

ВИЗНАЧЕННЯ МЕЖ КАВІТАЦІЙНОЇ ОБЛАСТІ В РОБОЧІЙ КАМЕРІ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ТРУБЧАСТОГО КАВІТАТОРА

*Гришко І. А., к.т.н., асистент; Новосад А. А., асистент
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», Київ, Україна*

Ультразвуковий трубчастий кавітатор, збуджений на нульовій моді коливань — високоефективне кавітаційне обладнання, що дозволяє водити в рідину УЗ коливання з інтенсивністю приблизно 100 Вт/см^2 , при цьому уникати руйнування робочої поверхні. (рис. 1)



Рисунок 1. Ультразвуковий трубчастий кавітатор з радіальною модою коливань

сивною (розвиненою) кавітація буде там, де сконцентрована УЗ енергія, проте, важко оцінити межі кавітаційної області. Експериментально межі кавітаційної області можна визначити методом ерозійних тестів, але тестова фольга спотворює акустичне поле, враховує дію кавітації лише за певний проміжок часу, а також враховує дію лише тих кавітаційних бульбашок, енергія яких достатня для утворення наскрізних отворів у тестовій фользі.

Більш перспективним є акустичний метод. Цей метод базується на реєстрації за допомогою датчика акустичного тиску та обробці акустичного сигналу, що утворюється звуковою хвилею і ударними хвилями від захлопування кавітаційних бульбашок. За допомогою акустичного методу, зокрема, може бути визначено коефіцієнт використання акустичної енергії в певній точці технологічного об'єму. [1]

Як відомо, на утворення і зростання кавітаційних бульбашок витрачається частина енергії звукового поля, яка потім вивільняється при захлопуванні кавітаційних бульбашок. Частота коливань звукового поля, яке є причиною кавітації, відповідає частоті першої гармоніки спектру акустич-

Моделювання акустичного поля в кавітаційній камері показало, що при збудженні кавітатора на нульовій моді коливань досягається концентрація УЗ енергії вздовж осі кавітаційної камери. Проте, моделювання може бути проведене лише для докавітаційного режиму, тобто для однофазного лінійного середовища, за відсутності кавітаційних бульбашок. Їх наявність змінює акустичне поле в кавітаційній камері, проте передбачити цю зміну неможливо, оскільки не існує моделі кавітаційної області. Логічно припустити, що найбільш інтен-

ного сигналу, прийнятого гідрофоном. Ударні хвилі сприймаються як імпульси і в спектрі представлені частково першою та вищими гармоніками. В такому випадку коефіцієнт використання акустичної енергії доцільно представити як відношення потужності гармонік, крім першої, до сумарної потужності всіх складових спектру.

$$\chi = \frac{E_k}{E} = \frac{N_\Sigma - N_1}{N_\Sigma} = \frac{\sum_{i=1}^n U_i^2 - U_1^2}{\sum_{i=1}^n U_i^2},$$

де χ — коефіцієнт використання акустичної енергії; E — щільність підведеної первинної енергії; E_k — щільність енергії, затраченої на утворення кавітації; N_1 — потужність першої гармоніки; U_i, U_1 — амплітуди, відповідно, i -тої та першої гармонік. [1]

Для проведення вимірювань була створена експериментальна установка. Основу конструкції датчика акустичного тиску складає п'єзокерамічний елемент з двома металевими обкладинками. Під дією тиску на обкладинках з'являється різниця потенціалів, пропорційна прикладеному тиску. Сигнал з датчика акустичного тиску підсилювався диференціальним підсилювачем та передавався на плату збору даних *L-CARD L-783M*, встановлену на персональний комп'ютер.

Вимірювання проводились в шести точках вздовж діаметра, що проходить через центр кавітаційної камери в площині розміщення зразків фольги. Відстань між точками 10 мм.

Було визначено коефіцієнт використання акустичної енергії, приблизний діаметр кавітаційної області для чотирьох рівнів підведеної до кавітатора електричної потужності. Результати для двох рівнів потужності наведено на рис. 1.

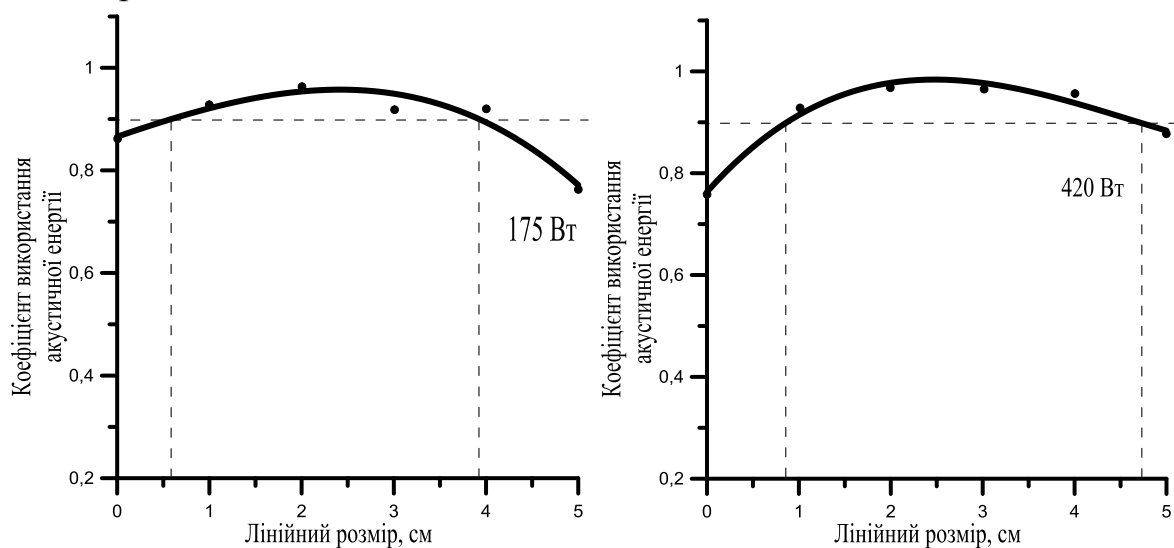


Рис. 1. Залежності коефіцієнта ерозійної активності від координати, вздовж діаметра в центрі кавітаційної камери для чотирьох рівнів потужності

На рис. 1 суцільною лінією показано апроксимацію експериментальних даних поліномом третього ступеня за методом найменших квадратів.

З представленого рисунку (рис. 1) видно, що в центрі кавітаційної камери максимальна інтенсивність кавітаційних процесів. Визначення діаметру кавітаційної області проведено за апроксимаційною кривою, задаючись умовою, що границя цієї області проходить там, де коефіцієнт використання акустичної енергії дорівнює 0,9. Остаточні дані експерименту зведені в табл. 1. Обробка отриманих даних наведеного експериментального дослідження дозволила зробити висновок, що кавітаційна область розширюється при збільшенні підведеної електричної потужності і на рівні 560 Вт вона заповнює майже весь об'єм камери.

В даній роботі вперше було застосовано акустичний метод для визначення розмірів кавітаційної області. Результати вимірювань узгоджуються з результатами аналітичного моделювання.

Література

1. Луговський О. Ф. Дослідження можливості вимірювання інтенсивності кавітації методом аналізу спектру акустичного сигналу. / О. Ф. Луговський, А. В. Мовчанюк, А. А. Новосад, В. П. Фесіч // Промислова гідраліка і пневматика, — № 2 (28), — 2010. — С. 33—35.

Анотація

Представлено результати дослідження акустичним методом кавітаційної області, створюваної ультразвуковим кавітатором, збудженим на нульовій моді коливань. Шляхом аналізу сигналу з датчика акустичного тиску визначено коефіцієнт використання акустичної енергії та межі кавітаційної області.

Ключові слова: ультразвуковий кавітатор, кавітаційна область, акустичний метод, коефіцієнт використання акустичної енергії.

Аннотация

Представлены результаты исследования акустическим методом кавитационной области, создаваемой ультразвуковым кавитатором, возбужденным на нулевой моде колебаний. Путем анализа сигнала с датчика акустического давления определен коэффициент использования акустической энергии и границы кавитационной области.

Ключевые слова: ультразвуковой кавитатор, кавитационная область, акустический метод, коэффициент использования акустической энергии.

Abstract

The results of research cavitation field created by ultrasonic cavitator by acoustic method was presented. The acoustic energy utilization and limits cavitation region was defined by analysis signal of sensor of acoustic pressure.

Keywords: cavitator ultrasound, cavitation region, the acoustic method, acoustic energy utilization.