



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **122964** (13) **C2**  
(51) МПК (2021.01)  
**B01F 3/04** (2006.01)  
**C12M 1/00**

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО  
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ"

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД**

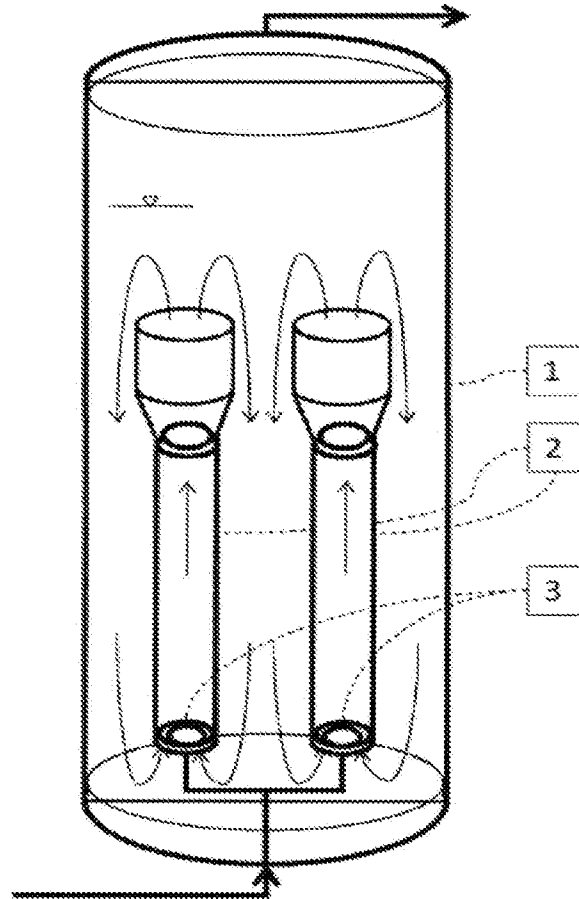
<p>(21) Номер заявки: <b>а 2017 04482</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>11.11.2015</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: <b>28.01.2021</b></p> <p>(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: <b>MI2014A001944</b></p> <p>(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: <b>12.11.2014</b></p> <p>(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку: <b>IT</b></p> <p>(41) Публікація відомостей про заявку: <b>28.08.2017, Бюл.№ 16</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: <b>27.01.2021, Бюл.№ 4</b></p> <p>(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ: <b>PCT/EP2015/076337, 11.11.2015</b></p>	<p>(72) Винахідник(и): <b>Ольдани Фабіо (IT)</b></p> <p>(73) Володілець (володільці): <b>ENI S.P.A.,</b> Piazzale Enrico Mattei, 1, I-00144 Roma, Italy (IT)</p> <p>(74) Представник: <b>Бочаров Максим Анатолійович, реєстр. №367</b></p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: WO 9217409 A1, 15.10.1992 GB 2037174 A, 09.07.1980 US 4504388 A, 12.03.1985 US 3628775 A, 21.12.1971</p>
--	--

**(54) РЕАКЦІЙНИЙ ПРИСТРІЙ З ВНУТРІШНЬОЮ ЦИРКУЛЯЦІЄЮ ЕРЛІФТНОГО ТИПУ**

**(57) Реферат:**

Даний винахід стосується реакційного пристрою з внутрішньою циркуляцією ерліфтного типу, який включає в себе: вертикальний циліндричний об'єм, декілька вертикальних елементів витяжної труби, розташованих в циліндричному об'ємі таким чином, щоб утворювати зазор зі стінками зазначеного об'єму, декілька газорозподільників, кожен з яких розташований у нижній частині зазначеного пристрою; зазначений пристрій характеризується тим, що кожний вертикальний внутрішній елемент має внутрішній діаметр, який збільшується вздовж його вертикальної осі, і співвідношення між загальною висотою реактивного пристрою та внутрішнім діаметром реактивного пристрою менше 1.

**UA 122964 C2**



Фиг. 1

## Опис

Даний винахід стосується реакційного пристрою з внутрішньою циркуляцією ерліфтного типу, який може застосовуватися для здійснення двофазної газорідинної та трифазної газо-адсорбційної рідинної реакції.

5 Зокрема, зазначений пристрій може застосовуватися для здійснення реакції ферментації аеробних мікроорганізмів, таких як наприклад дріжджі.

У даній патентній заявці, всі умови роботи, наведені в тексті даного документу слід вважати переважними умовами, навіть якщо вони чітко не заявлені.

10 Для цілей пояснення, термін "містить в собі" або "включає в себе" також включає в себе поняття "складається з" або "по-суті складається з".

Для цілей пояснення, якщо не зазначено інше, визначення діапазонів також включають в себе крайні значення.

15 Двофазні або трифазні реактори для ферментації є зазвичай барботажними реакторами або реакторами з мішалкою. Такі реактори є дещо неефективними та дорогими з енергетичної точки зору і, таким чином, їхнє застосування обмежене масштабом і типом реакції. Реактори внутрішньої циркуляції, загальновідомі як ерліфтни реактори, передбачають наявність трубчастого елемента, також відомого як витяжна труба, всередині барботажної колонки, який надає можливість рециркуляції рідкої фази, що в свою чергу покращує змішування та масопередачу з газоподібної фази у рідку фазу ("Biochemical Engineering Fundamentals"; J.E. Bailey, D.F. Ollis; McGraw-Hill; second edition; 1986).

20 Проте, звичайні ерліфтни реактори демонструють рециркуляцію рідини, наприклад, у витяжній трубі, що призводить до зниження затримки газоподібної фази в зоні, де відбувається зазначена рециркуляція.

25 Рішення, які були прийняті для зменшення такого явища, включають в себе багатоступінчасті реактори, які передбачають введення декількох трубчастих елементів (витяжних труб) як описується у W. Jianping, J. Xiaoqiang, P. Lei, W. Changlin, M. Guozhu; "Nitrifying Treatment of Wastewater from Fertilizer Production in a Multiple Air Lift Loop Bioreactor"; Biochem. Eng. J.; 25; [2005].

30 Патентна заявка США 2003/0147791 стосується реакторів з внутрішньою циркуляцією ерліфтного типу з декількома витяжними трубами, які застосовуються для здійснення двофазної газорідинної та багатофазної газо-адсорбційної рідинної реакції. У даній патентній заявці описується реактор, який може містити в собі декілька витяжних труб, які розташовані паралельно та сконфігуровані на множині ступенів послідовно. Кожна витяжна труба передбачає наявність газорозподільчої труби, розташованої у нижній частині витяжної труби, всередині або ззовні неї. Описаний реактор характеризується співвідношенням між висотою реактора і його внутрішнім діаметром, який знаходиться в діапазоні від 3 до 12, і співвідношенням між діаметром витяжної труби і внутрішнім діаметром реактора, який знаходиться в діапазоні від 0,4 до 0,9. Кількість витяжних труб може бути від 1 до 6. Нижня частина витяжної труби знаходиться на відстані від дна реактора, що знаходиться в діапазоні від 10 см до 100 см, а верхня частина витяжної труби знаходиться на відстані від 10 см до 200 см під поверхнею рідкої фази.

45 Біореакторами можуть бути барботажні колонки і, зокрема, ерліфтни реактори. При використанні для промислової ферментації вони повинні мати об'єм більше 1000 м<sup>3</sup> в зв'язку з дуже тривалим часом реакції (що приблизно дорівнює дням). Порівняно з барботажними колонками ерліфтни реактори надають можливість більшої однорідності системи в зв'язку з рециркуляцією рідини всередині таких реакторів. Цій рециркуляції сприяє збільшення висоти реактора. Проте, коли співвідношення між висотою і діаметром реактора більше 10, можуть проявлятися недоліки з економічної точки зору в зв'язку з вищими витратами на будівництво (більша кількість матеріалів) і енергію (споживання, пов'язане з перекачуванням повітря). Крім того, відомі труднощі у розподілі газу у підйомних трубах ерліфтних реакторів, побудованих в промисловому масштабі, де внутрішній діаметр реактора може становити 6 м (P. Wongsuchoto, P. Pavasant; "Internal Liquid Circulation in Annulus Sparged Internal Loop Airlift Contactors"; Chem. Eng. J.; 100; [2004]), в зв'язку з рециркуляцією рідини в підйомній трубі (R. Krishna, M.I. Urseanu, J.M. van Baten, J. Ellenberger; "Liquid Phase Dispersion in Bubble Columns Operating in the Churn-Turbulent Flow Regime"; Chem. Eng. J.; 78; [2000]).

55 Метою даного винаходу є, відповідно, покращення гідродинамічних характеристик реакційних пристроїв ерліфтного типу, що мають співвідношення між загальною висотою і внутрішнім діаметром пристрою менше 1, зокрема тих пристроїв, які застосовуються в промисловості.

Відповідно, заявником було винайдено реакційний пристрій ерліфтного типу, який містить в собі декілька вертикальних внутрішніх елементів, також відомих як витяжна труба, що має діаметр, який змінюється вздовж вертикальної осі зазначеного елемента. Зазначений пристрій може застосовуватися для здійснення газорідної або газо-адсорбційної рідинної реакції, і завдяки певним геометричним співвідношенням він надає можливість покращення однорідності фази та масопередачі.

Подальші цілі і переваги даного винаходу є більш очевидними з нижченаведеного опису та доданих фігур, які наведені виключно як необмежувальний приклад.

За даним винаходом, всі фігури 1-5 є переважними варіантами його здійснення.

На Фігурі 1 показаний реакційний пристрій ерліфтного типу з двома вертикальними елементами або витяжними трубами, де витяжні труби діють як підйомні труби (2), а об'єм реакційного пристрою функціонує як опускна камера (1). За цією конфігурацією, газова фаза розподіляється у кожній підйомній трубі (2) через розподільники (3).

На Фігурі 2 показаний реакційний пристрій ерліфтного типу з двома трубчастими елементами витяжної труби, де витяжні труби діють як опускні камери (2), а об'єм реакційного пристрою функціонує як підйомна труба (1). Газова фаза розподіляється в підйомній трубі (1) через розподільники (3).

На Фігурі 3 показаний переріз, ортогональний осі реакційного пристрою ерліфтного типу з чотирма трубчастими елементами витяжної труби.

На Фігурі 4 показані особливі геометричні форми витяжної труби із змінним діаметром по осі; зазначена витяжна труба включає в себе три частини: циліндричну частину з діаметром  $D1$  (2), частина у вигляді зрізаного конусу з діаметром  $D1 < D2$  (4) і циліндричну частину з діаметром  $D2$ . На Фігурі 5 показані деякі переважні конфігурації, позначені літерами (a), (b) та (c), що відповідно мають 1, 3 та 4 витяжні труби (6).

Детальний опис

В даному винаході пропонується реакційний пристрій з внутрішньою циркуляцією ерліфтного типу, який включає в себе:

- вертикальний циліндричний об'єм, що переважно може являти собою ємність або посудину,

- декілька вертикальних елементів, які позначаються в тексті даного документу як витяжна труба, розташовані в циліндричному об'ємі таким чином, щоб утворювати зазор зі стінками зазначеного об'єму,

- декілька газорозподільників, кожен з яких розташований у нижній частині зазначеного пристрою;

зазначений пристрій характеризується тим, що:

- кожний вертикальний внутрішній елемент має внутрішній діаметр, який збільшується вздовж його вертикальної осі, і

- співвідношення між загальною висотою реакційного пристрою та внутрішнім діаметром реакційного пристрою менше 1.

Вертикальний елемент всередині реакційного пристрою переважно утворений за допомогою трьох корпусів, двох циліндричних корпусів з різними діаметрами та корпусу у вигляді зрізаного конусу, які з'єднані один з одним таким чином, що другорядна основа зрізаного конусу збігається з однією з основ першого циліндричного корпусу, а головна основа зрізаного конусу збігається з однією з основ другого циліндричного корпусу.

Співвідношення між висотою зрізаного конусу у витяжній трубі та висотою самого пристрою з витяжною трубою переважно становить від 0,03 до 0,25. Що стосується корпусу у вигляді зрізаного конусу, кут, утворений за допомогою перетину між продовженням висоти зрізаного конусу та продовженням апофеми, переважно становить від  $15^\circ$  до  $30^\circ$ .

Зазначені геометричні форми витяжних труб надають можливість швидшої рециркуляції рідини всередині таких труб, забезпечуючи краще перемішування системи.

Співвідношення площі поперечного перерізу зазору і площі поперечного перерізу вертикального внутрішнього елемента переважно становить від 1 до 3.

Переважно, внутрішній діаметр реакційного пристрою має бути в 1,5-5 разів більший внутрішнього діаметра витяжних труб.

Реакційний пристрій, що описується в даному документі, більш переважно характеризується тим, що співвідношення площі поперечного перерізу зазору і площі поперечного перерізу вертикального внутрішнього елемента становить від 1 до 3, а співвідношення між висотою і внутрішнім діаметром реакційного пристрою менше 1.

За даним винаходом, витяжна труба являє собою елемент, розташований всередині реакційного пристрою, який поділяє зазначений пристрій на дві окремі зони шляхом створення

зазору між елементом або елементами за наявності декількох елементів, і стінками самого пристрою.

Витяжні труби являють собою вертикальні елементи з діаметром, який змінюється вздовж осі. Зокрема, враховуючи нижню основу реакційного пристрою, діаметр витяжної труби є меншим коло зазначеної основи реакційного пристрою і він збільшується вздовж вертикальної осі пристрою, збільшуючи відстань від зазначеної основи.

За даним винаходом, в реакційному пристрої може бути розташована множина витяжних труб відповідно до паралельної конфігурації.

Як показано на Фігурі 1, під час газорідної або газо-адсорбційної рідинної реакції потік газу, що вводиться за допомогою відповідних розподільників (3) в реакційний пристрій (1), відділяється від рідкої або твердо-рідкої фази завдяки внутрішньому елементу трубопроводу.

Під час подачі газу, в реакційному пристрої утворюються зони з різною щільністю в зв'язку з наявністю витяжних труб: зона з нижчою щільністю, де газ більш концентрований і вища зона, де він більш диспергований. Через цю різницю в щільності запускається циркуляція рідкої фази, яка має тенденцію рухатися вгору в зоні, де газ більш концентрований, причому зазначена зона відповідно позначена як підйомна труба, і, на відміну від спуску в зоні з нижчим вмістом диспергованого газу, зазначена зона відповідно позначається як опускна камера.

Потік газу також може йти іншим шляхом, як показано на Фігурі 2. У цьому випадку газ розподіляється поза витяжними трубами, і зазор між останніми і стінками реакційного пристрою відповідно являє собою підйомну трубу, а "витяжна труба" - опускна камеру.

Наявність множини витяжних труб всередині реакційного пристрою, коли співвідношення між площею підйомної труби і площею опускної камери становить від 1 до 3, і коли співвідношення між висотою і внутрішнім діаметром реакційного пристрою менше 1, призводить до більшої затримки газоподібної фази і більшої швидкості рециркуляції з подальшим збільшенням масопередачі.

Наявність множини трубчастих елементів витяжної труби всередині пристрою уможливорює отримання однорідної системи навіть зі співвідношенням (загальна висота реакційного пристрою)/(внутрішній діаметр реакційного пристрою) нижче 1. Таким чином, можна збільшити об'єм реакційного пристрою, тим самим покращуючи економічну ефективність системи (нижчі витрати на будівельні матеріали і нижчі витрати на перекачування газу при меншій висоті колонок) без зміни гідродинамічних характеристик системи. Нижче наведені деякі ілюстративні необмежувальні приклади винаходу, щоб допомогти зрозуміти даний винахід і його здійснення.

Приклад 1 за даним винаходом

Посилаючись на Фігуру 5, 20 Нм<sup>3</sup>/год. повітря подавали в ерліфтовий реактор з круглим поперечним перерізом, з внутрішнім діаметром 0,690 м і глибиною рідини 0,470 м. Випробовували від 1 до 4 витяжних труб на відстані 0,05 м від нижньої частини реактора. Повітря подавалося в окремі витяжні труби, які відповідно являють собою підйомні труби (6), тоді як зазор між витяжними трубами і стінкою реактора діє як опускна камера (1). Витяжні труби є трубами зі змінним поперечним перерізом загальною висотою 0,350 м. Кожна витяжна труба складається з першого циліндричного корпусу, корпусу у вигляді зрізаного конусу висотою 53 мм, з кутом, утвореним за допомогою перетину між продовженням висоти зрізаного конусу та продовженням апофеми, що дорівнює 20° та нижньої основи, яка збігається з однією з основ першого циліндричного корпусу і другого циліндричного корпусу, основа якого збігається з верхньою основою зрізаного конусу. Що стосується форми витяжних труб, показаних на Фігурі 4 та в трьох конфігураціях на Фігурі 5, в таблиці зазначені діаметри витяжних труб в трьох різних конфігураціях.

Таблиця

Фігура 5 конфігурація	Кількість витяжних труб	Нижчий діаметр, D1, Фігура 4	Верхній діаметр, D2, Фігура 4
a	1	0,398 м	0,437 м
b	3	0,230 м	0,269 м
c	4	0,199 м	0,238 м

У прикладі аналізувалися три конфігурації, які відповідно мають 1, 3 та 4 витяжні труби з діаметром, який надає можливість отримання співвідношення між площею поперечного перерізу зазору та площею поперечного перерізу внутрішніх елементів 2 в усіх трьох конфігураціях. В цих конфігураціях коефіцієнт масопередачі кисню збільшується від 115,2 л/год. з 1 витяжною трубою до 208,8 л/год. з 3 витяжними трубами та до 266,4 л/год. з 4 витяжними трубами.

Приклад 2 за даним винаходом

Повітря подавали у промисловий реактор для аеробної ферментації робочим об'ємом 1000 м<sup>3</sup>. Зазначений реактор складається з циліндричного корпусу діаметром 11,7 м та глибиною рідини 9,3 м (співвідношення загальна висота реактора/внутрішній діаметр реактора 0,8). Всередині реактора знаходиться одинарна витяжна труба загальною висотою 7,0 м та діаметром основи 5,8 м. "Витяжна труба" має геометрію, яка складається з першого геометричного корпусу діаметром 5,8 м, ємності у вигляді зрізаного конусу 1,1 м, апофеми (кута розширення) 20°, нижньої основи, яка збігається з однією з поверхонь першого циліндричного корпусу, та другого циліндричного корпусу, основа якого збігається з верхньою основою зрізаного конусу та має діаметр 6,6 м. До зазначеного реактора подавали 72 тон/год. повітря із встановленою потужністю компресора 26,7 мВт.

Порівняльний приклад 1

Досліджували ерліфтний реактор, який має такий самий об'єм, що і реактор, описаний в Прикладі даного винаходу 2, що застосовується як реактор для аеробної ферментації, який містить в собі одинарну витяжну трубу циліндричної геометрії з постійним поперечним перерізом та діаметром 5,8 м, де співвідношення загальна висота реактора/внутрішній діаметр реактора дорівнює 3. До зазначеного реактора подавали 72 тон/год. повітря із встановленою потужністю компресора 57,2 мВт.

Крім того, при однаковому робочому об'ємі, реактор зі співвідношенням загальна висота реактора/внутрішній діаметр реактора 0,8, що описується в Прикладі 2, надає можливість зниження на 10 % кількості матеріалу, необхідного для будівництва корпусу реактора.

#### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Реакційний пристрій з внутрішньою циркуляцією ерліфтного типу, який включає в себе: вертикальний циліндричний об'єм,

декілька вертикальних елементів витяжної труби, розташованих в циліндричному об'ємі таким чином, щоб утворювати зазор зі стінками зазначеного об'єму,

декілька газорозподільників, кожен з яких розташований у нижній частині зазначеного пристрою, який **відрізняється** тим, що

кожний вертикальний внутрішній елемент має внутрішній діаметр, який збільшується вздовж його вертикальної осі, і

співвідношення між загальною висотою реакційного пристрою та внутрішнім діаметром реакційного пристрою менше 1, і

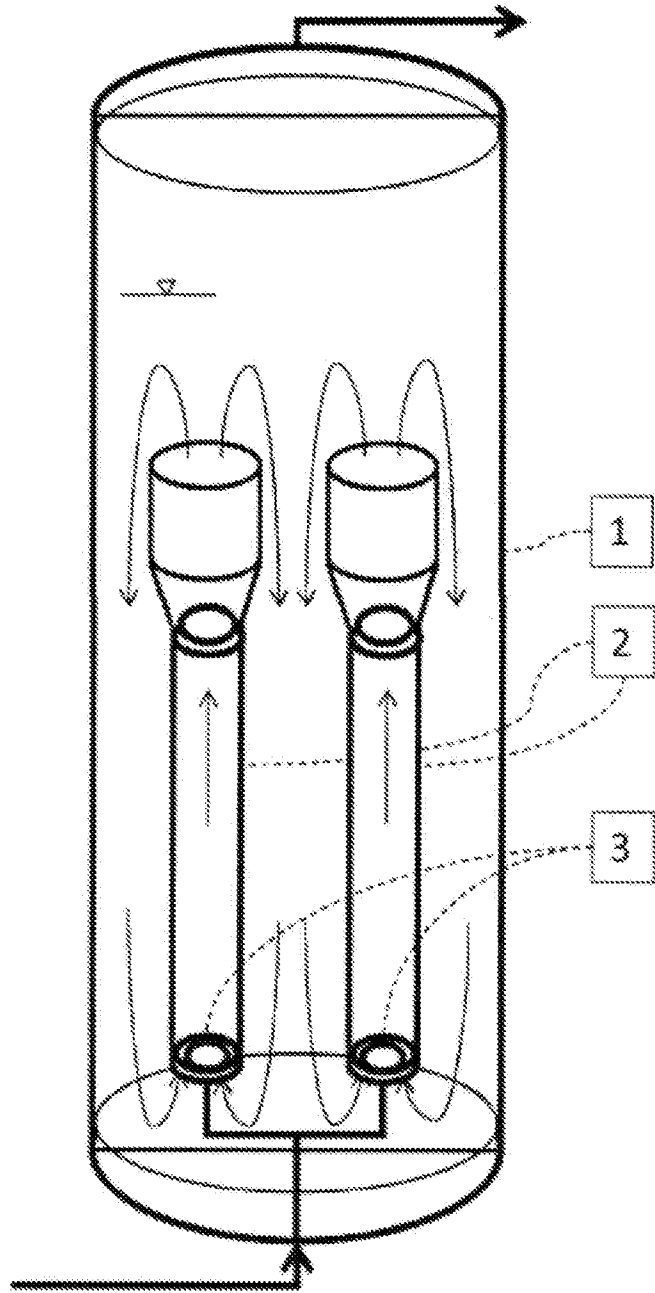
співвідношення між площею поперечного перерізу зазору та площею поперечного перерізу вертикального внутрішнього елемента становить від 1 до 3.

2. Пристрій за п. 1, де вертикальний елемент всередині реакційного пристрою переважно утворений за допомогою трьох корпусів, двох циліндричних корпусів з різними діаметрами та корпусу у вигляді зрізаного конуса, які з'єднані один з одним таким чином, що другорядна основа зрізаного конуса збігається з однією з основ першого циліндричного корпусу, а головна основа зрізаного конуса збігається з однією з основ другого циліндричного корпусу.

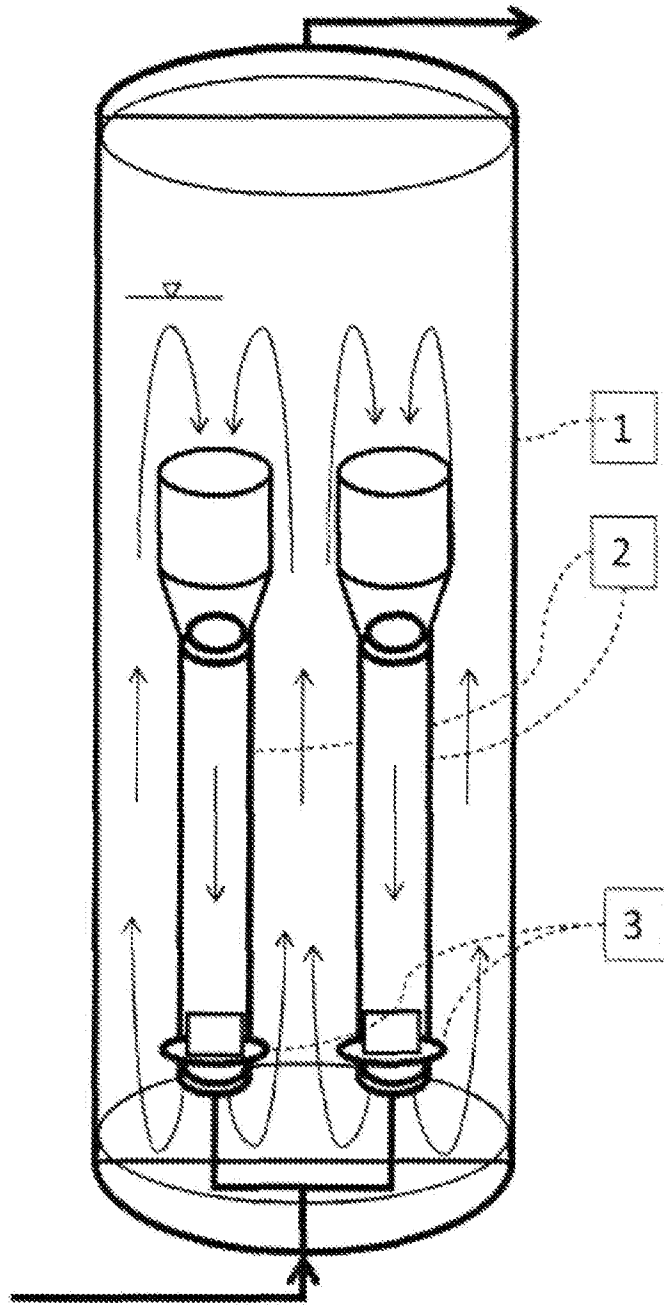
3. Пристрій за п. 2, де співвідношення між висотою зрізаного конуса у витяжній трубі та висотою самого пристрою з витяжною трубою становить від 0,03 до 0,25.

4. Пристрій за п. 2 або 3, де кут відносно корпусу у вигляді зрізаного конуса, який утворюється за допомогою перетину між продовженням висоти зрізаного конуса та продовженням апофеми, становить від 15° до 30°.

5. Пристрій за будь-яким з пп. 1-4, де внутрішній діаметр реакційного пристрою в 1,5-5 разів більший внутрішнього діаметра витяжної труби.



Фиг. 1



Фиг. 2

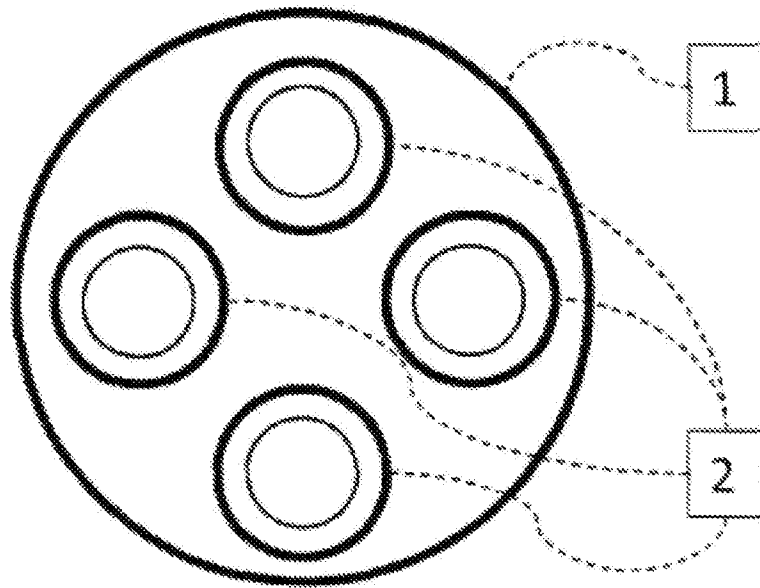


Fig. 3

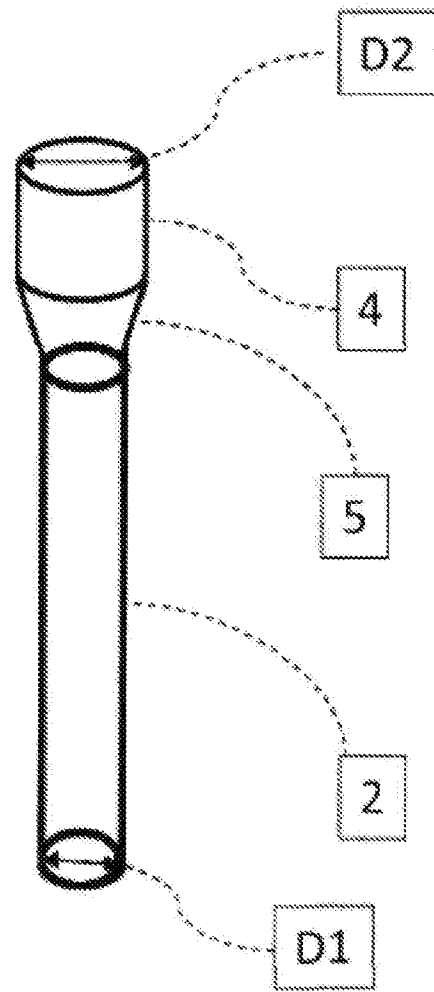
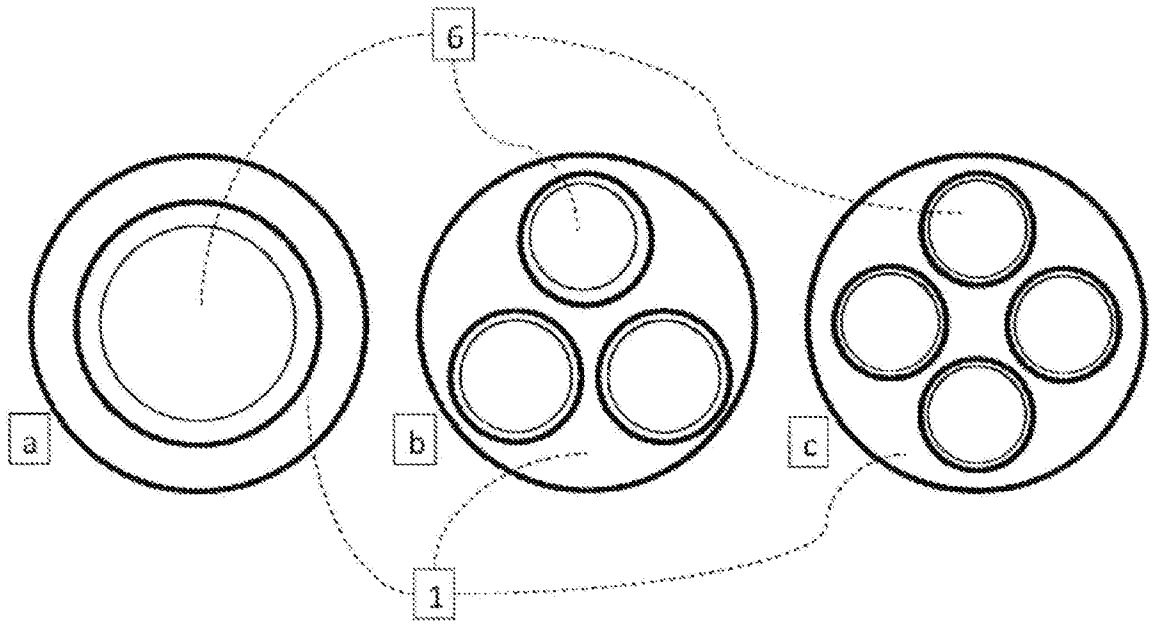


Fig. 4



Фиг. 5