

Корисна модель відноситься до технологічного обладнання для інтенсивної гідродинамічної обробки рідких середовищ з метою їх диспергування, суспензування і гомогенізації, деструкції їхніх компонентів у рідкому й твердому стані, введення в них хімічних речовин у будь-якому фазовому стані, а також вакуумного відкачування пар, газів і легко киплячих компонентів з робочого середовища. Дане обладнання може бути використано в хімічній, нафтопереробній, енергетичній, харчовій і інших галузях промисловості, а також у технологічних процесах водоочищення й одержання дистильованої води.

Відомо, що якість емульсій і суспензій визначається значною мірою їх дисперсністю й гомогенністю. Застосування високої інтенсивної гідродинамічної кавітаційної обробки в режимі жорсткої суперкавітації істотно поліпшує ці показники.

Відомий змішувач рідин за Патентом Російської Федерації RU2060806 C1, B01F 7/16, від 27.05.96 р. Корпус цього пристрою містить коаксіально розташовані циліндричні порожнини, які з'єднані між собою отворами й мають загальний вихід у змішувальну камеру, де також обертається ротор з лопатками. Недоліком цього пристрою є відсутність ефективних кавітуючих елементів та механізму обробки суміші в змішувальній камері, а також механізму штучного вакуумування кавітаційної зони.

Відомий також диспергатор за Авт. св. CPCP SU1183162 A, B01F 7/16, від 09.11.83 р., в якому використовується насосна крильчатка (або ротор), що має лопатки з клиновим суперкавітуючим профілем. Однак тут практично недосяжні високі швидкості переміщення лопаток щодо навколишньої рідини й тому виникаюча кавітація має низьку щільність енергії. Загальний лобовий опір лопаток великий й при високій швидкості вимагає підвищених енерговитрат. Крім цього, механізм повернення рідини в робочу камеру за допомогою зовнішнього контуру з додатковим насосом не вирішує проблему значного збільшення відсотка однаково оброблених кавітацією часток рідини щодо загальної витрати рідини через апарат (як правило, він менше 30...50%).

Відомий кавітаційний апарат за Патентом України №20438, B01F 7/10 від 15.01.2007р., який містить два співвісно розміщені ротори з клиноподібними кавітуючими лопатками. Однак тут має місце недостатньо висока інтенсивність кавітації внаслідок низьких швидкостей кавітуючих елементів відносно оброблюваної рідини, а також недосконала конструктивна схема та механізм рециркуляції рідини у межах апарата. Внаслідок цього усі частини оброблюваної рідини мають різну ступінь кавітаційної обробки, що відповідно знижує якість продукту.

Найбільш близьким по суті є кавітаційний Змішувач Павловського за Пат. України UA 45639 A, B01F 7/16 від 15.04.2002р., що складається з корпусу, у якому співвісно розміщені вал, швидкохідний ротор, що несе на собі радіальні клинові суперкавітуючі лопатки (КСКЛ) з асиметричним профілем робочої частини, вхідна та вихідна розподільна камера, вхідні та вихідні патрубки, а також вхідна та вихідна кільцеві робочі камери, розділені по окружності повздовжніми радіальними перегородками на групи робочих міні камер. При цьому в кожній із цих груп тільки остання міні камера має вихід у загальну розподільну камеру, у якій оброблена рідина ділиться на дві частини. Її менша частина йде на вихід з апарата, а більша - вертається у вхідну робочу камеру апарата і далі на повторну кавітаційну обробку в робочих кільцевих камерах. Однак тут має місце недостатньо досконалий механізм перемішування й повернення робочого середовища в зону кавітаційної обробки, внаслідок чого не гарантується одержання 100% часток рідини з однаковою ступеню кавітаційної обробки. Більше того, для ряду технологічних завдань потрібне застосування більш жорстких режимів (більшої інтенсивності) кавітаційної обробки, ніж ті, які досягаються у відомому пристрої. Також важливим недоліком цього пристрою є відсутність механізму штучного вакуумування кавітаційної зони.

Завданням пропонованої корисної моделі є усунення недоліків відомих пристроїв та створення роторного кавітаційного апарата з досконалою схемою багаторазової внутрішньої рециркуляції рідини, який працює в режимі жорсткої суперкавітації і створює штучне вакуумування кавітаційної зони, що йде слідом за кожною КСК-лопаткою. Це забезпечує інтенсивну кавітаційну обробку, практично однаково для усіх мікро об'ємів оброблюваної рідини при відносно низьких енерговитратах. Більше того, завдяки штучному вакуумуванню кавітаційної зони забезпечується додаткова технологічна можливість у вигляді вакуумного відкачування пар, газів і легко киплячих компонентів із робочого середовища в процесі її обробки в протоці.

Дане завдання вирішується в такий спосіб. Рідка суміш, що йде скрізь апарат, ділиться на ряд паралельних осьових потоків із вхідної кільцевої робочої камери в один за одним розташовані по окружності робочі міні камери вихідної кільцевої робочої камери. Ці потоки послідовно перетинаються рядами швидко рухомих КСК-лопаток ротора із супер-кавітуючим профілем. Конструкція розподільників вхідної, вихідної та проміжної кільцевих робочих камер, а також насосні ефекти в протилежних осьових напрямках, що створюються за рахунок асиметричної форми КСКЛ кожного ряду й наскрізних отворів у роторі, забезпечують комбінований механізм інтенсивного перемішування рідини й можливість її багаторазового вертання (рециркуляції) та проходження через зону максимальної кавітації.

Значну роль у цьому механізмі має також розміщення КСК-лопаток на роторі у декілька рядів, які розташовані в паралельних площинах, що перпендикулярні осі обертання ротору. Причому сусідні ряди КСКЛ мають протилежні за знаком результуючі насосні ефекти уздовж осі ротора, до того ж цей ефект лопаток першого (від входу) ряду щодо інших рядів КСКЛ повинен бути найбільшим, а результуючий ефект усіх рядів КСКЛ - спрямованим у бік вихідної камери. При цьому кожна кільцева зона між сусідніми рядами лопаток є додатковою кільцевою робочою зоною апарата, що по конструкції відповідає вхідній кільцевій робочій камері й аналогічним чином розподілена повздовжніми радіальними перегородками на групи робочих міні камер.

Завдяки вихідним отворах у кожній міні камері (по одному отворі) вихідної кільцевої робочою камери оброблювана рідина ділиться на дві незалежні й нерівні частини. Перша з них, що переважає по витраті (об'єму) і одержує недостатньо велику кратність кавітаційної обробки, під дією насосного ефекту лопаток і ротору вертається через зворотну камеру (В) і наскрізні отвори у роторі до вхідної робочої кільцевої камери (А) на додаткову обробку. Не змішуючись із першою, друга, менша частина рідини, що одержала достатньо високу й рівну по інтенсивності кавітаційну обробку, через отвори в останній для кожної групи міні камері у вихідній кільцевій робочій камері попадає в окрему загальну вихідну камеру і вирушає на вихід з апарату.

Введення в зону кавітації штучного вакуумного парогазовідсосу з головної частини розвитої суперкаверни, яка йде за кожною КСКЛ, міняє розміри й форму кавітаційної каверни у рідині та збільшує інтенсивність (жорсткість) кавітації за рахунок росту енергії зхлопування (колапсу) кавітаційних бульбашок, а також значно розширює технологічні можливості обладнання. Наприклад, дані апарати можуть ефективно використовуватись

як випарники водяних і спиртових розчинів, а також для витягання легких фракцій з нафти, розчинених газів з різних рідин та інше.

Корисна модель пояснюється кресленням, де схематично зображено повздовжній переріз кавітаційного роторного апарата з вакуумуванням (фіг.1) та умовні схеми руху потоків оброблюваної рідини в апараті. Додаткове пояснення дає розгорнення трьох кільцевих робочих камер (X), (Y) та (Z) із діючою схемою основних потоків рідини у зонах кавітаційної обробки (фіг.2). Поперечний переріз робочої частини кожної КСК-лопатки з суперкавітуючим профілем зображено на фіг.3.

Кавітаційний апарат складається з корпусу (1), у якому співвісне розташовані швидкісний ротор (3) з двома рядами радіальних КСК-лопаток (7 і 8) на валу (2), вхідні (11) та вихідний (12) патрубки, патрубок вакуумного відкачування (9), вузол торцевого ущільнення (10), вхідний (4), проміжний (5) і вихідний (6) розподільники, які разом з внутрішньою циліндричною поверхнею апарата утворюють кільцеві робочі камери (вхідна - X, проміжна - Y і вихідна Z), а також вхідна (A), вихідна (B) і зворотна (B) загальні камери, які утворені поверхнями роздільників (4, 5 і 6) і ротора (3). Кожна кільцева робоча камера (X, Y і Z) розділена поздовжніми радіальними перегородками, відповідно, на і робочих міні камер (x_i , y_i і z_i), що конструктивно об'єднані в n окремих груп. До складу кожної групи міні камер (z_{ni}) вихідної кільцевої робочої камери (Z) входить одна вихідна міні камера (z_{ni}), яка пов'язана з загальною вихідною камерою (B), і декілька зворотних міні камер ($z_{n2}...z_{ni}$), з'єднаних з загальною зворотною камерою (B). На відміну від вихідної камери міні камери (x_{ni}) у вхідній робочій камері (X) не мають функціональних відмінностей у межах кожної групи. Розподіл на групи міні камер у проміжній кільцевій робочій камері (Y) відсутній і всі вони конструктивно однакові.

Осьовий насосний ефект, який роблять клинові радіальні лопатки першого ряду, є найбільшим та діє у напрямку вихідної робочої камери (аіг.2 і 3). Йому в протилежність і слабкіше діють лопатки другого ряду, що забезпечує протилежно спрямовані осьові переміщення потоків рідини в межах робочих міні камер в усіх трьох розподільниках (4, 5 і 6). В разі використання декілька рядів КСК-лопаток на роторі треба, щоб осьовий насосний ефект лопаток у сусідніх рядах було спрямовано у протилежні боки. В результаті цього діє комбінований механізм інтенсивного перемішування оброблюваної рідини й можливість її багато разового проходження скрізь зону найбільшої кавітації. Результуючий ефект цього механізму спрямовано до виходу з міні камер кільцевою вихідної робочої камери.

Внаслідок дії підключеного зовні вакуумного насоса відкачуються пар та газів із вакуумної порожнини кавітаційної каверни, що йде за кожною КСКЛ (7 і 8). В першу чергу вони надходять до порожнини кожної КСКЛ, потім через канали зв'язку вони йдуть до порожнини ротору, далі - до виходу через вакуумний патрубок (9) і у технологічну схему для конденсації й одержання відповідного продукту.

Кавітаційний роторний апарат з вакуумуванням працює в такий спосіб (аіг. 1 та 2). Оброблювана рідина через вхідні патрубки (11) апарата проходить у загальну вхідну камеру (A), а потім через радіальні отвори у вхідному розподільнику (4) потрапляє до вхідної кільцевої робочої камери (X). Далі паралельні потоки рідини, що течуть уздовж перегородок міні камер (x_i), перетинаються швидко рухомими КСКЛ, які створюють крім кавітаційного ефекту потужний насосний ефект. Під його дією більша частина потоків рідини переходить у міні камери робочої проміжної камери (Y) і потім у міні камери робочої вихідної камери (Z), а менша частина потоків спрямовується в кільцевому напрямку в обох кільцевих кавітаційних зонах. В результаті рідина здійснює зворотно-поступальні (переважно) й кільцеві переміщення в трьох (уданому прикладі) робочих кільцевих камерах. При цьому вона багаторазово проходить через обидві кільцеві кавітаційні зони й відповідно піддається багаторазовій кавітаційній обробці. Менша по об'єму частина рідини, що пройшла найбільшу кількість разів через зони кавітації, прямує на вихід з апарату скрізь отвори у міні-камерах (z_{ni}) вихідної кільцевої робочої камери. Більша частина рідини, що одержала недостатньо велику кратність кавітаційної обробки, під дією насосного ефекту наскрізних отворів у роторі вертається через загальну зворотну камеру (B) у вхідну робочу кільцеву камеру на додаткову обробку.

Під дією створюваного зовнішнім вакуумним насосом розрідження через хвостову частину кожної КСКЛ (8 і 7) відкачуються пар і газів оброблюваної рідини з вакуумної порожнини розвиненої суперкаверни, які через внутрішню порожнину ротора (3), канали зв'язку, торцеве ущільнення (10) і вихідний газо-вакуумний патрубок (9) виводяться назовні в технологічну схему. Для того, щоб ефект вакуумного відкачування пар і газів з робочого середовища в процесі його обробки в протоці був достатній, необхідно забезпечити достатні поперечні перетини усіх вакуумно-газових каналів. Із цієї метою діаметр ($\varnothing d = c$) кожного каналу зв'язку порожнини КСК-лопатки з порожниною ротора повинен бути не меншим 0,3 товщини (b) КСКЛ або $\varnothing d \geq 0$ (Фіг.3).

Конструктивна схема Кавітаційного апарата з вакуумуванням характеризується компактністю і наявністю великої кількості міні камер, кожна з яких має об'єм у десятки разів менший загальному об'єму апарату. Та він, у свою чергу, також незначний і не перевищує 0,5 % від об'єму оброблюваної рідини, яка проходить скрізь апарата за годину. Ця особливість забезпечує велику кількість повних циклів додаткової кавітаційної обробки рідини у апараті в протоці (не менш 30-50 разів за одне проходження через апарат).

Також важливо, що лобовий опір лопаток з суперкавітуючим профілем є дуже малим і енергетичні витрати на їх рух у рідині з великою швидкістю також невеликі. Більш того, рідина у кавітаційній зоні ротора не затягується услід за суперкавітуючими лопатками, що рухаються скрізь створи великої кількості відбиваючих радіальних поздовжніх перегородок, і це не створює загальний кільцевий потік. Завдяки цьому легко досягаються реально високі швидкості руху лопаток відносно оброблюваної рідини (близько 30-60 м/с) - головний фактор виникнення кавітації великої інтенсивності.

Таким чином у кожній міні камері має місце переважно суперкавітація з високою питомою густиною енергії і, як наслідок, високоефективне диспергування та інтенсивна кавітаційна обробка практично усіх частин рідини, яка проходить через апарат. Поряд з цим виникає також інтенсивне перемішування і гомогенізація рідкої суміші у межах всього робочого об'єму апарата. Досконалий механізм перемішування й повернення робочого середовища в зону кавітаційної обробки гарантує одержання 100% часток рідини з однаковою ступінню інтенсивної кавітаційної обробки.

Достовірність високих техніко-економічних показників даного Кавітаційного апарату з вакуумуванням підтверджена при випробуванні його лабораторного та декілька дослідних промислових зразків з потужністю двигунів 15, 22 чи 30 кВт і продуктивністю 2, 5 та 12 м³/год оброблюваної рідини. Кожен з них мав швидкісний ротор (2900 об/хв..) із одним чи двома рядами кавітуючих лопаток, що рухаються зі швидкістю 35...45 м/с відносно

оброблюваної рідкої суміші, яка проходила скрізь апарат (обробка рідини - в протоці), були отримані стійки до зберігання та ефективні для використання високоякісні водо-мазутні емульсії (вміст води 8-25%), водо-олійні емульсії (вміст олії 5-15%), бензиново-спиртові (5%) суміші, біо дизель, водно-емульсійні фарби та інші. Їх дисперсність не перевищувала 5-10 мкм.

Обробка коров'ячого молока зменшила розмір жирових часток з 3-5 мкм до 0,3-0,7 мкм при значному підвищенні (у 5-10 разів) тривалості зберігання в якісному стані (анті бактеріцидні можливості кавітаційного впливу).

Обробка водної суспензії з ракушечником грубого помолу дозволила успішно руйнувати частини (50-250 мкм у вихідному стані) твердої речовини усіх розмірів та отримати продукт з дисперсністю частин на рівні декілька мікрон.

Важливий результат було отримано при кавітаційно вакуумній обробці різних рідин в протоці. Так при проходженні скрізь апарат промислової нафти наряду з її інтенсивною обробкою (а отже й придбання нею нових якостей, наприклад, зниження в'язкості та ефективний підогрів) були отримані з вакуумного патрубку легкі фракції нафтопродуктів з температурою кипіння 68-75°C. Подібний позитивний результат за допомогою даного пристрою отримано також при обробці забрудненою нафтою технологічної води, де нафти було до 30%.

При проходженні скрізь апарат соленої та брудної води була одержана якісна дистильована вода з продуктивністю процесу до 40 л/год. При цьому затрати електроенергії не перевищували 0,8 кВт/год на 1 л дистилату, а величина розрядження у вакуумній зоні кавітаційної камери досягала 0,95 атм. (тому вода кипіла при майже 42°C). При проходженні скрізь апарат технологічних (забруднених) водних розчинів етилового спиртів (до 25%) були отримані чистий концентрований спирт. Аналогічний успішний результат отримане при витягуванні метанолу (дуже шкідлива речовина) з технологічно забрудненої води, в якій вихідний вміст метанолу був на рівні 20%.

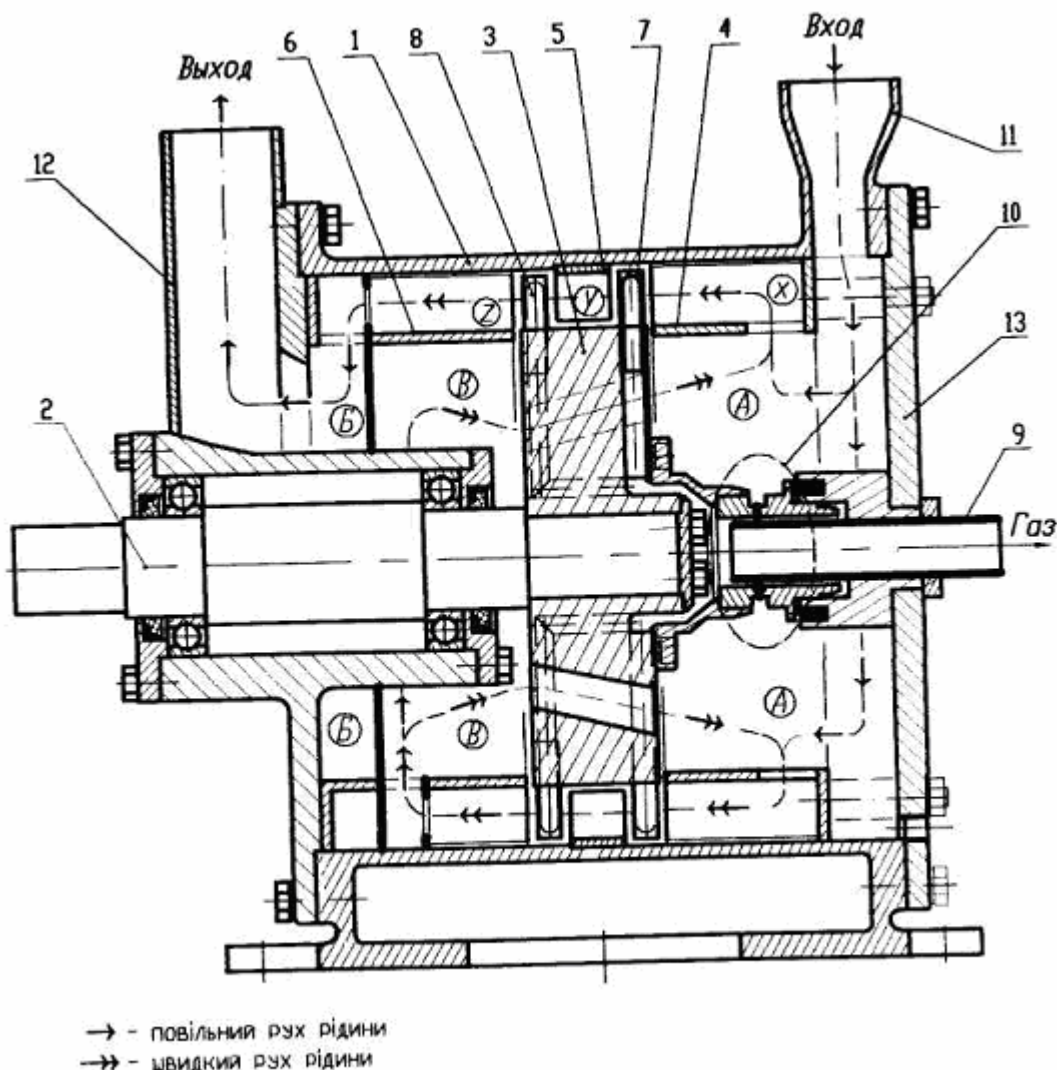


Fig. 1

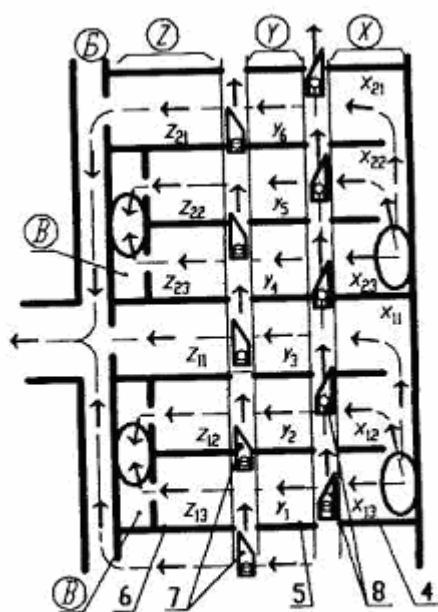


Fig. 2

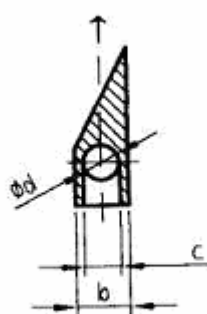


Fig. 3