



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA

(11) 94005

(13) U

(51) МПК

B06B 1/04 (2006.01)

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2014 04736**

(22) Дата подання заявки: **05.05.2014**

(24) Дата, з якої є чинними  
права на корисну  
модель: **27.10.2014**

(46) Публікація відомостей  
про видачу патенту: **27.10.2014, Бюл.№ 20**

(72) Винахідник(и):

**Шевчук Лілія Іванівна (UA),  
Афтаназів Іван Семенович (UA),  
Строган Оріся Іванівна (UA),  
Предзимірска Леся Михайлівна (UA)**

(73) Власник(и):

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
"ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА",  
вул. Ст. Бандери, 12, м. Львів, 79013 (UA)**

## (54) ВІБРАЦІЙНИЙ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЗБУРЕННЯ КАВІТАЦІЇ

### (57) Реферат:

Вібраційний електромагнітний пристрій для збурення кавітації містить заповнений оброблюваною рідиною нерухомий корпус із прикріпленою до нього за допомогою еластичних гофрів коливною камерою, яка встановлена із можливістю здійснення коливних рухів відносно нерухомого корпуса, приєднаний до корпуса пружними елементами електромагнітний вібратор із коаксіально розміщеними статором з обмотками та якорем, до якого приєднано коливну камеру, прикріплені до якоря та статора із можливістю здійснення протифазних коливань пронизані отворами для перетікання оброблюваної рідини деки-збурювачі кавітації, що розташовані співвісно потоку оброблюваної рідини. Пари приєднаних до якоря та статора дек-збурювачів кавітації виконано конічної форми із однонаправленими вершинами конуса та конусностями 1:1, а віддаль між конічними поверхнями дек-збурювачів кавітації рівна розмаху їх коливних відносних переміщень.

UA 94005 U

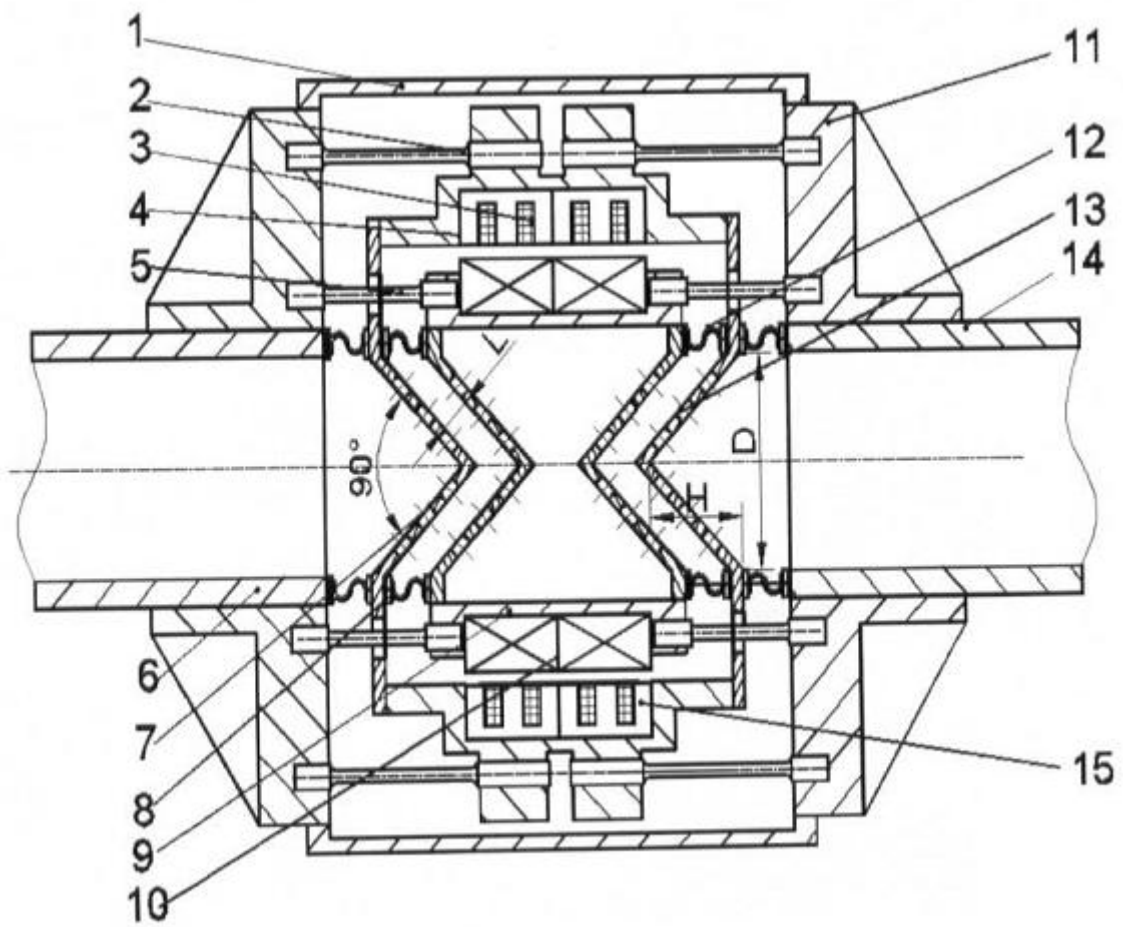


Fig. 1

Корисна модель на вібраційний електромагнітний пристрій для збурення кавітації належить до галузі кавітаційних хіміко-технологічних процесів. Даний пристрій може бути застосований, наприклад, для водоочищення, знезараження питної води, стоків хімічних, харчових та переробних підприємств від різноманітних забруднень, у тому числі і біологічних.

Відомий вібраційний пристрій для збурення ультразвукової кавітації, що містить заповнений оброблюваною рідиною нерухомий корпус із робочою камерою, електромагнітний віброзбудник із набраним з листового заліза статором з обмотками, встановлений з можливістю здійснення коливань певної амплітуди та частоти збурювач кавітації - магнітостріктор [Маргулис М.А. Основы звукохимии (химические реакции в акустических полях). - М., Высш. шк., 1984. - 272 с.]. При подачі від високочастотного генератора на обмотку електромагнітного віброзбудника напруги з частотою 22 або 44 кГц занурений у рідину магнітостріктор здійснює коливання ядер (зародків) кавітації, якими є завжди наявні в рідині різноманітні газові включення. Співпадання частоти власних коливань ядер кавітації із частотою ультразвуку збурює явище резонансу, яке супроводжується миттєвим зародженням, розширенням та подальшим сплескуванням кавітаційних бульбашок, формуванням кавітаційного поля. Сформоване кавітаційне поле забезпечує суттєву інтенсифікацію хімічних реакцій і, відповідно, пов'язаних з цим очисних процесів, в тому числі і водоочищення та знезараження води від біологічних забруднень.

Однак, проходження ультразвуку крізь рідину супроводжується значними втратами енергії акустичних хвиль, зумовленими розсіюванням ультразвуку на неоднорідностях середовища. Тому збурення кавітаційних явищ ультразвуком ефективно лише у незначних об'ємах рідини (як правило, до 500 мл), енергозатрати на обробку одиниці об'єму рідини доволі суттєві (5-10 Вт/см<sup>3</sup>), що практично унеможлиблює на даний час промислове використання ультразвукової кавітації, обмежуючи сферу її застосування лабораторними дослідженнями.

Найбільш близьким до пропонованого є вібраційний електромагнітний пристрій для збурення кавітації, що містить заповнений оброблюваною рідиною нерухомий корпус із робочою камерою, електромагнітний віброзбудник із набраним з листового заліза статором з обмотками і якорем, до якого приєднано коливну робочу камеру, та пружну систему із циліндричних стержнів, що з'єднують корпус статора та явір із нерухомим корпусом (Пат. України № 66550. Вібраційний електромагнітний пристрій для збурення кавітації / Старчевський В.Л., Шевчук Л.І., Афтаназів І.С., Строган О.І.; опубл. 10.01.2012, Бюл. № 1). Явір та статор електромагнітного віброзбудника з'єднано із нерухомим корпусом еластичними гофрами, завдяки чому вони утворюють замкнутий наповнений оброблюваною рідиною робочий простір. До якоря та статора жорстко прикріплені встановлені з можливістю здійснення коливань певної амплітуди та частоти пласкі деки-збурювачі кавітації, поверхня яких пронизана отворами для перетікання оброблюваної рідини та розміщена перпендикулярно до її потоку. Почергове протягування якоря до поряд розташованих котушок статора трансформується у направлені кругові протифазні коливання двох пружно встановлених коливних мас, а саме якоря із робочою камерою та статора. Разом із коливними масами плоско паралельні кругові протифазні переміщення в робочій камері здійснюють і прикріплені до них деки-збурювачі кавітації з отворами, пересікаючи потік оброблюваної рідини, що неперервно надходить в цю камеру. Протікаючи із високою швидкістю крізь отвори у коливних деках суцільний ламінарний потік оброблюваної рідини розшаровується на окремі турбулентні струмені, у яких стрімко знижується міцність рідини. Із завжди наявних у рідині зародків кавітації при цьому формується кавітаційне поле певної інтенсивності. Сформоване у робочій камері кавітаційне поле забезпечує тут інтенсифікацію хімічних реакцій, що і є основною метою кавітаційної обробки рідин.

Інтенсивність формованого кавітаційного поля тут залежить від фізичних параметрів оброблюваної рідини, швидкості протифазних переміщень коливних дек-збурювачів кавітації та тиску, який спричиняють ці деки на рідину. Розташовані перпендикулярно до рідинного потоку пласкі деки-збурювачі кавітації при своєму русі в оброблюваній рідині не створюють відчутного тиску на неї, а лише розсікають її із високою швидкістю. Як наслідок - вагомий як для формування кавітаційного поля, так і для забезпечення його інтенсивності чинник тиску рідини тут нівелюється. А забезпечити підвищення тиску безпосередньо оброблюваною рідиною конструкція даного вібраційного електромагнітного пристрою не дає змоги через наявність в ній еластичних гофрів, що з'єднують коливну камеру із нерухомим корпусом. Еластичні гофри при підвищених тисках надмірно деформуються та руйнуються. Зумовлена незначним тиском

низька інтенсивність формованого у даному пристрої кавітаційного поля обумовлює потребу в довготривалій обробці рідини, що знижує продуктивність даного пристрою.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення вібраційного електромагнітного пристрою для збурення кавітації, у якому завдяки розвинутій конічній формі дек-збурювачів кавітації при їх взаємних коливних переміщеннях назустріч одна одній у оброблюваній рідині утворюються ділянки підвищеного тиску-розрідження (залежно від напрямку переміщень дек), що пропорційні площі їх бокової конічної поверхні. Миттєві зміни (підвищення-пониження) тиску оброблюваної рідини сприяють пониженню міцності рідини, наростанню інтенсивності формованого в робочій камері кавітаційного поля, що скорочує тривалість та підвищує продуктивність кавітаційної обробки в цілому.

Поставлена задача вирішується тим, що у вібраційному електромагнітному пристрої для збурення кавітації, що містить заповнений оброблюваною рідиною нерухомий корпус із прикріпленою до нього за допомогою еластичних гофрів коливною камерою, яка встановлена із можливістю здійснення коливних рухів відносно нерухомого корпусу, приєднаний до корпусу пружними елементами електромагнітний віброзбудник із коаксіально розміщеними статорм з обмотками та якорем, до якого приєднано коливну камеру, прикріплені до якоря та статора із можливістю здійснення протифазних коливнь пронизані отворами для перетікання оброблюваної рідини деки-збурювачі кавітації, що розташовані співвісно потоку оброблюваної рідини, згідно з корисною моделлю, пари приєднаних до якоря та статора дек-збурювачів кавітації виконано конічної форми із однонаправленими вершинами конуса та конусностями 2:1, а віддаль між конічними поверхнями дек-збурювачів кавітації рівна розмаху їх коливних відносних переміщень.

У запропонованому пристрої в потоці оброблюваної рідини переміщаються не пласкі розтинаючі рідинний потік деки із отворами, а співвісні потоку збурювачі кавітації конічної форми. Площа бокових конічних із конусностями 2:1 поверхонь дек-збурювачів кавітації у 1,41 разу перевищує площу пласких поверхонь дек. При протифазних переміщеннях конічних поверхонь дек-збурювачів кавітації назустріч одна одній у розміщеній між ними оброблюваній рідині утворюється додатковий тиск, який сприяє підвищенню швидкості перетікання рідини крізь наявні на конічних поверхнях отвори. Величина цього тиску та підвищення швидкості, згідно з законом Д. Бернуллі, пропорційні площі конічних поверхонь дек-збурювачів кавітації. На більший, порівняно із пласкими, конічній поверхні дек збільшується і кількість отворів для перетікання рідини, кожен із яких постає джерелом збурення кавітаційних порожнин. У результаті пропорційно збільшенню тиску рідини та кількості отворів-джерел збурення кавітації підвищуються інтенсивність формованого тут кавітаційного поля та продуктивність обробки рідин.

Рекомендована величина конусності дек 2:1 є оптимальною із тих міркувань, що її зменшення знижує кількість отворів на боковій поверхні дек, які є джерелами збурення кавітації. Збільшення конусності понад вказану величину зменшує кут нахилу твірної конуса до напрямку потоку оброблюваної рідини, що супроводжується пониженням тиску, а відповідно, і швидкості перетікання рідини крізь отвори. Розміщення конічних дек-збурювачів кавітації на віддалі між ними, що рівна розмаху їх коливних відносних переміщень, гарантує їх від співударення під час роботи, забезпечуючи при цьому максимальні значення наведених у рідині тисків.

Вібраційний електромагнітний пристрій для збурення кавітації зображений на кресленні. До його складу входять завантажувальна 6, робоча 9 та відвідна 14 камери, що з'єднані між собою із можливістю відносних переміщень через гнучкі гофри 8 та 12. На робочій камері 9 закріплено набраний із листового заліза кільцевий якір 10, а камера та якір через циліндричні пружні стержні 5 з'єднані із закріпленими на трубах завантажувальної 6 та відвідної 14 камер реактивних мас 11. Співвісно якореві 10 через циліндричні пружні стержні 2 до реактивних мас 11 прикріплено корпус 4 статора, у якому рівномірно по колу розташовані котушки електромагнітів 15 із обмотками 3. Обмотки шістьох рівномірно розташованих по колу електромагнітів з'єднано таким чином, що вони утворюють три зміщених між собою на 120° двотактних віброзбудники. Співвісно розташовані статор із катушками 15 і обмотками 3 та якір 10 з робочою камерою 9 утворюють кільцевий електромагнітний віброзбудник, який у поєднанні із прикріпленими до реактивної маси пружними стержнями 2 та 5 формують тримасну резонансну коливну систему. Перша з коливних мас - робоча камера 9 із прикріпленим до не якорем 10, друга - статор із катушками 15 та обмотками 3, третя - реактивна маса із масивними трубами завантажувальної 6 та відвідної 14 камер.

До якоря та статора жорстко прикріплені конічні деки 7 та 13 - збурювачі кавітації із рівномірно розташованими по всій їх площі отворами для протікання оброблюваної рідини.

Пари приєднаних до якоря та статора дек-збурювачів кавітації виконано конічної форми із однаправленими вершинами конусів та конусностями  $D:H=2:1$ , де  $D$  - діаметр основи конічної поверхні,  $H$  - висота конуса. Віддаль  $L$  між конічними поверхнями дек-збурювачів кавітації рівна розмаху їх коливних відносних переміщень, тобто  $L=2 \cdot A$ , де  $A$  - амплітуда коливань дек-

збурювачів кавітації. Діаметри виконаних на бокових конічних поверхнях дек 7 та 13 отворів для перетікання оброблюваної рідини рівні амплітуді їх коливань, а віддаль між сусідніми отворами - потрібному значенню амплітуди. Пари прикріплених до якоря та статора дек розміщені симетрично на вході та виході робочої камери 9.

Від потрапляння сторонніх предметів до коливних систем електромагнітний віброзбудник захищено захисним кожухом 1.

Робота вібраційного електромагнітного пристрою для збурення кавітації в рідині здійснюється наступним чином. По трубі завантажувальної камери 6 в робочу камеру 9 під незначним тиском або самоприпливом подають оброблювану рідину. Одночасно на обмотки 3 котушок 15 електромагнітів послідовно за або проти годинникової стрілки подають напругу. Електромагніти у цій же послідовності по чергово притягують до себе якір 10 із наповненою оброблюваною рідиною робочою камерою 9, прогинаючи при цьому назустріч одні одним пружні циліндричні стержні 2 та 5. Прогин та пружність циліндричних стержнів 2 та 5 розраховано таким чином, що вони унеможливають співударення якоря та статора між собою. Почергове протягування якоря до поряд розташованих котушок 10 статора трансформується у направлені кругові протифазні коливання двох пружно встановлених коливних мас, а саме якоря 10 із робочою камерою 9 та статора 4. Ці коливання відбуваються із певними розрахунковими амплітудами та частотою, рівною частоті подачі напруги на котушки кільцевого електромагнітного віброзбудника, як правило 50 Гц.

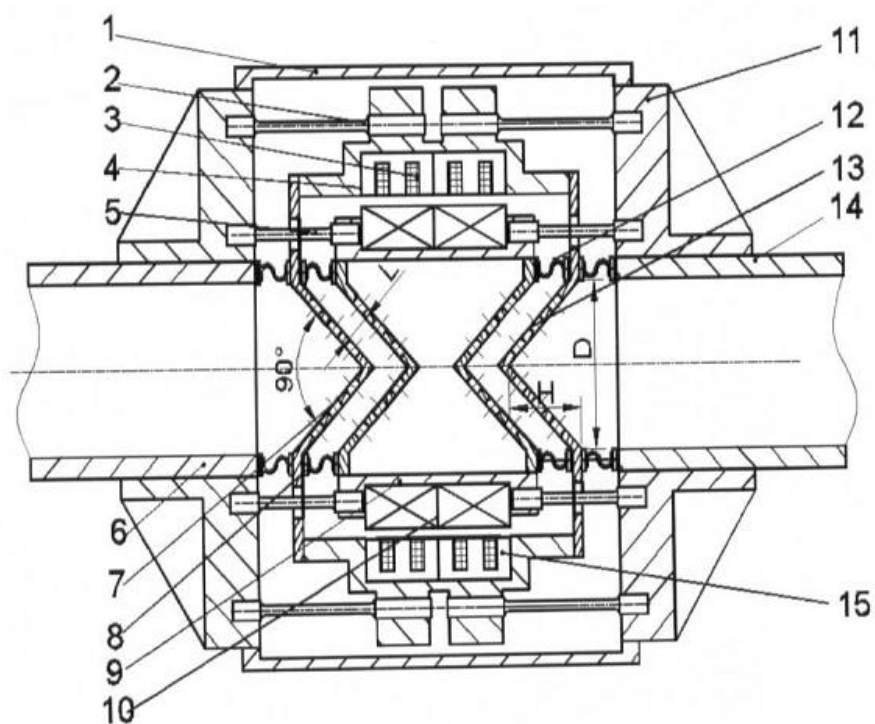
Разом із коливними масами плоскопаралельні кругові протифазні переміщення в робочій камері 9 здійснюють і прикріплені до них конічні деки 7 і 13 з отворами, пересікаючи потік оброблюваної рідини, що неперервно надходить в цю камеру. При рекомендованій амплітуді коливань дек 1,5-2 мм і частоті 50 Гц швидкість, з якою оброблювана рідина перетікає крізь отвори у коливних деках, достатня для збурення в рідині імпульсів ударних хвиль, вплив яких на завжди наявні в рідині зародки кавітацій супроводжується миттєвим зародженням, розширенням та подальшим сплескуванням кавітаційних бульбашок. Рівномірним розташуванням отворів на бокових поверхнях конічних дек 7 та 13 забезпечується рівномірність інтенсивності кавітаційного поля по всій площі поперечного перерізу робочої камери 9, тобто рівномірність обробки рідини.

Завдяки симетричному розташуванню дек-збурювачів кавітації протікаюча через робочу камеру 9 рідина двічі піддається кавітаційній обробці. Після проходження в робочій камері подвійної кавітаційної обробки рідина через відвідну камеру 14 подається для подальшого цільового використання.

Основною перевагою вібраційного електромагнітного пристрою для збурення кавітації в рідині, порівняно із відомими, є висока продуктивність, придатність для обробки значних обсягів рідин в неперервному їх потоці у поєднанні із забезпеченням рівномірності обробки рідин.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Вібраційний електромагнітний пристрій для збурення кавітації, що містить заповнений оброблюваною рідиною нерухомий корпус із прикріпленою до нього за допомогою еластичних гофрів коливною камерою, яка встановлена із можливістю здійснення коливних рухів відносно нерухомого корпуса, приєднаний до корпуса пружними елементами електромагнітний віброзбудник із коаксіально розміщеними статором з обмотками та якорем, до якого приєднано коливну камеру, прикріплені до якоря та статора із можливістю здійснення протифазних коливань пронизані отворами для перетікання оброблюваної рідини деки-збурювачі кавітації, що розташовані співвісно потоку оброблюваної рідини, який **відрізняється** тим, що пари приєднаних до якоря та статора дек-збурювачів кавітації виконано конічної форми із однаправленими вершинами конуса та конусностями 1:1, а віддаль між конічними поверхнями дек-збурювачів кавітації рівна розмаху їх коливних відносних переміщень.




---

Комп'ютерна верстка В. Мацело

---

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

---

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