



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 99029

(13) U

(51) МПК

B01D 45/14 (2006.01)

F16L 55/02 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

(21) Номер заявки:	u 2014 13966	(72) Винахідник(и):	Бабенко Віктор Віталійович (UA)
(22) Дата подання заявки:	26.12.2014	(73) Власник(и):	Бабенко Віктор Віталійович,
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель:	12.05.2015		вул. Драгоманова, 25, кв. 174, м. Київ, 02068 (UA)
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	12.05.2015, Бюл.№ 9		

(54) СПІРАЛЬ АРХІМЕДА ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ГАЗУ Й ПОВІТРЯ**(57) Реферат:**

Вихрова труба обертання газорідинного сепаратора для очищення газу й повітря, що містить корпус закритого апарата, в якому розміщено системи рядів вихрових труб, кожна з яких має поблизу внутрішній верхньої поверхні апарата відкритий вихід газу, унизу підготовлену рідину до виходу, а потік вологого газу входить тангенціально до внутрішньої поверхні стінки вихрових труб. Сепаратор для очищення газу й повітря містить циліндричний корпус, верхній торець якого має фланець у вигляді зовнішнього плоского кільця, дно виконане у вигляді сегмента кулі, а в корпусі розміщено сепаратор, виконаний у вигляді спіралі Архімеда прямокутного перерізу, яка знизу закрита криволінійним дном, а зовнішні криволінійні стінки частково перфоровані, причому сама спіраль подібна по формі до природної форми лійки, а сепаратор зверху також має фланець, що сполучається по зовнішньому краю із фланцем корпусу і виконаний у вигляді суцільного диска, до якого знизу прикріплені вертикальні стінки спіралі Архімеда, а вздовж вертикальної осі симетрії виконано отвір діаметром, що відповідає зовнішньому діаметру вертикального циліндра сепаратора. У фланці сепаратора між першим витком спіралі Архімеда і внутрішньою поверхнею корпусу в районі 2, 3 й 4 секторів окружності фланця виконані також круглі або криволінійні овальні отвори для виходу газу, а між першим і другим витками спіралі Архімеда в першому секторі окружності фланця виконано один забірний отвір. Зверху на корпусі встановлюють циліндричну кришку за допомогою кільцевого фланця, за розміром такого ж, як на корпусі. Три фланці з'єднані через герметичні прокладки, у центральній частині кришки закріплено циліндр, що має такий же діаметр, як у вертикального циліндра сепаратора, а зверху циліндр кришки має фланець для сполучення із системою транспортування очищеного газу, в той же час внизу в торцевій частині вертикального циліндра сепаратора всередині встановлене днище у вигляді опуклої поверхні сегмента кулі так, що між внутрішньою стінкою вертикального циліндра сепаратора і цим днищем є кільцева щілина для витікання важких домішок, що не змішуються, вологого газу, окрім того, перфоровані ділянки на поверхні увігнутої стінки спіралі Архімеда мають поздовжні прорізи відповідно до геометричних параметрів нейтральних вихорів Гьортлера, сформованих при взаємодії природних та внесених поздовжніх вихорів, а на внутрішній перфорованій поверхні встановлено відповідні до місцевої товщини примежового шару три послідовні трансверсальні ряди запропонованих генераторів поздовжніх вихорів, виконаних у вигляді двох розгорнутих пелюстків, у яких на їх верхній границі пелюстки розгорнуті в формі конусної поверхні, а знизу пелюстки з'єднані і розташовані один від одного на відстані, що відповідає трансверсальній довжині хвилі вихорів Гьортлера, встановлені в місці, де поблизу стінки формують підвищений тиск між вихорами Гьортлера, так, щоб прорізи в стінках сепаратора знаходилися посередині між двома сусідніми генераторами вихорів.

UA 99029 U

Донедавна картина течії у вихровій камері не була досліджена. Уперше в [1] були представлені результати багаторічних фізичних експериментальних досліджень структури потоку у вихровій камері. Аналізуючи кінематичні й динамічні характеристики досліджених вихрових систем в різних місцях вихрової камери, і застосовуючи принципи проблеми

сприйнятливості вихрових структур [2], можна керувати характеристиками течії у вихровій камері. Корисна модель може бути використана у різних галузях промисловості, наприклад, в енергетиці, хімічній, гірничій та нафтовій промисловості, та для виконання різних завдань екології.

Відомий відцентровий газорідинний сепаратор [3], що містить вертикальний корпус із кришкою й днищем, розташований в корпусі із зазором по периметру циліндричної обойми, тангенціальне уведення газорідинної суміші, що проходить у внутрішню порожнину обойми, патрубок виходу газу, приєднаний до внутрішньої порожнини обойми за допомогою газовідвідної труби, що проходить через кришку корпусу, патрубок виходу рідини, з'єднаний з корпусом поблизу його днища, і патрубок виходу відстою, з'єднаний з корпусом, при цьому корпус виконаний східчастої форми з верхньою циліндричною частиною більшого діаметра та нижньою циліндричною частиною меншого діаметра; нижня частина корпусу верхньою крайкою розміщена в його верхній частині й оснащена додатковим патрубком виходу рідини й конічною частиною, прикріпленою до її нижньої крайки і з'єднаною з патрубком виходу відстою; обойма обперта на верхню крайку нижньої частини корпусу й виконана з вертикальними прорізами, а також оснащена фільтруючим елементом, пов'язаним зі стінкою обойми з боку її внутрішньої порожнини; зазор між корпусом і обоймою з'єднаний із газовідвідною трубою за допомогою газовідвідного патрубку, а тангенціальне уведення газорідинної суміші виконано обвідною у внутрішню порожнину обойми через кришку корпусу. Газовідвідна труба продовжена у внутрішню порожнину обойми й оснащена зовнішнім шнеком з напрямними пластинами й внутрішнім шнеком, виконаним із крученої пластини, краї якої нахилені назустріч руху газу. Напрямні пластини шнека оснащені засобами очищення фільтруючого елемента. Обойма виконана з можливістю обертання й оснащена зубчастим вінцем, кінематичне пов'язаним з електродвигуном.

Недоліком відомого пристрою є те, що сепаратор характеризується підвищеною складністю конструкції, обумовленою великою кількістю вузлів і деталей, низькою ефективністю очищення газу внаслідок гідравлічних втрат на всіх ділянках пристрою. Крім того, у конструкції зовсім не враховані сучасні результати дослідження течії рідини у вихровій камері [1].

Найбільш близьким до пропонованої корисної моделі є прийнятий за прототип патент "Вихрова труба обертання газорідинного сепаратора" [4], призначеного для сепарування потоку компонентів, що не змішуються, вологого газу, що містить вертикальні колони циліндричних вихрових труб, верхні кінці яких мають відкритий випуск газу, а їхня нижня частина розташована в рідині, причому витікання рідини із труб відкрите; вхід потоку вологого газу у вихрові труби тангенціальний до внутрішньої поверхні стінок труб і розміщений нижче верхнього кінця труб; на внутрішніх поверхнях вихрових труб закріплені два спіральних дефлектори, закріплених від місця розташування нижче верхнього кінця труб, але вище згаданого входу, до нижнього кінця труб вище днища вихрової труби; невелика кількість вертикального оребрення, закріплено в районі випуску труб уздовж їхньої внутрішньої поверхні стінки так, що верхні кінці ребер розташовані нижче нижнього кінця спіральних дефлекторів. Відцентровий сепаратор скомпоновано для монтажу в корпусі апарату, у якому втримується рідина, що має рівень таким, що вихрові труби відкритим випуском нижнього краю труби втоплені в рідину, а нижній кінець спірального дефлектора розташований на рівні рідини у вихровій трубі.

Недоліком прототипу є складність конструкції в окремих місцях сполучення деталей апарату, зокрема, складним є визначення границь просторових криволінійних поверхонь у районі сполучення горизонтальної труби, що постачає вологий газ, і вертикальних вихрових труб. Особливо складним є таке сполучення у випадку змінного діаметра горизонтальної труби. Недоліком є також те, що сполучення горизонтальної труби з вертикальними трубами виконано в районі розташування площин двох спіральних дефлекторів. При цьому нагору спрямований один криволінійний діаметр дефлектора, а вниз - три криволінійних діаметри. У результаті газ, що тангенціально вдувається, буде направлятися до верхнього кінця вертикальних труб і вниз, у напрямку до нижнього кінця. Довжина дефлектора в цих напрямках різна, тому якість очищення вологого газу буде різною - при напрямку закрученого дефлекторами потоку нагору очищення газу буде істотно меншою, ніж при русі газу вниз. Відповідно до результатів досліджень, наведених в [1], при тангенціальному уведенні потоку у вихрові труби відбувається природне закручення потоку, при цьому залежно від віддалення потоку від місця входу крок

"пружини" вихрових систем постійно збільшується, причому ступінь зміни закручення різна при русі потоку нагору або вниз. Тому встановлені дефлектори з постійним кроком "пружини" не відповідають принципам взаємодії природних вихрових структур із внесеними збурюваннями [2] і будуть руйнувати природні вихрові структури й збільшувати гідравлічні втрати, що істотно зменшує ефективність роботи. Не враховується також характер потоку що вводиться у вертикальні труби з горизонтальної труби, тому що цей потік не є плоско паралельним, а вводиться у формі сегмента окружності. У результаті струмін, що вводиться, має різну товщину по розмаху цього сегмента. Це приводить до того, що в центрі сегмента інтенсивність потоку буде найбільшою, а по краях сегмента найменшою. Це також приводить до зростання гідравлічних втрат і погіршенню потоку уздовж вертикальних труб.

В основу корисної моделі поставлена задача розробки принципово нової конструкції сепаратора для очищення вологого газу з урахуванням керування виявлених вихрових структур у класичній вихровій камері [1].

Поставлена задача вирішується тим, що сепаратор для очищення газу й повітря складається із циліндричного корпусу, верхній торець якого має фланець у вигляді зовнішнього плоского кільця, дно виконане у вигляді сегмента кулі, а в корпусі розміщено сепаратор, виконаний у вигляді спіралі Архімеда прямокутного перерізу, яка знизу закрита криволінійним дном, а зовнішні криволінійні стінки частково перфоровані, причому сама спіраль подібна по формі до природної форми лійки, а сепаратор зверху також має фланець, що сполучається по зовнішньому краю із фланцем корпусу і виконаний у вигляді суцільного диска, до якого знизу прикріплені вертикальні стінки спіралі Архімеда, а вздовж вертикальної осі симетрії виконано отвір діаметром, що відповідає зовнішньому діаметру вертикального циліндра сепаратора, окрім того у фланці сепаратора між першим витком спіралі Архімеда і внутрішньою поверхнею корпусу в районі 2, 3 й 4 секторів окружності фланця виконані також круглі або криволінійні овальні отвори для виходу газу, а між першим і другим витками спіралі Архімеда в першому секторі окружності фланця виконано один забірний отвір; зверху на корпусі встановлюється циліндрична кришка за допомогою кільцевого фланця, за розміром такого ж, як на корпусі, причому ці три фланці з'єднані через герметичні прокладки, у центральній частині кришки закріплено циліндр, що має такий же діаметр, як у вертикального циліндра сепаратора, а зверху циліндр кришки має фланець для сполучення із системою транспортування очищеного газу, в той же час внизу в торцевій частині вертикального циліндра сепаратора всередині встановлене днище у вигляді опуклої поверхні сегмента кулі так, що між внутрішньою стінкою вертикального циліндра сепаратора і цим днищем є кільцева щілина для витікання важких домішок, що не змішуються, вологого газу, окрім того, перфоровані ділянки на поверхні увігнутої стінки спіралі Архімеда мають поздовжні прорізи відповідно до геометричних параметрів нейтральних вихорів Гьортлера, сформованих при взаємодії природних та внесених поздовжніх вихорів, а на внутрішній перфорованій поверхні встановлено відповідні до місцевої товщини примежового шару три послідовні трансверсальні ряди запропонованих генераторів поздовжніх вихорів, виконаних у вигляді двох розгорнутих пелюстків, у яких на їх верхній границі пелюстки розгорнуті в формі конусної поверхні, а знизу пелюстки з'єднані і розташовані один від одного на відстані, що відповідає трансверсальній довжині хвилі вихорів Гьортлера, причому вони встановлені в місці, де поблизу стінки формується підвищений тиск між вихорами Гьортлера, так, щоб прорізи в стінках сепаратора знаходилися посередині між двома сусідніми генераторами вихорів.

Суть корисної моделі пояснюють креслення.

Фіг. 1 представляє схему вихрів Гьортлера на ввігнутій пластині й розташування запропонованих генераторів поздовжніх вихрів, взаємодіючих із природними вихорами Гьортлера [2].

Фіг. 2 показує поздовжній переріз і сполучення окремих частин запропонованої корисної моделі.

Фіг. 3 ілюструє макети двох варіантів спіральної конструкції сепаратора запропонованої корисної моделі.

Фіг. 4 представляє в безрозмірному вигляді геометричні параметри плоскої поверхні спіральної конструкції сепаратора запропонованої корисної моделі, з якої сформована зовнішня стінка спіралі, і вид знизу сформованої спіральної конструкції сепаратора.

Фіг. 5 представляє те ж, що й фіг. 4, але для другого варіанта спіральної викрійки сепаратора, а також вид плоскої викрійки, з якої формується дно спірального каналу запропонованого сепаратора.

Фіг. 6 показує схему фіксування запропонованих генераторів поздовжніх вихрів різних масштабів і схему формування поздовжніх вихорів у потоці при обтіканні генератора вихорів.

Фіг. 7 зображує загальний вид кластера, що складається з двох послідовно з'єднаних сепараторів запропонованої корисної моделі.

На фіг. 1 наведена система поздовжніх вихрів Гьортлера 1, яка формується в примежовій області плоскій криволінійній пластині 2 [2, 5, 6]. Вихори Гьортлера обертаються попарно назустріч один одному і при своєму розвитку уздовж потоку збільшують свої розміри. Внизу на фіг. 1 наведено схему поперечного перерізу вихорів Гьортлера. У тому місці, де пари поздовжніх вихрів обертаються назустріч один одному в напрямку до стінки (показано прямими стрілками, спрямованими вниз), у потоці над вихрами в цих місцях формується підвищений тиск H , а поблизу стінки знижений тиск L . Такий розподіл тиску дозволяє рухатися потоку у вихорах до стінки. У тому місці, де пари поздовжніх вихорів обертаються назустріч один одному по напрямку від стінки, поблизу стінки між вихорами формується високий тиск H , а над вихорами формується область низького тиску L . Стрілки спрямовані нагору. Все це приводить до руху потоку від стінки. У першому випадку область високого тиску над вихорами H називають "западиною", а в другому випадку область низького тиску над вихорами L називають "піком". Таким чином, природа вихорів Гьортлера формує в трансверсальному напрямку поздовжні області з різною величиною тиску. Відстань між двома парами поздовжніх вихорів λ_z визначає довжину хвилі вихорів Гьортлера в трансверсальному напрямку.

На фіг. 2 запропоновано сепаратор, який складається із циліндричного корпусу 1, верхній торець якого має фланець у вигляді зовнішнього кільця, а дно виконане у вигляді сегмента кулі. Сепаратор 2 у вигляді спіралі Архімеда у верхньому торці також має фланець, що сполучається по зовнішньому краю із фланцем корпусу 1 і виконаний у вигляді суцільного диска, до якого прикріплені вертикальні стінки спіралі Архімеда. Уздовж вертикальної осі симетрії у фланці виконано отвір діаметром, що відповідає зовнішньому діаметру вертикального циліндра 3 сепаратора. У фланці сепаратора 2 між першим витком спіралі Архімеда й внутрішньою поверхнею корпусу 1 виконані круглі або криволінійні овальні отвори 4 для виходу газу, рух якого на фіг. 2 показано темною стрілкою. Зверху на фланець сепаратора 2 встановлена циліндрична кришка 5 за допомогою кільцевого фланця такого ж, як і на корпусі 1. Ці три фланці з'єднуються через герметичні прокладки різьбовим з'єднанням. У центральній частині кришки 5 закріплено циліндр 6, що має такий же зовнішній діаметр, як у вертикального циліндра 3 сепаратора так, що обидва циліндри в зборі щільно прилягають торцевими частинами через прокладку один до одного. Зверху циліндр 6 має фланець для сполучення із системою транспортування очищеного газу. Канали сепаратора знизу закриті криволінійним днищем 7, а у вертикальному циліндрі 3 сепаратора знизу в торцевій частині встановлено днище 8 у вигляді опуклої поверхні сегмента кулі так, що між внутрішньою стінкою вертикального циліндра 3 сепаратора й днищем 8 є кільцева щілина для витікання домішок вологого газу, що не змішуються. Тверді фракції видаляються через патрубок 9, вода - через патрубок 10 і масла - через патрубок 11. Напрямок руху цих фракцій на фіг. 2 показано стрілками, спрямованими вниз. Стрілкою, спрямованою нагору, позначено рух очищеного газу. Горизонтальною стрілкою, спрямованою вгору в центрі, позначено напрямку руху вологого газу на вході в сепаратор.

На фіг. 3а, б, с наведено макет запропонованого сепаратора у вигляді спіралі Архімеда з різних позицій, а на фіг. 3д - два варіанти макета сепаратора, при цьому закручування потоку в першому варіанті виконано в напрямку за годинниковою стрілкою, а в другому варіанті - проти руху годинникової стрілки. Темними штрихами показані поздовжні прорізи. Горизонтальні стрілки позначають вхід у сепаратор вологого газу, а вертикальні стрілки, спрямовані нагору, позначають вихід із сепаратора очищеного газу. Темними суцільними лініями позначена вертикальна вісь симетрії сепаратора. На фіг. 3с показано криволінійне днище V, яке на фіг. 2 показано позицією 7, а днище 8 позначене по фіг. 2.

На фіг. 4 наведена плоска викрійка спіралі Архімеда 2 (фіг. 2). Всі розміри дано щодо зовнішнього діаметра D плоского фланця спіралі Архімеда. Закручування плоского розкрою в спіраль Архімеда починається ліворуч, де на відстані $0,85D$ закручується циліндр 3 (фіг. 4) діаметром d , через який відбувається вихід із сепаратора очищеного газу, і закінчується праворуч, де монтується вхід вологого газу. Угорі праворуч на фіг. 4 показано вид знизу на згорнуту спіраль Архімеда, прикріплену до плоского фланця сепаратора, згідно з фіг. 2. На фіг. 4 вертикальні осі симетрії фланця сепаратора і спіралі Архімеда в збірці мають ексцентриситет $0,003D$ по горизонтальній осі симетрії. На фіг. 4 лінією I показано зовнішній контур фланця сепаратора, лінією II контур спіралі і лінією III контур прямокутного патрубка, що з'єднує зовнішню магістраль вологого газу із входом у спіраль Архімеда. Зовні патрубок має фланець для сполучення з магістраллю вологого газу (на фіг. 4 не показано). Висота патрубка становить $0,1D$, а ширина $0,21D$. Прямокутний патрубок зовні корпусу може трансформуватися в круглу трубу для сполучення з магістраллю подачі вологого газу. Штриховими лініями на викрійці

показані прорізи для видалення важких домішок вологого газу. Обмежується площа перфорації з прорізами суцільною лінією, що вказує технологічний контур у зв'язку з монтажними роботами виконання спіралі. Суцільна площа на викрійці показує область спіралі, що відповідає області внутрішньої поверхні криволінійної стінки спіралі. Площа з поздовжніми прорізами обмежує область викрійки, що відповідає зовнішньої поверхні спіралі, через яку під дією відцентрових сил виходять більш важкі фракції в порівнянні із чистим газом. Цифрами 1-4 показано номери секторів на плоскому фланці спіралі. У фланці сепаратора 2 (фіг. 2) між зовнішньою поверхнею спіралі та внутрішньою поверхнею корпусу виконано круглі або криволінійні овальні отвори, що позначені на фіг. 2 позицією 4 в районі секторів 2, 3, 4 згідно з фіг. 4, а між першим і другим витками спіралі Архімеда в секторі 1 (фіг. 4, угорі праворуч) виконано один забірний отвір.

На фіг. 5 наведена викрійка на пластині спіралі Архімеда зі збільшеними розмірами H по вертикалі. Всі співвідношення, як і на фіг. 4, дані залежно від величини D . Ліворуч у верхній частині на фіг. 4, 5 на відстані $0,31D$ відзначена ділянка IV викрійки шириною $0,06D$, що згортається під деяким кутом і кріпиться до витка спіралі, як показано в центральній частині фіг. 4 праворуч угорі. Це герметичне кріплення необхідно для ефективної роботи сепаратора в районі вертикального циліндра 3 (фіг. 2). На фіг. 5 угорі праворуч наведено викрійку криволінійного дна V сепаратора (фіг. 3с). Порівнюючи викрійки, наведені на фіг. 4, 5, видно, що перфорована площа викрійки на фіг. 5 більше її неперфорованої площі й більше, ніж перфорована площа на фіг. 4. Ймовірно, другий варіант викрійки (фіг. 5) дозволяє одержати більш ефективний сепаратор. Варіюючи вертикальним розміром H викрійки, можна одержати оптимальний сепаратор.

На фіг. 6 наведено генератори поздовжніх вихорів 2-4, які встановлюються на викрійках (фіг. 4, 5). Генератори вихорів виготовляються з тонкої металевої пластинки, що згинається навпіл на 180° . Після цього кожна половинка пластинки розвертається назовні уздовж довжини по конусній поверхні так, що на кожній пластинці у верхній частині уздовж її довжини формується сектор конусної поверхні. Розмір й інтенсивність генерованих вихорів визначається розміром крилець генератора вихорів і відстанню між сусідніми крильцями λ_z , а також місцем виміру за крильцями (ступенем розвитку поздовжніх вихорів). Безрозмірний параметр b/h становить 3,0 (b - довжина, h - висота генераторів вихорів). Кут розкриття крилець змінний по висоті й у крайнім верхньому положенні становить $\beta = 10^\circ$. Генератори вихорів попередньо встановлюються на вузькій пластинці 1, що у поперечному перерізі зверху має форму сегмента окружності великого діаметра. Пластинки 1 встановлюються на викрійках поперек потоку, а уздовж потоку на пластинках 1 виконані прорізи, у яких на відстанях між сусідніми крильцями λ_z встановлюються зазначені генератори вихорів 2-4. Відстань між генераторами вихорів λ_z змінюється залежно від швидкості потоку. Малі генератори вихорів 4 встановлюються на викрійці в районі правого торця, середні 3 - на відстані $0,77D+1,73D$ від правого торця викрійки, а великі 2 - на відстані $0,85D$ від лівого торця викрійки спіралі (фіг. 4). Висота зазначених генераторів вихорів визначається товщиною примежового шару, що зростає по довжині спіралі при постійній заданій швидкості потоку.

На фіг. 7 показано запропонований сепаратор, який встановлено у вигляді кластера. Вологий газ надходить у корпус 1 сепаратора, що встановлений праворуч, через вхідну магістраль 2, що за допомогою фланця з'єднується із закріпленому на корпусі 1 патрубком 3. Усередині корпусу 1 патрубок 3 (показано штриховою лінією) з'єднаний із входом у сепаратор (на фіг. 7 не показаний). Очищений газ виходить через патрубок 4 і надходить у вхідний патрубок 3 сепаратора, розташованого на фіг. 7 ліворуч. Важкі нерозчинні фракції виходять через патрубок 5. Наведені на фіг. 2 патрубки для видалення води й масел на фіг. 7 не показані.

Запропонований пристрій працює наступним чином.

Вологий газ, що надходить в спіраль Архімеда починає рухатись по криволінійній траєкторії вздовж криволінійного каналу спіралі. Відомо [2, 5, 6], що при руху газу по криволінійній поверхні під дією відцентрових сил в потоці на криволінійній увігнутій поверхні виникає система поздовжніх вихорів Гьортлера (фіг. 1), розміри яких за рахунок зростання товщини примежового шару поступово зростають. Теоретичні дослідження Гьортлера і численні експериментальні дослідження визначили діаграму стійкості гьортлерівських вихорів, побудовану в координатах $G=(U\delta_2/v)(\delta_2/R)^{0.5}$ й $\alpha_z\delta_2$, де G параметр Гьортлера, U - швидкість основного потоку, δ_2 - товщина втрати імпульсу примежового шару, v - коефіцієнт кінематичної в'язкості, R - радіус кривизни обтічної поверхні, $\alpha_z=2\pi/\lambda_z$ - хвильове число, що визначає довжину хвилі вихорів Гьортлера в трансверсальному напрямку [2, 5]. На діаграмі гьортлерівської стійкості [2, 5, 6] нейтральна крива розділяє область нестійких і стійких вихорів Гьортлера. Сама нейтральна крива визначає такі параметри G й $\alpha_z\delta_2$ при яких вихори Гьортлера стійкі. З технічної точки зору важливо зберегти параметри вихорів Гьортлера, що відповідають нейтральній кривій, по можливості, на

великій довжині їхнього розвитку. Експериментальні дослідження показали, що це можна досягти тільки на основі використання основних положень проблеми сприйнятливості або, інакше кажучи, проблеми взаємодії природних збурень із внесеними збуреннями [2]. Для кожного режиму роботи сепаратора і заданих його геометричних параметрів розраховують параметри G й $\alpha_2 \delta_2$ які відносяться до нейтральній кривій. По знайдених розмірах виготовляють три типи генераторів вихрів (фіг. 6), які встановлюються в трьох місцях на викрійках сепараторів (фіг. 4, 5). Після цього викрійки закручуються в спіраль Архімеда, закріплюються на фланці сепаратора, а знизу встановлюються на стінках сепаратора криволінійні днища 7, 8 (фіг. 2). За генераторами вихрів виникають системи поздовжніх вихрів, що взаємодіють з системою поздовжніх вихорів Гьортлера і допомагають їм підтримувати стійкість вздовж криволінійної поверхні при заний швидкості U потоку вологого газу. При цьому прорізи виконані на зовнішній стінці сепаратора у тому місці, де пари поздовжніх вихрів обертаються назустріч один одному в напрямку до стінки (фіг. 1). У потоці над вихорами в цих місцях формується підвищений тиск H , а поблизу стінки знижений тиск L . Такий розподіл тиску дозволяє рухатися потоку у сусідній парі вихорів до стінки. В цьому місці напрямок потоку до стінки співпадає з напрямком відцентрової сили, а це дозволяє більш ефективно видаляти найбільшу кількість важких елементів, що розташовані у вологому газі.

У всіх відомих циклонах і сепараторах при обертанні потоку уздовж криволінійної внутрішньої поверхні їхнього корпусу виникає відцентрова сила $F = mv^2/R$, де m - маса точки, прискорення $a = v^2/R$, v - лінійна швидкість по траєкторії руху, R - радіус кривизни траєкторії. Всі відомі сепаратори мають постійний радіус кривизни обтічної поверхні, на яку діє постійна відцентрова сила. Як видно з фіг. 4, угорі, у районі вхідного сопла радіус кривизни поверхні сепаратора становить $0,4D$. Радіус кривизни зменшується уздовж криволінійної поверхні спіралі Архімеда, і в районі вихідного циліндра становить $\approx 0,1D$. За рахунок зростання відцентрової сили в міру руху потоку уздовж спіралі Архімеда збільшується відцентрова сила, тому при руху вздовж сепаратора більш важкі фракції в потоці будуть вилітати більш інтенсивно через прорізи в зовнішній стінці сепаратора.

Третій фактор, що впливає на інтенсифікацію роботи сепаратора і якість очищення повітря, є використання ефекту лійки води, що виникає під дією коріолісових сил. Чим ближче форма спіралі Архімеда запропонованого сепаратора до форми лійки, тим більш інтенсивно будуть використовуватись коріолісові сили, що збільшить швидкість у процесі руху вологого газу в сепараторі. Це, у свою чергу, сприяє зростанню прискорення й відцентрової сили.

Скрізь прорізи в зовнішніх стінках сепаратора, окрім важких частинок вологого газу, буде витікати також частково вхідний вологий газ, що буде накопичуватись в просторі між внутрішньою стінкою корпусу сепаратора та зовнішньою стінкою спіралі Архімеда. Вологий газ, що виходить скрізь прорізи стінки сепаратора рухається по інерції також по криволінійній траєкторії. При цьому також виникають відцентрові сили, що приводять до накопиченню важких компонентів газу на внутрішній стінці корпусу, вздовж якої ці компоненти стікають на дно корпусу. Більш легкі компоненти газу закручуються і підіймаються вгору до фланця сепаратора та витікають через круглі або криволінійні овальні отвори фланця в простір між зовнішньою поверхнею фланця сепаратора та внутрішньою поверхнею кришки корпусу (фіг. 2). Ці отвори знаходяться у фланці між першим витком спіралі Архімеда й внутрішньою поверхнею корпусу і позначені на фіг. 2 позицією 4 в районі секторів 2, 3, 4 (фіг. 4). В цьому ж просторі між першим і другим витками спіралі Архімеда в секторі / (фіг. 4, угорі праворуч) виконано ще один забірний отвір, через яке цей газ знову надходить до внутрішньої поверхні сепаратора та знову поступає на очищення. Цей отвір розташований в тому секторі 1, в якому під фланцем сепаратора проходить перший віток сепаратора після входу вологого газу через прямокутний патрубок III (фіг. 4, угорі праворуч). За рахунок швидкості потоку в каналі сепаратора знижується тиск вологого газу та з забірного отвору ежектується вологий газ, що накопичується в просторі між фланцем сепаратора та кришкою корпусу.

У вертикальному циліндрі 3 сепаратора знизу в торцевій частині встановлено днище 8 у вигляді опуклої поверхні сегмента кулі так, що між внутрішньою стінкою вертикального циліндра 3 сепаратора й днищем 8 є кільцева щілина для витікання важких домішок вологого газу (фіг. 2). В [1] експериментально доведено, що така поверхня торця полегшує формування на торці вихрової камери основи конусоподібної вихрової спіралеподібної течії Бюдевадта [5]. Ця вихрова спіралеподібна течія переходить в твердотільну спіральну течію очищеного газу, що підіймається вгору в циліндрі 3 до системи транспортування очищеного газу (фіг. 2).

Для більш якісного очищення вологого газу запропонований сепаратор може установлюватися у вигляді кластера, у якого вихідний очищений газ надходить у вхідне сопло наступного сепаратора (фіг. 7). Кількість послідовних сепараторів залежить від заданого

ступеня очищення вологого газу, а перед наступним входом може бути встановлений додатковий вентилятор для підтримки постійної швидкості потоку на вході кожного наступного сепаратора. Послідовна система сепараторів може бути встановлена в паралельні ряди залежно від заданої продуктивності очищеного газу. Для економії металу кластер сепараторів може бути встановлений у загальний корпус, що має загальну кришку.

Порівняльний аналіз запропонованої конструкції з найбільш близьким аналогом-прототипом показує, що усуваються відзначені недоліки прототипу, а це приводить до зменшення витрат енергії на очищення вологого газу, до підвищення якості очищення газу, до збільшення продуктивності роботи запропонованої корисної моделі, до істотного спрощення конструкції, до зменшення металоємності і експлуатаційних витрат.

Джерела інформації:

1. Бабенко В.В., Турик В.Н. Макет вихревых структур течения в вихревой камере // Прикладна гідромеханіка. - 2008. - 3 (82), № 3. - С. 3-19.

2. Козлов Л.Ф., Цыганюк А.И., Бабенко В.В. и др. Формирование турбулентности в сдвиговых течениях. - К.: Наукова думка, 1985. - 284 с.

3. Патент РФ № 2433856 МПК B01D45/12 Центробежный газожидкостный сепаратор. Опубликовано 27.03.2012.

4. Патент США Revolution Vortex Tube Gas/Liquids Separator, US 2009/0139192 A1 Int. Cl. B01D45/14, 4. 06. 2009.

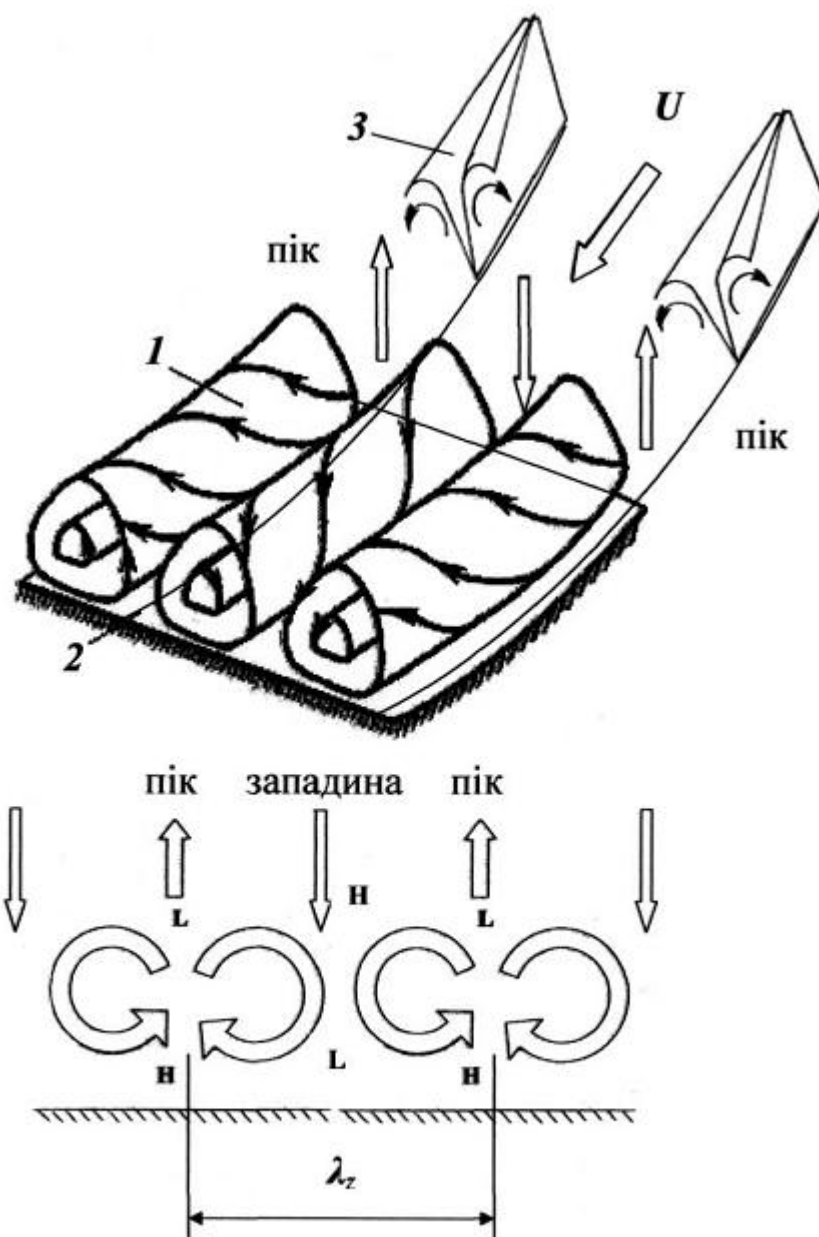
5. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. - М.: Наука, 1974. - 711 с.

6. Бабенко В.В., Мороз В.В. Экспериментальное исследование влияния формы тела на его интегральные характеристики // Прикладна гідромеханіка. - 2013. - 15 (87), № 3. - С. 3-19.

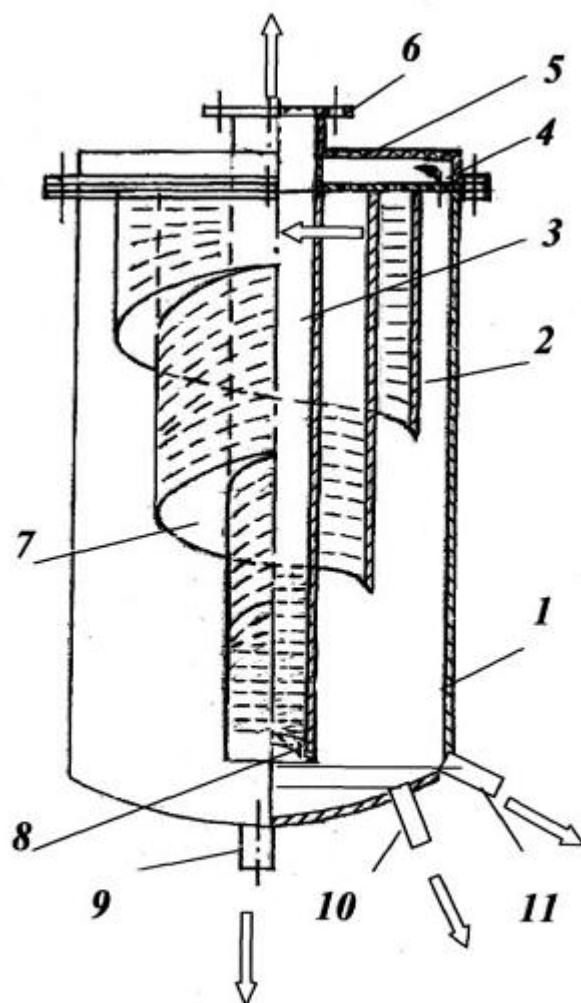
ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Вихрова труба обертання газорідного сепаратора для очищення газу й повітря, що складається з корпуса закритого апарата, в якому розміщено системи рядів вихрових труб, кожна з яких має поблизу внутрішній верхньої поверхні апарата відкритий вихід газу, унизу підготовлену рідину до виходу, а потік вологого газу входить тангенціально до внутрішньої поверхні стінки вихрових труб, яка **відрізняється** тим, що сепаратор для очищення газу й повітря складається із циліндричного корпусу, верхній торець якого має фланець у вигляді зовнішнього плоского кільця, дно виконане у вигляді сегмента кулі, а в корпусі розміщено сепаратор, виконаний у вигляді спіралі Архімеда прямокутного перерізу, яка знизу закрита криволінійним дном, а зовнішні криволінійні стінки частково перфоровані, причому сама спіраль подібна по формі до природної форми лійки, а сепаратор зверху також має фланець, що сполучається по зовнішньому краю із фланцем корпусу і виконаний у вигляді суцільного диска, до якого знизу прикріплені вертикальні стінки спіралі Архімеда, а вздовж вертикальної осі симетрії виконано отвір діаметром, що відповідає зовнішньому діаметру вертикального циліндра сепаратора, окрім того у фланці сепаратора між першим витком спіралі Архімеда і внутрішньою поверхнею корпусу в районі 2, 3 й 4 секторів окружності фланця виконані також круглі або криволінійні овальні отвори для виходу газу, а між першим і другим витками спіралі Архімеда в першому секторі окружності фланця виконано один забірний отвір; зверху на корпусі встановлюється циліндрична кришка за допомогою кільцевого фланця, за розміром такого ж, як на корпусі, причому ці три фланці з'єднані через герметичні прокладки, у центральній частині кришки закріплено циліндр, що має такий же діаметр, як у вертикального циліндра сепаратора, а зверху циліндр кришки має фланець для сполучення із системою транспортування очищеного газу, в той же час внизу в торцевій частині вертикального циліндра сепаратора всередині встановлене днище у вигляді опуклої поверхні сегмента кулі так, що між внутрішньою стінкою вертикального циліндра сепаратора і цим днищем є кільцева щілина для витікання важких домішок, що не змішуються, вологого газу, окрім того, перфоровані ділянки на поверхні увігнутої стінки спіралі Архімеда мають поздовжні прорізи відповідно до геометричних параметрів нейтральних вихорів Гьортлера, сформованих при взаємодії природних та внесених поздовжніх вихорів, а на внутрішній перфорованій поверхні встановлено відповідні до місцевої товщини примезового шару три послідовні трансверсальні ряди запропонованих генераторів поздовжніх вихорів, виконаних у вигляді двох розгорнутих пелюстків, у яких на їх верхній границі пелюстки розгорнуті в формі конусної поверхні, а знизу пелюстки з'єднані і розташовані один від одного на відстані, що відповідає трансверсальній довжині хвилі вихорів Гьортлера, причому вони встановлені в місці, де поблизу стінки формується підвищений тиск між вихорами Гьортлера,

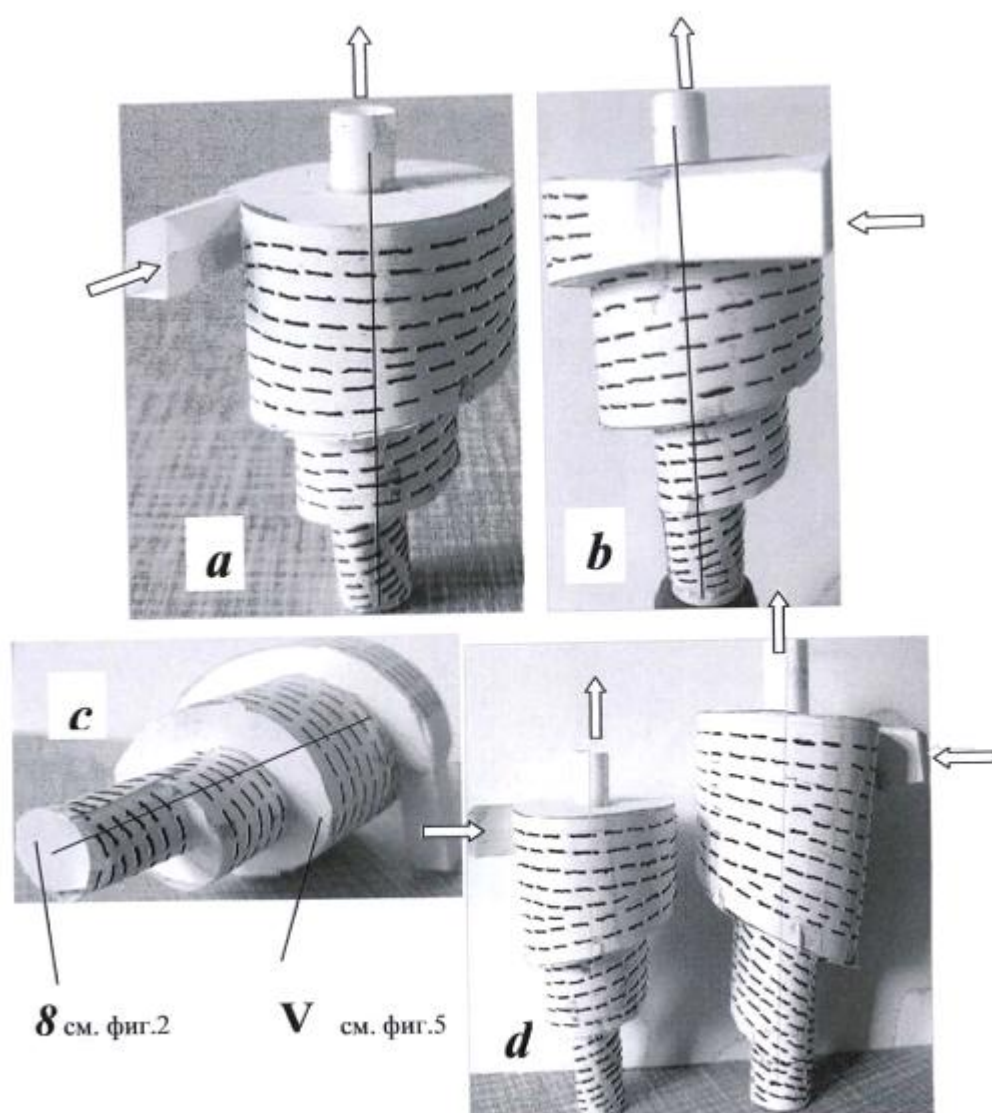
так, щоб прорізи в стінках сепаратора знаходилися посередині між двома сусідніми генераторами вихорів.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

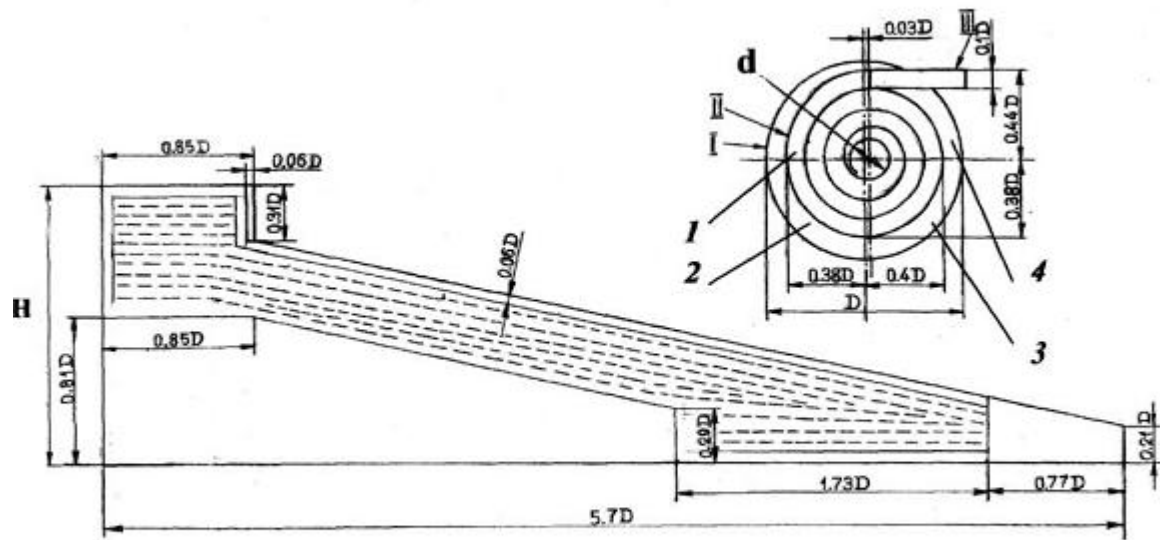


Fig. 4

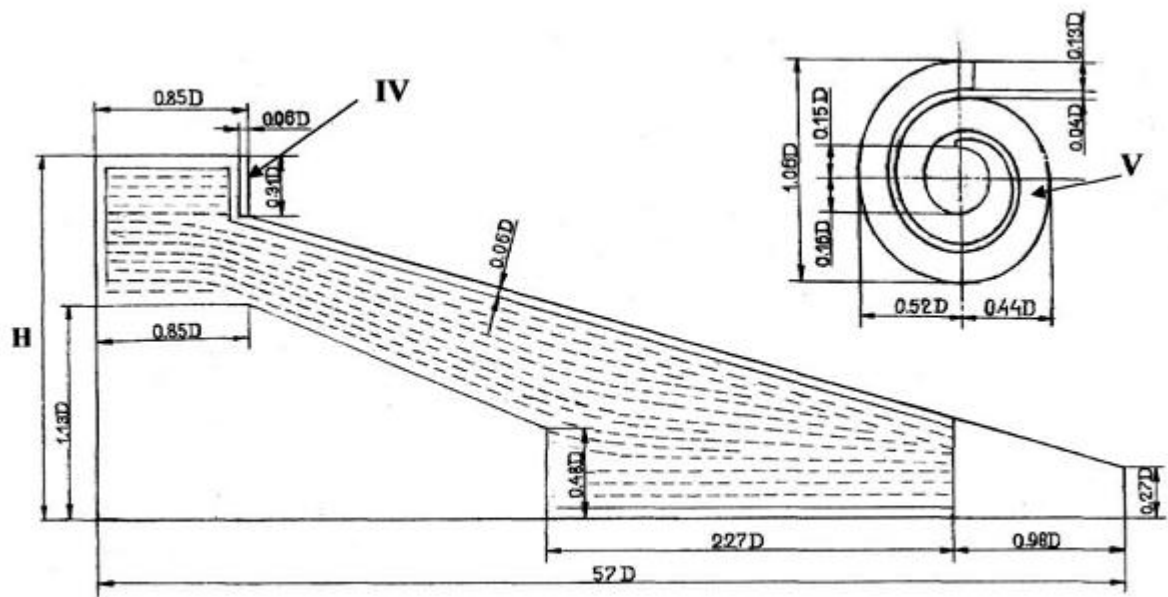
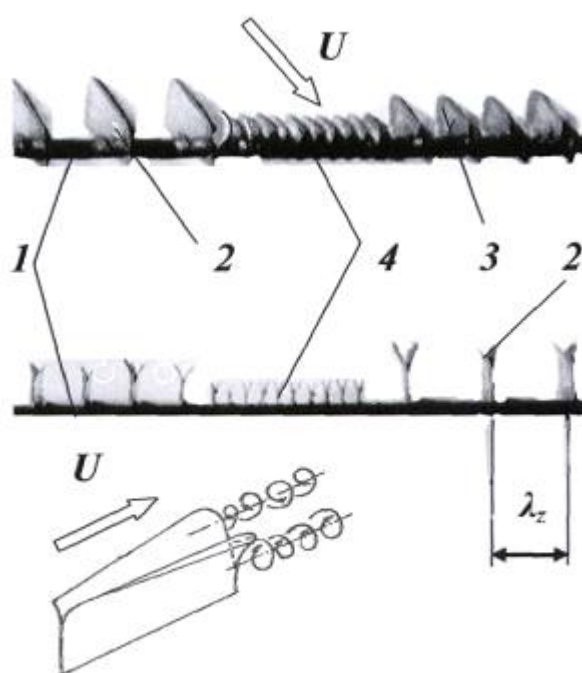
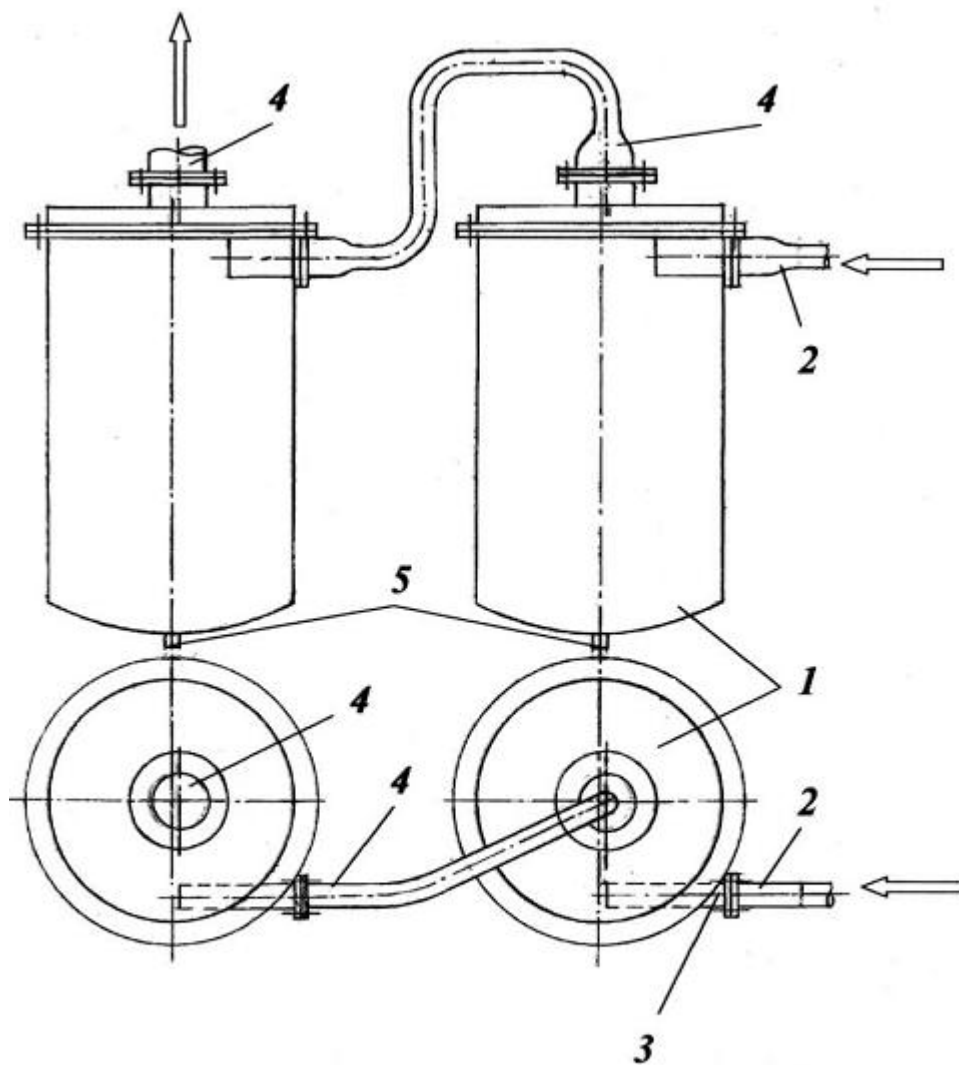


Fig. 5



Фиг. 6



Фиг. 7

Комп'ютерна верстка І. Скворцова

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

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