

RZECZPOSPOLITA  
POLSKA



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **234408**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **414764**

(51) Int.Cl.  
**B01D 3/14 (2006.01)**

(22) Data zgłoszenia: **12.11.2015**

---

(54) **Sposób odbioru, frakcjonowania i skraplania mieszanin gazowych,  
szczególnie węglowodorowych powstałych w procesie termokatalitycznej degradacji  
tworzyw sztucznych oraz zespół urządzeń służący do realizacji tego sposobu**

---

(43) Zgłoszenie ogłoszono:  
**22.05.2017 BUP 11/17**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:  
**28.02.2020 WUP 02/20**

(73) Uprawniony z patentu:

**GREEN SOLUTIONS SPÓŁKA  
Z OGRANICZONĄ ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ,  
Warszawa, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**MACIEJ KŁOPOCIŃSKI, Warszawa, PL**

(74) Pełnomocnik:

**rzec. pat. Mariusz Kondrat**

---

**PL 234408 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób odbioru, frakcjonowania i skraplania mieszanin gazowych, szczególnie węglowodorowych powstałych w procesie termokatalitycznej degradacji tworzyw sztucznych (szczególnie poliolefinowych lub o wysokiej zawartości tej grupy tworzyw) oraz zespół urządzeń do realizacji tego sposobu.

Mieszanina par węglowodorów powstająca w procesie termokatalitycznej degradacji brudnych odpadów poliolefinowych charakteryzuje się bardzo szerokim zakresem frakcji. Ponadto zawiera wysokie stężenie ciężkich węglowodorów parafinowych (o temperaturze wrzenia powyżej 300°C), które powodują relatywnie wysoką temperaturę topnienia otrzymywanego produktu (ok. 45°C). Wysoka zawartość frakcji niskowrzących powoduje niską temperaturę zapłonu produktu (ok. 30°C). W trakcie procesu w skali przemysłowej, dynamicznie unoszące się pary podrywają również frakcje stałe, które nie biorą udziału w procesie (piasek, zanieczyszczenia) oraz te powstające podczas procesu (tzw. koksik). Frakcje te (w dotychczas znanych instalacjach przemysłowych) przedostawały się do układów skraplania, co powodowało ich zapychanie, zmniejszenie ich wydajności oraz negatywnie wpływało na jakość produktu finalnego. Tak powstały produkt (w szczególności w obecnie stosowanych układach do termokatalitycznej degradacji poliolefin) nie spełnia oczekiwań rynkowych ze względu na wysoką temperaturę topnienia, niską temperaturę zapłonu, wysoki stopień zanieczyszczenia oraz wysoki koszt wytworzenia.

Z opisu zgłoszenia patentowego PL372524 znany jest separator do rozdziału mieszaniny węglowodorów w fazie gazowej. Do tego urządzenia wprowadzane są pary węglowodorów o temperaturze 300–360°C. Następnie do komory roboczej z przegrodami pionowymi podawany jest obojętny czynnik chłodzący (np. azot), który ma zadanie schłodzić pary do temperatury 280°C oraz skroplić frakcje parafinowe. Skroplone frakcje parafinowe spływają poprzez króciec w dnie komory roboczej o kształcie leja do zbiornika pośredniego, skąd są zwracane do reaktora.

Z polskiego patentu PL208902 znany jest sposób frakcjonowania mieszaniny węglowodorów w stanie gazowym, w którym mieszaninę węglowodorów w stanie gazowym wprowadza się do urządzenia do frakcjonowania mieszaniny węglowodorów w stanie gazowym, skrapla się frakcję ciężką i wyprowadza się frakcję ciężką w postaci ciekłej, a frakcję lekką w postaci gazowej, przy czym mieszaninę węglowodorów w stanie gazowym wprowadza się do urządzenia do frakcjonowania mieszaniny węglowodorów w stanie gazowym w postaci małych pęcherzyków o średnicach 2–10 mm. Patent PL208902 opisuje również urządzenie do frakcjonowania mieszaniny węglowodorów w stanie gazowym posiadające obudowę, wlot mieszaniny węglowodorów w stanie gazowym, co najmniej jedno wyprowadzenie frakcji ciężkiej w postaci ciekłej, oraz co najmniej jedno wyprowadzenie frakcji lekkiej w postaci gazowej, przy czym co najmniej jedna wolna krawędź zakończenia przewodu wlotowego ma postać obrzeża ząbkowanego.

Zastosowanie takiego urządzenia nie jest wystarczające, aby uzyskać oczekiwane rezultaty: stabilność i bezawaryjność pracy układu, określone parametry produktów finalnych (np. frakcja olejo-wa powinna mieć temperaturę zapłonu powyżej 56°C) oraz możliwie niską energochłonność procesu. Aby uzyskać produkty o oczekiwanej jakości i parametrach przy zachowaniu możliwie niskiego kosztu prowadzenia procesu, konieczne jest prowadzenie frakcjonowania etapami oraz różnymi sposobami dla poszczególnych etapów.

Celem wynalazku było opracowanie sposobu oraz zespołu urządzeń służących do odbioru, frakcjonowania oraz skraplania mieszanin węglowodorów w postaci par szczególnie powstających w procesie termokatalitycznej degradacji tworzyw sztucznych, w szczególności poliolefin.

Układ frakcjonowania według wynalazku, w odróżnieniu do separatora znanego z opisu zgłoszenia patentowego PL372524, zakłada wstępne frakcjonowanie oraz separację zanieczyszczeń stałych już na etapie wyprowadzenia par z reaktora (A). Uzyskanie prawidłowej kinetyki tego zjawiska eliminuje przedostawanie się zanieczyszczeń oraz frakcji smolistych do dalszych, bardziej skomplikowanych urządzeń układu. Zastosowanie tego rozwiązania obniża również temperaturę par wlotowych do układu frakcjonowania I stopnia (B), co poprawia bilans energetyczny procesu. Układ frakcjonowania według wynalazku, w odróżnieniu do separatora znanego z opisu zgłoszenia patentowego PL372524, nie zakłada wprowadzania do układu żadnego dodatkowego medium chłodzącego. Wprowadzanie takiego medium (np. azotu) powoduje zwiększenie prędkości przepływu gazów w dalszym układzie, co nie jest pożądane, ze względu na skrócenie czasu przebywania cząstek w danych strefach układu, co skutkuje gorszymi warunkami frakcjonowania. Wprowadzony azot wyprowadzany musi

być z układu razem z nieskroplonymi gazami o długości łańcuchów węglowodorowych C1-C4, co znacząco zmniejsza ich kaloryczność i pogarsza warunki ich późniejszego spalania. Separator ten nie pozwala na rozdzielenie powstałych frakcji z zakresu C5-C18, co jest konieczne, by uzyskać produkty finalne takie jak: paliwa płynne, rozpuszczalniki lub inne produkty chemiczne.

Istotą wynalazku jest sposób odbioru, frakcjonowania i skraplania mieszanin gazowych, szczególnie węglowodorowych powstałych w procesie termokatalitycznej degradacji tworzyw sztucznych prowadzonym w reaktorze przystosowanym do prowadzenia procesu termokatalitycznej degradacji tworzyw sztucznych charakteryzujący się tym, że realizowany jest w warunkach nadciśnienia od 0 do 2 bar, przy czym separacja cząstek stałych odbywa się na etapie odbioru mieszanin gazowych, przy równoczesnym samoczynnym zawracaniu do reaktora frakcji o temperaturze wrzenia powyżej 360°C, w układzie wyprowadzenia par (A), który zawiera co najmniej jeden kanał pionowy (A 1), przy czym kanały pionowe (A 1) mają sumaryczną powierzchnię przekroju poprzecznego co najmniej 10% powierzchni lustra cieczy (masy odpadów) w reaktorze, następnie mieszanina gazowa poprzez co najmniej jeden króciec wlotowy (B 4) przechodzi do układu frakcjonowania I stopnia (B), w którego objętości oraz na co najmniej jednej przegrodzie (B 7) odbywa się frakcjonowanie i oddzielane są frakcje o temperaturze wrzenia 290–360°C, które opadają na dno przestrzeni frakcjonowania (B 8) położone pod kątem od 2 do 5° do poziomu i obniżające się w kierunku zbiornika pośredniego parafin (B 9) i poprzez co najmniej jeden króciec wylotowy parafin (B 1) zawracane są do reaktora przystosowanego do prowadzenia procesu termokatalitycznej degradacji tworzyw sztucznych lub chłodzone, a następnie magazynowana jako produkt procesu w postaci parafin technicznych, po czym strumień gazów kierowany jest do co najmniej jednego króćca wylotowego par (B 2), poddawany jest skraplaniu w układzie skraplania, a strumień par węglowodorów o temperaturze wrzenia poniżej 30°C, które nie uległy skropleniu, jest odbierany jako jeden z produktów frakcjonowania.

Korzystnie, mieszanina gazowa przechodzi poprzez układ wyprowadzenia par (A), układ frakcjonowania I stopnia (B), układ frakcjonowania II stopnia (C), następnie skroplona frakcja olejowa przepływa przez układ chłodzenia frakcji olejowych (D) i następnie zbierana jest w zbiorniku pośrednim frakcji olejowych (E), a pozostały strumień par przechodzi przez układ skraplania frakcji niskowrzących (F) i pary węglowodorów o temperaturze wrzenia powyżej 30°C są wykraplane do zbiornika pośredniego frakcji niskowrzących (G).

Korzystnie, mieszanina gazowa przechodzi poprzez układ wyprowadzenia par (A), układ frakcjonowania I stopnia (B), układ frakcjonowania II stopnia (K), następnie frakcje olejowe zostają skroplone w układzie skraplania frakcji olejowych (H) i są zbierane w zbiorniku pośrednim frakcji olejowych (E), a pozostały strumień par przechodzi przez układ skraplania frakcji niskowrzących (F) i pary węglowodorów o temperaturze wrzenia powyżej 30°C są wykraplane do zbiornika pośredniego frakcji niskowrzących (G).

Korzystnie, mieszanina gazowa przechodzi poprzez układ wyprowadzenia par (A), układ frakcjonowania I stopnia (B), układ skraplania szerokiej frakcji węglowodorowej (I) a następnie pary węglowodorów o temperaturze wrzenia powyżej 30°C wykraplane są do zbiornika pośredniego szerokiej frakcji węglowodorowej (J).

Korzystnie, mieszanina gazowa powstała w procesie termokatalitycznej degradacji tworzyw sztucznych przechodzi przez układ wyprowadzenia par (A), który zawiera co najmniej jeden kanał poziomy (A 2), przy czym kanały poziome (A 2) mają sumaryczną powierzchnię przekroju poprzecznego co najmniej 3% powierzchni lustra cieczy (masy odpadów) w reaktorze i znajdują się na wysokości od 0,5 m do 6 m ponad tą powierzchnią.

Korzystnie, mieszanina gazowa ulega frakcjonowaniu w układzie frakcjonowania I stopnia (B), który posiada, dolną ścianę kanału zbiorczego (B 5) położoną pod kątem do poziomu, a przegrody (B 7) stanowią płyty płaskie i/lub płyty z otworami i/lub pęki rur i/lub konstrukcje ażurowe z profili stalowych i/lub spirale, korzystnie przegrody są chłodzone od wewnątrz poprzez medium chłodzące.

Kolejnym przedmiotem wynalazku jest zespół urządzeń służący do odbioru, frakcjonowania i skraplania mieszanin gazowych, szczególnie węglowodorowych powstałych w procesie termokatalitycznej degradacji tworzyw sztucznych prowadzonym w reaktorze przystosowanym do prowadzenia procesu termokatalitycznej degradacji tworzyw sztucznych charakteryzujący się tym, że zawiera układ wyprowadzenia par (A), który posiada co najmniej jeden kanał pionowy (A 1) oraz co najmniej jeden kanał poziomy (A 2), przy czym sumaryczna powierzchnia przekroju poprzecznego kanałów pionowych (A 1) wynosi co najmniej 10% powierzchni lustra cieczy (masy odpadów) w reaktorze i kanały

poziome (A 2) znajdują się na wysokości od 0,5 m do 6 m ponad tą powierzchnią, układ frakcjonowania I stopnia (B), który przylega lub znajduje się bezpośrednio przy reaktorze, przy czym jest izolowany termicznie oraz układ skraplania; zespół urządzeń zawiera układ frakcjonowania I stopnia (B), który posiada co najmniej jeden króciec wlotowy (B 4), co najmniej jeden króciec wylotowy par (B 2), co najmniej jeden króciec wylotowy parafin (B 1), co najmniej jedną przegrodę (B 7) oraz dno (B 8) i dolną ścianę kanału zbiorczego (B 5) położone pod kątem do poziomu w taki sposób, że obniża się w kierunku zbiornika pośredniego parafin (B 9); zespół urządzeń zawiera układ frakcjonowania II stopnia (C), który ma kształt kolumny o wysokości co najmniej 2 m i średnicy od 300 do 3000 mm i posiada co najmniej jeden króciec wlotowy par (C 3) w dolnej części, co najmniej jeden króciec wylotowy par (C 1), co najmniej jeden króciec wylotowy ciekłej frakcji olejowej (C 2), co najmniej jeden wymiennik ciepła (C 5) oraz co najmniej jedną przegrodę (C 4).

Korzystnie, układ skraplania obejmuje układ chłodzenia frakcji olejowych i/lub zbiornik pośredni frakcji olejowych i/lub układ skraplania frakcji niskowrzących i/lub zbiornik pośredni frakcji niskowrzących i/lub układ frakcjonowania II stopnia i/lub układ skraplania frakcji olejowych i/lub układ skraplania szerokiej frakcji węglowodorowej i/lub zbiornik pośredni szerokiej frakcji węglowodorowej.

Korzystnie, zespół urządzeń zawiera przegrody (B 7) stanowią płyty płaskie i/lub płyty z otworami i/lub pęki rur i/lub konstrukcje ażurowe z profili stalowych i/lub spirale, które są chłodzone od wewnątrz poprzez medium chłodzące.

Korzystnie, zespół urządzeń zawiera układ frakcjonowania II stopnia (C), który posiada co najmniej jeden poziom wypełnień usypowych (C 7) i co najmniej jeden poziom rynienek (C 6) zbierających kondensat spływający z powyższej warstwy wypełnień usypowych wraz z króćcem wylotowym, przegrody (C 4) są ustawione skośnie do kierunku przepływu par przez kolumnę i stanowią płyty płaskie i/lub płyty z otworami i/lub pęki rur i/lub konstrukcje ażurowe z profili stalowych i/lub spirale.

Korzystnie, zespół urządzeń zawiera układ skraplania frakcji niskowrzących (F), który stanowi co najmniej jeden płaszczowo-rurowy wymiennik ciepła o średnicy wewnętrznej od 100 do 400 mm i długości od 4 do 20 m, nachylony pod kątem 2–6° do poziomu, układ skraplania frakcji olejowych (H) i układ skraplania szerokiej frakcji węglowodorowej (I) stanowi co najmniej jeden płaszczowo-rurowy wymiennik ciepła o średnicy wewnętrznej od 100 do 400 mm i długości od 8 do 40 m, nachylony pod kątem 3–6° do poziomu.

Korzystnie, układ frakcjonowania II stopnia (K) posiada co najmniej jeden króciec wlotowy (K 3), który znajduje się w środkowej części kolumny, powyżej oraz poniżej wlotu znajduje się co najmniej jedna przegroda (K 4), powyżej znajduje się wymiennik ciepła (K 6), powyżej znajduje się co najmniej jeden poziom wypełnień usypowych (K 7), powyżej znajduje się wymiennik ciepła (K 5), powyżej znajduje się króciec wylotowy par (K 1).

Przedstawiony sposób odbioru, frakcjonowania i skraplania mieszanin gazowych powstałych w procesie termokatalitycznej degradacji poliolefin pozwala na wyeliminowanie kluczowych dla tego procesu (oraz procesów pokrewnych) wad. Ze względu na dużą ilość zanieczyszczeń, wysokie stężenie frakcji wysokowrzących, nierównomierny wydatek par oraz aspekty ekonomiczne niemożliwe jest w praktyce zastosowanie układu frakcjonowania opartego na znanych rozwiązaniach (np. właściwych dla przeróbki ropy naftowej w warunkach przemysłowych). Proces frakcjonowania wg wynalazku prowadzony jest przy niskim nadciśnieniu (korzystnie od 0 do 2 bar), przez co nie powoduje konieczności zapewnienia szczególnie wytrzymałych i drogich urządzeń.

Wynalazek został bliżej opisany w przykładach wykonania oraz został przedstawiony na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia widok poglądowy na instalację zawierającą strefę wyprowadzenia par (A), strefę frakcjonowania I stopnia (B), strefę frakcjonowania II stopnia (C), strefę chłodzenia frakcji olejowych (D), strefę odbierania pośredniego frakcji olejowych (E), strefę skraplania frakcji niskowrzących (F), strefę pośredniego odbierania frakcji niskowrzących (G); fig. 2 przedstawia widok poglądowy na instalację zawierającą strefę wyprowadzenia par (A), strefę frakcjonowania I stopnia (B), strefę frakcjonowania II stopnia (wariant 2) (K), strefę skraplania frakcji olejowych (H), strefę odbierania pośredniego frakcji olejowych (E), strefę skraplania frakcji niskowrzących (F), strefę pośredniego odbierania frakcji niskowrzących (G); fig. 3 przedstawia widok poglądowy na instalację zawierającą strefę odbioru mieszaniny gazów (A), strefę frakcjonowania mieszaniny gazów (B), strefę skraplania szerokiej frakcji węglowodorowej (I), strefę pośredniego odbierania szerokiej frakcji węglowodorowej (J); fig. 4 przedstawia przykładową konstrukcję układu frakcjonowania mieszaniny gazów I stopnia (B); fig. 5 przedstawia kolumnę destylacyjno-rektyfikacyjną układu frakcjonowania II stopnia (C), fig. 6 przedstawia kolumnę destylacyjno-

-rektyfikacyjną układu frakcjonowania II stopnia (K), fig. 7 przedstawia przykładową, alternatywną konstrukcję układu frakcjonowania I stopnia (B).

Sposób według wynalazku polega na wyprowadzeniu par z komory roboczej reaktora na odpowiedniej wysokości (od 0,5 m do 6 m, najkorzystniej od 1 m do 3 m ponad lustrem cieczy – masy odpadów w reaktorze). W celu ograniczenia prędkości przepływu par, kanały wyprowadzające pary korzystnie mają przekroje o dużej powierzchni: kanały pionowe (A 1) (jak zaznaczono na fig. 1) sumarycznie co najmniej 10% (najkorzystniej 15–20%), a poziome (A 2) co najmniej 3% (najkorzystniej 5–6%) powierzchni lustra cieczy w reaktorze. Takie rozwiązanie powoduje znaczące ograniczenie wydostawania się z obrębu reaktora frakcji stałych oraz węglowodorów o wysokich temperaturach wrzenia (powyżej 360°C), które są niepożądane w produkcie końcowym oraz mogłyby odkładać się na powierzchniach dalszych urządzeń służących do otrzymania produktu w postaci płynnej (układ frakcjonowania I stopnia (B), układ frakcjonowania II stopnia (C), układ skraplania (F, H, I)) powodując konieczność ich częstego i uciążliwego czyszczenia. Wg wynalazku możliwe jest wyprowadzanie par węglowodorów jednym lub wieloma kanałami (A), co jest dodatkową zaletą w przypadku zastosowania wynalazku z reaktorem o znacznych rozmiarach, bądź podłużnym kształcie. Kanały (A 2) korzystnie są możliwie krótkie oraz izolowane.

Układ frakcjonowania I stopnia (B) korzystnie przylega bądź znajduje się bezpośrednio przy reaktorze. Układ frakcjonowania I stopnia (B) korzystnie jest izolowany termicznie.

Poziome kanały wyprowadzenia par (A 2) skierowane są do kanału zbiorczego (B 3) układu frakcjonowania I stopnia (B), gdzie korzystnie są rozprężane, a prędkość ich przepływu spada. Dolna ściana kanału zbiorczego (B 5) jest ustawiona pod kątem względem poziomu (najkorzystniej 4–7°), tak aby kanał rozszerzał się ku wylotowi. Ściana ta korzystnie jest równocześnie górną ścianą przestrzeni frakcjonowania (B 6), co minimalizuje wymianę ciepła przez jej powierzchnię. Poprzez kontakt par ze ścianami oraz licznymi przegrodami (B 7) w formie płyt płaskich, płyt płaskich z otworami czy przegrodami ażurowymi (np. z profili stalowych), dochodzi do spadku temperatury par oraz skroplenia ciężkich frakcji parafinowych. Wewnątrz separatora, dzięki specyficznemu układowi przegród dochodzi do powtórnego odparowania lżejszych frakcji (które zostały skropione poprzez kontakt z przegrodami), poprzez ich ogrzanie przy kontakcie z opływającymi je parami.

W zależności od zakładanego składu strumienia par wylotowych można zmieniać powierzchnię przegród wewnętrznych. Zwiększenie powierzchni przegród spowoduje zwiększenie stężenia frakcji mniej lotnych w kondensacie powstałym w separatorze. Składem oraz ilością skroplonych w tym etapie frakcji można sterować również poprzez zmianę objętości oraz powierzchni ścian zewnętrznych przestrzeni frakcjonowania (B 6), jak również parametrami izolacji tych ścian. Intensyfikacja wymiany ciepła przez ściany (poprzez zwiększenie ich powierzchni lub zmniejszenie ich oporu cieplnego) spowoduje zwiększenie ilości kondensatu oraz stężenia frakcji o wysokiej lotności. Wynalazek zakłada możliwość automatycznego sterowania parametrami procesu poprzez zastosowanie przegród chłodzonych (np. w formie płyt lub spirali wypełnionych czynnikiem chłodzącym) oraz pomiar temperatury par przy wylocie z tego układu.

Skroplone frakcje (głównie parafinowe o temperaturach wrzenia od ok. 290 do ok. 360°C) spływają grawitacyjnie po skośnym dnie przestrzeni frakcjonowania (B 8), korzystnie ustawionej pod kątem 2–5° do poziomu, do zagłębienia w jego dolnej części pełniącego funkcję zbiornika pośredniego parafin (B 9). Poprzez króciec wylotowy parafin (B 1) frakcje te mogą być bezpośrednio (bez znaczącej zmiany temperatury) zawracane do reaktora przystosowanego do prowadzenia procesu termokatalitycznej degradacji poliolefin w celu ich dalszej degradacji, bądź transportowane do kolejnego, chłodzonego zbiornika pośredniego jako jeden z produktów końcowych procesu.

Króciec wyjściowy par (B 2) może być usytuowany na dowolnej wysokości i pod dowolnym kątem względem króćców wejściowych (B 4), co zdecydowanie ułatwia rozmieszczenie elementów układu.

Przykłady możliwej realizacji tego urządzenia pokazano na fig. 4 oraz fig. 7.

Nieskroplone w układzie frakcjonowania I stopnia (B) frakcje o temperaturze ok. 140–200°C oraz temperaturach wrzenia do ok. 290°C poprzez króciec (B 2) dostają się do dalszych urządzeń, w których procesy prowadzone są na jeden z trzech poniżej opisanych sposobów.

#### P r z y k ł a d I

Nieskroplone frakcje o temperaturze ok. 140–200°C poprzez króciec wylotowy par (B 2) i wlotowy par (C 3) dostają się do dolnej części układu frakcjonowania II stopnia (C). Układ ten ma formę kolumny destylacyjno-rektyfikacyjnej szczególnie przystosowanej do procesu termokatalitycznej degradacji poliolefin. Schemat takiej kolumny widoczny jest na fig. 5. Pary kierowane są ku górze, gdzie

natrafiają na przegrody (C 4) (w formie płyt płaskich, płyt z otworami lub przegród ażurowych, które mogą być od wewnątrz chłodzone) oraz wymiennik ciepła (C 5), które służą wykropleniu frakcji najcięższych i uniemożliwieniu im dostania się na wyższe poziomy kolumny, którą są bardziej wrażliwe na zanieczyszczenia. Powyżej znajduje się strefa wielokrotnego skraplania i odparowania czynnika (C 7) podzielona na poziomy oddzielone półkami ażurowymi – rynienkami kondensatu (C 6), zbierającymi skropliny z danego poziomu. Najkorzystniejszym sposobem realizacji tych stref (C 7) są wypełnienia usypowe (np. metalowe lub ceramiczne Pierścienie Raschiga, Białeckiego, Palla lub inne), które nie są tak podatne na zanieczyszczenia jak półki zaworowe, bezzaworowe lub wypełnienia strukturalne oraz zapewniają możliwość pracy przy zmieniających się wydatkach par. Możliwe jest odbieranie ciekłych produktów pośrednich (kondensatu) z wybranych poziomów rynienek (C 6). W górnej części kolumny znajduje się wymiennik ciepła (C 5), który steruje składem i temperaturą produktów, które opuszczają kolumnę w fazie gazowej. Wymiennik ciepła może znajdować się również na całej długości kolumny w formie spirali wewnątrz kolumny lub płaszczu na zewnątrz kolumny.

Przez górny króciec wylotowy par (C 1), pary o temperaturze ok. 60–120°C przedostają się do układu skraplania frakcji niskowrzących (F). Układ korzystnie zbudowany jest z płaszczowo-rurowego wymiennika ciepła, korzystnie nachylonego pod kątem do poziomu (najkorzystniej 2–6°) o średnicy wewnętrznej 100–400 mm i długości 4–20 m. Następnie skroplone frakcje spływają do zbiornika pośredniego frakcji niskowrzących (G). Nad ich powierzchnią gromadzą się gazy nieskroplone C1-C4 (o temperaturze wrzenia poniżej 30°C), które poprzez króciec (G 1) kierowane są do palników technologicznych, które mogą być wykorzystywane w celu dostarczania energii w postaci ciepła do procesu technologicznego – np. termokatalitycznej degradacji poliolefin. Poprzez króciec (G 2), umiejscowiony w dolnej części zbiornika pośredniego, ciekłe frakcje niskowrzące odprowadzane są do zbiornika magazynowego.

Przez dolny króciec kolumny – króciec wylotowy frakcji olejowej (C 2), ciecz (głównie frakcje olejowe) o temperaturze 100–180°C doprowadzana jest do układu chłodzenia frakcji olejowych (D). Układ korzystnie zbudowany jest z płaszczowo-rurowego wymiennika ciepła, korzystnie nachylonego pod kątem do poziomu (najkorzystniej 2–6°) o średnicy wewnętrznej 100–400 mm i długości 4–20 m. Następnie skroplone frakcje (o temperaturze 20–50°C) spływają do zbiornika pośredniego frakcji olejowych (E). Poprzez króciec (E 1), umiejscowiony w dolnej części zbiornika pośredniego, ciekłe frakcje olejowe odprowadzane są do zbiornika magazynowego.

#### Przykład II

Nieskroplone w układzie frakcjonowania I stopnia frakcje o temperaturze ok. 140–200°C frakcje poprzez króciec (B 2) oraz króciec wlotowy par (K 3) dostają się do środkowej części układu frakcjonowania II stopnia (K). Układ ten ma formę kolumny destylacyjno-rektyfikacyjnej szczególnie przystosowanej do procesu termokatalitycznej degradacji poliolefin. Schemat takiej kolumny widoczny jest na fig. 6. Pary trafiają do przestrzeni z licznymi przegrodami (K 4) (w formie płyt płaskich, płyt z otworami lub przegród ażurowych, które mogą być od wewnątrz chłodzone) zarówno powyżej jak i poniżej wlotu. Poprzez kontakt z przegrodami, część par zostaje skroplona i spływa w dół kolumny. Dzięki odpowiedniej kinetyce przepływu uzyskanej dzięki skomplikowanemu układowi oraz liczbie przegród dochodzi do zróżnicowania składu gazu w górnej i dolnej części kolumny. W górnej części kolumny znajduje się przewaga lekkich frakcji niskowrzących, które przepływają w górę kolumny. W górnej części kolumny znajduje się warstwa wypełnień usypowych (K 7), rynienki kondensatu (K 6) oraz wymiennik ciepła (K 5), które wspomagają rozdział frakcji oraz sterują tym procesem. Wymiennik ciepła może znajdować się również na całej długości kolumny w formie spirali wewnątrz kolumny lub płaszczu na zewnątrz kolumny.

Tak rozdzielone frakcje niskowrzące w postaci par o temperaturze 60–120°C przedostają się poprzez króciec wylotowy par (K 1) do układu skraplania frakcji niskowrzących (F). Następnie skroplone frakcje spływają do zbiornika pośredniego frakcji niskowrzących (G). Nad ich powierzchnią gromadzą się gazy nieskroplone C1-C4, które poprzez króciec (G 1) kierowane są do palników technologicznych, które mogą być wykorzystywane w celu dostarczania energii w postaci ciepła do procesu technologicznego – np. termokatalitycznej degradacji poliolefin. Poprzez króciec (G 2), umiejscowiony w dolnej części zbiornika pośredniego, ciekłe frakcje niskowrzące odprowadzane są do zbiornika magazynowego.

Przez dolny króciec kolumny – króciec wylotowy frakcji olejowej (K 2), ciecz oraz pary (głównie frakcje olejowe) o temperaturze 100–180°C doprowadzane są do układu skraplania frakcji olejowych (H). Układ skraplania korzystnie stanowią płaszczowo-rurowe wymienniki ciepła. Wymienniki

korzystnie mają przekrój okrągły o średnicy 100–400 mm. Możliwe jest umieszczenie kilku wymienników połączonych równolegle oraz szeregowo. Długość wymiennika wg wynalazku powinna być możliwie długa. W praktyce korzystnie, aby jego długość zawierała się w przedziale 8–40 m. Wg wynalazku możliwe jest ustawienie szeregu wymienników ciepła niewspółliniowo, co zdecydowanie ogranicza wymiary całej instalacji. Niewspółliniowe wymienniki powinny być połączone ze sobą poprzez puszkę rozprężną. Wg wynalazku możliwe jest łączenie wymienników ciepła równolegle – także poprzez puszkę rozprężną. Takie rozwiązanie przeciwdziała odkładaniu się zanieczyszczeń w kolankach oraz pozwala na wyrównanie ciśnień wewnątrz poszczególnych wymienników ciepła. Wymienniki korzystnie ustawione są skośnie do poziomu (najkorzystniej 3–6°), co pozwala na swobodny przepływ skroplonego produktu oraz przeciwdziała odkładaniu się w wymiennikach ewentualnych zanieczyszczeń bądź frakcji parafinowych. Następnie skroplone frakcje (o temperaturze 30–60°C) spływają do zbiornika pośredniego frakcji olejowych (E). Nad ich powierzchnią gromadzą się gazy nieskroplone C1-C4, które poprzez króciec (E 2) kierowane są do palników technologicznych, które mogą być wykorzystywane w celu dostarczania energii w postaci ciepła do procesu technologicznego – np. termokatalitycznej degradacji poliolefin. Poprzez króciec (E 1), umiejscowiony w dolnej części zbiornika pośredniego, ciekłe frakcje olejowe odprowadzane są do zbiornika magazynowego.

#### Przykład III

Wszystkie frakcje w postaci par przedostają się do układu skraplania szerokiej frakcji (I). Układ skraplania stanowią płaszczowo-rurowe wymienniki ciepła. Wymienniki korzystnie mają przekrój okrągły o średnicy 100–400 mm. Możliwe jest umieszczenie kilku wymienników połączonych równolegle oraz szeregowo. Długość wymiennika wg wynalazku powinna być możliwie długa. W praktyce korzystnie, aby jego długość zawierała się w przedziale 8–40 m. Zgodnie z wynalazkiem możliwe jest ustawienie szeregu wymienników ciepła niewspółliniowo, co zdecydowanie ogranicza wymiary całej instalacji. Niewspółliniowe wymienniki powinny być połączone ze sobą poprzez puszkę rozprężną. Wg wynalazku możliwe jest łączenie wymienników ciepła równolegle – także poprzez puszkę rozprężną. Takie rozwiązanie przeciwdziała odkładaniu się zanieczyszczeń w kolankach oraz pozwala na wyrównanie ciśnień wewnątrz poszczególnych wymienników ciepła. Wymienniki korzystnie ustawione są skośnie do poziomu (najkorzystniej 3–6°), co pozwala na swobodny przepływ skroplonego produktu oraz przeciwdziała odkładaniu się w wymiennikach ewentualnych zanieczyszczeń bądź frakcji parafinowych. Produkt (szeroka frakcja węglowodorowa) spływa do zbiornika pośredniego (J), skąd jest odbierany poniżej poziomu lustra cieczy do zbiornika magazynującego poprzez króciec (J 1). Pozostałości nieskroplonych frakcji są odbierane przez króciec (J 2) usytuowany powyżej lustra cieczy i mogą być kierowane na palniki technologiczne, które mogą być wykorzystywane w celu dostarczania energii w postaci ciepła do procesu technologicznego – np. termokatalitycznej degradacji poliolefin.

Dzięki zastosowaniu sposobu oraz urządzeń według wynalazku możliwe jest szybsze i tańsze uzyskanie frakcji olejowych i benzynowych z odpadów poliolefinowych. Względem poprzedniego, powszechnie znanego rozwiązania (w którym produkcja frakcji olejowej przebiegała w dwóch osobnych ciągach technologicznych), poprawiono średnią wydajność procesu z ok. 100 l frakcji olejowej/h do ok. 200 l/h przy zachowaniu zbliżonej energochłonności procesu. Zdecydowanie zmniejszono liczbę awarii. Wyeliminowano konieczność czyszczenia układu skraplania, która w poprzednich rozwiązaniach wymuszała konieczność zatrzymywania procesu na ok. 12 h co 2,5 doby.

Opisy elementów:

A – Układ wyprowadzenia par

A 1 – kanały pionowe wyprowadzenia par

A 2 – kanały poziome wyprowadzenia par

B – Układ frakcjonowania I stopnia

B 1 – króciec wylotowy parafin

B 2 – króciec wylotowy par

B 3 – kanał zbiorczy

B 4 – króciec wlotowy par

B 5 – dolna ściana kanału zbiorczego

B 6 – przestrzeń frakcjonowania

B 7 – przegrody

B 8 – dno przestrzeni frakcjonowania

B 9 – zbiornik pośredni parafin

- C – Układ frakcjonowania II stopnia
  - C 1 – króciec wylotowy par
  - C 2 – króciec wylotowy ciekłej frakcji olejowej
  - C 3 – króciec wlotowy par
  - C 4 – przegrody
  - C 5 – wymiennik ciepła
  - C 6 – rynienki kondensatu
  - C 7 – wypełnienie usypowe
- D – Układ chłodzenia frakcji olejowych
- E – Zbiornik pośredni frakcji olejowych
  - E 1 – króciec produktu – frakcji olejowej
  - E 2 – króciec produktu – nieskroplonych węglowodorów C1-C4
- F – Układ skraplania frakcji niskowrzących
- G – Zbiornik pośredni frakcji niskowrzących
  - G 1 – króciec produktu – nieskroplonych węglowodorów C1-C4
  - G 2 – króciec produktu – frakcji niskowrzącej
- H – Układ skraplania frakcji olejowych
- I – Układ skraplania szerokiej frakcji węglowodorowej
- J – Zbiornik pośredni szerokiej frakcji węglowodorowej
- K – Układ frakcjonowania II stopnia – wariant 2
  - K 1 – króciec wylotowy par
  - K 2 – króciec wylotowy frakcji olejowej
  - K 3 – króciec wlotowy par
  - K 4 – przegrody
  - K 5 – wymiennik ciepła
  - K 6 – rynienki kondensatu
  - K 7 – wypełnienie usypowe

### Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób odbioru, frakcjonowania i skraplania mieszanin gazowych, szczególnie węglowodorowych powstałych w procesie termokatalitycznej degradacji tworzyw sztucznych prowadzonym w reaktorze przystosowanym do prowadzenia procesu termokatalitycznej degradacji tworzyw sztucznych, **znamienny tym**, że realizowany jest w warunkach nadciśnienia od 0 do 2 bar, przy czym separacja cząstek stałych odbywa się na etapie odbioru mieszanin gazowych, przy równoczesnym samoczynnym zawracaniu do reaktora frakcji o temperaturze wrzenia powyżej 360°C, w układzie wyprowadzenia par (A), który zawiera co najmniej jeden kanał pionowy (A 1), przy czym kanały pionowe (A 1) mają sumaryczną powierzchnię przekroju poprzecznego co najmniej 10% powierzchni lustra cieczy (masy odpadów) w reaktorze, następnie mieszanina gazowa poprzez co najmniej jeden króciec wlotowy (B 4) przechodzi do układu frakcjonowania I stopnia (B), w którego objętości oraz na co najmniej jednej przegrodzie (B 7) odbywa się frakcjonowanie i oddzielane są frakcje o temperaturze wrzenia 290–360°C, które opadają na dno przestrzeni frakcjonowania (B 8) położone pod kątem od 2 do 5° do poziomu i obniżające się w kierunku zbiornika pośredniego parafin (B 9) i poprzez co najmniej jeden króciec wylotowy parafin (B 1) zawracane są do reaktora przystosowanego do prowadzenia procesu termokatalitycznej degradacji tworzyw sztucznych lub chłodzone, a następnie magazynowana jako produkt procesu w postaci parafin technicznych, po czym strumień gazów kierowany jest do co najmniej jednego króćca wylotowego par (B 2), poddawany jest skraplaniu w układzie skraplania, a strumień par węglowodorów o temperaturze wrzenia poniżej 30°C, które nie uległy skropleniu, jest odbierany jako jeden z produktów frakcjonowania.
2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że mieszanina gazowa przechodzi poprzez układ wyprowadzenia par (A), układ frakcjonowania I stopnia (B), układ frakcjonowania II stopnia (C), następnie skroplona frakcja olejowa przepływa przez układ chłodzenia frakcji olejowych (D) i następnie zbierana jest w zbiorniku pośrednim frakcji olejowych (E), a pozostały

- strumień par przechodzi przez układ skraplania frakcji niskowrzących (F) i pary węglowodorów o temperaturze wrzenia powyżej 30°C są wykraplane do zbiornika pośredniego frakcji niskowrzących (G).
3. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że mieszanina gazowa przechodzi poprzez układ wyprowadzenia par (A), układ frakcjonowania I stopnia (B), układ frakcjonowania II stopnia (K), następnie frakcje olejowe zostają skroplone w układzie skraplania frakcji olejowych (H) i są zbierane w zbiorniku pośrednim frakcji olejowych (E), a pozostały strumień par przechodzi przez układ skraplania frakcji niskowrzących (F) i pary węglowodorów o temperaturze wrzenia powyżej 30°C są wykraplane do zbiornika pośredniego frakcji niskowrzących (G).
  4. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że mieszanina gazowa przechodzi poprzez układ wyprowadzenia par (A), układ frakcjonowania I stopnia (B), układ skraplania szerokiej frakcji węglowodorowej (I) a następnie pary węglowodorów o temperaturze wrzenia powyżej 30°C wykraplane są do zbiornika pośredniego szerokiej frakcji węglowodorowej (J).
  5. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że mieszanina gazowa powstała w procesie termokatalitycznej degradacji tworzyw sztucznych przechodzi przez układ wyprowadzenia par (A), który zawiera co najmniej jeden kanał poziomy (A 2), przy czym kanały poziome (A 2) mają sumaryczną powierzchnię przekroju poprzecznego co najmniej 3% powierzchni lustra cieczy (masy odpadów) w reaktorze i znajdują się na wysokości od 0,5 m do 6 m ponad tą powierzchnią.
  6. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że mieszanina gazowa ulega frakcjonowaniu w układzie frakcjonowania I stopnia (B), który posiada, dolną ścianę kanału zbiorczego (B 5) położoną pod kątem do poziomu, a przegrody (B 7) stanowią płyty płaskie i/lub płyty z otworami i/lub pęki rur i/lub konstrukcje ażurowe z profili stalowych i/lub spirale, korzystnie przegrody są chłodzone od wewnątrz poprzez medium chłodzące.
  7. Zespół urządzeń służący do odbioru, frakcjonowania i skraplania mieszanin gazowych, szczególnie węglowodorowych powstałych w procesie termokatalitycznej degradacji tworzyw sztucznych prowadzonym w reaktorze przystosowanym do prowadzenia procesu termokatalitycznej degradacji tworzyw sztucznych, **znamienny tym**, że zawiera układ wyprowadzenia par (A), który posiada co najmniej jeden kanał pionowy (A 1) oraz co najmniej jeden kanał poziomy (A 2), przy czym sumaryczna powierzchnia przekroju poprzecznego kanałów pionowych (A 1) wynosi co najmniej 10% powierzchni lustra cieczy (masy odpadów) w reaktorze i kanały poziome (A 2) znajdują się na wysokości od 0,5 m do 6 m ponad tą powierzchnią, układ frakcjonowania I stopnia (B), który przylega lub znajduje się bezpośrednio przy reaktorze, przy czym jest izolowany termicznie oraz układ skraplania; zespół urządzeń zawiera układ frakcjonowania I stopnia (B), który posiada co najmniej jeden króciec wlotowy (B 4), co najmniej jeden króciec wylotowy par (B 2), co najmniej jeden króciec wylotowy parafin (B 1), co najmniej jedną przegrodę (B 7) oraz dno (B 8) i dolną ścianę kanału zbiorczego (B 5) położone pod kątem do poziomu w taki sposób, że obniża się w kierunku zbiornika pośredniego parafin (B 9); zespół urządzeń zawiera układ frakcjonowania II stopnia (C), który ma kształt kolumny o wysokości co najmniej 2 m i średnicy od 300 do 3000 mm i posiada co najmniej jeden króciec wlotowy par (C 3) w dolnej części, co najmniej jeden króciec wylotowy par (C 1), co najmniej jeden króciec wylotowy ciekłej frakcji olejowej (C 2), co najmniej jeden wymiennik ciepła (C 5) oraz co najmniej jedną przegrodę (C 4).
  8. Zespół urządzeń według zastrz. 7, **znamienny tym**, że układ skraplania obejmuje układ chłodzenia frakcji olejowych (D) i/lub zbiornik pośredni frakcji olejowych (E) i/lub układ skraplania frakcji niskowrzących (F) i/lub zbiornik pośredni frakcji niskowrzących (G) i/lub układ frakcjonowania II stopnia (K) i/lub układ skraplania frakcji olejowych (H) i/lub układ skraplania szerokiej frakcji węglowodorowej (I) i/lub zbiornik pośredni szerokiej frakcji węglowodorowej (J).
  9. Zespół urządzeń według zastrz. 7, **znamienny tym**, że przegrody (B 7) stanowią płyty płaskie i/lub płyty z otworami i/lub pęki rur i/lub konstrukcje ażurowe z profili stalowych i/lub spirale, które są chłodzone od wewnątrz poprzez medium chłodzące.
  10. Zespół urządzeń według zastrz. 7, **znamienny tym**, że układ frakcjonowania II stopnia (C) posiada co najmniej jeden poziom wypełnień usypowych (C 7) i co najmniej jeden poziom rynienek (C 6) zbierających kondensat spływający z powyższej warstwy wypełnień usypowych wraz z króćcem wylotowym, przegrody (C 4) są ustawione skośnie do kierunku prze-

pływu par przez kolumnę i stanowią płyty płaskie i/lub płyty z otworami i/lub pęki rur i/lub konstrukcje ażurowe z profili stalowych i/lub spirale.

11. Zespół urządzeń według zastrz. 7 lub 8, **znamienny tym**, że układ skraplania frakcji niskowrzących (F) stanowi co najmniej jeden płaszczowo-rurowy wymiennik ciepła o średnicy wewnętrznej od 100 do 400 mm i długości od 4 do 20 m, nachylony pod kątem 2–6° do poziomu, układ skraplania frakcji olejowych (H) i układ skraplania szerokiej frakcji węglowodorowej (I) stanowi co najmniej jeden płaszczowo-rurowy wymiennik ciepła o średnicy wewnętrznej od 100 do 400 mm i długości od 8 do 40 m, nachylony pod kątem 3–6° do poziomu.
12. Zespół urządzeń według zastrz. 8, **znamienny tym**, że układ frakcjonowania II stopnia (K) posiada co najmniej jeden króciec wlotowy (K 3), który znajduje się w środkowej części kolumny, powyżej oraz poniżej wlotu znajduje się co najmniej jedna przegroda (K 4), powyżej znajduje się wymiennik ciepła (K 6), powyżej znajduje się co najmniej jeden poziomy wypełnień usypowych (K 7), powyżej znajduje się wymiennik ciepła (K 5), powyżej znajduje się króciec wylotowy par (K 1).

Rysunki

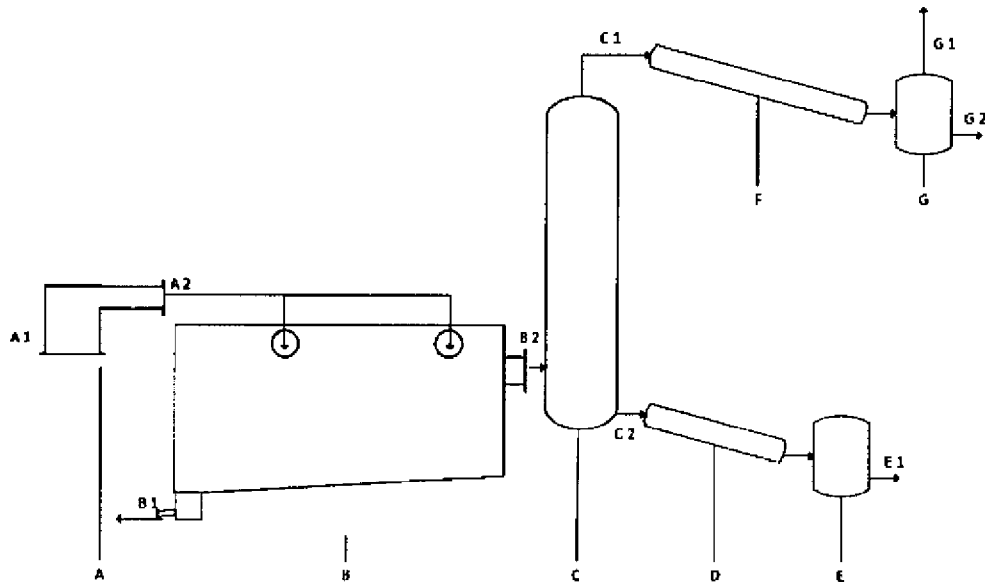


Fig. 1

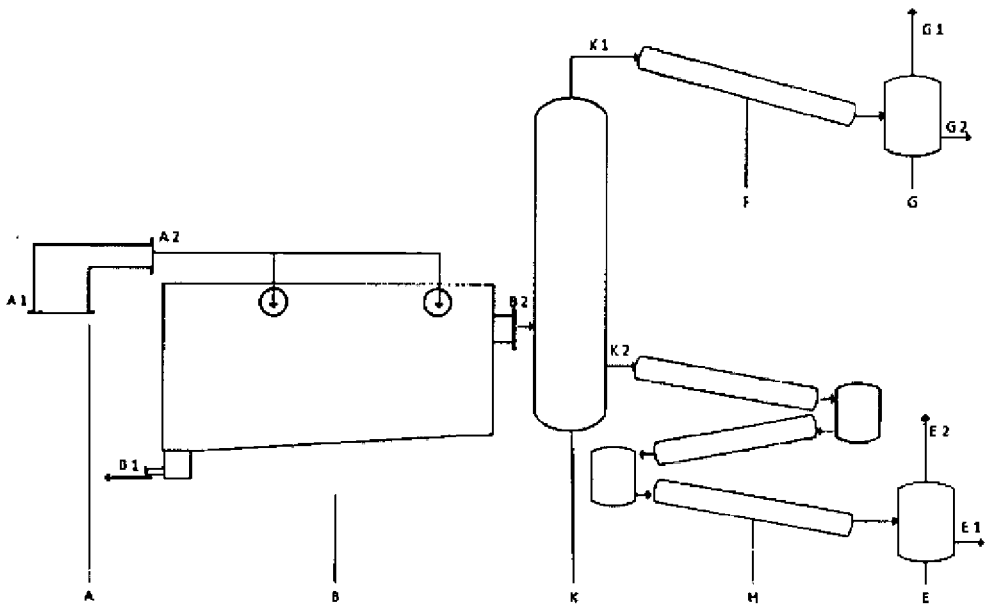


Fig. 2

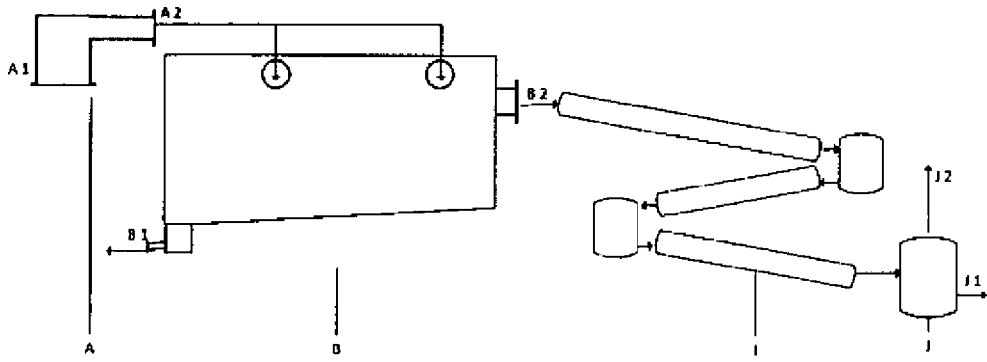


Fig. 3

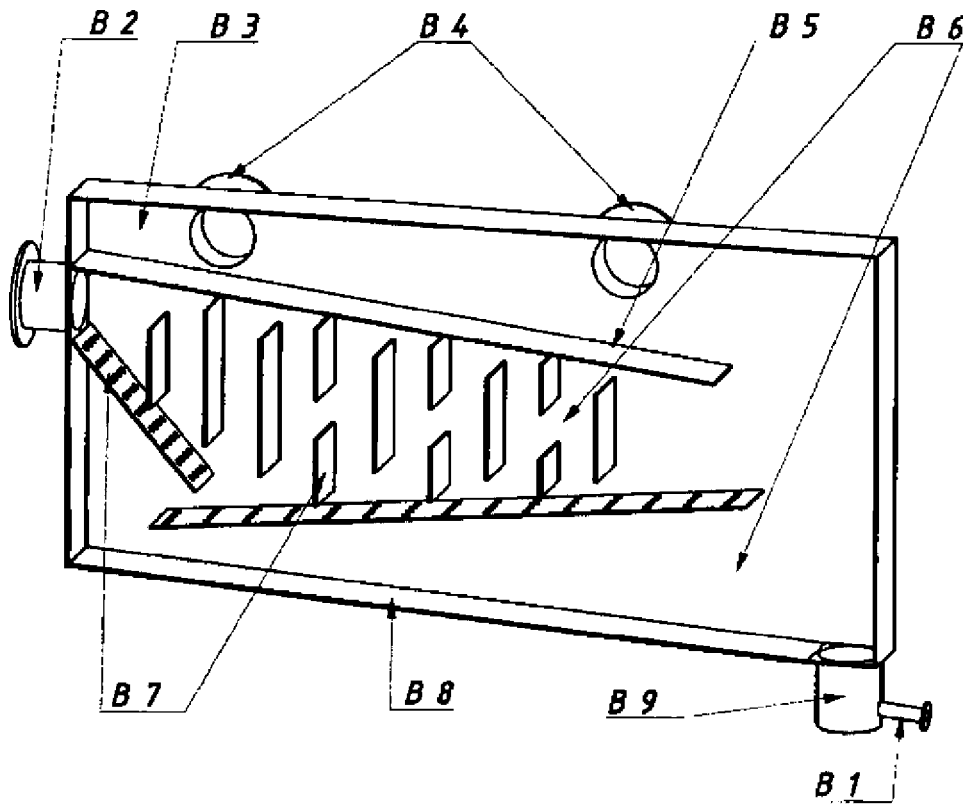


Fig. 4

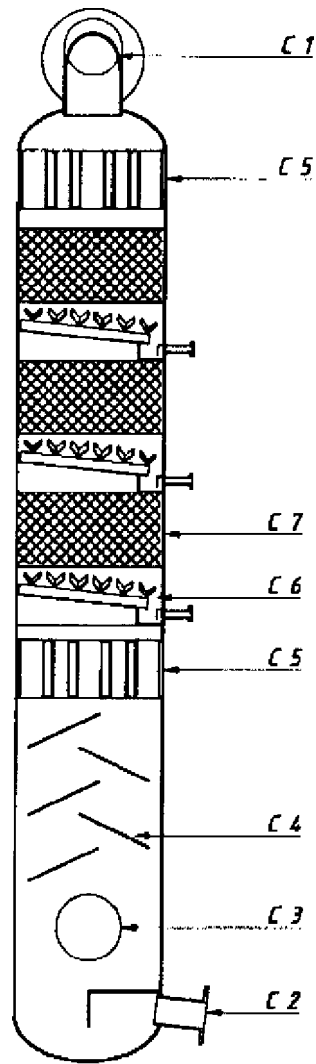


Fig. 5

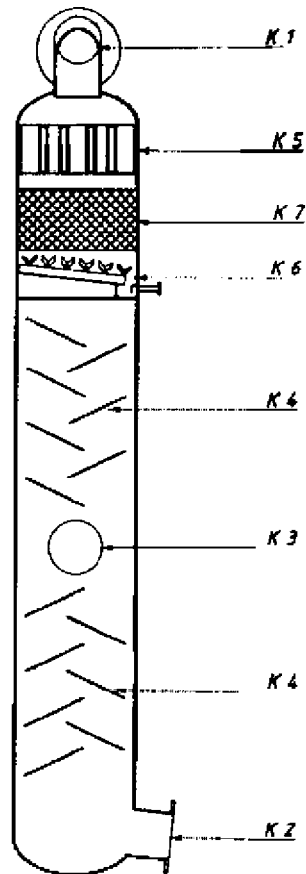


Fig. 6

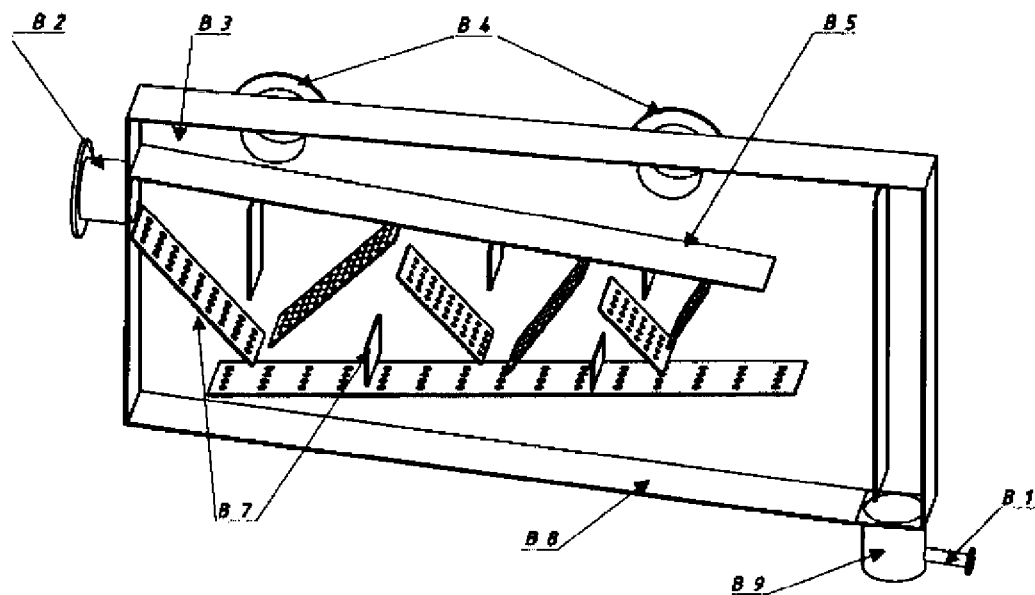


Fig. 7