



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **120561** (13) **C2**
(51) МПК

B01F 5/20 (2006.01)

A23L 2/54 (2006.01)

B05B 1/34 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ
ЕКОНОМІКИ, ТОРГІВЛІ ТА
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(21) Номер заявки: **а 2018 05806**

(22) Дата подання заявки: **24.05.2018**

(24) Дата, з якої є чинними
права на винахід: **26.12.2019**

(41) Публікація відомостей
про заявку: **12.11.2018, Бюл.№ 21**

(46) Публікація відомостей
про видачу патенту: **26.12.2019, Бюл.№ 24**

(72) Винахідник(и):

**Марценюк Олександр Степанович (UA),
Пастушенко Ігор Миколайович (UA)**

(73) Власник(и):

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ,**

вул. Володимирська, 68, м. Київ-33, 01601
(UA)

(56) Перелік документів, взятих до уваги
експертизою:

GB 2189170 A, 21.10.1987

RU 2298430 C1, 10.05.2007

FR 2758476 A1, 24.07.1998

UA 104078 C2, 25.12.2013

US 2004217491 A1, 04.11.2004

SU 808112 A1, 28.02.1981

SU 1171078 A1, 07.08.1985

UA 105551 C2, 26.05.2014

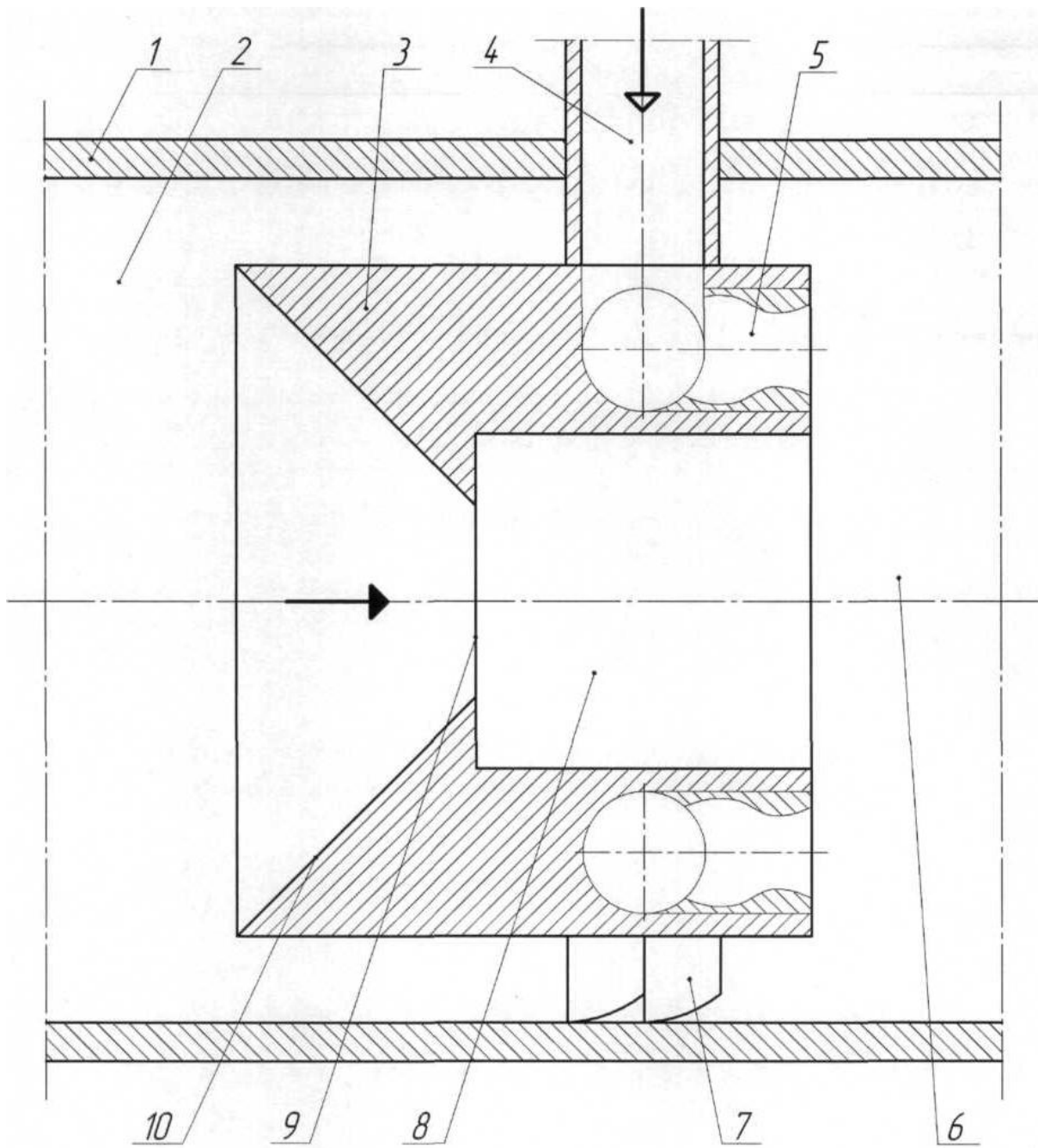
UA 88732 C2, 10.11.2009

(54) КАВІТАЦІЙНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ АБСОРБЦІЇ ВАЖКОРОЗЧИННИХ ГАЗІВ

(57) Реферат:

Винахід належить до гідродинамічних кавітаторів, які використовуються для абсорбції газів у харчовій, фармацевтичній, мікробіологічній та хімічній промисловості. Заявлений кавітаційний пристрій для абсорбції важкорозчинних газів містить статичний корпус із входним конфузоровим, в корпусі розміщені камера розширення, вихідний отвір та система каналів для введення газової фази, при цьому на зовнішній поверхні корпусу встановлені нерухомі лопаті, які розміщені під кутом до напрямку руху потоку. При цьому горловина конфузора входить у камеру розширення циліндричної форми, діаметр якої в 1,4...1,75 рази перевищує діаметр горловини конфузора. Довжина камери розширення сумірна з її діаметром. Система каналів для підведення газу закінчена циліндричним соплом у вигляді щілини зі звуженнями і розширеннями. Винахід полягає у можливості інтенсифікації процесу абсорбції важкорозчинних газів внаслідок створення оптимальних умов для розвитку кавітаційних ефектів, що призводить до збільшення поверхні контакту рідкої і газової фаз, підвищення коефіцієнта масопередачі та більш раціонального використання кінетичної енергії потоку.

UA 120561 C2



Фиг. 1

Винахід відноситься до гідродинамічних кавітаторів, які використовуються для абсорбції газів у харчовій, фармацевтичній, мікробіологічній та хімічній промисловості.

Відомий кавітаційний пристрій - кавітаційне сопло, яке включає вхідну частину, перехідний конфузур та вузьку частину (камеру розширення), при цьому довжина вузької частини вибрана із співвідношення $l/d=0,9 \dots 1,2$, де l - довжина вузької частини сопла; d - діаметр сопла, м. [Патент UA № 105551 України, МПК B01B 1/00, B01F 5/00, B06B 1/20. Кавітаційне сопло / Анісімов В. В., Єрмаков П. П. Заявл. 19.07.2012; опубл. 26.05.2014, Бюл. № 10/2014].

Також відомий кавітаційний пристрій - кавітаційне сопло, яке складається з вхідної частини, перехідного конфузур і вузької частини, при цьому діаметр вузької частини сопла більший від вихідного діаметра перехідного конфузур в $1,05 \dots 2,0$ рази [Патент UA № 104078 України, МПК B05B 1/02, B01F 5/00. Кавітаційне сопло / Анісімов В. В., Єрмаков П. П. Заявл. 20.08.2012; опубл. 25.12.2013, Бюл. № 24/2013].

Недоліками відомих пристроїв є неможливість їх використання для абсорбції газів.

Найбільш близьким до винаходу є пристрій для насичення безалкогольних напоїв діоксидом вуглецю - гідродинамічний кавітаційний пристрій зі статичним кавітатором, який складається з корпусу, фланців, статичного кавітатора з форсунками для введення діоксиду вуглецю, розташованих рівномірно по колу з торця кавітатора, а на зовнішній поверхні втулки встановлені лопаті під кутом $30 \dots 45^\circ$ до напрямку потоку в кількості $4 \dots 12$ шт. [Патент UA № 88732 України, МПК A23L 2/00. Пристрій для насичення безалкогольних напоїв діоксидом вуглецю / Петрікей Р. В., Прохоров О. М. Заявл. 23.04.2008; опубл. 10.11.2009, Бюл. № 21/2009].

Недоліком найближчого аналога є недостатня інтенсивність контакту фаз для проведення процесу абсорбції важкорозчинних газів, обумовлена формою кавітаційного пристрою та відсутністю оптимальних співвідношень щодо виконання звуженої частини сопла.

В основу винаходу поставлена задача розробити гідродинамічний кавітатор, який забезпечував би найбільшу інтенсивність абсорбції важкорозчинних газів за допомогою удосконалення його форми і визначення оптимальних розмірів звуженої частини.

Поставлена задача вирішується тим, що у відомому кавітаційному пристрої, який включає статичний корпус із вхідним конфузуром і вихідним отвором, канали для введення газової фази та встановлені на зовнішній поверхні під кутом до напрямку руху потоку нерухомі лопаті, згідно з винаходом, горловина конфузур входить у камеру розширення циліндричної форми, діаметр якої d в $1,4 \dots 1,75$ рази перевищує діаметр горловини d_f конфузур, довжина камери розширення сумірна з її діаметром, а система каналів для підведення газу закінчується циліндричним соплом у вигляді щілини зі звуженнями і розширеннями.

Причинно-наслідковий зв'язок між запропонованими ознаками і очікуваним результатом наступний.

Вхід горловини конфузур у камеру розширення більшого діаметра сприяє завихрюванню потоку і створенню додаткових пульсацій, які підвищують інтенсивність кавітації. Внаслідок стрибкоподібної зміни діаметрів струмів рідини після виходу з горловини конфузур деякий час рухається не торкаючись стінок камери розширення, що супроводжується зменшенням втрат енергії на тертя і сприяє більш інтенсивній кавітації (див. Патент України № 104078). Коли діаметр розширення менш ніж в $1,4$ рази перевищує діаметр горловини конфузур перепад діаметрів невеликий і спостерігається незначне підвищення інтенсивності кавітації.

Зі зростанням діаметра камери розширення відносно діаметра горловини конфузур інтенсивність кавітації спочатку підвищується, досягає певного максимального значення, а потім знижується. Камера розширення стримує потік від занадто швидкого розширення у радіальному напрямку, чим сприяє утворенню каверни оптимального розміру і підвищеної інтенсивності. При занадто великому діаметрі камери розширення її вплив на потік знижується і вона втрачає своє значення. Зниження інтенсивності кавітаційної дії на середовище спостерігається тоді, коли діаметр камери розширення d починає перевищувати діаметр горловини конфузур d_f більше, ніж у $1,75$ разу. Таким чином, оптимальними межами співвідношення є $d=(1,4 \dots 1,75)d_f$.

Довжина камери розширення сумірна з її діаметром виходячи з вимоги, щоб кавітаційні бульбашки на виході з камери розширення встигали сформуватись і вирости до максимально можливого розміру, але не почали захлопуватись уже в камері розширення (див. Патент України № 105551). Це співвідношення підтверджено експериментально у Патенті України № 105551 для вузької частини сопла і залишається чинним для камери розширення за умови дотримання залежності $d=(1,4 \dots 1,75)d_f$.

Закінчення системи каналів для підведення газу у вигляді щілинного циліндричного сопла замість використання окремих сопл дозволяє створити суцільний прошарок газу навколо центральної каверни, а звуження і розширення виходу із сопла сприяють створенню пульсуючих вихрових каверн навколо центральної каверни. Взаємодія вихрових каверн із

центральною каверною підвищує енергетичний потенціал кавітації і сприяє інтенсивнішому контактуванню газової фази з рідкою.

Сукупність запропонованих ознак дозволяє забезпечити у повному об'ємі очікуваний технічний результат.

5 Суть конструкції запропонованого кавітаційного пристрою для абсорбції важкорозчинних газів пояснюється фіг. 1.

У вхідній частині 2 технологічного трубопроводу 1 встановлено кавітаційний пристрій (надалі - кавітатор), у статичному корпусі 3 якого розміщена труба 4 з системою каналів для підведення газу, яка закінчується циліндричним соплом 5 у вигляді щілини зі звуженнями і розширеннями у зоні виходу газу із сопла у камеру змішування 6. На зовнішній поверхні корпусу кавітатора розміщені лопаті 7, а у центральній частині корпусу кавітатора виконано проточний канал з конфузуром 10, горловина якого 9 уступом переходить у камеру розширення 8.

Пристрій працює наступним чином.

15 Потік технологічної рідини під тиском через вхідну частину 2 трубопроводу 1 натікає на кавітатор 3, який створює кавітаційну каверну, що розширюється спочатку у камері розширення 8, а потім збільшується і згодом руйнується у камері змішування 6, розміщеній за кавітатором. Кавітатор розділяє рідину на дві частини: внутрішню і зовнішню. Внутрішня частина потоку проходить через вхідний конфузур 10, звужується і набуває більшої швидкості, ніж зовнішня частина потоку, яка обтікає кавітатор і закручується лопатями 7.

20 Внутрішня частина рідкого потоку набуває найбільшої швидкості у горловині 9 вхідного конфузора 10. Внаслідок збільшення швидкості тиск у рідині зменшується до розрідження і на вході у камеру розширення 6 утворюються кавітаційні бульбашки, збільшення кількості яких приводить до поступового утворення кавітаційної каверни по ходу руху рідини у камері розширення. Внаслідок стрибкоподібного переходу горловини конфузора у камеру розширення внутрішній потік завихрюється закрутками уступу горловини, відривається від стінок і деякий час рухається не торкаючись стінок камери розширення. Це приводить до зменшення втрат енергії на тертя на цій ділянці руху і, як наслідок, до більш повного перетворення кінетичної енергії руху в енергію, що виділяється під час кавітації. Одночасно у центрі цього ж потоку рухається кавітаційна каверна, яка поступово розширюється до певного діаметра, меншого від діаметра камери розширення - див. фіг. 2.

Після виходу з камери розширення 8 у камеру змішування 6 внутрішній потік і каверна всередині потоку розширюється, каверна ще деякий час продовжує розростатись, а потім розпадається. На виході з камери розширення потік додатково завихрюється.

35 У зоні камери змішування 6, що прилягає до кавітатора, внутрішній потік об'єднується з зовнішньою частиною потоку, яка пройшла крізь лопаті 7, розташовані на зовнішній поверхні кавітатора і набула обертально-поступального руху. Між обома потоками утворюється область зниженого тиску, у яку засмоктується газ, що подається через циліндричне сопло 5. Інтенсивне перемішування потоків газу з обома рідкими потоками сприяє початку розчинення газу на цій ділянці руху.

40 На торцевій поверхні тіла кавітатора з боку камери змішування, де обидва потоки входять у камеру змішування, відбувається відрив потоків від кавітатора і утворюються вихрові каверни. Створення вихрових каверн навколо центральної каверни інтенсифікується струменями газу, які виходять із циліндричного сопла. Звуження і розширення вихідного отвору сопла сприяють утворенню нерівномірних пульсуючих струменів газу, з яких формуються розрізнені вихрові каверни різної інтенсивності.

45 На відміну від центральної досить упорядкованої каверни, яка переміщується у центрі потоку, супутні бічні вихрові каверни мають більшу тривалість існування, оскільки створений ними момент кількості руху зберігається навіть тоді, коли маса середовища вже перемістилась у зону підвищеного тиску [Кавітаційні пристрої в харчовій, переробній та фармацевтичній промисловості / О. А. Литвиненко, О. І. Некоз, П. М. Немирович, З. Кондрат. - К.: РВЦ УДУХТ. 1999. - 87 с. С. 41]. Швидкість розпаду вихрових каверн і пульсуючі тиски при їх захопленні менші, ніж у центральній каверні.

Видовжена центральна каверна взаємодіє з вихровими кавернами, внаслідок чого сумарний енергетичний потенціал кавітаційного поля підвищується до оптимальних значень, які відповідають інтенсивній абсорбції газу.

55 Пульсації газового потоку, внаслідок його виходу через сопло у вигляді щілини зі звуженнями і розширеннями, і пульсації вихрових каверн накладаються на технологічний потік і підвищують інтенсивність кавітації. У розробленій конструкції внаслідок взаємодії вихрових каверн з центральною каверною відбувається синхронізація коливань хвостової частини каверни з коливаннями газової фази, створюваними під час виходу газу із сопла. Внаслідок

цього концентрація кавітаційних бульбашок в одиниці об'єму каверни збільшується і рідина краще насичується газом.

Струмені потоку, що утворюються при руйнуванні кавітаційної каверни сприяють перемішуванню і перерозподілу розчиненого газу, а полічастотні хвилі тиску, що утворюються при захопуванні кавітаційних бульбашок, чинять додатковий перемішувальний вплив.

Кавітаційна зона (фіг. 2), яка складається з інтенсивно взаємодіючих вихрових каверн, центральної каверни і струменів газу, обмежується закрученою лопатями кавітатора частиною потоку, яка відцентровою силою притискується до стінок трубопроводу і не допускає розширення до стінок вихрових каверн, зменшуючи витрати енергії на тертя зі стінками. Разом з цим закручена частина зовнішнього потоку продовжує рухатись поступально в турбулентному режимі, перемішується з центральною частиною потоку, сприяючи розчиненню газу в усьому об'ємі потоку.

Найбільший технологічний ефект абсорбції газу забезпечується такою організацією кавітаційної зони, коли каверна зароджується і виростає до певного розміру у камері розширення, а потім швидко збільшується у камері змішування. Для забезпечення початкової стадії утворення каверни і її росту у камері розширення слід дотримуватись відношення діаметрів горловини конфузора d_r і діаметра камери розширення d у межах $d=(1,4...1,75)d_r$.

Підтвердженням справедливості цього відношення є показана на фіг. 3 зміна концентрацій поглинутого мінеральною водою діоксиду вуглецю при різних відношеннях діаметрів камери розширення d до діаметра горловини d_r конфузора. Інтенсивність кавітаційного поля, тобто сумарний вплив інтенсивності імпульсів тиску і щільності їх утворення при захопуванні кавітаційних бульбашок, оцінювали за значеннями концентрації діоксиду вуглецю після проходження мінеральної води через кавітаційний пристрій, горловина конфузора якого дорівнювала $d_r=10$ мм. Відношення d/d_r змінювали за рахунок зміни діаметра камери розширення d , витримуючи у досліді довжину камери розширення 1 рівною її діаметру $1/d=1,0$. Приведена на фіг. 3 залежність підтверджує правильність вибору діапазону $d=(1,4...1,75)d_r$.

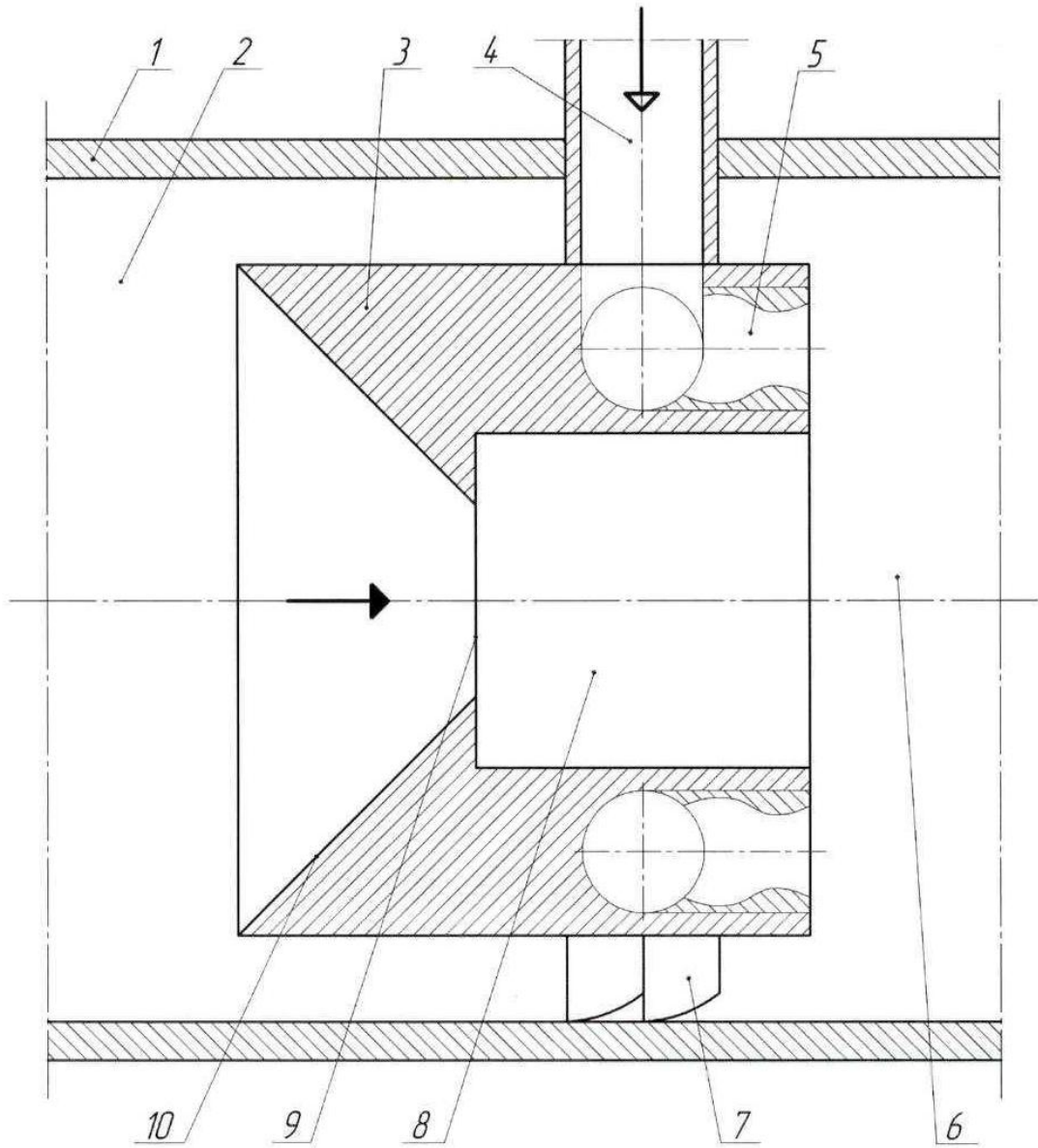
Запропонований винахід призначений для інтенсифікації процесу абсорбції важкорозчинних газів у харчових, мікробіологічних, фармацевтичних та хімічних виробництвах, а також для прискорення хімічних реакцій за участі газової фази. Винахід може бути використаний для інтенсифікації процесів емульгування, диспергування, стабілізації емульсій і суспензій у рідких середовищах без участі газової фази - у цьому випадку у запропонованому кавітаційному пристрої не виконується або не використовується система для підведення газу.

Отримуваний технічний результат полягає в можливості інтенсифікації процесу абсорбції важкорозчинних газів внаслідок створення оптимальних умов для розвитку кавітаційних ефектів, що призводить до збільшення поверхні контакту рідкої і газової фаз, підвищення коефіцієнта масопередачі та більш раціонального використання кінетичної енергії потоку.

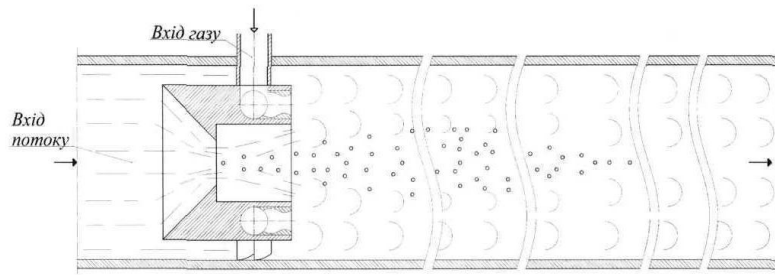
ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Кавітаційний пристрій для абсорбції важкорозчинних газів, що містить статичний корпус із вхідним конфузоровим, в корпусі розміщені камера розширення, вихідний отвір та система каналів для введення газової фази, при цьому на зовнішній поверхні корпусу встановлені нерухомі лопаті, які розміщені під кутом до напрямку руху потоку, який **відрізняється** тим, що горловина конфузора входить у камеру розширення циліндричної форми, діаметр якої в 1,4...1,75 рази перевищує діаметр горловини конфузора, довжина камери розширення сумірна з її діаметром, а система каналів для підведення газу закінчена циліндричним соплом у вигляді щілини зі звуженнями і розширеннями.

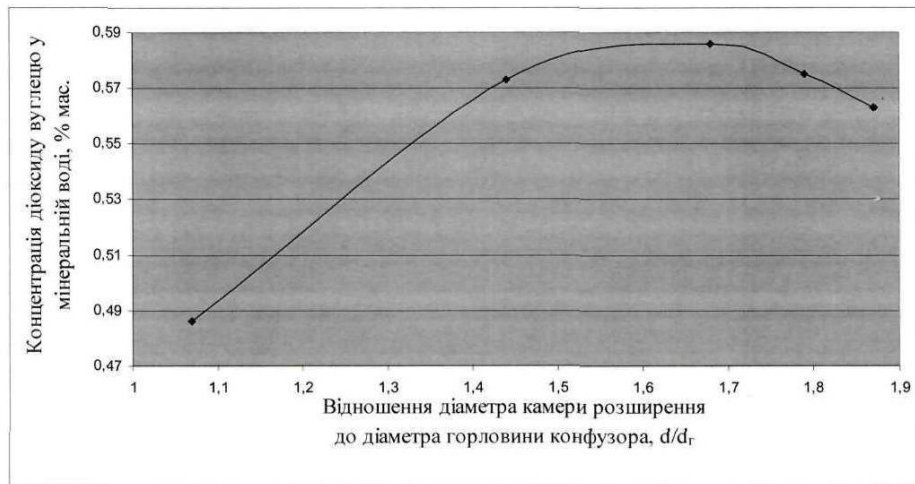
**КАВІТАЦІЙНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ АБСОРБЦІЇ ВАЖКОРОЗЧИННИХ
ГАЗІВ**



Фіг. 1. Кавітаційний пристрій.



Фіг. 2. Схема механізму дії кавітатора.



Фіг. 3. Залежність концентрації діоксиду вуглецю у мінеральній воді від відношення діаметра камери розширення до діаметра горловини конфузора.

Комп'ютерна верстка І. Скворцова

Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України,
вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

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