

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL**

(11) **238293**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **421418**

(22) Data zgłoszenia: **26.04.2017**

(51) Int. Cl.

C12M 1/02 (2006.01)

F28F 13/06 (2006.01)

C01C 1/26 (2006.01)

F28D 15/00 (2006.01)

(54)

Bioreaktor

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

05.11.2018 BUP 23/18

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

02.08.2021 WUP 18/21

(73) Uprawniony z patentu:

**ZACHODNIOPOMORSKI UNIWERSYTET
TECHNOLOGICZNY W SZCZECINIE,
Szczecin, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**MARIAN KORDAS, Góralice, PL
RAFAŁ RAKOCZY, Szczecin, PL
GRZEGORZ STORY, Szczecin, PL
KRYSTIAN JASIŃSKI, Police, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzec. pat. Renata Zawadzka

PL 238293 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest bioreaktor, przeznaczony do mieszania cieczy, w której znajdują się mikroorganizmy.

W procesie hodowli mikroorganizmów stosowane są aparaty wytwarzające niskie naprężenia ścinające. Przykładem tego typu aparatów są kolumny air-lift lub mieszalniki wyposażone w mieszadła wolnoobrotowe. W wielu typach bioreaktorów stosowane są również dodatkowe elementy, które mają za zadanie zintensyfikować proces wymiany ciepła lub masy w celu zapewnienia odpowiednich warunków w celu prowadzenia hodowli.

W praktyce przemysłowej do produkcji biomasy stosowane są zazwyczaj aparaty, wyposażone w różnego typu mieszadła mechaniczne. Proces mieszania umożliwia wytworzenie odpowiedniej cyrkulacji płynu wewnątrz aparatu, co może wpływać na szybkość procesów transportu masy, pędu i energii. Odpowiedni dobór elementu mieszającego umożliwia również wytworzenie optymalnych warunków do prowadzenia procesów z wykorzystaniem mikroorganizmów.

Najczęściej występującym problemem w mieszalnikach mechanicznych jest zapewnienie odpowiedniego stopnia burzliwości mieszanego płynu w całej objętości zbiornika. W celu zapewnienia właściwego przeprowadzenia procesu mieszania możliwe jest: zwiększenie częstotliwości obrotów pojedynczego mieszadła; umieszczenie na jednym wale kilku mieszadeł; niecentryczne ustawienie mieszadła; zastosowanie mieszadła umieszczonego z boku, w dnie zbiornika lub też zainstalowanie kilku mieszadeł na odrębnych wałach.

Układ mieszadeł na wspólnym wale lub umieszczenie kilku odrębnie napędzanych mieszadeł zapewnia lepsze wymieszanie płynu i wiąże się ze zwiększeniem energochłonności prowadzonego procesu. Z kolei zwiększenie częstości obrotów mieszadła wpływa na zwiększenie naprężenia ścinającego, które niekorzystnie wpływają na prowadzoną hodowlę mikroorganizmów.

W celu zapewnienia większej burzliwości mieszanego medium w bioreaktorach, stosuje się różnego typu przegrody, które mają również za zadanie ograniczyć ruch okrężny cieczy w mieszalniku. Cechują się one różną geometrią, rozmieszczeniem w przestrzeni zbiornika oraz ilością. Zastosowanie przegród wiąże się jednak ze zwiększeniem energochłonności prowadzonego procesu. W niektórych rozwiązaniach konstrukcyjnych bioreaktorów stosowane są wewnątrz aparatu, mniejsze cylindryczne przegrody, które mają za zadanie ukierunkować cyrkulację płynu oraz zintensyfikować cyrkulację płynu wewnątrz aparatu przy mniejszym zużyciu energii.

Znany z opisu patentowego US 8846382 B2 aparat ma centrycznie, zamontowaną wewnątrz elastycznego zbiornika pionową pompowaną, cylindryczną przegrodę, która ma za zadanie odpowiednio ukierunkować cyrkulację cieczy wewnątrz aparatu. Do wnętrza cylindrycznej przegrody wprowadzany jest z zewnątrz gaz wywołując cyrkulację płynu oraz wymianę masy.

Znany z opisu patentowego US 20110312087 A1 bioreaktor ma dwa mieszadła mechaniczne osadzone na jednym wale. Poniżej mieszadeł znajduje się bełkotka, służąca do wprowadzenia gazu do mieszanego układu. Wał jest wprowadzony centrycznie od góry do zbiornika, w którym prowadzona jest hodowla w skali przemysłowej.

Znany z opisu patentowego US 20090130704 A1 aparat zbiornikowy wyposażony jest w płaszcz grzejny oraz centrycznie wprowadzone od dołu mieszadło mechaniczne. Aparat stosowany jest do wytwarzania biomasy, wodoru, produkcji produktów chemicznych i farmaceutycznych.

Znany z opisu patentowego US4906577 bioreaktor wyposażono w mieszadło ślimakowe mające na celu zapewnienie osiowej cyrkulacji płynu. Wewnątrz zbiornika bioreaktora umieszczono cylindryczny płaszcz grzejny pełniący również rolę wewnętrznej przegrody.

Znany jest z opisu patentowego CN105219618 bioreaktor wyposażony osiowo w pionową wewnętrzną cylindryczną przegrodę, do której od góry wprowadzono mieszadło obrotowe. Mieszadło wymusza przepływ cieczy w pionie od góry w kierunku dystrybutora gazu umieszczonego przy dnie zbiornika. Wytworzony układ ciecz-gaz wznosi się pionowo na zewnątrz cylindrycznej przegrody tworząc pętle cyrkulacyjną płynu.

Znany z opisu patentowego CN102796650A bioreaktor typu air-lift wyposażono osiowo w dwie pionowe cylindryczne przegrody oraz dystrybutor gazu przy dnie zbiornika. Gaz wprowadzany jest na zewnątrz cylindrycznych przegród i wznosi się (wraz z cieczą) ku powierzchni swobodnej, następnie ciecz pozbawiona pęcherzyków gazu opada wewnątrz przegród tworząc pętle cyrkulacyjne. Dwie cylindryczne przegrody umieszczono w osi zbiornika w taki sposób, że utworzona jest przerwa między nimi. Przerwa ta umożliwia wytworzenie się dodatkowych pętli cyrkulacyjnych wzdłuż pionowej osi bioreaktora.

Z opisu patentowego US2011059523 znany jest mieszalnik, który zawiera przegrody w formie pionowych listew, które pełnią dodatkową funkcję wymiany ciepła. W zgłoszeniu patentowym WO2016001791 przedstawiono reaktor mieszalnikowy zawierający wiele przegród pionowych, pozbawione są bezpośredniego kontaktu ze sobą. Przegroda zawiera wydrążoną cylindryczną strukturę z zasadniczo spłaszczoną sekcją przegrody pomiędzy sekcją górną a sekcją dolną. Urządzenie zawiera ponadto dźwignię utworzoną przez część górnej sekcji wygiętą pod prostokątnym kątem, dźwignia jest skonfigurowana do regulowania uderzenia przegrody przez regulację położenia przegrody względem wewnętrznej ściany reaktora. W opisie patentowym US2007167647 przedstawiony jest reaktor, którego konstrukcja oparta jest na konstrukcji wymiennika ciepła płaszczowo rurowego, jednak w tym rozwiązaniu zastosowano przegrody zmuszające ciecz w przestrzeni międzyrurowej do pokonania dłuższej drogi poprzez utworzony labirynt przez przegrody. Podobnie rozwiązanie przedstawiono w opisie US2005148793, jednak zastosowano w nim dodatkową cyrkulację w przestrzeni międzyrurowej stosując pompę obiegową. W tym rozwiązaniu również nie ma żadnej możliwości zmiany geometrii przegród oraz ich położenia w aparacie podczas jego pracy jak to ma miejsce z naszym zgłoszeniem.

Znany jest ze zgłoszenia patentowego P.403675 mieszalnik do mieszania biocieczy, zawierający zbiornik, płaszcz termostatujący, wał, mieszadło, który charakteryzuje się tym, że ma osadzone na wale w osi zbiornika co najmniej jedno mieszadło, składające się z piasty, do której przymocowane są krótszymi krawędziami co najmniej dwie wewnętrzne łopatki, których dłuższe, przeciwległe krawędzie przymocowane są do wewnętrznej powierzchni cylindrycznej przegrody, zaś do zewnętrznej powierzchni cylindrycznej przegrody przymocowane są krótszymi krawędziami co najmniej dwie zewnętrzne łopatki. Wewnętrzne łopatki pochylone są w przeciwną stronę niż zewnętrzne łopatki. Pod wałem, przy dnie zbiornika, w jego osi, umieszczona jest bełkotka składająca się z cylindrycznej przegrody, do której wewnętrznej powierzchni przymocowana jest pierścieniowa, perforowana rura. Zadaniem bełkotki jest ukierunkowanie pęcherzyków rozproszonego gazu w taki sposób, aby przepływająca przez warstwę cieczy faza gazowa znajdowała się w cylindrycznej przegrodzie mieszadła. W przypadku mieszania płynów charakteryzujących się większą lepkością, wewnętrzne łopatki oraz zewnętrzne łopatki są perforowane. Korzystnie wewnętrzne łopatki oraz zewnętrzne łopatki rozmieszczone są naprzeciwko siebie. Mieszalnik może być wyposażony w element dystansowy, który stosuje się w celu zwiększenia wysokości mieszadła osadzając element dystansowy na wale, pomiędzy mieszadłami. Element dystansowy zbudowany z piasty, do której za pomocą prętów przymocowana jest cylindryczna przegroda. Korzystnie mieszadło ma dwie wewnętrzne łopatki i dwie zewnętrzne łopatki rozmieszczone co 180° lub trzy wewnętrzne łopatki i trzy zewnętrzne łopatki rozmieszczone co 120° .

Znany jest ze zgłoszenia patentowego P.403677 mieszalnik statyczny do mieszania cieczy, zwłaszcza biocieczy, zawierający zbiornik, płaszcz termostatujący, mieszadło, który charakteryzuje się tym, że ma osadzone na pręcie montażowym przymocowanym do dna zbiornika w jego osi co najmniej jedno mieszadło, składające się z piasty, do której przymocowane są krótszymi krawędziami co najmniej dwie wewnętrzne łopatki, których dłuższe, przeciwległe krawędzie przymocowane są do wewnętrznej powierzchni cylindrycznej przegrody, zaś do zewnętrznej powierzchni cylindrycznej przegrody przymocowane są krótszymi krawędziami co najmniej dwie zewnętrzne łopatki. Wewnętrzne łopatki pochylone są w przeciwną stronę niż zewnętrzne łopatki. Przy dnie zbiornika, w jego osi, umieszczona jest bełkotka składająca się z cylindrycznej przegrody, do której wewnętrznej powierzchni przymocowana jest pierścieniowa, perforowana rura. Zadaniem bełkotki jest ukierunkowanie pęcherzyków rozproszonego gazu w taki sposób, aby przepływająca przez warstwę cieczy faza gazowa znajdowała się w cylindrycznej przegrodzie mieszadła. W przypadku mieszania płynów charakteryzujących się większą lepkością, wewnętrzne łopatki oraz zewnętrzne łopatki są perforowane. Korzystnie wewnętrzne łopatki oraz zewnętrzne łopatki rozmieszczone są naprzeciwko siebie. Mieszalnik może być wyposażony w element dystansowy, który stosuje się w celu zwiększenia wysokości mieszadła osadzając element dystansowy i/lub jako moduł początkowy/końcowy. Element dystansowy zbudowany z piasty, do której za pomocą prętów przymocowana jest cylindryczna przegroda. Korzystnie mieszadło ma dwie wewnętrzne łopatki i dwie zewnętrzne łopatki rozmieszczone co 180° lub trzy wewnętrzne łopatki i trzy zewnętrzne łopatki rozmieszczone co 120° .

Niedogodnością dla znanych, opisanych powyżej rozwiązań konstrukcyjnych bioreaktorów wyposażonych w bełkotkę i/lub mieszadła mechaniczne jest ograniczony stopień kontroli prowadzenia procesu wymiany pędu, masy i energii w mieszanym medium. Uzyskanie pożądanego efektu (efektywnego mieszania płynu) wymaga zastosowania dużej ilości gazu lub energii mechanicznej. Wpływa to na zwiększenie energochłonności prowadzonego procesu oraz zmniejszenie jego efektywności.

Celem wynalazku jest opracowanie takiej konstrukcji bioreaktora, która wyeliminuje podane powyżej niedogodności.

Bioreaktor, według wynalazku, zawierający płaszcz zewnętrzny, pionową cylindryczną przegrodę pełniącą rolę wymiennika ciepła, pręt połączony z przegrodami, mieszadło obrotowe, bełkotkę, króćce i zawory, charakteryzuje się tym, że ma co najmniej cztery przegrody o kształcie stanowiącym wycinek pierścieniowy koła, rozmieszczone symetrycznie względem osi podłużnej bioreaktora, prostopadłe do osi podłużnej bioreaktora lub zamontowane z obrotem o kąt 30° względem osi podłużnej łącznika łączącego przegrody z prętem. Dwie przegrody połączone są trwale z pionową cylindryczną przegrodą, pełniącą rolę wymiennika ciepła, umieszczoną wewnątrz płaszcza zewnętrznego, zaś kolejne dwie przegrody połączone są trwale za pomocą łącznika z prętem zamontowanym w bioreaktorze osiowo. Poniżej cylindrycznej przegrody jest zamocowane na wale obrotowym mieszadło obrotowe, poniżej którego znajduje się bełkotka, za pomocą której dostarczany jest gaz do układu.

Korzystnie przegrody są perforowane.

Korzystnie na pręcie, pod przegrodami zamocowany jest trwale co najmniej jeden element zaburzający, w kształcie bryły, która powstała w wyniku połączenia dwóch stożków ich podstawami. Tworząca obydwu stożków jest wklęsła.

Pionowa cylindryczna przegroda zamontowana jest w osi bioreaktora, a czynnik dostarczany do niej jest za pomocą króćca i odbierany za pomocą rury wylotowej.

Konstrukcja taka umożliwia bezkolizyjne wprowadzenie pręta połączonego z przegrodami do wnętrza cylindrycznej przegrody z osadzonymi wewnątrz przegrodami. Po wprowadzeniu pręta z przegrodami można uzyskać osiowe pokrycie się wycinków pierścieniowych przegród lub jego brak (pełny pierścień). Poprzez częściowy obrót pręta połączonego z przegrodami, możliwa jest kontrola wypadkowej powierzchni przegród w osi poprzecznej bioreaktora. Kontrolowanie wypadkowej powierzchni przegród w osi poprzecznej aparatu wpływa na stopień burzliwości przepływu wewnątrz cylindrycznej przegrody.

Zadaniem mieszadła obrotowego jest wywoływanie osiowego przepływu płynu. Osiowy przepływ płynu jest uzyskany również poprzez wprowadzenie gazu do aparatu przez bełkotkę.

Bioreaktor według wynalazku korzystnie wpływa na intensyfikację procesów zachodzących w bioreaktorze poprzez kontrolowanie geometrycznej konfiguracji przegród w obrębie pionowej cylindrycznej przegrody. Bełkotka umieszczona pod mieszadłem obrotowym dostarcza powietrze do płynu hodowlanego, który cyrkuluje osiowo w zbiorniku. W górnej części aparatu nagazowany płyn ulega odgazowaniu i przy ściankach płaszcza zewnętrznego opada pionowo w dół. Umieszczenie w aparacie mieszadła obrotowego wytwarzającego pionowy (osiowy) strumień cieczy umożliwia intensyfikację procesów zachodzących w bioreaktorze oraz wytworzenie odpowiedniej cyrkulacji płynu niezależnie od ilości doprowadzonego gazu. W przypadku braku konieczności podawania gazu, mieszadło obrotowe wytwarza samodzielnie cyrkulację cieczy w bioreaktorze.

Bioreaktor według wynalazku jest przedstawiony w przykładach wykonania i rysunku, gdzie fig. 1 przedstawia bioreaktor w przekroju z czterema przegrodami, fig. 2 – bioreaktor w przekroju z dwunastoma przegrodami na trzech poziomach, przy czym przegrody nie pokrywają się i stanowią pierścień, fig. 3 – przedstawia bioreaktor w przekroju z dwunastoma przegrodami na trzech poziomach, przy czym przegrody pokrywają się, fig. 4 – pionową cylindryczną przegrodę (wymiennik ciepła) z sześcioma przegrodami na trzech poziomach, fig. 5 – pręt połączony z sześcioma przegrodami na trzech poziomach, fig. 6 – bioreaktor w przekroju z dwunastoma przegrodami na trzech poziomach, z obrotem o kąt 30° względem osi prostopadłej od osi podłużnej łącznika łączącego przegrody z prętem, fig. 7 – bioreaktor w przekroju z dwunastoma perforowanymi przegrodami, fig. 8 – pręt z przegrodami wyposażony w dodatkowe elementy zaburzające.

Przykład 1

Bioreaktor przedstawiony na fig. 1 zawiera płaszcz zewnętrzny 3, wewnątrz którego umieszczona jest osiowo pionowa cylindryczna przegroda 2 pełniąca rolę wymiennika ciepła. Do wewnętrznej powierzchni cylindrycznej przegrody 2 przymocowane są trwale, symetrycznie, naprzeciwko siebie, dwie przegrody 1, stanowiące parę, o kształcie wycinka pierścieniowego koła o kącie zbliżonym do 90° . Takie same dwie przegrody 1 przymocowane są trwale za pomocą łącznika 5 do pręta 4, usytuowanego w bioreaktorze osiowo. Poniżej pionowej cylindrycznej przegrody 2 umieszczone jest na wale obrotowym 7, wprowadzonym od dna bioreaktora, mieszadło obrotowe 6 wytwarzające przepływ osiowy płynu. W dolnej części, poniżej mieszadła obrotowego 6 znajduje się bełkotka 8 o kształcie pierścieniowym, za po-

mocą której dostarczany jest gaz do układu. Pionowa cylindryczna przegroda 2 napełniana jest czynnikiem termostatującym za pomocą króćca 10, a opróżniany za pomocą rury 11. W dolnej części aparatu zamontowany jest zawór spustowy 12.

Kształt i rozmieszczenie przegród 1 umożliwia przeprowadzenie bezkolizyjnego wprowadzenia pręta 4 połączonego z przegrodami 1 do wnętrza cylindrycznej przegrody 2 z przymocowanymi wewnątrz przegrodami 1 w taki sposób, że można uzyskać osiowe pokrycie przegród 1 lub jego brak i wówczas przegrody 1 tworzą pełny pierścień w poziomie. Obrót pręta 4 połączonego z przegrodami 1 umożliwia kontrolę wypadkowej powierzchni przegród 1 w płaszczyźnie prostopadłej do osi podłużnej aparatu.

Przykład 2

Bioreaktor przedstawiony na fig. 2 jak w przykładzie 1, z tym że ma dwanaście przegród na trzech poziomach, przy czym sześć przegród 1 przymocowanych jest trwale, symetrycznie, prostopadle do osi podłużnej bioreaktora, do cylindrycznej przegrody 2. Kolejnych sześć przegród 1 przymocowanych jest trwale za pomocą łącznika 5 do pręta 4, prostopadle do niego. Na każdym z trzech poziomów dwie przegrody 1 przymocowane są do cylindrycznej przegrody 2 i do pręta 4, natomiast łopatki na kolejnym poziomie obrócone są względem poprzedniego poziomu o kąt 90° . Rozmieszczenie przegród 1 przymocowanych do cylindrycznej przegrody 2 i do pręta 4, ich odległość i kąt obrotu jest taki sam. Umożliwia to przeprowadzenie bezkolizyjnego wprowadzenia pręta 4 do wnętrza cylindrycznej przegrody 2 w taki sposób, że można uzyskać osiowe pokrycie się wycinków pierścieniowych lub jego brak i wówczas przegrody 1 tworzą pełny pierścień na każdym poziomie. Obrót pręta 4 umożliwia kontrolę wypadkowej powierzchni przegród 1 w płaszczyźnie prostopadłej do osi podłużnej aparatu.

Przykład 3

Bioreaktor przedstawiony na fig. 6 jak w przykładzie 2, z tym że przegrody 1 są zamontowane z obrotem o kąt 30° względem osi podłużnej łącznika 5 łączącego przegrody 1 z prętem 4.

Przykład 4

Bioreaktor przedstawiony na fig. 7 jak w przykładzie 2, z tym że przegrody 1 są perforowane.

Przykład 5

Bioreaktor, jak w przykładzie 2, z tym że pręt 4, pokazany na fig. 8, ma dodatkowe elementy zaburzające 9 w kształcie bryły, która powstała w wyniku połączenia dwóch stożków ich podstawami. Tworząca obydwu stożków jest wklęsła. Elementy zaburzające 9 osadzone są bezpośrednio na pręcie 4, tak że wierzchołki stożków leżą w osi podłużnej pręta 4 i usytuowane są pod każdym poziomem przegród 1. Zadaniem elementów zaburzających 9 jest wytworzenie lokalnych pętli cyrkulacyjnych wzdłuż osi podłużnej bioreaktora.

Zastrzeżenia patentowe

1. Bioreaktor, zawierający płaszcz zewnętrzny, pionową cylindryczną przegrodę pełniącą rolę wymiennika ciepła, pręt połączony z przegrodami, mieszadło obrotowe, bełkotkę, króćce i zawory, **znamienny tym**, że ma co najmniej cztery przegrody (1) o kształcie stanowiącym wycinek pierścieniowy koła, rozmieszczone symetrycznie względem osi podłużnej bioreaktora, prostopadle do osi podłużnej bioreaktora lub zamontowane z obrotem o kąt 30° względem osi podłużnej łącznika (5) łączącego przegrody (1) z prętem (4), przy czym dwie przegrody (1) połączone są trwale z pionową cylindryczną przegrodą (2), pełniącą rolę wymiennika ciepła, umieszczoną wewnątrz płaszczu zewnętrznego (3), zaś kolejne dwie przegrody (1) połączone są trwale za pomocą łącznika (5) z prętem (4) zamontowanym w bioreaktorze osiowo, a poniżej cylindrycznej przegrody (2) jest, zamocowane na wale obrotowym (7), mieszadło obrotowe (6), poniżej którego znajduje się bełkotka (8), za pomocą której dostarczany jest gaz do układu.
2. Bioreaktor według zastrzeżenia 1, **znamienny tym**, że przegrody (1) są perforowane.
3. Bioreaktor według zastrzeżenia 1, **znamienny tym**, że na pręcie (4), pod przegrodami (1) zamocowany jest trwale co najmniej jeden element zaburzający (9), w kształcie bryły, która powstała w wyniku połączenia dwóch stożków ich podstawami.
4. Bioreaktor według zastrzeżenia 1, **znamienny tym**, że tworząca obydwu stożków jest wklęsła.
5. Bioreaktor według zastrzeżenia 1, **znamienny tym**, że pionowa cylindryczna przegroda (2) zamontowana jest w osi bioreaktora, a czynnik dostarczany do niej jest za pomocą króćca (10) i odbierany za pomocą rury (11).

Rysunki

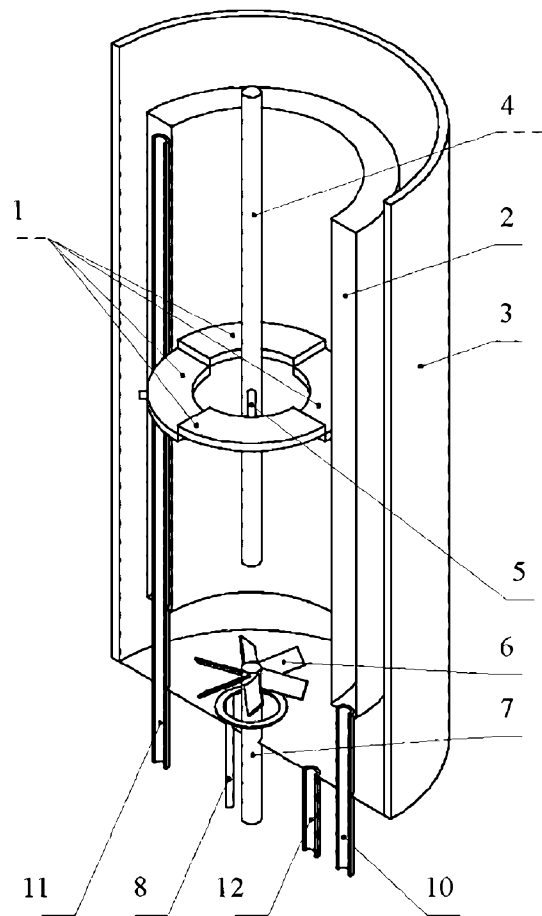


Fig. 1

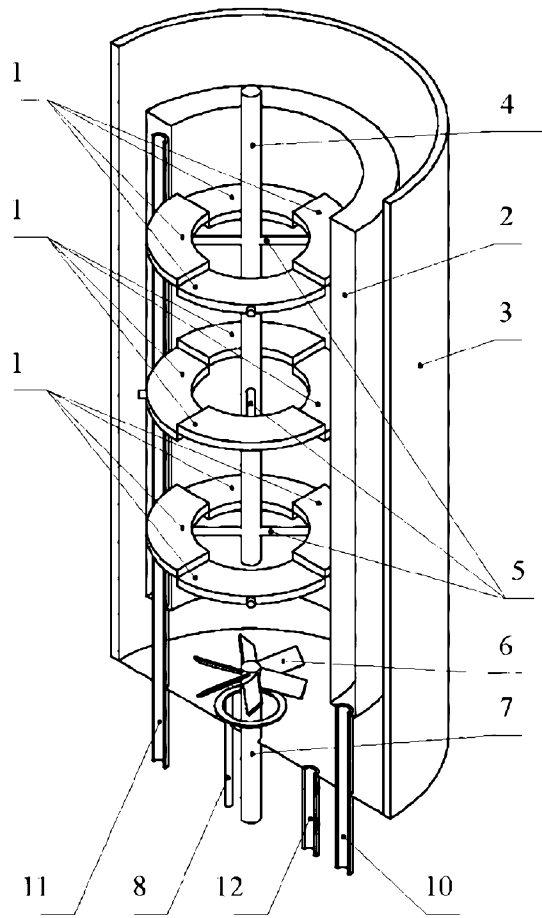


Fig. 2.

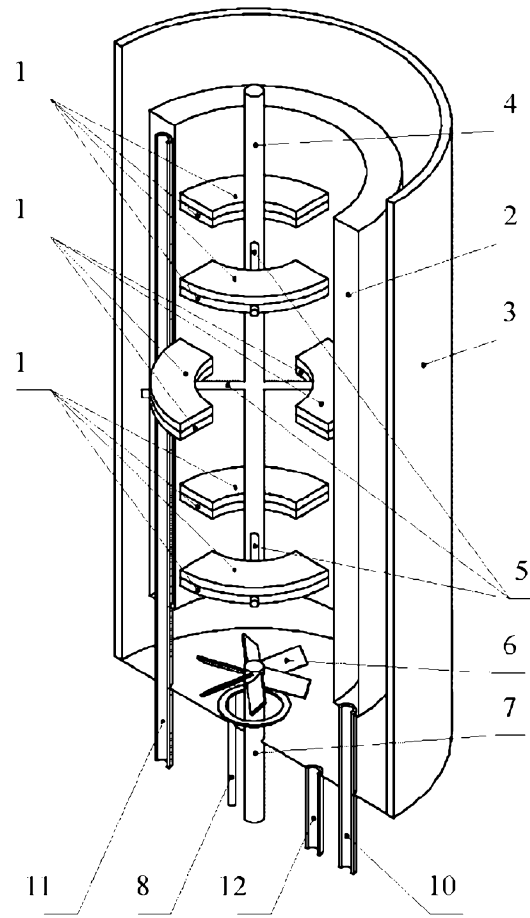


Fig. 3.

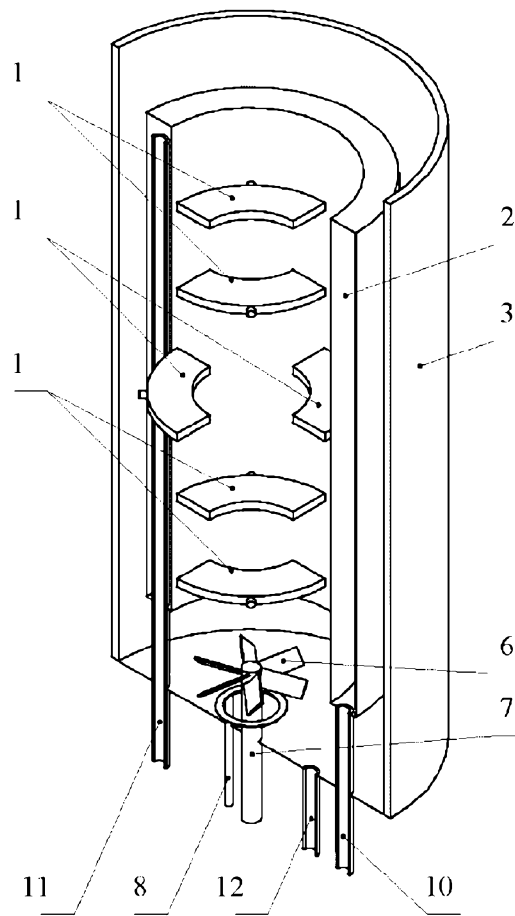


Fig. 4.

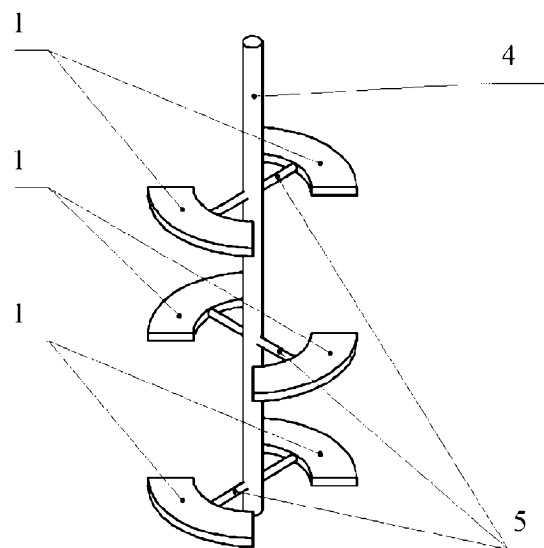


Fig. 5.

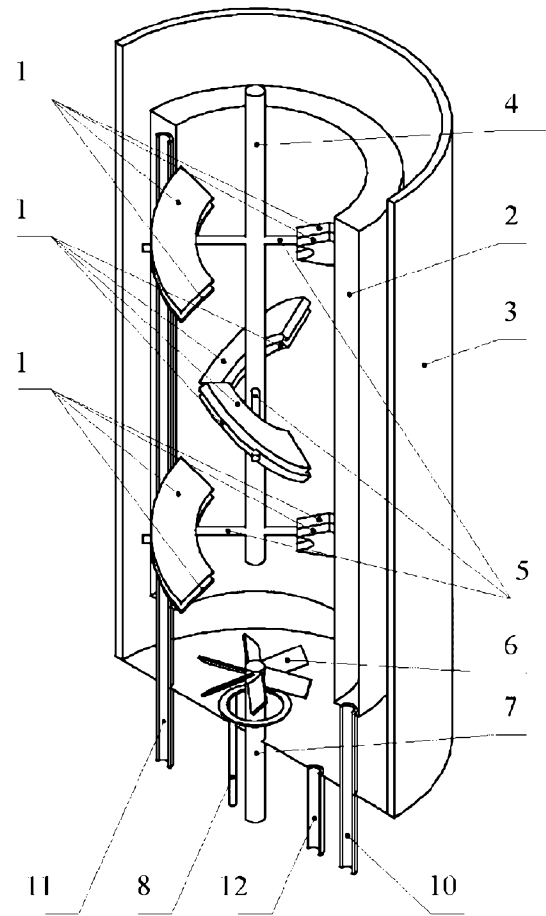


Fig. 6

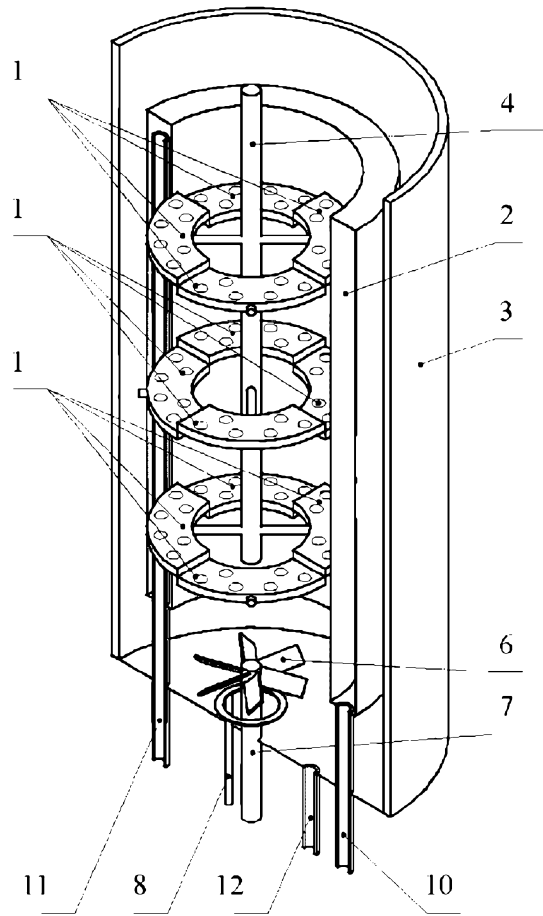


Fig. 7.

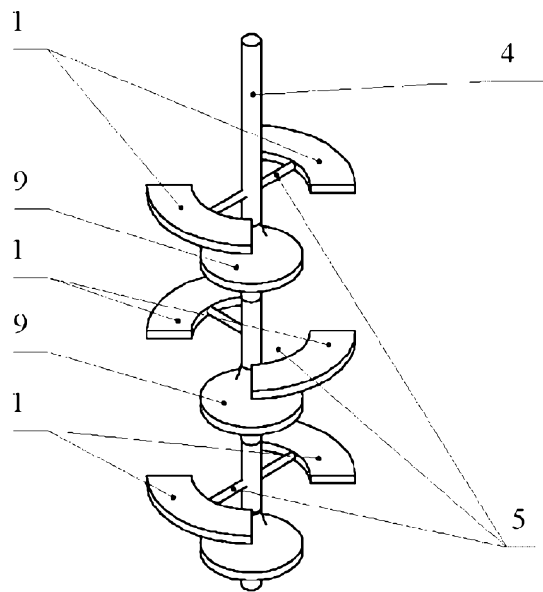


Fig. 8.