

## МЕТОД ФОРМУВАННЯ АКУСТИЧНОЇ КАВІТАЦІЙНОЇ ОБЛАСТІ У ВИХРОВІЙ КАМЕРІ 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 вихровій камері електротехнологічного комплексу виробництва органо-мінеральних добрив*

**Постановка проблеми.** Задача підвищення енергетичної ефективності технологічних процесів являється однією з пріоритетних в інноваційному розвитку економіки України. Этого требует Закон Украины "Об энергосбережении", Энергетическая стратегия Украины до 2030 года. Среди физико-химических технологий особое место принадлежит технологиям, основанным на физико-химических эффектах гидродинамической и акустической кавитации. В [1] указано, что данные технологии являются критическими для развития промышленности. Их развитие обеспечивает совершенствование технологий химической, нефтехимической, фармацевтической, мясомолочной и других отраслей промышленности.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Разработке и исследованию электротехнологического оборудования, основанного на физико-химических эффектах гидродинамической и акустической кавитации посвящен ряд исследований, результаты которых изложены в монографии Хмелева В. Н. [2]. Среди зарубежных ученых следует отметить работы специалистов корпорации Industrial Sonomechanics (US) A. Peshkovsky и S. Peshkovsky [3].

**Мета статті.** На основі результатів експериментального дослідження впливу режиму течення жидкості вблизи торцевой поверхности излучателя на режим формирования акустической кавитационной области на этой поверхности [4] розробити метод формування кавітаційної області у вихровій камері електротехнологічного комплексу.

**Основні матеріали дослідження.** У відомому методі формування кавітаційної області у вихровому каналі [5] подачу рідини здійснюють через тангенціальні канали. Ультразвукову хвилю генерують 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. Це призводить до однозначної залежності режиму формування стоячої тангенціальної ультразвукової хвилі у об'ємі вихрової камери від витрати рідини. Зміна витрати рідини призводить до припинення її формування.

Нами пропонується подачу рідини у вихрову камеру додатково здійснювати у радіальному і/або

осьовому напрямку через щонайменше один канал, вісь якого перетинається з віссю відповідного тангенціального каналу на поверхні твірної бокової стінки вихрової камери у площині її поперечного перетину. Подачею рідини у двох взаємно перпендикулярних напрямках у площині поперечного перерізу вихрової камери забезпечується управління витратою рідини через вихрову камеру незалежно від режиму генерації ультразвукових коливань. Вихрові камери з радіальним та тангенціальним введенням рідини відносяться до класу вихрових струменевих регуляторів – вихрових підсилювачів. Відмінною властивістю таких вихрових камер є те, що витрата рідини через тангенціальний канал, яка є управляючою, майже на порядок менша ніж витрата через радіальний і/чи осьовий канал. Це забезпечує регулювання режиму вихрового руху незалежно від режиму формування стоячої ультразвукової хвилі.

Метод, що розробляється, оснований на результатах експериментальних досліджень закономірностей формування кавітаційної області у близькій зоні ультразвукового концентратора наведених у роботі [4].

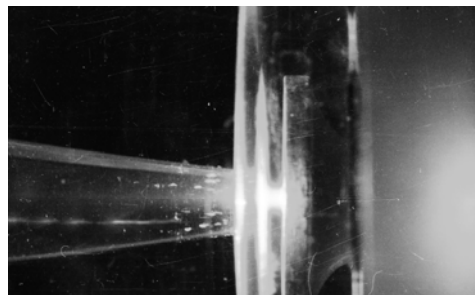


Рисунок 1 – Початковий режим ультразвукової кавітації

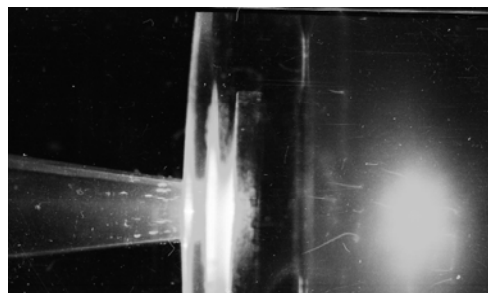


Рисунок 2 – Проміжний режим ультразвукової кавітації

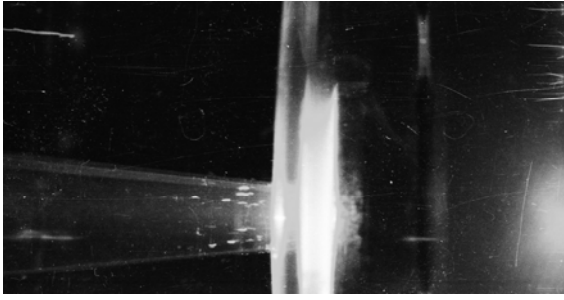


Рисунок 3 – Режим розвиненої ультразвукової кавітації

Згідно результатів експериментальних досліджень ультразвукова кавітаційна область формується безпосередньо на поверхні, що випромінює ультразвукові коливання.

Недоліком відомого методу формування ультразвукової стоячої хвилі [5] є також залежність частоти генерування пільсацій тиску в потоці на гострих кінцівках направляючого апарату від витрати рідини через ці канали, що призводить до зникнення стоячої ультразвукової хвилі у вихровому потоці вихрової камери.

Пропонується формування ультразвукової стоячої хвилі у вихровій камері здійснювати за рахунок формування одним з відомих способів у стінці вихрової камери, яка протилежна стінці з вихідним каналом і розміщена від неї на відстані кратній четверті довжини ультразвукової хвилі ультразвукових коливань змінної амплітуди та частоти. Випромінювання ультразвукових коливань змінної частоти та амплітуди, нормальних до площини бокової стінки вихрової камери в об'єм вихрової камери здійснювати через всю її поверхню, чи її частину. Генеровані таким чином коливання розповсюджуються в осьовому напрямку у вихровій камері та вихідному каналі і відбиваються від протилежної стінки і/чи відбивача, розміщеного у вихідному каналі нормально до його осі на відстані кратній четверті довжини звукової хвилі.

Коливання, які вводяться через бокову стінку у вихровий потік вихрової камери та вихідний канал і відбиваються від стінки і/чи відбивача забезпечують формування стоячої ультразвукової хвилі, у пучностях тиску якої, формуються кавітаційні області.

Перша кавітаційна область формується безпосередньо на поверхні бокової стінки камери у вихровому потоці. Формування стоячої ультразвукової хвилі у об'ємі вихрової камери можливе за умови, що відстань між боковими стінками вихрової камери становить величину кратну четверті довжини хвилі ультразвукових коливань. Цей режим забезпечується зміною частоти ультразвукових коливань джерела коливань.

Друга кавітаційна область формується в об'ємі вихідного каналу вихрової камери. Формування стоячої ультразвукової хвилі у об'ємі вихідного каналу вихрової камери можливе за умови, що відстань між боковою стінкою вихрової камери, яка є випромінювачем коливань та відбивачем, який розміщено у вихідному каналі нормально до його осі, становить величину кратну четверті довжини хвилі ультразву-

кових коливань. Цей режим забезпечується зміною відстані поміж стінкою каналу та відбивачем.

Запропонований метод здійснюється наступним чином: рідина через вхідний тангенціальний і парний до нього радіальний і/чи осьовий канали подається в об'єм вихрової камери. Завдяки тангенціальному введенню рідини в вихровій камері формується вихровий потік. Завдяки радіальному і/чи осьовому введенню забезпечується розрахункова витрата рідини з заданою інтенсивністю вихрового руху у камері. Через вихідний канал рідина видаляється з вихрової камери. Згенеровані ультразвукові коливання передаються у бокову стінку вихрової камери і таким чином вводяться у потік рідини, що здійснює вихровий рух у вихровій камері. Зміною частоти ультразвукових коливань забезпечують формування стоячої ультразвукової хвилі у вихровій камері. Резонансні явища, які пов'язані зі стоячею 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 ультразвукова хвиля може бути згенерована навіть для нерухокої рідини. Причому кавітаційна область формується на частині площі бокової стінки камери, чи на всій площі. Для прототипу такий режим не можливий.

Стояча ультразвукова хвиля у вихідному каналі формується за рахунок переміщення відбивача, тобто, незалежно від формування стоячої ультразвукової хвилі у вихровій камері.

Вона може також формуватися в об'ємі вихрової камери і/чи вихідного каналу в залежності від потреб технологічного процесу.

Здійснення розробленого методу пояснюється за допомогою пристрою, схему якого наведено на рис. 4 та рис. 5.

До складу пристрою входить (рис. 4): випромінювач ультразвукових коливань 1, торцьова стінка вихрової камери без вихідного отвору 2, циліндрична вихрова камера 3, торцьова стінка вихрової камери 4 з вихідним каналом 5 та співісно розташованим у ньому відбивачем 6, вхідний радіальний канал 7, вхідний тангенціальний канал 2 (рис. 5). На рис. 2 також позначені: вхідний радіальний канал 1, циліндрична вихрова камера 3, осьовий вихідний канал 4, відбивач ультразвукових коливань 5.

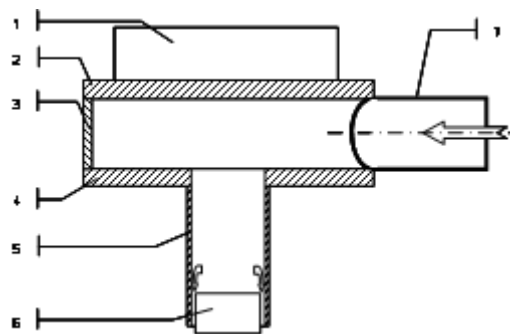


Рисунок 4 – Схема повздовжнього перерізу пристрою

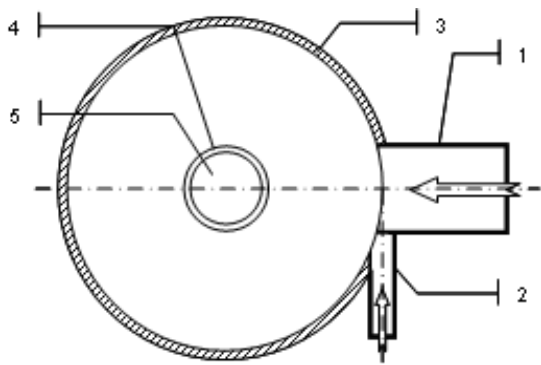


Рисунок 5 – Схема поперечного перерізу пристрою

Пристрій працює наступним чином.

Рідина через радіальний канал 1 (рис. 5) та тангенціальний канал 2 (рис. 5) подається у об'єм вихрової камери. У вихровій камері 3 (рис. 4) формується вихровий потік рідини, який через вихідний осевий канал вихрової камери 5 (рис. 4) видаляється з вихрової камери. Ультразвукові коливання, згенеровані в ультразвуковому випромінювачі 1 (рис. 4), передаються у бокову стінку 2 (рис. 4) вихрової камери і таким чином вводяться у потік рідини, що здійснює вихровий рух у вихровій камері.

Згенеровані ультразвукові коливання розповсюджуються в рідині, яка протікає у вихровій камері. При співпадінні частоти хвиль ультразвукових коливань, згенерованих у випромінювачі 1 (рис. 4), з довжиною хвилі, яка відповідає умові формування стоячої ультразвукової хвилі поміж боковими стінками вихрової камери, виникає стояча ультразвукова хвиля у пучностях тиску якої формується ультразвукова кавітаційна область.

Використання ультразвукового випромінювача з різною частотою генерування ультразвукових коливань забезпечує налаштування режиму резонансу по вздовжніх коливань у вихровій камері. Оскільки джерелом ультразвукових коливань є ультразвуковий випромінювач 1 (рис. 4), генерування резонансних коливань, а отже й формування ультразвукової кавітаційної області у вихровому потоці вихрової камери не залежить від швидкості течії рідини.

Згенеровані ультразвукові коливання розповсюджуються в рідині, яка протікає у вихідному каналі 5 (рис. 4). При співпадінні частоти хвиль ультразвукових коливань, згенерованих у випромінювачі 1 (рис. 4), з довжиною хвилі, яка відповідає умові формування стоячої ультразвукової хвилі поміж боковою стінкою 2 (рис. 4) вихрової камери та відбивачем 6 (рис. 4), виникає стояча ультразвукова хвиля у пучностях тиску якої формуються ультразвукові кавітаційні області.

**Висновки.** Таким чином, за рахунок використаня розроблених пропозицій досягається поставлена мета – розробки методу формування кавітаційної області у вихровій камері та вихідному каналі електротехнологічного комплексу незалежно від витрати рідини через вихрову камеру. Завдяки цьому підвищується ефективність використання електричної енергії джерела живлення і як наслідок, зменшується загальне енерговикористання.

## Список використаних джерел

1. Кулагин В. А. Кавитационная технология как критическая в экологии и энергосбережении / В. А. Кулагин // Ресурсосбережение и экологическая безопасность: Труды II Международной НИК. - Смоленск: СНИО, 1999. - 53-54 с.

2. Хмелев В. Н. Ультразвуковые многофункциональные и специализированные аппараты для интенсификации технологических процессов в промышленности, сельском и домашнем хозяйстве / В. Н. Хмелев, Г. В. Леонов, Р. В. Барсуков [и др.]. Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2007. – 400 с.

3. Peshkovsky Alexey Acoustic cavitation theory and equipment design principles for industrial applications of high-intensity ultrasound / Alexey Peshkovsky, Sergei Peshkovsky. - Paperback: 60 pages, Publisher: Nova Science Pub Inc (October 31, 2010), ISBN-10: 1617610933.

4. Доценко С. И. Экспериментальное исследование ультразвуковой кавитационной области в радиально-осевом канале Вернури / С. И. Доценко, С. С. Доценко // Збірник наукових праць Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка. - Серія: Галузеве машинобудування, будівництво. - Випуск 2 (32). – Т. 1. – Полтава, 2012. - С. 51–57, 260 с.

5. Браславский М. И. Ультразвуковая кавитационная обработка топлив на судах / М. И. Браславский. – Л.: Судостроение, 1988. – 80с. ил. (Экономия топлива и электроэнергии).

## Аннотация

### МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ АКУСТИЧЕСКОЙ КАВИТАЦИОННОЙ ОБЛАСТИ В ВИХРОВОЙ КАМЕРЕ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПРОИЗВОДСТВА ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Доценко С. С., Доценко С. И.

*В работе разработан метод формирования акустической кавитационной области в вихровой камере электротехнологического комплекса по производству органо-минеральных удобрений*

## Abstract

### METHOD OF FORMING ACOUSTIC CAVITATION IN THE VORTEX CHAMBER OF ELEKTRO PRODUCTION COMPLEX ORGANO-MINERAL FERTILIZERS

S. Dotsenko, S. Dotsenko

*In the work developed a method of forming an acoustic cavitation field in Vihrova chamber complex for the production of electro-organic fertilizer*