



УКРАЇНА

(19) UA (11) 63182 (13) U  
(51) МПК (2011.01)  
B01J 19/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

### (54) КАВІТАЦІЙНИЙ РЕАКТОР

1

(21) u201105435

(22) 28.04.2011

(24) 26.09.2011

(46) 26.09.2011, Бюл. № 18, 2011 р.

(72) ФЕДОТКІН ІГОР МИХАЙЛОВИЧ, ТИМОНІН  
ОЛЕКСАНДР МИКОЛАЙОВИЧ, КАЧКАЛДА КОС-  
ТЯНТИН ПАВЛОВИЧ

(73) ФЕДОТКІН ІГОР МИХАЙЛОВИЧ

(57) 1. Кавітаційний реактор, що містить циліндричний корпус з патрубками подачі і відведення суміші і коаксіально встановлений кавітатор, виконаний у вигляді зрізаного конуса, який **відрізняється** тим, що він додатково забезпечений передвключеним кавітатором, встановленим по ходу потоку перед основним кавітатором, при цьому в тілі основного кавітатора виконані центральний і похилі по потоку радіальні канали, вихід з яких направлено до кільцевого зазору між кавітатором і корпусом безпосередньо перед кільцевими виточками, причому по осі реактора розташована центральна

2

трубка, один кінець якої з'єднаний зі входом радіальних каналів основного кавітатора, а інший кінець з'єднаний з торцем включеного кавітатора та має отвори в бокових стінках, виконаних безпосередньо біля торця передвключеного кавітатора.

2. Кавітаційний реактор за п. 1, який **відрізняється** тим, що центральний канал в корпусі основного кавітатора сполучено з радіальними каналами, виходи яких спрямовано в зазор між бічною поверхнею кавітатора і корпусом.

3. Кавітаційний реактор за пп. 1, 2, який **відрізняється** тим, що радіальні канали, які з'єднуються з центральним, спрямовано під кутом 45° до осі кавітатора з нахилом по ходу потоку рідини.

4. Кавітаційний реактор за пп. 1-3, який **відрізняється** тим, що центральна труба перфорована отворами, а на циліндричній поверхні корпусу виконані кільцеві виточки, які разом з виточками на стінках циліндричної вставки утворюють кільцеві сопла Лавалю.

Корисна модель відноситься до пристроїв для обробки рідких систем, розчинів, емульгування емульсій, диспергування суспензій і гомогенізації сумішей у гідродинамічному кавітаційному полі з метою інтенсифікації технологічних процесів і підвищення якості продукції. Корисну модель може бути використано в хімічній, харчовій, целюлозно-паперовій, нафтохімічній промисловості, в промисловості виробництва будівельних матеріалів, а також в енергетиці та машинобудуванні, у парфумерній промисловості, у виробництві паливно-мастильних матеріалів, фотоматеріалів, кремів, харчових концентратів.

Відомий кавітаційний реактор з суцільним кавітатором без радіальних каналів [1].

Недоліком цього гідродинамічного кавітаційного апарату є недостатня його ефективність, пов'язана з великою дисперсією розподілу навігаційних бульбашок і порожнин за розмірами при їх відриві від хвостової частини каверни і низькими енергетичними показниками.

Як найближчий аналог вибраний кавітаційний змішувач, що складається з циліндричного корпусу, який поступово переходить у конічний, патрубків подачі і відводу оброблюваної суміші, при цьо-

му всередині корпусу закріплений шток, за допомогою якого можна регулювати подачу суміші [2].

Недоліком наведеної конструкції є недостатня ефективність і ступінь диспергування компонентів, зумовлені наявністю разом з малими і малоефективних великих порожнин. Великі паргазові порожнини не дають кумулятивних ефектів, не генерують кумулятивних струйок і ударних хвиль.

В основу корисної моделі поставлена задача вдосконалення кавітаційного реактора, шляхом введення в його конструкцію передвключеного кавітатора, встановленого по ходу потоку перед основним кавітатором і пов'язаного з ним газодинамічно, форма виконання основного кавітатора, що утворює разом з корпусом кільцеві сопла Лавалю, не допускає відриву від хвоста каверни малоефективних великих паргазових порожнин, відбувається калібрування за розмірами кавітаційних бульбашок і організація надзвукових течій рідинно-бульбашкової суміші в зазорі між корпусом і основним кавітатором з обумовленою цим процесом генерацією додаткових ударних хвиль, що підсилюють кумулятивний ефект від схлопування кавітаційних бульбашок, що веде до підвищення ступеня диспергування реагентів.

(19) UA (11) 63182 (13) U

Поставлена задача вирішується тим, що кавітаційний реактор, що містить циліндричний корпус з патрубками подачі і відведення суміші і встановлений в ньому коаксіально кавітатор, виконаний у вигляді зрізаного конуса згідно винаходу, забезпечений передвключеним кавітатором встановленим по ходу потоку перед основним кавітатором, що має крім конусної поверхні ще й циліндричну, причому на бічній циліндричній поверхні основного кавітатора і на внутрішній поверхні циліндричного корпусу реактора виконані кільцеві виточки, що утворюють кільцеві сопла Лавалю, при цьому в тілі основного кавітатора виконані центральний і похилі по потоку радіальні канали, вихід з яких спрямований в кільцевий зазор між кавітатором і корпусом безпосередньо перед кільцевими виточками, причому по осі реактора розташована центральна трубка, один кінець якої з'єднаний зі входом радіальних каналів основного кавітатора, а інший кінець з'єднаний з торцем передвключеного кавітатора та має отвори в бокових стінках, виконані безпосередньо біля торця передвключеного кавітатора. Пристрій пояснюється кресленням, де на фіг. зображений переріз кавітаційного апарату з передкавітатором.

Кавітаційний реактор складається з циліндричного корпусу 1, патрубків подачі 2 і відводу 3 оброблюваної суміші. Патрубок відводу 3 має дифузори камери конічного раструбу. Всередині корпусу 1 закріплені співвісно на фіксаторах 4 основний 5 і передвключений 6 кавітатори, виконані у вигляді зрізаних конусів, з'єднаних між собою каналами.

Основний 5 і передвключений 6 кавітатори з'єднані між собою трубкою 7, яка забезпечена регулюючим вентилем 8. Конічна поверхня кавітатора 5 по ходу потоку переходить в циліндричну. На цій циліндричній поверхні виконані кільцеві виточки 9, які разом з виточками на стінках циліндричної вставки 10 утворюють кільцеві сопла Лавалю. Радіальні канали 11, що знаходяться на основному кавітаторі 5 з'єднані з центральною трубкою 7, яка перфорована отворами 12. Кавітатор має дві кавітаційні каверни 13 і 14, що розміщені після основного і передвключеного кавітаторів відповідно. Процес калібровки може бути відрегульований за допомогою змінних вставних форсунок 15.

Пристрій працює таким чином.

Потік оброблюваної суміші під тиском зі швидкістю 3-5 м/с, надходить через вхідний патрубок 2 в корпус, послідовно обтікаючи передвключений 6 і основний 5 кавітатори. Ступінь завантаження передвключеного кавітатора 6 збільшується до  $d_k/D \approx 0,75-0,9$ , а відстань  $L_1$  може бути до  $(8-12)D$ . Відсмоктування парогазу відбувається із каверни 13. При цьому парогаз із каверни 13 надходить через отвори 12 в центральну трубку 7 і далі через регулювальний вентиль 8 в центральний канал основного кавітатора 5.

Радіальні канали 11 виконують роль калібрівального пристрою, що забезпечує генерування кавітаційних бульбашок оптимальних розмірів для даного технологічного процесу. Кавітаційні буль-

башки, які виходять з радіальних каналів 11, підхоплюються потоком рідкого середовища, далі суміш із бульбашок надходить в серію послідовно розташованих по потоку кільцевих сопел Лавалю, утворених кільцевими виточками 9, які розміщені в циліндричній частині кавітатора 5 і на внутрішній поверхні циліндричної вставки 10.

При перебігу бульбашкової суміші через сопла Лавалю виникає вторинна кавітація з утворенням активних дрібних бульбашок, а головне - виникає надзвукова течія. Швидкість звуку в водоповітряній суміші може бути обчислена за формулою Вуда:

$$a = \sqrt{\frac{P}{\rho_{ж}(1-\varphi)\rho}}$$

Де  $p$  - статичний тиск в потоці бульбашкової суміші, який дорівнює при атмосферному тиску  $p_1 = 9,8 \cdot 10^{-2}$  МПа, при розрідженні  $5 \cdot 10^{-3}$  МПа,

$p_2 = 4,9 \cdot 10^{-3}$  МПа,  $\rho_p$  - густина рідини,  $\rho_p = 1000$  кг/м<sup>3</sup>,  $\varphi$  - справжній об'ємний повітряний вміст потоку,  $\varphi = 0,5$  (безрозмірна величина).

Підставляючи наведені чисельні значення величин у формулу, отримуємо для атмосферного тиску швидкість звуку:

$$a = \sqrt{\frac{9,8 \cdot 10^4}{1000(1-0,5)0,5}} = 20 \text{ м/с},$$

а для розрідження  $p = 5 \cdot 10^{-3}$  МПа:

$$a = \sqrt{\frac{4,9 \cdot 10^3}{1000(1-0,5)0,5}} = 4,5 \text{ м/с}.$$

Для виникнення ударних хвиль потрібно, щоб швидкість руху середовища перевищувала швидкість звуку в ній і число Маха:

$$Ma = \frac{v}{a} > 1,0.$$

Вказані швидкості течії бульбашкової суміші  $v = 20-4,5$  м/с в кільцевому зазорі між корпусом 10 і основним кавітатором 5 можуть бути легко реалізовані практично при порівняно невеликому загромодженні потоку. При швидкості  $v_{вх} = 5$  м/с в вхідному патрубку буде потрібно для досягнення  $v = 20$  м/с загромодження, яке визначається із співвідношення нерозривності

$$v_{вх}D^2 = v(D^2 - d_k^2),$$

звідки

$$\frac{d_k}{D} = \sqrt{1 - \frac{v_{вх}}{v}} = \sqrt{1 - \frac{5}{20}} = 0,86.$$

Таке загромодження при наявності кільцевих виточок, що утворюють сопла Лавалю, достатньо мати лише у звуженні сопел, що суттєво знижує гідравлічний опір у порівнянні з кільцевим зазором без виточок.

Кавітатори з кільцевими соплами Лавалю були встановлені на Мартиновському спиртзаводі Вінницького спиртового об'єднання. Використання цих кавітаторів дозволило збільшити ступінь диспергування крохмалистої сировини і покращити показники її переробки (табл. 1)

Таблиця 1

Технологічні показники ефективності застосування кавітаційних установок на Мартиновському спиртовому заводі

№ п/п	Показники	Без кавітаційної установки	З кавітаційною установкою
1	Витрати пари до розвареної маси, %	55,3	55,3
2	Тиск пари, МПа	0,4914	0,4306
3	Температура пари, °С	150	145
4	Осахарювання, %	87-89	89-91
5	Вихід спирту, дал/т	65	66,5
6	Крупність дроблення, мм	1,5-1,8	0,5-0,7

Джерела інформації:

1. Авторское свидетельство № 1088763 СССР. Кавитационный реактор / И. М. Федоткин, А. Ф. Немчин, О. В. Козюк, // БИ, 1984, № 16.

2. Авторское свидетельство № 6827138 СССР. Кавитационный смеситель / А. Г. Бескоровайный, И. М. Федоткин, А. Ф. Немчин, В. В. Клявлин, Л. И. Пищенко// БИ, 1981, № 17.

