



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **124714** (13) **U**  
(51) МПК (2018.01)  
**F23G 5/027** (2006.01)  
**C10G 1/00**

МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

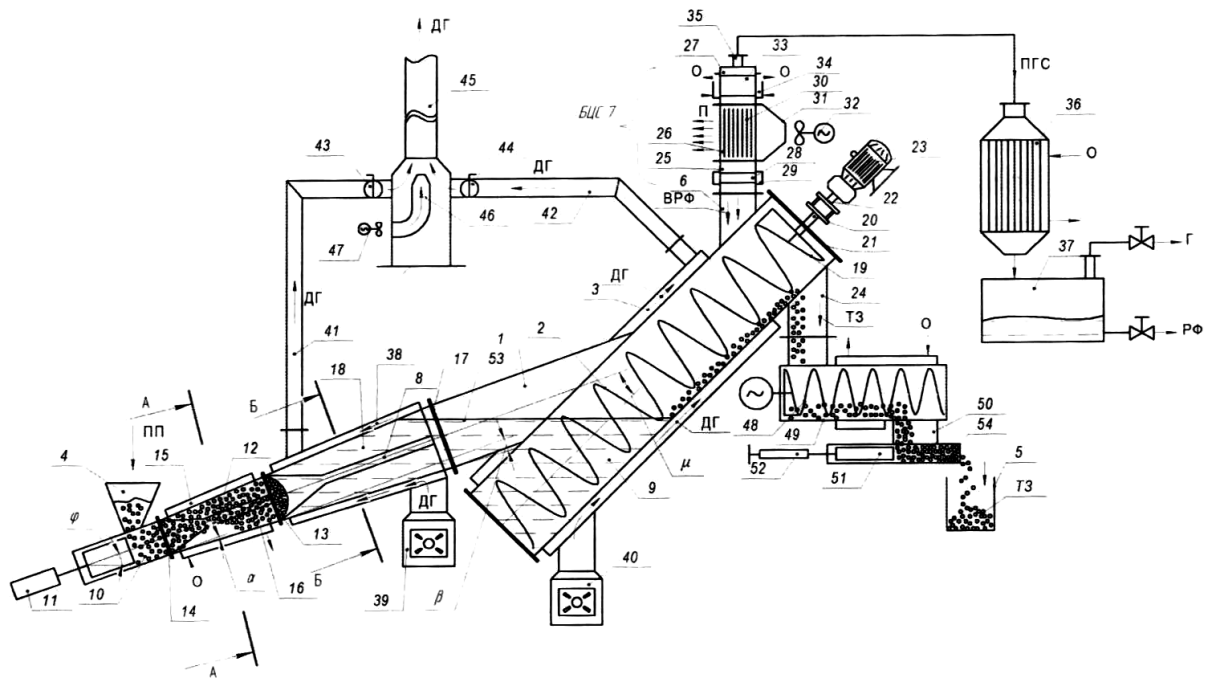
**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

<b>(21)</b> Номер заявки: <b>u 2017 09242</b>	<b>(72)</b> Винахідник(и): <b>Рудюк Микола Васильович (UA), Маркіна Людмила Миколаївна (UA), Новоселова Марина Миколаївна (UA)</b>
<b>(22)</b> Дата подання заявки: <b>19.09.2017</b>	
<b>(24)</b> Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>25.04.2018</b>	<b>(73)</b> Власник(и): <b>Рудюк Микола Васильович, просп. Миру, 42, кв. 136, м. Миколаїв, 54056 (UA), Маркіна Людмила Миколаївна, вул. 8 Березня, 39, кв. 135, м. Миколаїв, 54008 (UA), Новоселова Марина Миколаївна, вул. Прибузька, 64, м. Миколаїв, 54022 (UA)</b>
<b>(46)</b> Публікація відомостей про видачу патенту: <b>25.04.2018, Бюл.№ 8</b>	

**(54) СПОСІБ БЕЗПЕРЕРВНОЇ ДЕПОЛІМЕРИЗАЦІЇ СУМІШІ ПОЛІМЕРНИХ ВІДХОДІВ З ОТРИМАННЯМ РІДКИХ, ГАЗОПОДІБНИХ І ТВЕРДИХ ПРОДУКТІВ****(57) Реферат:**

Спосіб безперервної деполімеризації суміші полімерних відходів з отриманням рідких, газоподібних і твердих продуктів включає термічну деполімеризацію полімерних відходів у реакторі без доступу повітря, отримання твердого вуглецевого залишку та ПГС, охолодження її в багатоконтурній циркуляційній системі з розрахунковими кількістю контурів і їх температурами, відбір важкої рідкої фракції та отримання на кінцевому контурі рідкої фракції з зазначеною щільністю, піролізного газу і сухого твердого залишку. Полімерні відходи попередньо класифікують по процентному вмісту наповнювачів. Відходи подрібнюють і змішують з відсівом з фракцією до 5 мм бурого або кам'яного вугілля в пропорції 3-5 % від загального об'єму полімерних відходів. Одержану суміш подають в реактор. Процес деполімеризації проводять в три етапи. Сухий твердий залишок шнеком видаляють із реактора, охолоджують до температури не більше 60 °С і додають його 8-15 % в асфальтобетонні суміші. ПГС поступенево охолоджують в багатоконтурній циркуляційній системі. Сконденсовані важкі фракції з кожного контуру повертають в реактор для більш глибокої деструкції, а частину легких фракцій ПГС, одержаних на третьому контурі, охолоджують в вихідному конденсаторі до температури не більше 35 °С. Сконденсований рідкий продукт з щільністю 0,82-0,85 (кг/м<sup>3</sup>), відділяють від піролізного газу в розподільчій ємності і збирають їх в окремі ємності, а відділений піролізний газ стискають в спеціальних ємностях до 15 МПа.

**UA 124714 U**



Корисна модель стосується екологічно безпечних термічних способів утилізації органічних побутових, промислових та сільськогосподарських відходів і може використовуватися в комунальному господарстві для утилізації особливо шкідливих полімерних відходів відсортованих з твердих побутових відходів, які забруднюють навколишнє середовище, в нафтохімічній, хімічній промисловості та інших галузях промисловості для регенерації вуглеводнів у високоліквідні рідкі, газоподібні та тверді компоненти

Відомо про "Спосіб термічної утилізації нафто шламів", [див. патент України №74635 МПК (2006) кл. F23G 7/00, C10G 1/00], що включає піроліз (термічну деполімеризацію) нафтошламів без доступу повітря з одержанням твердого вуглецевого залишку та багатокомпонентної парогазової суміші (ПГС), багатоступеневе циркуляційне охолодження парогазової суміші, розподіл її на компоненти у вигляді конденсату різних фракцій, повернення конденсату важкої фракції у реактор піролізу до одержання більш легких фракцій і конденсацію вихідної парогазової суміші у вихідному конденсаторі з одержанням піролізного газу та рідкого палива. Попередньо визначають вологість нафтошламів, доводять її до 10-40 %, після чого нафтошлами перемішують і одночасно барботують димовими газами з температурою 400-600 °С, чим нагрівають нафтошлами до температури 60-80 °С, витримують 5-15хвилин і вводять гідроксид лужного металу, одержану суміш нагрівають до температури 120-130 °С шляхом збільшення об'єму димових газів, якими барботують цю суміш, і підтримують зазначену температуру до повного зв'язування сполук сірки, що знаходяться в нафто шламах, після чого суміш подають до реактора піролізу і піддають піролізу при температурі 500-1100 °С до повного видалення летких складових з твердого вуглецевого залишку, охолодження багатокомпонентної парогазової суміші (ПГС) проводять при температурі 220-375 °С, а утворений при цьому конденсат важких фракцій повертають до реактора піролізу, при цьому підтримують надлишок тиску у реакторі в діапазоні 0,005-0,01 МПа.

Ознаки які збігаються з суттєвими ознаками запропонованого способу:

- термічна деполімеризація відходів у реакторі без доступу повітря, отримання твердого залишку та ПГС;

- охолодження ПГС;

- відбір важкої рідкої фракції та повернення її в реактор;

- отримання твердого залишку.

Причини, що перешкоджають одержанню необхідного технічного результату:

- Відомий спосіб не забезпечує безперервного процесу видалення твердого залишку із реактора і відповідно завантаження в реактор нової сировини, крім того, при використанні даного способу для термічної деполімеризації подрібненої суміші полімерів при наявності в них великої кількості наповнювачів, таких як тальк і скло, які розподіляються в реакторі рівномірно по об'єму розплаву полімерів, практично виключає безперервне видалення твердого залишку із гарячого герметичного реактора в процесі його безперервної роботи.

Найбільш близьким за технічною суттю до заявленого способу є "Спосіб глибокого розкладання діоксинів при термічній утилізації органічних побутових відходів [див. патент на винахід України № 101522 МПК F23G 5/027(2006.01) B09B 3/00, опубл. 10.04.2013, Бюл. № 7], який включає піроліз (термічну деполімеризацію) відходів у реакторі без доступу повітря, отримання твердого вуглецевого залишку та ПГС, подальше її охолодження в багатоконтурній циркуляційній системі охолодження з розрахунковими кількістю контурів і температурами охолоджувачів, відбір важкої рідкої фракції та отримання на кінцевому контурі рідкої фракції з зазначеною молекулярною масою, ведуть контроль значень молекулярної маси М рідкої фракції, отриманої на кінцевому контурі системи охолодження, при  $M > 150$  температуру охолоджувачів кожного контуру, починаючи з першого, зменшують від розрахункової, а при  $M < 150$  - збільшують, починаючи з останнього контуру, а якщо значення  $M < 150$  не змінилося, тоді зменшують кількість контурів шляхом вирівнювання температур сусідніх контурів, починаючи з температури першого контуру, органічні побутові відходи попередньо розділяють на сухі і вологі, сухі подають в реактор піролізу з температурою 1000-1100 °С при розрахунковій температурі першого контуру 450-550 °С, яка зменшується в кожному наступному контурі на 100-120 °С, або збільшується на 85-100 °С, при цьому вологі харчові відходи змішують з гарячим твердим вуглецевим остатком (пірокарбоном), який надходить із реактора піролізу, і подають в газогенератор для двозонної газифікації, а вихідний гарячий генераторний газ із газогенератора подають в реактор піролізу, де він змішується з парогазовою сумішшю і разом з нею проходить багатоконтурну циркуляційну систему, утворені вихідні продукти без діоксинів, такі як синтез - газ подають на газотурбінну або газопоршкову електростанцію, рідке паливо легких фракцій подають в дизельні двигуни сміттевозів, а золу після газифікації подають на лінію виготовлення асфальтобетонних сумішей.

Ознаки, які збігаються з суттєвими ознаками запропонованого способу:

- термічна деполімеризація органічних відходів у реакторі без доступу повітря, отримання твердого вуглецевого залишку та ПГС;
- охолодження ПГС в багатоконтурній циркуляційній системі з розрахунковими кількістю контурів і їх температурами;
- відбір важкої рідкої фракції та отримання на кінцевому контурі рідкої фракції з зазначеною щільністю.

Причини, що перешкоджають одержанню необхідного технічного результату:

- Відомий спосіб не забезпечує безперервного процесу видалення твердого залишку із реактора і відповідно завантаження подрібненої суміші полімерів при наявності в них великої кількості наповнювачів. Наприклад, суміш полімерних відходів, відсортованих зі складу твердих побутових відходів, особливо пластмасові деталі автомобілів, які в своєму складі мають великий відсоток неорганічних наповнювачів, таких як скло і тальк, обсяг якого в окремих деталях, останнім часом досягає до 45 % від загального обсягу пластмаси. Тальк, що міститься в пластмасі, при нагріванні частково виділяє воду, і його щільність стає порівнянної з щільністю розплавленої пластмаси, в результаті він рівномірно розподіляється в об'ємі рідкої пластмаси і утворює густу пластичну масу, яка нагадує пластилін, який практично неможливо видалити із горячого герметичного реактора, крім того, поява в реакторі густої маси істотно зменшує конвективні потоки рідкої пластмаси і різко знижує теплопередачу всередині реактора. Складність полягає в тому, що при роботі реактора в безперервному режимі виникає необхідність постійно виділяти густу пластичну масу з горячого герметичного реактора великих розмірів властивих промислових установок продуктивністю понад 5т/добу, а це зробити відомими методами практично неможливо. А в разі видалення із реактора не до кінця перероблену густу масу пластмаси разом з тальком, виникне загроза забруднення навколишнього середовища ядовитими парами летких вуглеводнів, які будуть виділятися в навколишнє повітря, а також важкими вуглеводнями, які разом з твердим залишком попадуть в ґрунтові води, що недопустимо.

Таким чином, відомий спосіб не може забезпечити безперервного видалення із реактора твердого залишку в екологічно безпечному режимі і одержання високоякісного рідкого продукту.

- В основу даної корисної моделі поставлено задачу удосконалити відомий спосіб, який би забезпечив надійне та екологічно безпечне безперервне видалення твердого залишку з постійно працюючої установки термічної деполімеризації полімерних відходів та одержання на виході рідкого продукту з заданою щільністю 0,82-0,85(кг/м<sup>3</sup>), шляхом введення нової послідовності технологічних операцій і нових температурних режимів. Забезпечити саморегулюючий процес видалення твердого залишку із реактора без домішок летких вуглеводнів, і за рахунок цього підвищити надійність процесу деполімеризації.

- Суть корисної моделі полягає у тому, що в способі безперервної деполімеризації суміші полімерних відходів з отриманням рідких, газоподібних і твердих продуктів, який включає термічну деполімеризацію полімерних відходів у реакторі без доступу повітря, отримання твердого вуглецевого залишку та ПГС, охолодження її в багатоконтурній циркуляційній системі з розрахунковими кількістю контурів і їх температурами, відбір важкої рідкої фракції та отримання на кінцевому контурі рідкої фракції з зазначеною щільністю, піролізного газу і сухого твердого залишку, згідно з корисною моделлю, полімерні відходи попередньо класифікують по процентному вмісту наповнювачів, після чого відходи подрібнюють і змішують з відсівом з фракцією до 5 мм бурого або кам'яного вугілля в пропорції 3-5 % від загального об'єму полімерних відходів, одержану суміш подають в реактор, а процес деполімеризації проводять в три етапи, на першому етапі відходи розплавляють нагріваючи до температури 350-420 °С з швидкістю нагріву 4-6 градусів за хвилину, на другому етапі в залежності від класифікації процентного вмісту наповнювачів в полімерах в розплав полімерів додають каталізатор  $Al_2O_3+SiO_2$ , який утворився в процесі деполімеризації бурого або кам'яного вугілля в кількості, вказаній в таблиці

Середня кількість наповнювачів в суміші полімерів, в %	Середня кількість каталізатора, в %
5-20-45	0,5-0,8-1,2

- при активному перемішуванні шнеком і нагріванні до температури 450-600 °С з заповненням реактора не більше % його об'єму, процес проводять до повного видалення летких у вигляді ПГС, на третьому етапі твердий залишок у вигляді суміші вуглецю і остатків каталізатора разом

з ПГС попередньо охолоджують в реакторі до 420 °С, далі сухий твердий залишок шнеком видаляють із реактора, охолоджують до температури не більше 60 °С і добавляють його 8-15 % в асфальтобетонні суміші, а ПГС послідовно на кожному контурі охолоджують в багатоконтурній циркуляційній системі, на першому контурі до температури 300-350 °С, на другому контурі до температури 200-250 °С, а на третьому контурі до температури 95-135 °С, сконденсовані важкі фракції з кожного контуру повертають в реактор на початок третього етапу для більш глибокої деструкції, а частину легких фракцій ПГС, одержаних на третьому контурі, охолоджують в вихідному конденсаторі до температури не більше 35 °С, при цьому сконденсований рідкий продукт з щільністю 0,82-0,85(кг/м<sup>3</sup>), відділяють від піролізного газу в розподільчій ємності і збирають їх в окремі ємності, а відділений піролізний газ стискають в спеціальних ємностях до 15 МПа.

Розкриваючи причинно-наслідковий зв'язок між істотними ознаками способу, що заявляється, і технічним результатом, що досягається, необхідно відзначити наступне:

Ознаки: «...полімерні відходи попередньо класифікують по процентному вмісту наповнювачів, після чого відходи подрібнюють і змішують з відсівом з фракцією до 5 мм бурого або кам'яного вугілля в пропорції 3-5 % від загального об'єму полімерних відходів, одержану суміш подають в реактор, а процес деполімеризації проводять в три етапи, на першому етапі відходи розплавляють нагріваючи до температури 350-420 °С з швидкістю нагріву 4-6 °С за хвилину...», що забезпечує, утворення активного каталізатора  $Al_2O_3+SiO_2$ , за рахунок додаткової деполімеризації бурого або кам'яного вугілля, в склад яких входять  $Al_2O_3+SiO_2$ , указана пропорція бурого або кам'яного вугілля визначена експериментально і достатня для утворення сухого твердого залишку з об'ємом талька в пластмасових відходах до 45 %. Границя температур і швидкість нагріву встановлена експериментально, нижня температура 350 °С при швидкості нагріву 6 °С за хвилину забезпечує оптимальну продуктивність процесу деполімеризації в першому ступені реактора, при її зниженні різко зменшується продуктивність процесу, верхня границя 420 °С при швидкості нагріву 4 °С за хвилину визначається появою в об'ємі рідких полімерів великої кількості газових бульб, утворених ПГС, які викликають бурхливе кипіння рідких полімерів, при цьому спостерігається ефект "википаючого молока", дане явище також може бути викликано різними причинами, наприклад: по-перше, за рахунок швидкого закипання води, яка може потрапляти в реактор разом з безперервною подачею полімерів, що є недопустимим. По-друге, бурхливе кипіння рідких полімерів в процесі деполімеризації може викликати утворення деяких проміжних масляних компонентів, які супутні термічному розкладанню парафінових вуглеводнів і відносяться до проміжних важких фракцій одержуваного вихідного рідкого продукту. При цьому на поверхні рідких полімерів усередині реактора утворюється плівка, яка сприяє утворенню ефекту "википаючого молока", що призводить до викиду не до кінця перероблених полімерів в вихідну багатоконтурну циркуляційну систему, що порушує хід деполімеризації і різко погіршує якість вихідного рідкого продукту.

Ознаки: «...на другому етапі в залежності від класифікації процентного вмісту наповнювачів в полімерах в рідкі полімери додають каталізатор  $Al_2O_3+SiO_2$  в кількості, вказаній в наступній таблиці:

Середня кількість наповнювачів в суміші полімерів, в %	Середня кількість каталізатора, в %
5-20-45	0,5-0,8-1,2

при активному перемішуванні шнеком і нагріванні до температури 450-600 °С з заповненням реактора не більше ¼ його об'єму, процес проводять до повного видалення летких у вигляді ПГС, на третьому етапі твердий залишок у вигляді суміші вуглецю і залишків каталізатора разом з ПГС попередньо охолоджують в реакторі до 420 °С, далі сухий твердий залишок шнеком видаляють із реактора, охолоджують до температури не більше 60 °С і добавляють його 8-15 % в асфальтобетонні суміші ...», що забезпечує надійне та екологічно безпечне безперервне видалення твердого залишку з постійно працюючої установки термічної деполімеризації полімерних відходів за рахунок того, що, по-перше, каталізатор, згідно із заданою пропорцією, указаною в таблиці, зв'язує наповнювачі збільшуючи їх щільність в нижній точці реактора, що дозволяє переміщати їх шнеком вздовж другої ступені реактора аж до виходу із нього. По-друге, заповнення другого ступеня реактора рідкими полімерами не більше ¼ його об'єму дозволяє підвищити температуру рідких полімерів до 450-600 °С, що не викликає викид не до кінця перероблених полімерів в багатоконтурну циркуляційну систему навіть при наявності ефекту

"вікіпаючого молока", що забезпечує одержання на виході високоякісного рідкого продукту з заданою щільністю 0,82-0,85(кг/м<sup>3</sup>). По-третє, попереднє охолодження суміші вуглецю і остатків каталізатора разом з ПГС в реакторі до 420 °С зменшує інтенсивність виділення і кристалізації терефталатної кислоти при температурі вище 420 °С, яка утворюється наприклад при термічному розкладанні відходів пляшок ПЕТФ, виготовлених з поліетилентерефталату. Кристалізація терефталатної кислоти викликає закоксовування всіх трубопроводів, які забезпечують вихід з реактора парогазової суміші легких вуглеводнів. Це ускладнює також повернення з багатоконтурною циркуляційної системи важких вуглеводнів назад в реактор з метою більш глибокого їх розкладання, в результаті процес розкладання припиняється, тиск в реакторі зростає до критичної величини, що вимагає екстреної його зупинки і подальшого трудомісткого очищення всіх блоків. По-четверте, утворений сухий твердий залишок легко видаляють шнеком із реактора, а подальше його охолодження до температури не більше 60 °С дозволяє використовувати його як добавку в асфальтобетонних сумішах, не забруднюючи навколишнє середовище леткими вуглеводнями.

Ознаки: «...ПГС послідовно на кожному контурі охолоджують в багатоконтурній циркуляційній системі, на першому контурі до температури 300-350 °С, на другому контурі до температури 200-250 °С, а на третьому контурі до температури 95-135 °С, сконденсовані важкі фракції з кожного контуру повертають в реактор на початок третього етапу для більш глибокої деструкції, а частину легких фракцій ПГС, одержаних на третьому контурі, охолоджують в вихідному конденсаторі до температури не більше 35 °С, при цьому сконденсований рідкий продукт з щільністю 0,82-0,85(кг/м<sup>3</sup>), відділяють від піролізного газу в розподільчій ємності і збирають їх в окремі ємності, а відділений піролізний газ стискають в спеціальних ємностях до 15 МПа, що забезпечує одержання на виході якісного сконденсованого рідкого продукту при заданій границі температур 95-135 °С, при температурі нижче 95 °С буде збільшуватися глибина деструкції, при цьому кількість піролізного газу буде збільшуватися, а рідкого продукту зменшуватися відповідно його щільність буде також зменшуватися від 0,82 (кг/м<sup>3</sup>), при збільшенні температури вище 135 °С більш важкі фракції будуть надходити в рідкий продукт і його щільність буде більше 0,85 (кг/м<sup>3</sup>). Границі зниження температур на кожному контурі багатоконтурної циркуляційної системи одержані експериментально і забезпечують плавну зміну молекулярних мас компонентів ПГС від контуру до контуру, що сприяє одержанню на виході ПГС легких фракцій, які стабільні в часі при їх тривалому зберіганні.

Таким чином, сукупність суттєвих ознак способу безперервної деполімеризації суміші полімерних відходів забезпечить надійну та екологічно безпечну термічну деполімеризацію з глибокою деструкцією високомолекулярних компонентів різних видів полімерів та безперервне видалення твердого залишку з постійно працюючої установки і одержання на виході високоякісного рідкого продукту з заданою щільністю 0,82-0,85(кг/м<sup>3</sup>).

Суть корисної моделі пояснюється кресленнями, де:

на фіг. 1. Зображена принципова схема установки безперервної деполімеризації суміші полімерних відходів з отриманням рідких, газоподібних і твердих продуктів;

на фіг. 2. Зображений переріз Г-Г наконечника, корпус якого охолоджується системою водяного охолодження (ВО);

на фіг. 3. Зображений переріз Д-Д першої секції реактора з системою зовнішнього обігріву його корпусу димовими газами;

на фіг. 4. Зображений переріз першого контуру - теплообмінника БЦС;

на фіг. 5. Зображений переріз другого контуру - теплообмінника БЦС;

на фіг. 6. Зображений переріз третього контуру - теплообмінника БЦС;

Потоки:

ПГС - парогазова суміш;

ВРФ - сконденсована важка рідка фракція з молекулярною масою більше 200;

ТЗ - сухий твердий залишок;

Г - піролізний газ;

РФ - рідка легка фракція з молекулярною масою менше 200;

ПП - подрібнені полімери в суміші з бурим або з кам'яним вугіллям;

ВО - водяне охолодження;

П - примусове повітряне охолодження;

ДГ - димові гази.

Установка безперервної деполімеризації суміші полімерних відходів з отриманням рідких, газоподібних і твердих продуктів, (Фіг. 1) містить реактор 1 зі шнеком 2 і системою зовнішнього обігріву димовими газами (ДГ) 3, бункери для завантаження 4 та розвантаження 5, патрубок 6 для відведення із реактора ПГС в багатоконтурну циркуляційну систему 7 (БЦС) охолодження і

повернення у реактор 1 важкої рідкої фракції (ВРФ). Реактор 1 виконаний із двох секцій 8 і 9, перша секція 8 реактора 1 розташована під кутом  $\varphi = 12-20^\circ$  до горизонту і оснащена послідовно розташованими на одній осі букером для завантаження 4 з плунжерною системою 10 і гідроциліндром 11 для подачі відходів в реактор 1. Наконечник 12 (Фіг. 1,2) виконаний у вигляді зрізаного конусу з кутом розкриття  $\alpha = 2,5-4^\circ$ , більша основа 13 якого герметично з'єднана з першою секцією 8 реактора, а менша 14 з бункером для завантаження 4. Зрізаний конус наконечника 12 з зовнішньої сторони оснащений системою водяного охолодження (ВО) 15, а в середині вздовж конусу наконечника 12 радіально розташовані ребра охолодження 16, які знаходяться в тепловому контакті з внутрішньою поверхнею конусу наконечника 12. Перша секція 8 (Фіг. 1,3) реактора 1, також виконана у вигляді зрізаного конусу з кутом розкриття  $\beta = 1,5-3^\circ$ , більша основа 17, якого герметично з'єднана з другою секцією 9 реактора 1, в середині конусу першої секції 8 вмонтовані ребра 18 нагріву, які знаходяться в тепловому контакті з внутрішньою його поверхнею. Друга секція 9 (Фіг. 1,) реактора 1 виконана у вигляді циліндра, який розташований під кутом  $\mu = 20-35^\circ$  по відношенню до першої секції 8, при цьому в другій секції 9, по всій її довжині вмонтований шнек 2 у вигляді циліндричної пружини, на крайньому її витку 19 зі сторони відкритого кінця циліндра 9 закріплена вісь 20, яка герметично вмонтована в кришці 21 циліндра. Вісь 20 з'єднана через муфту 22 з електричним обертовим приводом 23. В верхній частині циліндра другої секції 9 розташовані два патрубка 6 для відведення із реактора 1 ПГС, а з зворотної сторони циліндра другої секції 9 розташований герметичний короб 24, який з'єднаний з бункером розвантаження 5 для збору твердого залишку. Кожен патрубок 6 у вигляді герметичного короба оснащений індивідуальною БЦС 7, яка виконана у вигляді блока з трьома послідовно з'єднаними контурами-теплообмінниками 25, 26, 27, перший контур-теплообмінник 25 (Фіг. 1,4) зі сторони реактора 1 виконаний у вигляді короба з внутрішніми 28 і зовнішніми 29 ребрами, другий контур-теплообмінник 26 (Фіг. 1,5) виконаний у вигляді пучка труб 30 герметично вмонтованих в трубних дошках (на кресленні не показано), перпендикулярно до пучка труб з однієї із сторін установлений дифузор 31 з вентилятором 32, а третій контур-теплообмінник 27 (Фіг. 1,6) виконаний у вигляді герметичного короба, розташованого над верхньою трубною дошкою другого контуру-теплообмінника 26, в середині якого розташований ряд ребер 33, які знаходяться в тепловому контакті з боковими стінками короба теплообмінника 27, з зовнішньої сторони стінок короба теплообмінника 27 установлені камери 34 з водяним охолодженням (ВО). Герметичний об'єм третього теплообмінника 27 з'єднаний трубопроводом 35 послідовно з вихідним конденсатором 36 з системою водяного охолодження (ВО) і розподільчою ємністю 37. Кожна із секцій 8,9 реактора оснащена індивідуальною системою зовнішнього обігріву 3 і 38 з своїм індивідуальним топковим пристроєм 39, 40 (пальники на кресленні не показані), димоходом 41,42 і шибером 43, 44. Шибери 43,44 кожної секції 8,9 реактора 1 розташовані діаметрально протилежно на загальному димоході 45, в середині якого, по центру, вмонтована конусна насадка 46, внутрішній об'єм якої з'єднаний з високонапірним вентилятором 47. Герметичний короб 24 і бункер розвантаження 5 з'єднані з системою видалення твердого залишку, яка оснащена шнеком 48, розташованим в герметичному циліндрі 49, який оснащений системою (ВО). В кінці циліндра 49 розташований вихідний короб 50, який з'єднаний з плунжерною системою 51 і гідроциліндром 52 видалення сухого твердого залишку в бункер. Рівень рідких полімерів 53 в реакторі 1 і в другій секції 9. В плунжерній системі 51, на виході її при стисканні ТЗ утворюються технологічна пробка 54 із спресованого ТЗ.

Спосіб здійснюють в установці безперервної деполімеризації суміші полімерних відходів з отриманням рідких, газоподібних і твердих продуктів, яка працює наступним чином.

Попередньо полімерні відходи попередньо класифікують по процентному вмісту наповнювачів, після чого відходи подрібнюють (ПП) і змішують з відсівом з фракцією до 5 мм бурого або кам'яного вугілля в пропорції 3-5 % від загального об'єму ПП, одержану суміш подають в бункер завантаження 4 і за допомогою плунжерної системи 10 і гідроциліндра 11 суміш ПП примусово ущільнюють і подають зі сторони меншої основи 14 в наконечник 12, виконаний у вигляді зрізаного конусу з системою водяного охолодження (ВО) 15. Поступово заповнюють наконечник 12 сумішшю ПП, а в подальшому заповнюють першу секцію 8 реактора 1, через її меншу основу 13. Включають пальник (на кресленні не показано) на топковому пристрої 39 і за рахунок димових газів (ДГ), які проходять по системі зовнішнього обігріву 38 навколо корпусу секції 8 і нагрівають першу секцію 8 до температури 350-420 °С з швидкістю нагріву 4-6 градусів за хвилину, далі ДГ через димохід 41 і шибер 43 і димову трубу 45 викидаються в навколишнє середовище. Для забезпечення необхідної тяги ДГ, в загальному димоході 45, в якому установлений високонапірний вентилятор 47, який за рахунок конусної насадки 46 створює потік повітря, який в свою чергу створює ежекційний потік для ДГ і відповідно необхідну їх тягу в секції 8, яку регулюють шибером 43. В першій секції 8

розташовані ребра 18, (Фіг. 1,3) які забезпечують інтенсивну теплопередачу по металевих ребрах 18 в середину маси рідких полімерів і відповідно швидкий їх нагрів. Рідкі полімери характеризуються малою теплопередачею, наприклад теплопровідність рідких полімерів 0,3 Вт/м°C, а теплопровідність металу 52-58 Вт/м°C, що на два порядки більше ніж

5 теплопровідність рідких полімерів, що забезпечує швидкість їх нагріву до 4-6 градусів за хвилину. Для забезпечення надійного просування рідких полімерів, особливо при повторному запуску холодної установки перша секція 8 виконана у вигляді зрізаного конусу з кутом розкриття  $\beta=1,5-3^\circ$ , що забезпечує мінімальні зусилля плунжерної системи 10 при заповненні реактора 1. Для виключення витоку рідких полімерів з першої секції 8 передбачено установку

10 наконечника 12 з водяним охолодженням (ВО) 15 і розташуванням всередині його ребер 16, які мають велику теплопровідність, наприклад подрібнені полімери мають теплопровідність 0,12 Вт/м°C, а за рахунок більшої теплопровідності по металевих ребрах 16, подрібнені полімери інтенсивно охолоджуються, і відповідно утворюють надійну відновлювальну технологічну пробку із спресованих ПП, яка не дозволяє витікати рідким полімерам і прориватися ПГС в навколишнє

15 середовище через бункер завантаження 4. А виконання наконечника 12 у вигляді зрізаного наконечника з кутом розкриття ( $\alpha = 2,5-4^\circ$ ) забезпечує безперервне просування ПП в реактор, незважаючи на те, що існує прилипання охолоджених полімерів до корпусу наконечника 12 на границі подрібнених ПП і рідких полімерів. Розташування ланцюга таких елементів, як бункер завантаження 4, плунжерна система 10, наконечник 12 і перша секція 8 реактора під кутом  $\varphi =$

20  $12-20^\circ$  до горизонту забезпечує необхідний рівень 53 рідких полімерів в першій секції 8 по відношенню до другої секції 9. Рідкі полімери із першої секції 8 поступово перетікають в другу секцію 9 реактора 1 до рівня не більше  $\frac{1}{4}$  його об'єму, що забезпечується розташуванням секції 9 по відношенню до секції 8 під кутом  $\mu = 20-35^\circ$ . Друга секція 9 також нагрівається системою зовнішнього обігріву 3 до температури 450-600 °C димовими газами ДГ від топкового пристрою

25 40, які проходять навколо циліндричного корпусу по системі зовнішнього обігріву 3, далі ДГ через димохід 42 і шибер 44 і димову трубу 45 викидаються в навколишнє середовище. Для забезпечення необхідної тяги ДГ, в загальному димоході 45, в якому установлений високонапірний вентилятор 47, який за рахунок конусної насадки 46 створює потік повітря, який в свою чергу створює ежекційний потік ДГ в системі зовнішнього обігріву секції 9 і відповідно

30 необхідну їх тягу, яку регулюють шибером 44. Під дією указаних температур відбувається деполімеризація рідких полімерів з утворенням первинної ПГС з температурою 500-600 °C, яка, рухаючись вгору по другій секції реактора, попередньо охолоджується до температури 420 °C, що зменшує інтенсивність виділення і кристалізації терефталатної кислоти при температурі вище 420 °C, яка утворюється наприклад при термічному розкладанні відходів пляшок ПЕТФ,

35 виготовлених з поліетилентерефталату. При цьому не відбувається кристалізація терефталатної кислоти, яка може викликати закоксування всіх трубопроводів, які забезпечують вихід з реактора парогазової суміші вуглеводнів і підвищує надійність проходження процесу деполімеризації. При цьому ПГС з температурою 420 °C надходить на перший контур БЦС 7-теплообмінник 25 (Фіг. 1,4), де вона охолоджується до температури 300-350 °C за рахунок внутрішніх 28 і зовнішніх 29 ребер, які охолоджуються природними конвективними потоками повітря, при цьому важкі вуглеводні з молекулярною масою більше 1500 конденсуються і стікають в другу секцію 9 реактора 1, де вони повторно піддаються більш

40 глибокій деполімеризації з утворенням вторинної ПГС, яка знову надходить на БЦС 7 і так далі. Частина ПГС, з молекулярною масою менше 1500, яка залишилася, надходить на другий контур-теплообмінник 26, де вона, проходячи через труби 30, охолоджується до температури 200-250 °C за рахунок примусового потоку повітря від вентилятора 32, який обдуває труби 30 при цьому важкі вуглеводні з молекулярною масою більше 600 конденсуються і стікають по трубах 30 в другу секцію 9 реактора 1 і повторно піддаються більш глибокій деполімеризації з утворенням вторинної ПГС, яка знову надходить на БЦС 7 і так далі. Частина

50 ПГС, з молекулярною масою менше 600, яка залишилася, надходить на третій контур - теплообмінник 27, де вона охолоджується до температури 95-135 °C, за рахунок проходження її через ряд ребер 33, які знаходяться в тепловому контакті зі стінкою, яка з зовні охолоджується з водяним охолодженням (ВО) в камерах 34, при цьому важкі вуглеводні з молекулярною масою більше 200 конденсуються і стікають в другу секцію 9 реактора 1 і повторно піддаються більш

55 глибокій деполімеризації з утворенням вторинної ПГС, яка знову надходить на БЦС 7 і так далі. Процес рециркуляції важких компонентів між контурами багатоконтурної циркуляційної системи і реактором може повторюватися десятки і сотні разів до тих пір поки ПГС не пройде всі три контури і молекулярна маса яких не буде перевищувати 200, що відповідає сконденсованому рідкому продукту з щільністю 0,82-0,85(кг/м<sup>3</sup>). Таким чином, частина легких фракцій ПГС з молекулярною масою менше 200, виходять через трубопровід 35 з третього

60



контур 27 - теплообмінника надходять, в вихідний конденсатор 36, де вони охолоджуються до температури не більше 35 °С рідка фракція легких вуглеводнів з молекулярною масою більше 200 (РФ) конденсується і стікає в нижню частину розподільчої ємності 37, яку відправляють споживачу, а в верхній її частині накопичується піролізний газ (Г), який в подальшому стискають в компресорі збирають в спеціальні ємності (на кресленні не показано) і відправляють споживачу. В другій секції 9 розташований без осьовий шнек 2, який постійно обертається з швидкістю 5-30 обертів за хвилину електричним обертовим приводом 23 через муфту 22 і вісь 20, яка герметично вмонтована в кришці 21 циліндричного корпусу другої секції 9 реактора. Вісь 20 прикріплена до кінцевого витка 19 шнека 2 і забезпечує стабільне його обертання в процесі деполімеризації. Шнек 2 забезпечує активне перемішування рідких полімерів, що активізує процес деполімеризації і видалення із реактора 1 сухого твердого залишку (ТЗ), який висипається в герметичний короб 24 і бункер розвантаження 5, з'єднаний з системою видалення твердого залишку. Далі твердий залишок (ТЗ) надходить в циліндр 49, який оснащений водяним охолодженням (ВО) зі шнеком 48, де гарячий твердий залишок просувається шнеком 48 і охолоджується до температури не більше 60 °С, що дозволяє використовувати його як добавку в асфальтобетонних сумішах, не забруднюючи навколишнє середовище леткими вуглеводнями. Холодний ТЗ надходить через вихідний короб 50 в плунжерну систему 51, де на виході її ТЗ стискається, утворюючи технологічну пробку 54 із спресованого ТЗ, чим забезпечується герметичність реактора при безперервному видаленні ТЗ із реактора в бункер розвантаження 5.

Таким чином, запропонований спосіб безперервної деполімеризації суміші полімерних відходів з отриманням рідких, газоподібних і твердих продуктів забезпечує надійне та екологічно безпечне безперервне видалення твердого залишку з постійно працюючої установки термічної деполімеризації полімерних відходів та одержання на виході високоякісного рідкого продукту з заданою щільністю 0,82-0,85(кг/м<sup>3</sup>).

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб безперервної деполімеризації суміші полімерних відходів з отриманням рідких, газоподібних і твердих продуктів, що включає термічну деполімеризацію полімерних відходів у реакторі без доступу повітря, отримання твердого вуглецевого залишку та ПГС, охолодження її в багатоконтурній циркуляційній системі з розрахунковими кількістю контурів і їх температурами, відбір важкої рідкої фракції та отримання на кінцевому контурі рідкої фракції з зазначеною щільністю, піролізного газу і сухого твердого залишку, який **відрізняється** тим, що полімерні відходи попередньо класифікують по процентному вмісту наповнювачів, після чого відходи подрібнюють і змішують з відсівом з фракцією до 5 мм бурого або кам'яного вугілля в пропорції 3-5 % від загального об'єму полімерних відходів, одержану суміш подають в реактор, а процес деполімеризації проводять в три етапи, на першому етапі відходи розплавляють нагріваючи до температури 350-420 °С з швидкістю нагріву 4-6 градусів за хвилину, на другому етапі в залежності від класифікації процентного вмісту наповнювачів в полімерах в розплав полімерів додають каталізатор  $Al_2O_3+SiO_2$ , який утворився в процесі деполімеризації бурого або кам'яного вугілля, у співвідношенні, мас. %:

Середня кількість наповнювачів в суміші полімерів в %	Середня кількість каталізатора в %
5-20-45	0,5-0,8-1,2

при активному перемішуванні шнеком і нагріванні до температури 450-600 °С з заповненням реактора не більше % його об'єму, процес проводять до повного видалення летких у вигляді ПГС, на третьому етапі твердий залишок у вигляді суміші вуглецю і остатків каталізатора разом з ПГС попередньо охолоджують в реакторі до 420 °С, далі сухий твердий залишок шнеком видаляють із реактора, охолоджують до температури не більше 60 °С і добавляють його 8-15 % в асфальтобетонні суміші, а ПГС поступенево охолоджують в багатоконтурній циркуляційній системі, на першому контурі до температури 300-350 °С, на другому контурі до температури 200-250 °С, а на третьому контурі до температури 95-135 °С, сконденсовані важкі фракції з кожного контуру повертають в реактор на початок третього етапу для більш глибокої деструкції, а частину легких фракцій ПГС, одержаних на третьому контурі, охолоджують в вихідному конденсаторі до температури не більше 35 °С, при цьому, сконденсований рідкий продукт з

щільністю 0,82-0,85 (кг/м<sup>3</sup>), відділяють від піролізного газу в розподільчій ємності і збирають їх в окремі ємності, а відділений піролізний газ стискають в спеціальних ємностях до 15 МПа.

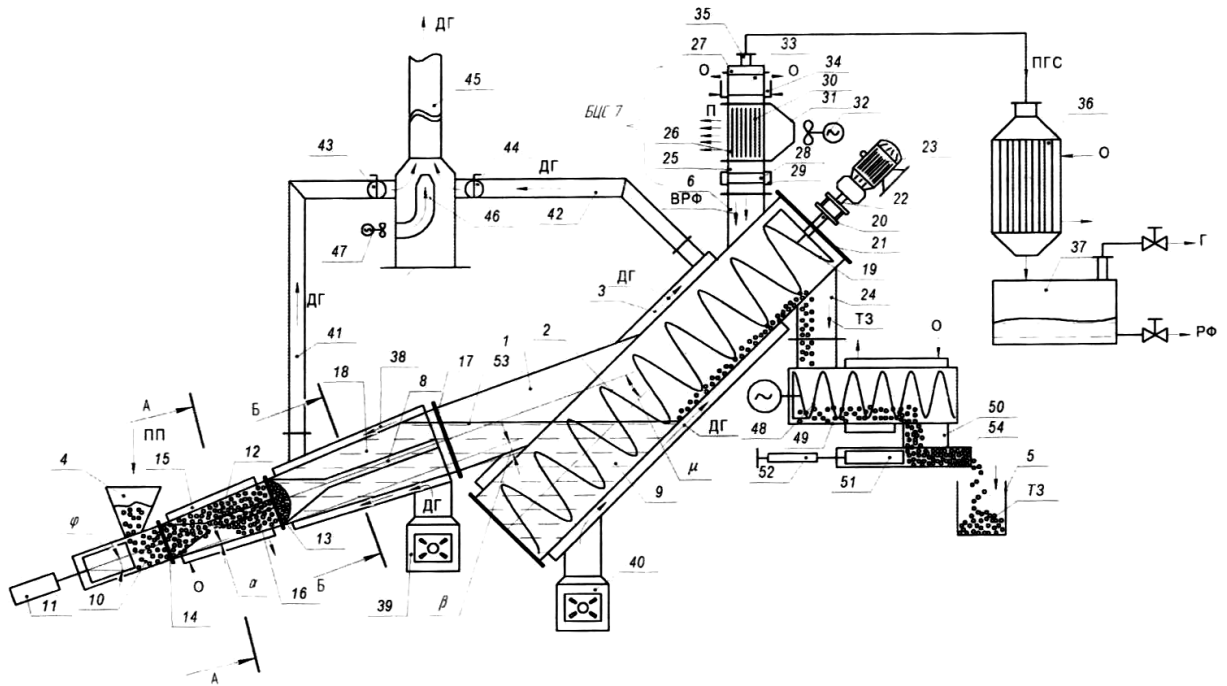


Fig. 1

A-A

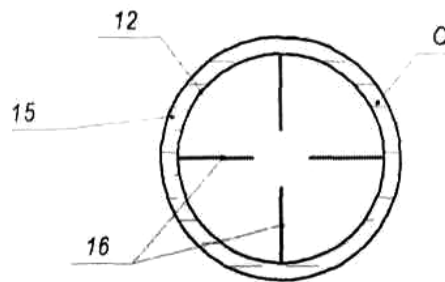


Fig. 2

B-B

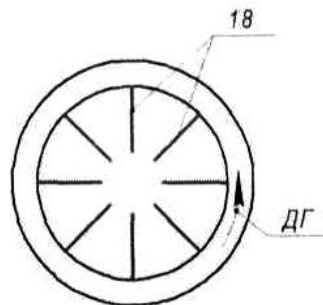
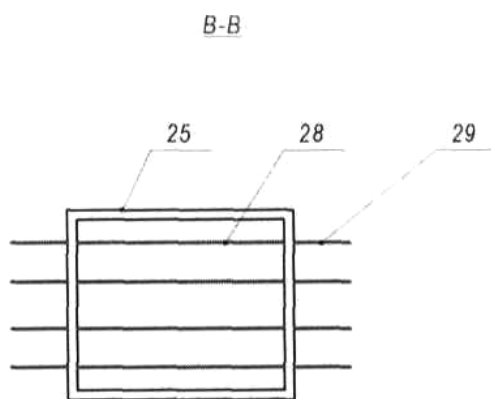
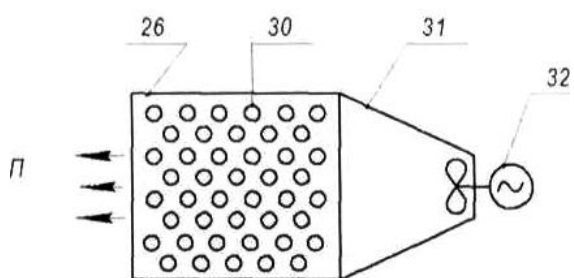


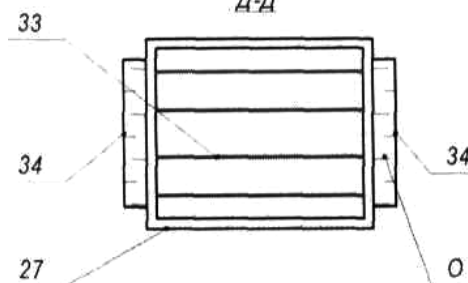
Fig. 3



**Fig. 4**  
C-C



**Fig. 5**  
D-D



**Fig. 6**

---

Комп'ютерна верстка В. Мацело

---

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

---

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601