

## ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ СИСТЕМИ «КАВІТАТОР - ТЕХНОЛОГІЧНЕ СЕРЕДОВИЩЕ»

Вінницький національний аграрний університет

**Анотація.** Для встановлення ефективних режимів та параметрів ультразвукової кавітаційної обробки технологічних середовищ запропоновано застосування поетапної перехідної фізичної моделі та критерії реалізації процесу.

**Ключові слова:** дискретна модель, континуальна модель, кавітаційна область, бульбашка.

З точки зору хвильової теорії процесів, спільну участь в якому беруть дві практично відмінні за властивостями підсистеми, знехтувати їхньою взаємодією, означає мати недостовірну інформацію. І тому основною передумовою теоретичних досліджень являється гіпотеза, що визначення ефективних режимів і параметрів робочого процесу акустичної обробки технологічного середовища є застосування поетапної перехідної фізичної моделі від дискретного до континуального виду (рис. 1) [1, 2].

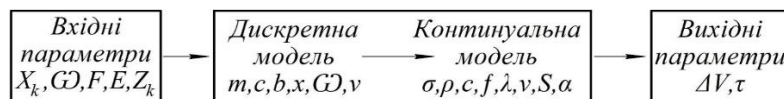


Рисунок 1 – Структурна схема моделі

Передбачається, що за такої схеми математичні рівняння мають з достовірністю для реальних умов, відображати протікання процесів зародження бульбашок, їх розвитку, утворення кавітаційної області бульбашок максимального об'єму та стадії їх сплескування.

Критеріями реалізації ефективного процесу являються вирази:

$$K_o = \frac{dV}{dt} \rightarrow \max; \quad K_e = \frac{dE}{dt} \rightarrow \min,$$

де  $K_o$  – критерій об'єму, що являє собою визначення кавітаційної області бульбашок;  $K_e$  – критерій енергії, яка витрачається на протікання акустичної обробки технологічного середовища;  $dV$  – об'єм кавітаційної області бульбашок, що сплескуються;  $dE$  – енергія, яка витрачається на протікання акустичної обробки технологічного середовища;  $dt$  – час протікання акустичної обробки технологічного середовища.

Важливим аспектом забезпечення критеріїв та формулювань передумов є розгляд протікання стадій процесу кавітаційної обробки у контексті зміни акустичних та реологічних параметрів технологічного середовища.

Перехід від руху одинокої бульбашки (дискретна модель) до сплескування їх великої кількості (кавітаційна область, континуальна модель) в описі процесу обумовлено важливістю цієї стадії. Наглядним супроводом поведінки бульбашок може слугувати еволюція рівнів складності формування кавітаційної області.

На першому рівні розглядається фізика процесу утворення та визначення залежностей радіусу окремої кавітаційної бульбашки  $R$  від часу  $t$ , інтенсивності ультразвукових коливань  $I$  і реологічних властивостей середовища, зокрема щільності  $\rho$ , коефіцієнта в'язкості  $\nu$ , модуля пружності  $E$ .

Встановлена залежність радіуса кавітаційної бульбашки є передумовою для визначення середнього рівня деталізації моделі формування кавітаційної області. Реалізацією цього рівня досліджень є аналітичні залежності робіт при певних уточненнях числових значень акустичних параметрів середовищ і апарату. В силу цього встановлюється допустимий діапазон числових значень інтенсивності ультразвукових коливань, в якому реалізується сплескування бульбашок.

Наступною передумовою досліджень є середній рівень, коли визначається вже сукупність кавітаційних бульбашок в області з розмірами  $L$ , які є меншими за довжину ультразвукової хвилі  $\lambda$ , але є багато більшими за радіус кавітаційної бульбашки  $R_0$ :

$$\lambda \gg L \gg R_0.$$

Ця умова дає можливість встановити залежність об'ємного вмісту кавітаційних бульбашок  $V_0$  та їх концентрації  $n_0$  від інтенсивності ультразвукових коливань  $I$ , часу  $t$  і реологічних властивостей рідини  $\rho$ :

$$V_0 = \frac{4}{3}\pi R^3 n_0,$$

де  $n_0 = f(t, I, \rho, \nu, E)$ ,  $R$  – миттєвий радіус бульбашки, який визначається на нижньому рівні моделі.

На третьому рівні визначається сумарний об'єм і форма кавітаційної області, встановлюється інтенсивність ультразвукової дії, за якою забезпечуються умови інтенсивного режиму розвиненої кавітації, як кінцевого етапу технологічного процесу.

Запропоновано схему побудови математичної моделі системи «кавітатор – технологічне середовище».

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Bernyk I., Luhovskyi O., Wojcik W., Shedreyeva I., Karnakova G. Theoretical Investigations of the Interaction of Acoustic Apparatus with Technological Environment Working Process. *Przegląd Elektrotechniczny*. 2019, №1(4). P. 32–37.

Берник І.М. Дослідження в'язкості дисперсних середовищ в умовах їхньої інтенсивної обробки. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2018, №1 (100). С. 62–67.

Берник Ірина Миколаївна, к.т.н., доцент, завідувачка кафедри харчових технологій та мікробіології Вінницького національного аграрного університету, м. Вінниця, iryna\_bernyk@ukr.net.

## RESEARCH OF THE MOVEMENT OF THE SYSTEM «CAVITATOR - TECHNOLOGICAL ENVIRONMENT»

**Abstract.** To establish effective modes and parameters of ultrasonic cavitation processing of technological media, the application of a step-by-step transitional physical model and criteria for the implementation of the process are proposed.

**Keywords:** discrete model, continuum model, cavitation region, bubble.

Bernyk Iryna, PhD, Associate Professor, Head of Microbiology and Processing Technology Department Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia, iryna\_bernyk@ukr.net.