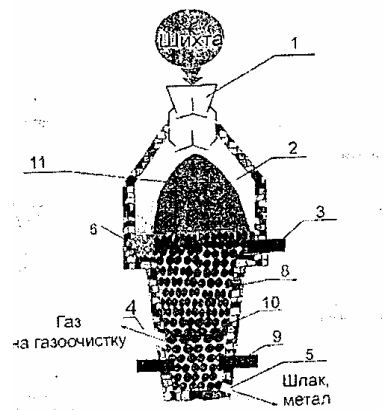


Рисунок 4.8 – Установа для термічної переробки твердих відходів

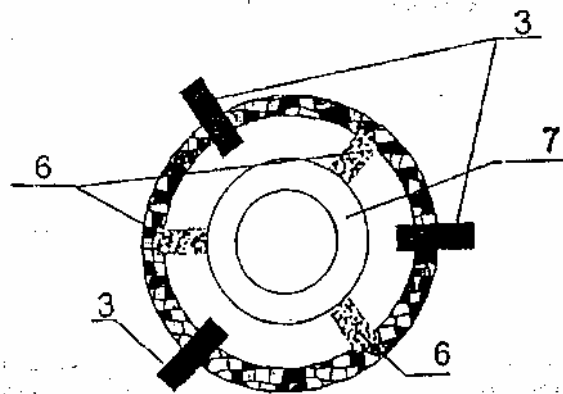


Рисунок 4.9 – Установа для термічної переробки твердих відходів

#### 4.13 Спосіб утилізації органічних відходів

Суть винаходу полягає у тому, що в способі утилізації органічних відходів, який включає піроліз відходів у реакторі без доступу повітря при температурі 400 – 980°C з отриманням твердого вуглецевого залишку та багатокомпонентної парогазової суміші, подальше її охолодження в багатоконтурній циркуляційній системі охолодження з розрахунковими кількістю контурів і температурами їх охолоджувачів, відбір важкої рідкої фракції та отримання на кінцевому контурі рідкої фракції з зазначеною молекулярною масою, згідно винаходу, здійснюють контроль значень молекулярної маси ( $M$ ) рідкої фракції, отриманої на кінцевому контурі системи охолодження; при  $M > 150$  температуру охолоджувачів кожного контуру, починаючи з першого, зменшують від розрахункової максимум на 50°C, а при  $M < 150$  – збільшують на 50°C, починаючи з останнього контура, а якщо значення  $M < 150$  не змінилося, тоді зменшують кількість контурів шляхом вирівнювання температур сусідніх контурів, починаючи з температури першого контура.



Установка для реалізації способу складається з реактора 1, бункера 2 для завантаження відходів та бункера 3 для відвантаження пірокарбону, патрубків 4 для відведення парогазової суміші з реактора 1 в багатоконтурну циркуляційну систему, яка має, наприклад, три контури Ік, Ік, ІІк. Кожний контур має охолоджувачі 5, 6, 7 з повітряним охолодженням за рахунок вентиляторів відповідно 8, 9, 10 з індивідуальними електроприводами, які дають направлений потік холодного повітря на охолоджувачі, а також трубопроводами 11, 12, 13 для повернення у реактор 1 важкої рідкої фракції.

Охолоджувачі кожного контура мають датчики температури 14, 15, 16, при цьому параметр функції зміни температури  $i(i)$  від кожного контура передається на блок управління 17 по зв'язкам 18, 19, 20. Останній охолоджувач 7 з'єднаний з вихідним конденсатором 21 з водяним охолодженням. Індикатор 22 виробляє сигнал пропорційно параметру функції зміни молекулярної маси вихідного рідкого палива і передає на блок управління 17 по зв'язку 23, а електроприводи повітряного охолодження 8, 9, 10 управляються з блоку управління 17 по зв'язкам 24, 25, 26. Реактор 1 постачається шнеком 27 з приводом 28.

Спосіб реалізують таким чином

Подрібнені органічні відходи (В) завантажують у бункер 2 з наступною подачею їх у реактор, в якому вони пересуваються шнеком 27 з приводом 28. Відходи в реакторі 1 піддаються піролізу без доступу повітря при температурі 400 - 980°C з отриманням багатоконпонентної парогазової суміші (ПГС) та твердого вуглецевого залишку - пірокарбону (С), який відвантажується у бункер 3. Отриману ПГС через патрубок 4 з реактора 1 подають в багатоконтурну циркуляційну систему з охолоджувачами 5, 6, 7, в яких підтримується розрахункова температура, наприклад, на першому контурі Ік - 350°C, на Ік - 250°C, на ІІк - 150°C.

Запропонований спосіб має велике народногосподарське значення як у плані покращання 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 гостродефіцитними у період енергетичної кризи.

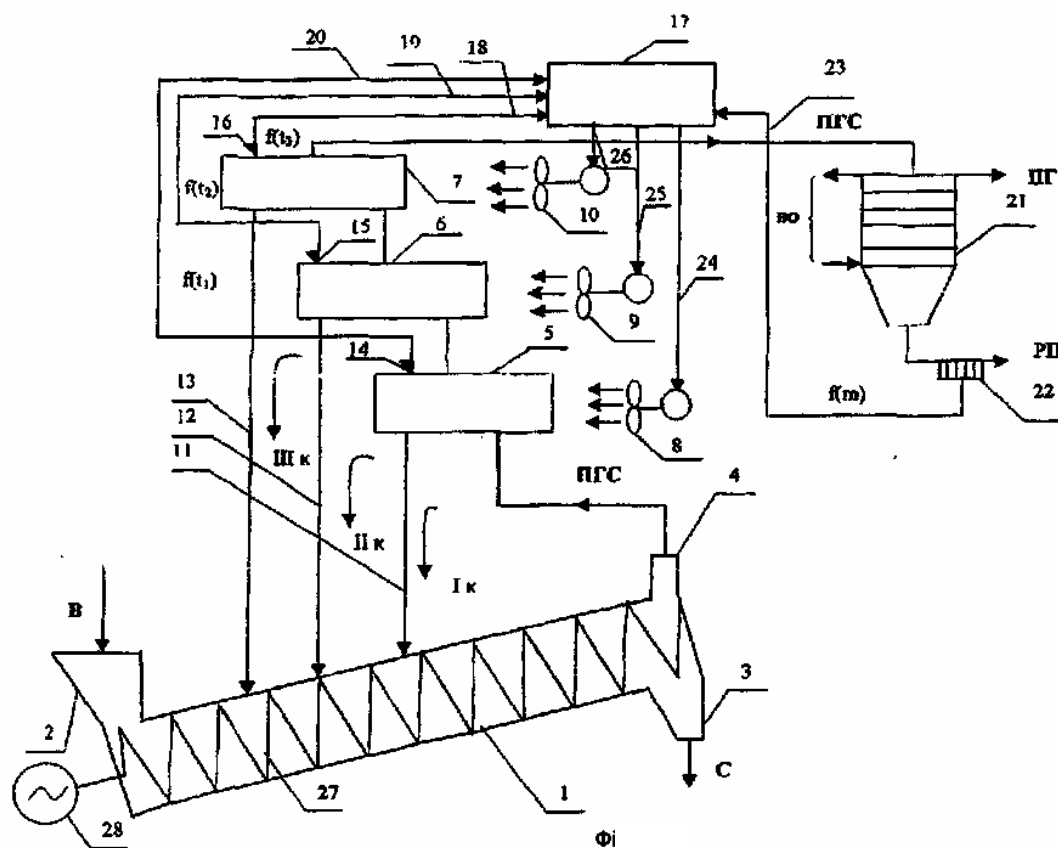


Рисунок 4.10 – Установа для утилізації органічних відходів

#### 4.14 Спосіб термічної утилізації суміші високомолекулярних органічних побутових та промислових відходів і установа для його здійснення

Винахід відноситься до термічної утилізації суміші високомолекулярних органічних побутових та промислових відходів, зокрема для утилізації суміші: полімерних і паперових відходів, зношених автошин, нафтошламів, відпрацьованих машинних олій, забруднених неорганічними домішками: піском, землею, дрантям, та ін., пестицидів і т. д. і може бути використаний в комунальному господарстві, хімічній, нафтохімічній та інших галузях промисловості і для регенерації відходів вуглеводнів у рідкі, тверді і газоподібні палива масою  $M < 750$ , і забезпечують багаторазову рециркуляцію цієї рідини усередині рециркуляційної колони до її глибокого термічного розкладання, важку складову сконденсованої рідкої фракції, що залишилася, з  $M > 750$  разом із гранулами повертають у реактор на сухий твердий вуглецевий залишок з температурою  $600-980^{\circ}\text{C}$  і витримують у реакторі до повного випарування важкої рідкої фракції з гранул і утворення парогазової суміші, яку подають у рециркуляційну колону, де її охо-

лоджують потоком гранул, сконденсовану при цьому рідку фракцію при температурі 350-500°C піддають багаторазовій рециркуляції усередині реактора і глибокому термічному розкладанню до одержання вторинної парогазової суміші з молекулярною масою складових  $M < 750$ , яку з'єднують з первинною парогазовою сумішшю, що надходить у верхню частину колони, і процес повторюють.

Установка для термічної утилізації суміші високомолекулярних органічних побутових та промислових відходів, яка включає реактор із системою зовнішнього обігріву, бункери для завантаження і розвантаження і вихідний конденсатор з водяним охолодженням, яка відрізняється тим, що вона обладнана рециркуляційною колоною, установленою вертикально в середній частині реактора, пристроєм, що регулює подачу гранул, розташованим у верхній частині рециркуляційної колони, та циклоном, вхід якого з'єднаний з верхньою частиною рециркуляційної колони, а вихід – з вихідним конденсатором. Відомий спосіб утилізації відходів полімерних матеріалів, який включає термічне розкладання відходів при температурі 400-980°C і з утворенням парогазових продуктів і твердого вуглецевого залишку, наступне охолодження парогазових продуктів, розподіл їх на рідку і газоподібну фази і твердий вуглецевий залишок, який подрібнюють і гранулюють разом зі змочувальною рідиною, потім сушать гранули, при цьому рідку фазу розділяють шляхом відстоювання на легкі вуглеводні і суміш важких вуглеводнів і води. Зазначену суміш використовують як змочувальну рідину для гранулювання. Термічне розкладання забезпечують піролізом без доступу кисню і утворенням багатокомпонентної парогазової суміші, охолоджують її та одержують на вихідному конденсаторі рідку і газоподібну фракції. Ознаки, що збігаються з істотними ознаками способу:

- процес термічного розкладання органічних відходів методом піролізу в реакторі без доступу кисню при температурі 400-980°C з утворенням багатокомпонентної парогазової суміші і твердого вуглецевого залишку, який гранулюють;

- охолодження багатокомпонентної парогазової суміші;
- одержання на вихідному конденсаторі рідкої і газоподібної фракції.

В основу даного винаходу поставлена задача удосконалити спосіб термічної утилізації суміші високомолекулярних органічних побутових та промислових відходів шляхом створення в рециркуляційній колоні різних температурних режимів конденсації важких складових парогазової суміші, що дозволить забезпечити саморегулюючий процес глибокого термічного розкладання сконденсованих важких складових рідкої фракції, що дозволить підвищити коефіцієнт корисної дії процесу на 30 % за рахунок використання утилізованого тепла.

В основу даного винаходу поставлена також задача удосконалити установку для реалізації способу термічної утилізації суміші високомолекулярних органічних побутових та промислових відходів шляхом введення нових конструктивних елементів, які дозволяють забезпечити саморегулюючий процес глибокого термічного розкладання сконденсованих важких складових рідкої фракції за рахунок цього збільшивши продуктивність установки на 10-15%. Суть винаходу полягає в тому, що в способі термічної утилізації суміші високомолекулярних органічних побутових та промислових відходів, що включає глибоке термічне розкладання відходів методом піролізу в реакторі без доступу повітря при температурі 400-980°C, одержання сухого твердого вуглецевого залишку, ніролізного газу і первинної багатоконпонентної парогазової суміші, охолодження парогазової суміші до конденсації важкої рідкої фракції та одержання на вихідному конденсаторі легкої рідкої фракції з заданою молекулярною масою, відповідно до винаходу, багатоконпонентну парогазову суміш подають у вертикальну рециркуляційну колону, охолодження парогазової суміші здійснюють потоком гранул вуглецевого залишку, попередньо нагрітих до температури 20-350°C, які подають зверху колони назустріч потоку парогазової суміші, змінюють кількісний потік гранул і знижують температуру парогазової суміші на виході з рециркуляційної колони до початкової температури гранул, усередині рециркуляційної колони підтримують температурні рівні конденсації: верхній у межах 120-150°C, нижній – 250-300°C для сконденсованої рідкої фракції з молекулярною масою  $M < 750$  і забезпечують багаторазову рециркуляцію цієї рідини усередині рециркуляційної колони до її глибокого термічного розкладання, важку складову сконденсованої рідкої фракції з  $M > 750$ , що залишилася, разом із гранулами повертають у реактор на сухий твердий вуглецевий залишок з температурою 600-980°C і витримують у реакторі до повного випарування важкої рідкої фракції з гранул і утворення парогазової суміші, яку подають у рециркуляційну колону, де її охолоджують потоком гранул, сконденсовану при цьому рідку фракцію при температурі 350-500°C піддають багаторазовій рециркуляції усередині реактора і глибокому термічному розкладанню до одержання вторинної парогазової суміші з молекулярною масою складових  $M < 750$ , яку з'єднують з первинною парогазовою сумішшю, що надходить у верхню частину колони, і процес повторюють.

Суть винаходу полягає також у тому, що установка для термічної утилізації суміші високомолекулярних органічних побутових та промислових відходів, яка включає реактор із системою зовнішнього обігріву, бункери для завантаження і розвантаження і вихідний конденсатор з водяним охолодженням, відповідно до винаходу, обладнана рециркуляційною колоною, установленою вертикально в середній частині реактора, пристроєм,

що дозує подачу гранул, розташованим у верхній частині рециркуляційної колони і циклоном, вхід якого з'єднаний з верхньою частиною рециркуляційної колони, а вихід – з вихідним конденсатором.

Суть винаходу пояснюється кресленнями, де:

на рис. 4.11 представлено схему установки для реалізації запропонованого способу.

На рисунку стрілками позначені потоки:

А – відходи, що утилізуються; С – сухий вуглецевий залишок; В – гранульований твердий залишок; ПГС – парогазова суміш; ПГ – піролізний газ; ВО – водяне охолодження; Р – вихідна рідка фракція з заданою молекулярною масою; СП – вуглецевий пил; ДГ – димові гази.

Установка для реалізації способу (рис. 4.11) включає реактор 1 із системою зовнішнього обігріву 2, що включає пальник (на кресленні не показано) і димохід газів, що обігрівають реактор, бункери для завантаження 3 і розвантаження 4 і вихідний конденсатор 5 з водяним охолодженням. Установка обладнана рециркуляційною колоною 6, установленою вертикально в середній частині реактора 1, пристроєм 7, який дозує подачу гранул, що містить бункер 8 і діафрагмений розподільник 9, встановлений у нижній частині бункера 8, циклоном 10, вхід 11 якого з'єднаний з верхньою частиною рециркуляційної колони 6, а вихід 12 – з вихідним конденсатором 5. Усередині реактора 1 установлено шнек 13 з електроприводом 14. Вихідний конденсатор 5 обладнаний нижнім трубопроводом 15 для відбору легкої рідкої фракції і верхнім трубопроводом 16 для добору піролізного газу. Усередині рециркуляційної колони 6 зазначені потоки рециркуляції 17 і 18 важких рідких фракцій з молекулярною масою  $M < 750$  і потоки рециркуляції 19 і 20 важких рідких фракцій з  $M > 750$ , які повертаються в реактор 1.

Із даних розрахунків видно, що ККД запропонованого способу більше ніж на 30%. Спосіб здійснюють в установці таким чином:

Відходи дроблять і подають у завантажувальний бункер 3, і якого вони надходять у реактор 1, де переміщаються по довжині реактора шнеком 13 з електроприводом 14. Попередньо реактор 1 нагрівають системою зовнішнього обігріву 2 за рахунок тепла димових газів, що проходять по димоходу реактора, який охоплює зовнішню оболонку реактора 1. Під дією підвищеної температури в реакторі, у межах 400-980°C, відходи нагріваються, і всі летучі з них випаровуються, утворюючи первини) багатокомпонентну парогазову суміш, що з температурою 400-600°C надходить у рециркуляційну колону.

Охолодження висхідної багатокомпонентної парогазової суміші здійснюють спадним потоком гранул вуглецевого залишку, що попередньо нагрівають до температури 120-150°C і завантажують у бункер 8. За допомо-

гою діафрагменного розподільника 9 регулюють кількісний потік гранул, які поступають зверху колони назустріч потоку парогазової суміші, тим самим знижують температуру парогазової суміші на виході з рециркуляційної колони до початкової температури гранул 120-150°C. При цьому ПГС по всій висоті рециркуляційної колони віддає своє тепло гранулам вуглецевою залишку і охолоджується, а гранули у свою чергу нагріваються. У результаті, в рециркуляційній колоні від верху до низу температура плавно підвищується від 120-150°C до 400-600°C.

Як показали дослідження, по даному способу і на даній установці можна утилізувати в екологічно безпечному режимі такі небезпечні відходи як пестициди, хлоровані трансформаторні олії та інші.

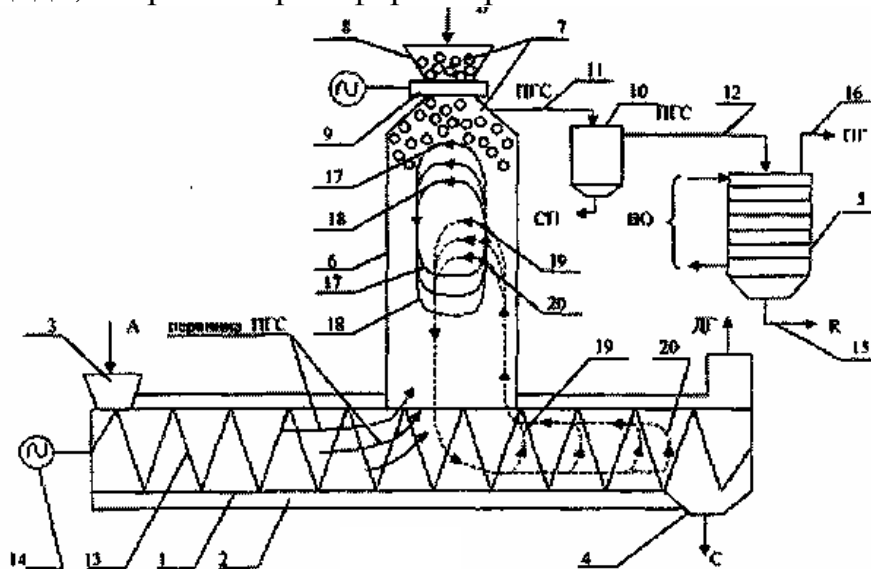


Рисунок 4.11 – Установка для термічної утилізації суміші високомолекулярних органічних побутових та промислових відходів

#### 4.15 Спосіб спалювання твердих відходів та установка для його здійснення

Поставлене завдання вирішене тим, що в установці для спалювання ТВ, яка складається з транспортного приймачника з бункером, смітєвої шахти, живильника, а також сміттєспалюючої печі, системи шлаковидалення та очистки газоподібних продуктів згоряння, згідно з винаходом, система очистки газоподібних продуктів згоряння зроблена у вигляді енергетичного котла, який з'єднано з системою підготовки та подавання палива та повітря і системою шлаковидалення, а між сміттєспалюючою піччю та енергетичним котлом розташовано рекуператор для охолодження газопо-

Екологічні аспекти термічного знешкодження непридатних отрутохімікатів. Монографія / Петрук В.Г., Яворська О.Г., Васильківський І.В., Ранський А.П., Іщенко В.А., Петрук Р.В., Петрук Г.Д., Тхор І.І., Кватернюк С. М. / Під ред. д.т.н., проф.Петрука В.Г. – Вінниця: Універсум-Вінниця, 2006. – 254 с.

дібних продуктів згорання та попереднього нагрівання повітря, що подається на спалювання ТВ. Відрізняючі ознаки запропонованого способу дозволяють вирішити поставлену задачу спалення ТВ, тому що спалення здійснюють при більш високих температурах, ніж у відомих способах, і в кількості, яка є оптимальною для повного спалення ТВ. При цих умовах токсичні органічні мікродомішки, які містяться у ТВ, вигорають більш повно і якість допалювання підвищується. Відрізняючі ознаки запропонованої установки дозволяють вирішити поставлену задачу вдосконалення таких пристроїв тому, що котел, який є в її складі, забезпечує підвищену температуру до палення токсичних органічних мікродомішок, в результаті їх концентрація у газоподібному викиді зменшується і тим самим відпадає потреба у громіздкому обладнанні для очистки димових газів.

Спосіб спалення ТВ здійснюють так. ТВ завантажують у бункер, звідки їх подають на спалення без попереднього підігріву в сміттєспалюючу піч з додаванням природного газу для розпалення і з додаванням попередньо підігрітого повітря для підтримання горіння в печі при температурі 800-1000°C. Повітря, яке потрібне для спалювання ТВ і природного газу в режимі розпалення, попередньо подають у рекуператор, де його нагрівають до температури 80-100°C газами, що виходять із сміттєспалюючої печі. Після спалення ТВ твердий залишок видаляють у шлакоприймальник, а газоподібні продукти згорання охолоджують у рекуператорі, де їх тепло використовують для попереднього підігріву повітря, яке подається на спалювання ТВ у сміттєспалюючій печі, й спрямовують на допалення в енергетичний, промисловий або опалювальний котел, у який газоподібні продукти згорання об'ємом  $V_r$  подають в кількості 5-25% від загальної кількості повітря  $V_p + V_r$ , яке потрібне для згорання палива у котлі. Основним параметром, який визначає співвідношення об'єму газоподібних продуктів згорання  $V_r$  і об'єму повітря  $V_p$ , є ступінь розбавлення:

$$r = V_r \cdot 100 / (V_r + V_p), \% \quad (4.2)$$

Приклад 1. Спалення твердих відходів у прототипі здійснюють у такий спосіб. ТВ завантажують у бункер, звідки їх подають на спалювання без попереднього підігріву в сміттєспалюючий котел з додаванням природного газу для підтримання температури горіння у котлі в межах 1000-1100°C. Повітря для спалювання ТВ і природного газу попередньо нагрівають. Після спалення ТВ твердий залишок видаляють у шлакоприймальник, а газоподібні викиди видаляють в атмосферу, попередньо пропустивши їх крізь системи очистки газових викидів. Концентрації основних органічних компонентів у газовому викиді сміттєспалюючого котла (до систем очистки) надані в табл. 4.10.

Приклад 2. Спалення твердих відходів згідно з запропонованим способом здійснюють так. ТВ завантажують у бункер, звідки їх подають на

спалювання без попереднього підігріву в сміттєспалюючу піч з додаванням природного газу для розпалу та попередньо нагрітого повітря для підтримання горіння у печі при температурі 800-1000°C. Повітря, потрібне для спалювання ТВ та природного газу в режимі розпалювання, попередньо подають у рекуператор, де це повітря нагрівають до температури 80-100°C газами, які відходять від сміттєспалюючої печі. Після спалення ТВ твердий залишок видаляють у шлакоприймальник, а газоподібні продукти згорання охолоджують у рекуператорі, де їх тепло використовують для попереднього підігріву повітря, яке подається на спалювання ТВ у сміттєспалюючій печі, а далі направляють в енергетичний котел на допалення зі ступенем розбавлення  $r=3\%$ . Газоподібні продукти згорання сміттєспалюючої печі разом з основним повітрям проходять крізь ядро факелу горіння у топці енергетичного котла, де їх допалюють знову при температурі 1300-1700°C протягом 1-2 с. В умовах режиму повторного допалювання в ядрі факелу органічні сполуки, які є в газових викидах сміттєспалюючої печі, згорають. Результати вимірів концентрацій основних органічних компонентів наведені в табл. 4.10.

Приклад 3. Спалювання твердих відходів згідно з запропонованим способом здійснюють аналогічно прикладу 2. Газоподібні продукти згорання сміттєспалюючої печі направляють на допалювання в енергетичний котел зі ступенем розбавлення  $r=5\%$ . Результати вимірювань наведені також у табл. 4.10.

Приклад 4. Спалювання твердих відходів згідно з запропонованим способом здійснюють аналогічно прикладу 2. Газоподібні продукти згорання сміттєспалюючої печі направляють на допалювання в енергетичний котел зі ступенем розбавлення  $r=15\%$ . Результати вимірювань наведені також у табл. 4.10.

Приклад 5. Спалювання твердих відходів згідно з запропонованим способом здійснюють аналогічно прикладу 2. Газоподібні продукти згорання сміттєспалюючої печі направляють на допалювання в енергетичний котел зі ступенем розбавлення  $r=25\%$ . Результати вимірювань наведені також у табл. 4.10.

Приклад 6. Спалювання твердих відходів згідно з запропонованим способом здійснюють аналогічно прикладу 2. Газоподібні продукти згорання сміттєспалюючої печі направляють на допалювання в енергетичний котел зі ступенем розбавлення  $r=28\%$ . Результати вимірів наведені також у табл. 4.10.

Як видно з прикладів 1-6, концентрації органічних мікродомішок у газоподібних продуктах згорання для прототипу (табл. 4.10) і для сміттєспалюючої печі (табл. 4.10) суттєво (на 1-4 порядки) перевищують концентрації тих самих мікродомішок для запропонованого способу (у газових вики-



дах енергетичного, промислового або опалювального котла). Ці результати підтверджують основну концепцію запропонованого винаходу щодо суттєвого зниження концентрацій органічних мікродомішок у газових викидах після допалення їх у ядрі факела енергетичного чи іншого котла. При ступеню розбавлення  $\gamma=3-25\%$  (приклади 2-5) це зниження суттєве, при ступеню розбавлення  $\gamma=28\%$  (приклад 6) зниження концентрацій також має місце, але воно недостатнє.

Таблиця 4.10 – Концентрації органічних та інших домішок у газових викидах, мг/м<sup>3</sup>

Параметри	Прототип	Винахід					
		Після печі	Після енергетичного котла при різних ступенях розбавлення $\gamma=100/(V_{\Gamma}+V_{\Pi,}), \%$				
			3	5	15	25	28
Температура, °С	900-1100	900-1000	1300-1700				
Мікродомішки							
Оксид вуглецю	500	480	1	1	15	20	250
Бензол	1320	1500	2	2	10	20	700
Толуол	1860	2000	1	1	15	25	500
Сажа (вуглець)	150	180	0	15	20	20	120

На рис. 4.12 представлено схему установки для спалювання твердих відходів згідно із запропонованим способом. Винахід містить транспортний приймальник 1, до якого приєднано бункер подачі ТВ 2 і сміттєву шахту 3, у верхній частині якої встановлено кран з грейфером 4 для подавання сміття. Поряд встановлений живильник 5, який з'єднано з сміттєспалюючою піччю 6, у якій на фронтальній стіні розташовано газовий пальник 7 для розпалювання ТВ та підтримання їхнього горіння. До сміттєспалюючої печі 6 приєднано послідовно рекуператор 8, вентилятор 9, енергетичний чи інший котел 10, електрофільтр 11, димосос 12, охолоджувач 13, сухий скруббер 14, димову трубу 15. До котла 10 приєднана система підготовки та подавання основного палива, яка має вугільний пальник 16, живильник сирого вугілля 17, бункер сирого вугілля 18. До сміттєспалюючої печі 6 та енергетичного котла 13 приєднано систему шлаковидалення 19, яка розташована під ними.

Установка працює так. Тверді відходи подають у транспортний приймальник 1 і вивантажують в бункер подавання ТВ 2, через який сміття надходить у сміттєву шахту 3. Далі за допомогою грейфера 4 сміття пода-

ють у живильник сміттєспалюючої печі 5. З живильника 5 ТВ надходять в сміттєспалюючу піч 6, куди також подають повітря для горіння та природний газ для розпалювання ТВ і підтримання його горіння (пальник 7). Повітря для горіння попередньо підігрівають у рекуператорі 8 газоподібними продуктами горіння зі сміттєспалюючої печі. Шлак, який утворюється при спалюванні ТВ у сміттєспалюючій печі, видаляють через систему шлаковидалення. Газоподібні продукти горіння сміттєспалюючої печі  $V_r$  проходять рекуператор 8 і вентилятором 9 разом з основним потоком повітря  $V_p$ , яке потрібне для горіння палива в котлі 10, подають як частину дугтьового повітря у топку котла зі ступенем розбавлення  $r=5-25\%$ . В енергетичному котлі 10 при спалюванні палива відбувається допалювання органічних домішок, які є в газоподібних продуктах згорання сміттєспалюючої печі 6. При проходженні крізь ядро факелу топки енергетичного котла, де температура становить  $1300-1700^\circ\text{C}$  і вище, органічні сполуки, які є в газоподібних продуктах згорання сміттєспалюючої печі 6, згорають. Таке допалення суттєво знижує токсичність газових викидів з установки. Після виходу з котла газові викиди проходять очистку в електрофільтрі 11 та скрубєрі 14.

Перевагами способу та установки спалювання ТВ є зменшення токсичності газоподібних продуктів горіння у запропонованій установці; повна дезодорація газових викидів установки; економія палива, тому що органічні сполуки, які містяться в газоподібних продуктах горіння сміттєспалюючої печі, при допалюванні в котлі виділяють додаткове тепло, що знижує витрати палива для котла; спрощення установки, оскільки відпадає потреба у громіздких системах очистки газових викидів, якими звичайно укомплектовані сміттєспалюючі установки.

#### **4.16 Спосіб утилізації органічних відходів**

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  $400-980^\circ\text{C}$  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.

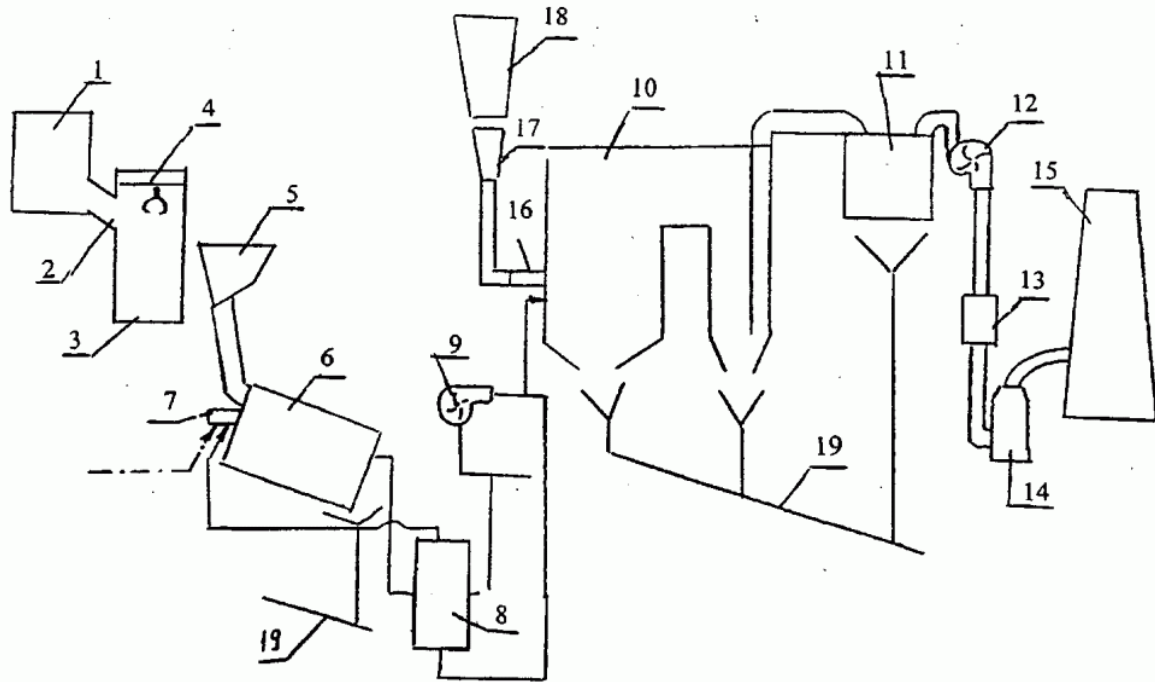


Рисунок 4.12 – Установа для спалювання твердих відходів

Суть винаходу пояснюється кресленням (рис. 4.13), де показана схема установки для реалізації запропонованого способу (стрілками зображені потоки):

В – відходи; С – пірокарбон; ПГС – парогазова суміш; ВРФ – важка рідка фракція відповідного контуру; І к, ІІ к, ІІІ к – контури циркуляційної системи; ВО – вода для охолодження вихідного конденсатора; ПГ – піролізний газ; РП – вихідна фракція рідкого палива. Установа 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 патрубків 8 для відбору ПГС, яка подається в парогазову циркуляційну систему, що має, наприклад, три контури І к, ІІ к, ІІІ к. Кожний контур має індивідуальні ступені охолодження 9, 10, 11, які з'єднані трубопроводами 12, 13, 14 з реактором 1. Останній ступінь і 1 з'єднаний з вихідним конденсатором 15, який охолоджується водою (ВО) і має трубопроводи для виходу піролізного газу (ПГ) та рідкого палива (РП).

Спосіб здійснюють таким 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 багатокомпонентної парогазової суміші (ПГС) та твердого вуглецевого залишку. Утворену парогазову суміш виводять з реактора 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 до температури не більше 50°C, звідки виходить рідке паливо з заданою молекулярною масою та піролізний газ (ПГ).

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

Запропонований спосіб має велике народногосподарське 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.

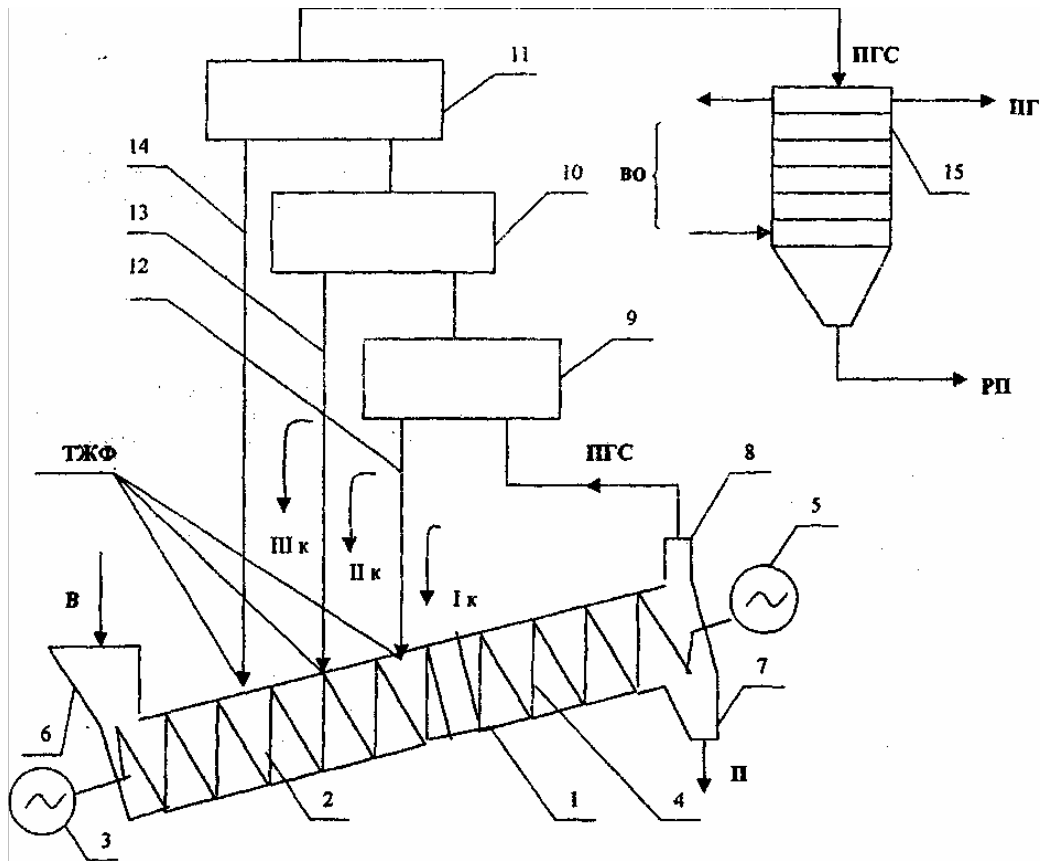


Рисунок 4.13 – Установка для утилізації органічних відходів

#### 4.17 Спосіб термічної переробки твердих органічних відходів та установка для його здійснення

В основу винаходу поставлена задача вдосконалити спосіб і установку для 45 термічної переробки твердих побутових і промислових відходів шляхом створення умов, за яких досягається деструкція всієї маси відходів і виключається розрідження парогазової суміші продуктами спалювання 50 піролізних газів. Процес переробки мусить задовольняти екологічні вимоги, бути високоефективним і забезпечуватися простим апаратурним оформленням. Поставлена задача досягається тим, що в способі переробки твердих побутових промислових відходів, що містить в собі подачу відходів у вертикальну шахту-реактор, сушіння і нагрівання відходів до температури піролізу газоподібним теплоносієм, виведення парогазових продуктів піролізу і твердого залишка, в якості газоподібного теплоносія для піролізу застосовані циркулюючі гази піролізу, які нагрівають в автономній топці-теплообміннику продуктами спалювання піролізного газу, а для сушіння і нагрівання відходів до температури початку піролізу продукти спалювання піролізного газу, які відходять від топки-теплообмінника. При цьому для

збільшення ступеню використання тепла продуктів спалення, які відходять від топки-теплообмінника, і спрощення конструкції установки сушіння і нагрівання відходів до температури початку деструкції здійснюють в режимі прямиотечії-протитечії.

Для здійснення способу в установці для термічної переробки твердих побутових і промислових відходів, що містить в собі вертикальний реактор з пристроями для завантажування відходів, вивантажування твердого залишку (відведення парогазової суміші) в камеру спалювання, камера спалювання розташована автономно, а реактор виконано у вигляді двох шахт, сполучених звуженою горловиною. Крім того, верхня шахта забезпечена пристроями для підведення від камери спалювання продуктів спалювання і відведення їх, а нижня шахта – пристроями для підведення від топки-теплообмінника піролізного газу і відведення парогазової суміші. Для збільшення економічності, поліпшення умов теплопередачі верхня шахта забезпечена рядами відкритих знизу коробів, по яких підводять до шахти і відводять від неї відпрацьовані гази.

Установка містить в собі реактор 1, виконаний в вигляді шахти 2 і шахти 3, сполучених між собою звуженою горловиною 4, пристрої 5 і 6 для завантажування твердих відходів вивантаження твердого залишку, топку-теплообмінник (камера спалювання піролізного газу) 7, пристрій для розподілення продуктів спалювання піролізного газу 8, пристрій для відведення відпрацьованих продуктів спалювання піролізного газу 9, розподільну колону 10, з виходами фракцій конденсату 11, 12, 13 і виходу піролізного газу 14, розподільні колектори 15, 16, збірні колектори 17, 18, теплообмінники повітря 19 і піролізного газу 20, системи підведення піролізного газу до камери спалювання 21 і теплоприймальника 22, системи підведення повітря до теплообмінника 23 і відведення нагрітого повітря до камери спалювання 24. В шахті 2 розташовані перемінні між собою ряди підвідних продуктів спалювання піролізних газів і відвідних коробів 25 і 26. Ці короби відкриті знизу. Установка забезпечена системою очистки відвідних від шахти 2 газів, системами розподільної арматури і контрольно-вимірювальних приборів.

Спосіб здійснюється таким чином. Роздрібнені тверді органічні промислові і побутові відходи, зокрема зношені шини, пристроєм 5 подаються в шахту 2 реактора 1. Опускаючись по шахті 2 під власною вагою, відходи проходять стадії сушіння і нагрівання до температури початку піролізу. Теплоносієм для сушіння і нагрівання відходів є продукти спалювання піролізного газу, які надходять від топки-теплообмінника 7 до пристрою для розподілення продуктів спалювання 15 і далі до підвідних коробів 23. Після виходу із підвідних коробів гази проходять крізь шар відходів і надходять до ближніх відвідних коробів 24. Оскільки короби 23, 24 обмежені

зверху двома похилими гранями, відходи вільно, без затримки проходять між коробами. Віддавши тепло твердим відходам, гази із коробів поступають в пристрій для відведення відпрацьованих газів 9. Далі гази проходять систему очистки (на кресленні не зображено) і викидаються в атмосферу. Нагріті до температур початку піролізу відходи поступають в шахту 3 через звужену горловину 4. Геометричні розміри горловини (поперечний переріз і висота) вибрані із умов створення необхідного гідравлічного опору перетечі газів із шахти 2 в шахту 3 і навпаки. В шахті 3 відбувається швидкісне термічне розкладання відходів в наслідок контакту його з циркулюючим газоподібним теплоносієм, в якості якого використовується піролізний газ, нагрітий в топці-теплообміннику до потрібних температур. В процесі термічного розкладання утворюється парогазова суміш, яка надходить до розподільної колони 10, де відбувається конденсація бензинових фракцій і мазутів, які через виходи 11, 12 і 13 подаються в збірні ємкості. Газ, який не сконденсувався через вихід 14 надходить частково по системі підведення 21 до камери спалювання 7, частково по системі підведення 22 до теплообмінника 20, частково споживачу. Потрібне для спалювання піролізного газу повітря по системі підводу 23 надходить в теплообмінник 19, а потім по системі 24 до камери спалювання 7.

Нагрітий в теплообміннику 20 до потрібних температур піролізний газ надходить в нижню частину шахти 3. Твердий залишок із шахти 3 евакуюється за допомогою пристрою для відвантаження 6.

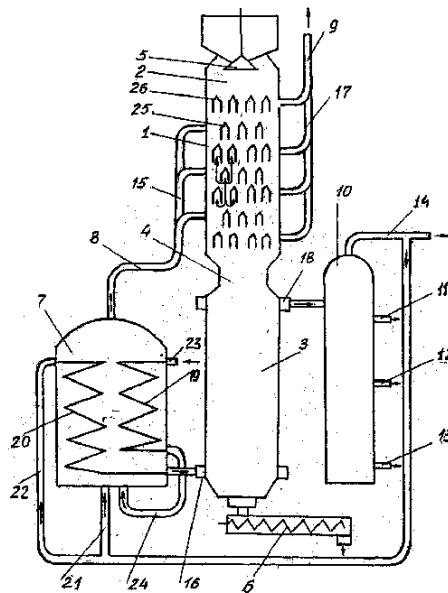


Рисунок 4.14 – Установа для термічної переробки твердих органічних відходів