



МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **129804** (13) **U**
(51) МПК
B01F 5/20 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

<p>(21) Номер заявки: u 2018 05808</p> <p>(22) Дата подання заявки: 24.05.2018</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 12.11.2018</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 12.11.2018, Бюл.№ 21</p>	<p>(72) Винахідник(и): Марценюк Олександр Степанович (UA), Пастушенко Ігор Миколайович (UA)</p> <p>(73) Власник(и): НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ, вул. Володимирська, 68, м. Київ-33, 01601 (UA)</p>
--	--

(54) КАВІТАЦІЙНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ АБСОРБЦІЇ ВАЖКОРОЗЧИННИХ ГАЗІВ

(57) Реферат:

Кавітаційний пристрій для абсорбції важкорозчинних газів включає статичний корпус із вхідним конфузором, камерою розширення і вихідним отвором, канали для введення газової фази та встановлені на зовнішній поверхні під кутом до напрямку руху потоку нерухомі лопаті. Горловина конфузора входить у камеру розширення циліндричної форми, діаметр якої в 1,4...1,75 разу перевищує діаметр горловини конфузора, довжина камери розширення сумірна з її діаметром, а система каналів для підведення газу закінчується циліндричним соплом у вигляді щілини зі звуженнями і розширеннями.

UA 129804 U

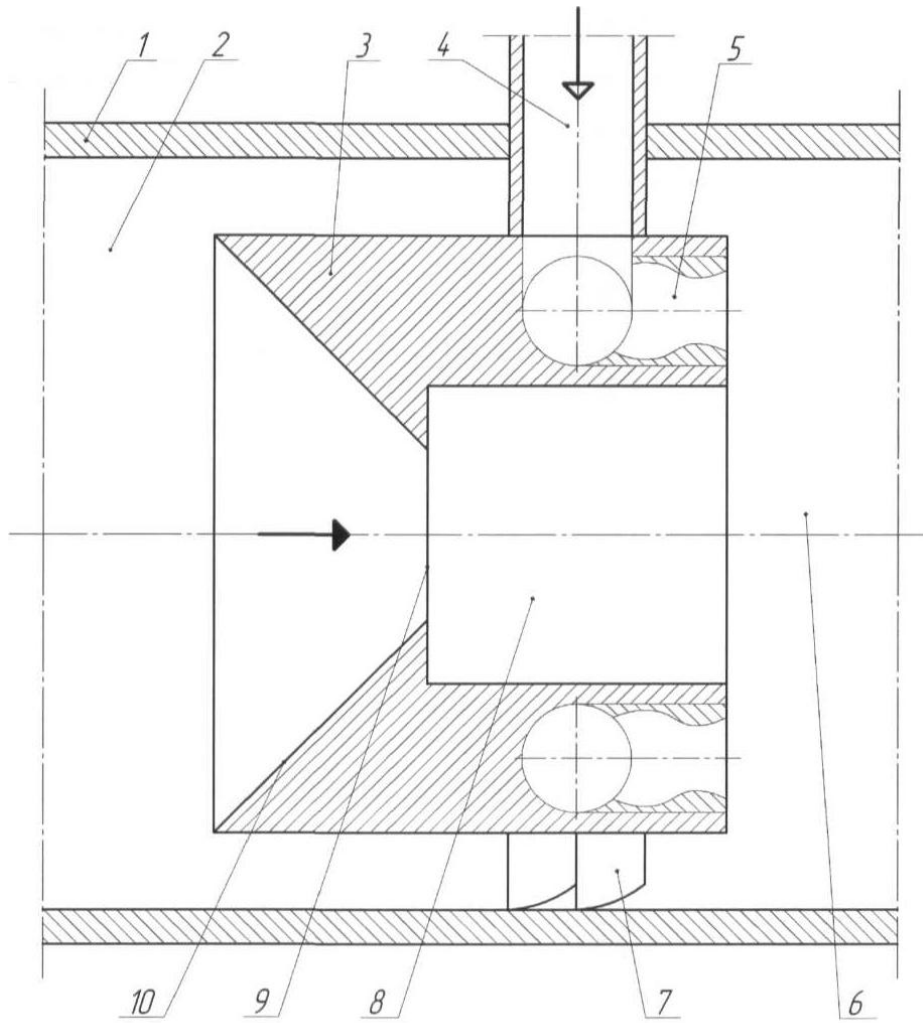


Fig. 1

Корисна модель належить 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 $l/d=0,9...1,2$, 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 $1,05...2,0$ 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 корисної моделі 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 $30...45^\circ$ до напрямку потоку в кількості $4...12$ 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 корисної моделі 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 корисною моделлю, горловина конфузур входить у камеру розширення циліндричної форми, діаметр якої d в $1,4...1,75$ 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 струмінь 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 менше 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 $d=(1,4...1,75)d_f$.

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 $d=(1,4...1,75)d_f$.

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 статичний гідродинамічний кавітатор, у корпусі 3 якого розміщена труба 4 з системою каналів для підведення газу, яка закінчується циліндричним соплом 5 зі звуженнями і розширеннями у зоні виходу газу із сопла у камеру змішування 6. На зовнішній поверхні кавітатора розміщені лопаті 7, а у центральній частині кавітатора виконано проточний канал з конфузором 10, горловина якого 9 уступом переходить у проточну камеру 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 конфузор 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 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 заутками 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 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.

5 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.

10 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.

15 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_f і діаметра камери розширення d у межах $d=(1,4\dots 1,75)d_f$.

20 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_f 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 $d_f=10$ мм. Відношення d/d_f змінювали за рахунок зміни діаметра камери розширення d , витримуючи у досліді довжину камери розширення 1 рівною її діаметру $l/d=1,0$. Приведена на фіг. 3 залежність підтверджує правильність вибору діапазону $d=(1,4\dots 1,75)d_f$.

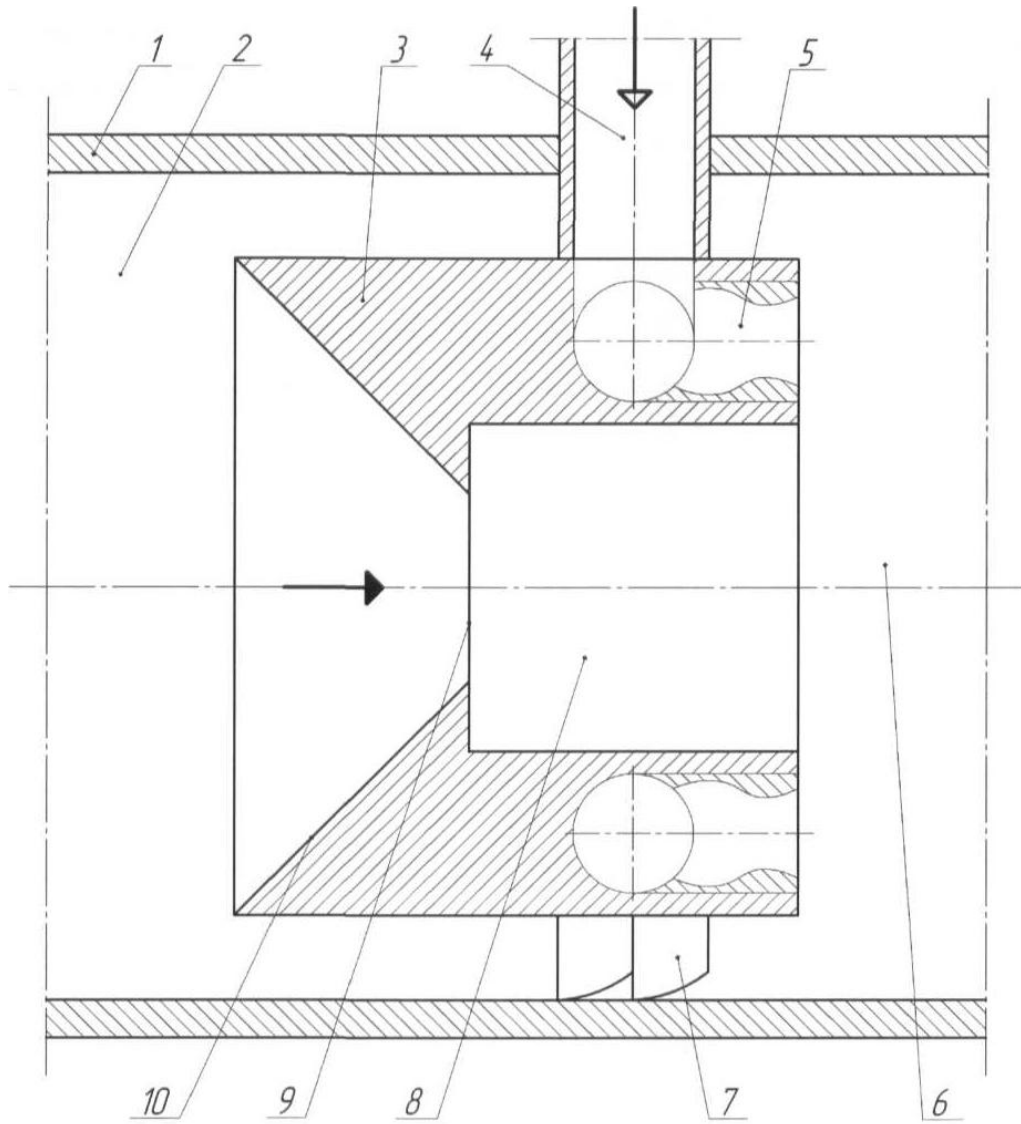
25 Запропонована корисна модель призначена для інтенсифікації процесу абсорбції важкорозчинних газів у харчових, мікробіологічних, фармацевтичних та хімічних виробництвах, а також для прискорення хімічних реакцій з участю газової фази. Корисна модель може бути використана для інтенсифікації процесів 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.

35 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.

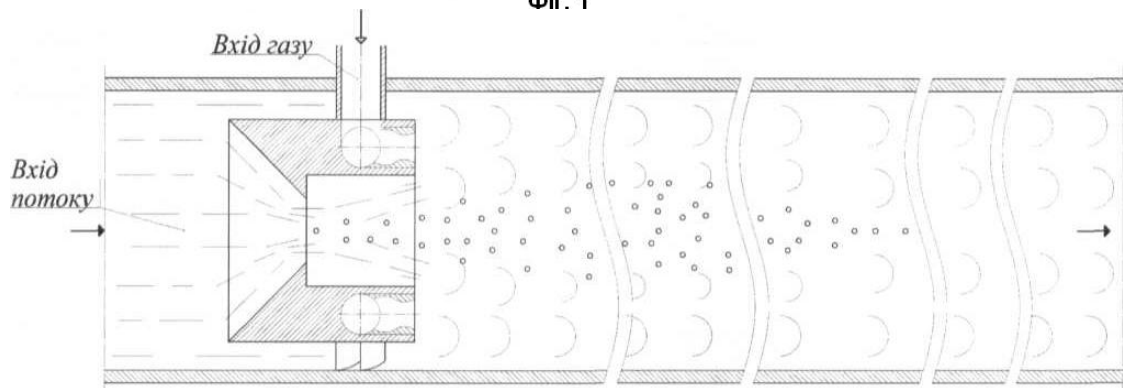
ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

40 Кавітаційний пристрій для абсорбції важкорозчинних газів, що включає статичний корпус із вхідним конфузором, камерою розширення і вихідним отвором, канали для введення газової фази та встановлені на зовнішній поверхні під кутом до напрямку руху потоку нерухомі лопаті, який **відрізняється** тим, що горловина конфузора входить у камеру розширення циліндричної форми, діаметр якої в $1,4\dots 1,75$ разу перевищує діаметр горловини конфузора, довжина камери розширення сумірна з її діаметром, а система каналів для підведення газу закінчується циліндричним соплом у вигляді щілини зі звуженнями і розширеннями.

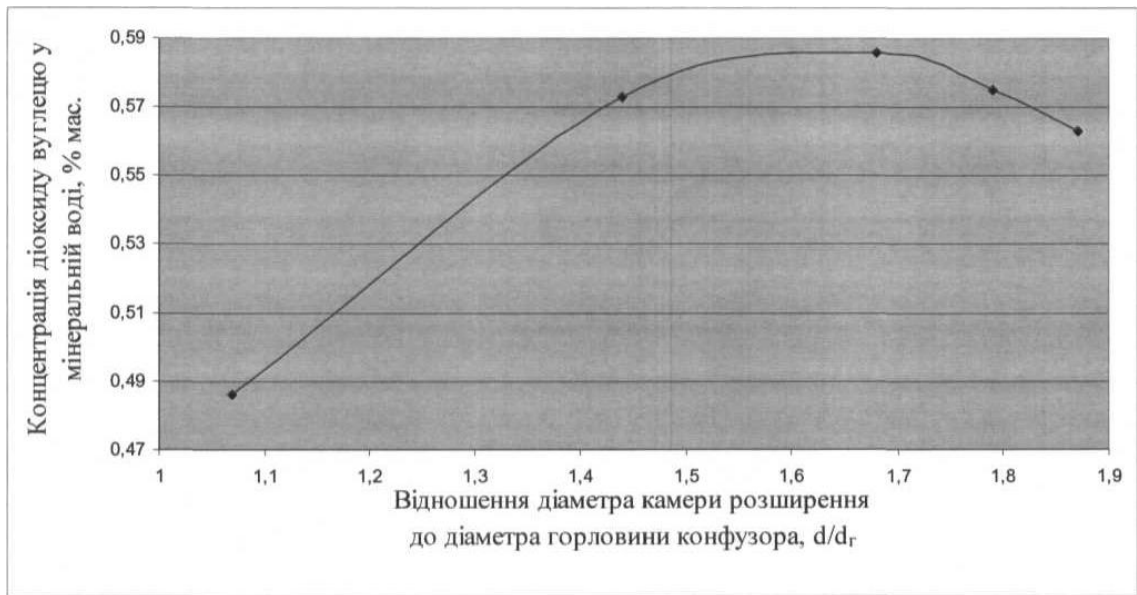
45



Фиг. 1



Фиг. 2



Фіг. 3

Комп'ютерна верстка А. Крулевський

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

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