

АСПЕКТИ СТВОРЕННЯ СИНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ «УЛЬТРАЗВУКОВИЙ АПАРАТ – ТЕХНОЛОГІЧНЕ СЕРЕДОВИЩЕ»

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Анотація. Ультразвукові кавітаційні технології набули використання для обробки рідинних та рідинно-дисперсних технологічних середовищ. Основою ефективного протікання процесу обробки матеріалів ультразвуковою кавітацією є встановлення оптимального рівня енергії та передача її від кавітаційного апарату до оброблювального матеріалу. В роботі досліджена енергетика спільної системи «ультразвуковий апарат – технологічне середовище» на всіх стадіях протікання кавітаційного процесу. Прийнятий в роботі такий підхід та результати досліджень став основою реалізації ідеї створення синергетичної системи, як способу отримання максимальної енергії в кавітуючому об'ємі бульбашок на стадії їхнього сплескування.

Ключові слова: кавітація, ультразвук, технологічні середовища, енергія, синергія, режими, параметри.

Викладення основного матеріалу. Ультразвукові технології реалізуються у формі просторової дискретності акустичної енергії у формі коротких імпульсів [1]. При цьому більшість в режимі розвиненої кавітації у рідині, що полягає в утворенні значної кількості високоенергетичних центрів у вигляді мікроскопічних бульбашок, рівномірно розподілених у технологічному середовищі. Дія на фізико-хімічні процеси пов'язана з комплексом явищ (акустичні течії, мікропотоки, акустична кавітація, акустичний флотаційний ефект, пандеромоторні сили, радіаційний тиск), які носять нелінійний характер. Величина дії на технологічне середовище визначається параметрами ультразвуку (частота, амплітуда, інтенсивність і об'ємна щільність енергії введених ультразвукових коливань) [2]. Ультразвукові технології дозволяють інтенсифікувати технологічні процеси, підвищити ступінь використання сировини, змінити вихідні властивості матеріалу, створити нові речовини і середовища, забезпечити екологічність та безпечність виробництва. Дослідження та визначення акустичних параметрів руху кавітаційної бульбашки в рідинному середовищі за дискретною та континуальною моделями [3-5] надав можливість розкрити сутність та закономірність протікання технологічного процесу обробки ряду технологічних середовищ. При цьому враховано, що ультразвукова технологічна система складається із наступних підсистем: електричний генератор; перетворювач електричних коливань в акустичні; випромінювач; пристрій, де знаходиться об'єкт обробки – технологічне середовище.

Прийнятий в роботі підхід представлення акустичної системи кавітатора та технологічного середовища, як єдиної системи, став основою визначення збільшення ступеня концентрації енергії в газових бульбашках з максимальною їх кількістю сплескування в кавітуючому об'ємі. Підвищення ефективності процесу полягає у врахуванні множинного перетворення енергії ультразвукових коливань, що ґрунтується на поетапному визначенні якісної та кількісної картини утворення енергії в зоні контакту кавітаційного апарату і технологічного середовища та умов передачі енергії до технологічного середовища. При цьому реалізована мета інтенсифікації, яка полягає в створення такого процесу, коли максимальна передача енергії здійснюється безпосередньо в середовищі на стадії сплескування бульбашок. Саме в цьому полягає ідея реалізації створення синергетичної системи, як можливості здатності спрямовувати максимальну енергію на протікання кавітаційного процесу обробки максимального об'єму технологічного середовища. Визначення конструктивних та технологічних параметрів ультразвукової технологічної системи здійснено саме на такому підході. Отже, ключовою вихідною умовою створення синергетичних систем «ультразвукова установка – технологічне середовище» є виконання співвідношення:

$$k_c = E_c/E_{n,x} > \max,$$

де k_c – коефіцієнт синергії системи (коефіцієнт кавітаційного використання акустичної енергії); E_c – енергія на сплескування бульбашок (енергія, що витрачається на утворення кавітації в одиниці об'єму середовища); $E_{n,x}$ – щільність підведеної енергії первинної хвилі.

Очевидно, що не вся енергія $E_{n,x}$ витрачається на утворення кавітації, тобто $k_c < 1$. Енергія, що виділяється при сплескуванні кавітаційних бульбашок, залежить не тільки від потужності акустичного випромінювання, а і від об'ємної щільності акустичної енергії. Окрім енергетичного показника необхідно враховувати інформацію про внутрішню структуру об'єму технологічного середовища: щільність, реологічні властивості, кількості кавітаційних бульбашок та усереднений розмір бульбашок, бажаний об'єм кавітуючих бульбашок, як складової продуктивності. Зміна цих параметрів на всіх етапах протікання кавітаційного процесу є необхідною умовою визначення оптимальних режимів та параметрів.

Висновок. Підвищення ефективності кавітаційної обробки технологічних середовищ полягає у створенні умов максимального спрямування потоків енергії власне на протікання процесу. Швидкість обробки визначається енергією сплескування кавітаційних бульбашок. Створення синергетичних систем «ультразвуковий апарат – технологічне середовище» базується на оцінці енергетичного показника за врахування структурно-механічних та реологічних властивостей технологічного середовища.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Beryk I. Investigation of the processes of the acoustic apparatus with the processing technological environment power interaction. *Mechanics and Advanced Technologies*. 2018. Т. 1. №82. С. 72–80. DOI: <http://dx.doi.org/10.20535/2521-1943.2018.82.127128>.
2. Beryk I., Luhovskyi O., Nazarenko I. Research staff process of interaction and technological environment in developed cavitation. *Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»*. Серія машинобудування. 2016. Вип. 1 (76). С. 12–19.
3. Nazarenko, I., Luhovskyi, O., Beryk, I., & SviderskyA. Research of the influence of low-frequency and high-frequency actions on processing of technological environments. *EUREKA: Physics and Engineering*. 2018. (1), 73-86. <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2018.00566>
4. Beryk I. Theoretical aspects of the formation and development of cavitation processes in technological environment. *Motrol. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2017. Vol. 19. № 3. Р. 5–13.
5. Берник І.М., Назаренко І.І., Луговський О.Ф. Дослідження та визначення акустичних параметрів руху кавітаційної бульбашки в рідинному середовищі за дискретною та континуальною моделями. *Mechanics and Advanced Technologies*. 2022. Vol. 6. № 2. Р. 195–202. DOI: 10.20535/2521-1943.2022.6.2.269921.

Берник Ірина Миколаївна, д.т.н., професор кафедри процесів і обладнання переробки продукції АПК Національного університету біоресурсів і природокористування України, м. Київ, i.bernyk@nubip.edu.ua.

ASPECTS OF CREATION OF SYNERGETIC SYSTEMS “ULTRASOUND APPLIANCE - TECHNOLOGICAL ENVIRONMENT”

Abstract. Ultrasonic cavitation technologies are widely used for the processing of liquid and liquid-dispersed process media. The basis for the efficient flow of the material processing process by ultrasonic cavitation is the establishment of the optimal energy level and its transfer from the cavitation device to the processed material. In this work, the energy of the joint system “ultrasonicator - process medium” is studied at all stages of the cavitation process. The approach adopted in this work and the results of the research became the basis for the realization of the idea of creating a synergistic system as a way to obtain maximum energy in the cavitating volume of bubbles at the stage of their bursting.

Keywords: cavitation, ultrasound, technological media, energy, synergy, modes, parameters.

Bernyk Iryna, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor Department of Processes and Equipment of Agricultural Production Processing National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, i.bernyk@nubip.edu.ua.