

МЕТОД ФОРМУВАННЯ АКУСТИЧНОЇ КАВІТАЦІЙНОЇ ОБЛАСТІ У ВИХРОВОМУ ПОТОЦІ ВИХРОВОЇ КАМЕРИ ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ ВИРОБНИЦТВА ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

Доценко С. С., Доценко С. І.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

У роботі розроблено метод формування акустичної кавітаційної області у вихровому потоці вихрової камери електротехнологічного комплексу виробництва органо-мінеральних добрив.

Постановка проблеми. В електротехнології синтезу гумусоподібних речовин [1] процеси подрібнення та активації гомогенізованих на субмолекулярному рівні біомолекул має визначальну роль. Найбільш технологічно прийнятними з відомих методів активації є методи електрогідродинамічного й акустичного кавітаційного впливу. Існуючі способи розроблені для застосування в реакторах періодичної дії й припускають циклічну обробку субстрату [2]. Однак в електротехнології синтезу гумусоподібних речовин усі інші процеси реалізуються безперервно. Отже, виникає необхідність розробки способів електрогідродинамічного й акустичного кавітаційного впливів у безперервному потоці.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В [2] наведені аналіз існуючих способів застосування акустичних коливань у хіміко-технологічних процесах. Застосовувана в цих процесах акустична апаратура для режиму акустичної кавітації припускає використання реактора емнісного типу.

У роботі [3] розглянуто процеси обробки палив для двигунів кораблів з застосуванням ультразвукової кавітаційної обробки у вихрових камерах безперервним потоком. В основу даного методу покладено спосіб формування акустичної кавітаційної області у вихровому потоці вихрової камери шляхом подачі двох струменів рідини тангенціально через два діаметрально протилежні канали направляючого апарату, з формуванням на його гострих крайках пульсацій тиску з підсиленням їх за рахунок зворотного зв'язку через бокову стінку вихрового потоку, що забезпечує квазі-стаціонарний режим генерування ультразвукової стоячої хвилі у пучностях тиску якої формуються кавітаційні області.

Недоліком даного методу є необхідність забезпечення розрахункового гідравлічного режиму течії рідини у вихровій камері для формування стоячої ультразвукової хвилі. Зміна режиму течії призводить до припинення режиму генерування ультразвукової кавітаційної області.

Ціль статті - розробка методу формування акустичної кавітаційної області у вихровому потоці вихрової камери електротехнологічного комплексу виробництва органо-мінеральних добрив (ОМУ) незалежно від режиму течії рідини.

Основні матеріали дослідження. Незалежними джерелами акустичних коливань ультразвукової частоти можуть бути електроакустичні випромінювачі на основі п'єзоелектричного та магнітострикційного ефектів. Для генерування коливань такими випромінювачами застосовуються електронні генератори з регульованою амплітудою та частотою. Основною характеристикою акустичного випромінювання є акустична потужність, яка припадає на одиницю площі поверхні через яку передається акустична енергія.

Основною конструктивною особливістю електроакустичних випромінювачів є можливість фокусування акустичних коливань. Це забезпечує генерування акустичних коливань заданої частоти та амплітуди у заданій області чи площині перерізу хвильоводу або потоку рідини чи газу. Дану особливість акустичних коливань нами запропоновано використовувати для формування ультразвукової кавітаційної області у вихровому потоці вихрової камери. Гідродинамічна модель течії рідини у фокальній області акустичного кавітаційного активатора розглянута у роботі [4]. В ній визначено основні режими руху парогазової порожнини у потоці рідини під дією акустичних коливань. Установлена можливість генерування кавітаційної області у фокальній площині електроакустичного випромінювача. При інтенсивності акустичного випромінювання, яка не перевищує граничної для генерування акустичної кавітаційної області, акустичні коливання розповсюджуються вздовж каналу в потоці рідини. Для течії рідини у вихровій камері це забезпечує формування у вихровому потоці акустичних коливань, які розповсюджуються вздовж потоку рідини. На рис. 1 наведено схему формування акустичного поля у вихровому потоці вихрової камери.

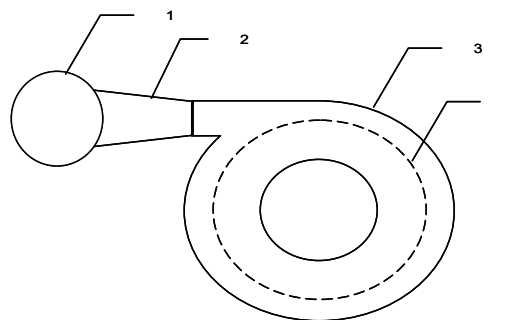


Рисунок 1 - Схема формування акустичного поля у вихровому потоці вихрової камери

Акустичні коливання згенеровані електроакустичним випромінювачем 1 через узгоджувачий хвильовід 2, спрямовуються у вихрову камеру 3.

Характеристичне рівняння для коливань в кавітаційній області каналу з акустично відкритими кінцями згідно [5] має вигляд:

$$cth \frac{\lambda l_1}{a} + cth \frac{\lambda l_2}{a} = \frac{\lambda^2 \tau_n \tau_k}{u + \lambda \tau_n}, \quad (1)$$

де $\tau_k = \frac{PaV_k}{S_0 E_n}$ - характеристичне відношення для

пружних властивостей рідини і парових порожнин;

P - тиск в області кавітації;

a - швидкість звуку в рідині;

V_k - об'єм парових порожнин;

S_0 - площа перерізу каналу з рідиною;

E_n - об'ємний модуль стискування пари;

$\tau_n = 1/2T$ напівперіод власних коливань порожнин, який дорівнює частоті акустичних коливань;

$\lambda = i\omega$ - комплексна частота коливань;

l_1 - відстань від початку області кавітації до вхідного зрізу каналу;

l_2 - відстань від вихідного зрізу каналу до області кавітації.

Покладемо згідно [5], що

$$\lambda = i\omega_m + \varepsilon_1 + i\delta_1, \quad (2)$$

де $m = 1, 2, 3$ - власна частота каналу без урахування зони кавітаційних порожнин;

$\omega_m = m\pi a / L$, $m = 1, 2, 3$ - власна частота каналу

без урахування зони порожнин кавітацій;

ε_1 - інкремент амплітуди коливань;

δ - мала поправка до частоти.

Для інкремента коливань запишемо [5]:

$$\frac{L}{a} \varepsilon_1 = \frac{4\tau_k \tau_n \sin^2(m\pi l_1 / L)}{1 + (u / \omega \tau_n)^2}. \quad (3)$$

Звідси витікає, що при $\tau_k = 0$ або $\tau_n = \infty$ збудження коливань неможливе, якщо немає первинних парогазових порожнин або немає процесу згортання. Найкращі умови збудження створюються при розташуванні зони кавітації, а отже, і акустичної зони, в пучності тиску відповідної гармоніки акустичних коливань, коли

$$\sin \frac{m l_1 \pi}{L} = \pm 1, \quad (4)$$

де $m = 1, 2, 3, \dots$, тобто при $l_1 = l/2, l/4, 3l/4$ і так далі.

Звідси витікає, що акустична зона потоку з пульсуючими в ній парогазовими порожнинами є джерелом коливань тиску при певному розміщенні цієї зони відносно вхідного перерізу каналу. Отже, в каналі залежно від розміщення кавітаційної області відносно вхідного перерізу реалізується два режими, коли

$$\sin \frac{m l_1 \pi}{L} \neq \pm 1 \quad (5)$$

або коли

$$\sin \frac{m l_1 \pi}{L} = \pm 1 \quad (6)$$

При умові, що довжина хвилі акустичних коливань дорівнює цілому числу довжин хвиль по середній лінії потоку 4, у вихровому потоці реалізуються режим формування стоячої акустичної хвилі. Цей режим характеризується різким зростанням амплітуди акустичних коливань у пучностях тиску, що при досягненні амплітудою значень критичної величини для збудження акустичної кавітації, забезпечує формування акустичної кавітаційної області. Це є основною перевагою у порівнянні з методом генерування акустичної кавітаційної області завдяки пульсаціям тиску в потоці, які спостерігаються на гострих кінцівках направляючого апарату вихрової камери і які підсилюються завдяки зворотному акустичному зв'язку, який здійснюється через бокову поверхню струменя, який є провідником ультразвукових коливань. Тільки при певній витраті рідини формується квазістаціонарний режим течії з генеруванням стоячої ультразвукової хвилі, у пучностях тиску якої, періодично, виникає ультразвукова кавітаційна область.

Зміна витрати рідини через направляючий апарат призводить до зміни частоти генерування пульсацій тиску в потоці на гострих кінцівках направляючого апарату, що призводить до зникнення стоячої ультразвукової хвилі у вихровому потоці вихрової камери.

Генерування коливань поза межами вихрової камери забезпечує можливість використання джерела ультразвукових коливань з задалегіть визначеними частотами та амплітудами.

Оскільки амплітуда коливань, які вводяться через тангенціальний канал направляючого апарату у вихровий потік вихрової камери, змінна, це забезпечує встановлення її більшою за амплітуду пульсацій тиску в потоці рідини, які спостерігаються на гострих кінцівках направляючого апарату вихрової камери, саме ці коливання і будуть сприяти підсиленню стоячої ультразвукової хвилі у вихровому потоці.

Метод реалізується наступним чином: рідина через вхідний тангенціальний канал направляючого апарату подається в об'єм вихрової камери. Завдяки тангенціальному введенню рідини в вихровій камері формується вихровий потік. Через вихідний канал рідина видаляється з вихрової камери. Згенеровані ультразвукові коливання фокусуються у вхідному перерізі тангенціального каналу направляючого апарата і таким чином вводяться у потік рідини, що здійснює вихровий рух у вихровій камері. Зміною частоти акустичних коливань забезпечують формування стоячої ультразвукової хвилі у потоці рідини. Резонансні явища, які пов'язані зі стоячою ультразвуковою хвилею у вихровому потоці забезпечують підсилення амплітуди коливань тиску у її пучностях і як наслідок, формуванню у цих пучностях кавітаційних областей. Зміна витрати рідини не впливає на характеристики цієї хвилі, оскільки потік енергії для її підтримання забезпечує стороннє джерело. Стояча хвиля може бути згенерована навіть для нерухомої рідини.

Здійснення запропонованого методу пояснюється за допомогою пристрою, схему якого наведено на рис. 2.

До складу пристрою входить циліндрична вихрова камера 1 з вхідним тангенціальним каналом направляючого апарату 2 та вихідним осьовим каналом 3.

До вхідного каналу направляючого апарату 2 приєднано сферичний концентратор акустичних коливань 4 з п'єзоелектричними ультразвуковими випромінювачами 5 та фокальною областю 6. До складу пристрою включено канал 7 для подачі рідини у фокальну область концентратора акустичних коливань.

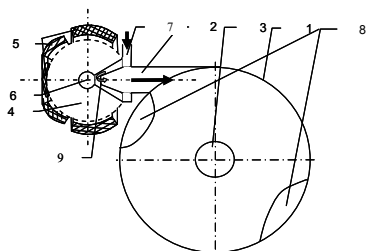


Рисунок 2 - Схема вихрової камери електротехнологічного комплексу з формуванням кавітаційних областей електроакустичним випромінювачем

Рідина через канал 7 подається у фокальну область концентратора акустичних коливань 4 і далі через вхідний переріз 9 вхідного тангенціального каналу направляючого апарату 2 спрямовується у внутрішню порожнину вихрової камери 1. У вихровій камері 1 формується вихровий потік рідини, який через вихідний осьовий канал вихрової камери 3 видаляється з вихрової камери.

Акустичні коливання ультразвукової частоти, згенеровані у одному з п'єзоелектричних ультразвукових випромінювачів 5, концентратором 4 фокусуються у фокальній області 6, розміщеній у площині вхідного перерізу 9 вхідного тангенціального каналу направляючого апарату 2. Сфокусовані акустичні коливання з фокальної області 6 розповсюджуються в рідині яка протікає у вхідному тангенціальному каналі направляючого апарату 2 і таким чином вводяться у вихровий потік вихрової камери. При співпадінні частоти хвиль акустичних коливань, згенерованих одним з п'єзоелектричних ультразвукових випромінювачів 5, з частотою власних поперечних коливань вихрового потоку, виникає стояча хвиля у пучностях тиску якої формується акустична кавітаційна область 8. Використання п'єзоелектричних ультразвукових випромінювачів 5 з різною частотою генерування ультразвукових коливань забезпечує налаштування режиму резонансу поперечних коливань у вихровій камері. Оскільки джерелом ультразвукових коливань є один з п'єзоелектричних ультразвукових випромінювачів 5, генерування резонансних коливань, а отже й формування акустичних кавітаційних областей 8 у вихровому потоці не залежить від швидкості течії рідини.

Висновки. Таким чином, за рахунок використання всіх пропозицій вирішується поставлене завдання – забезпечення формування кавітаційних областей у вихровому потоці вихрової камери електротехнологічного комплексу виробництва органічно-мінеральних

добрив незалежно від витрати рідини через вихрову камеру.

Список використаних джерел

1. Ионенко В. И. Гумус: динамика, структура, технологии: научно-техническая конференция "Экология и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов" / В. И. Ионенко // Труды конференции. - Том III. (11-15 июня 2001 г. Г. Щелкино, АР Крым). - НАН Украины, М-во экологии и прир. рес. - М-во здравоохранения Украины УГНИИ "Укрводгео". - Харьков, 2001. С. 209, 709-736.

2. Попилов Л. Я. Библиотека электротехнолога. Основы электротехнологии и новые ее разновидности / Л. Я. Попилов. - Выпуск 1. - Л., "Машиностроение", 1971. - 216 с.

3. Зубрилов С. П. Ультразвуковая кавитационная обработка топлив на судах / С. П. Зубрилов, В. М. Селиверстов, М. И. Браславский. - Л.: Судостроение, 1988. - 80 с.

4. Доценко С. С. Гідродинамічна модель течії рідини в фокальній області акустичного кавітаційного активатора / С. С. Доценко, С. І. Доценко // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. - Вип. 102. - Технічні науки. "Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України". - Харків: 2010. - С. 128-130.

5. Артамонов К. И. Термогидроакустическая устойчивость / К. И. Артамонов. - М.: Машиностроение, 1982. - С. 261, 353-258.

Аннотация

МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ АКУСТИЧЕСКОЙ КАВИТАЦИОННОЙ ОБЛАСТИ В ВИХРЕВОМ ПОТОКЕ ВИХРОВОЙ КАМЕРЫ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПРОИЗВОДСТВА ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Доценко С. С., Доценко С. И.

В работе разработан метод формирования акустической кавитационной области в вихревом потоке вихровой камеры электротехнологического комплекса производства органично-минеральных удобрений.

Abstract

METHOD OF FORMING FIELD ACOUSTIC CAVITATION IN A VORTEX SWIRL CHAMBER ELECTROTECHNOLOGICAL COMPLEX PRODUCTION OF ORGANIC AND MINERAL FERTILIZERS

S. Docenko, S. Docenko (Jr)

We have developed a method of forming an acoustic cavitation field in a vortex swirl chamber power engineering and complex production of organic and mineral fertilizers.