

Під час проведення експериментів було помічено що, коли температура електролізера перевищує 55-60 ° С, електролізер починає працювати нестабільно і це призводить до погіршення роботи.

**Висновки.** Таким чином, запропонована модернізована принципова схема підтримує раціональні режими роботи електролізера, а застосування ультразвукової кавітації дозволяє підвищити енергоефективність електролізу в цілому.

**Список використаних джерел**

1. Якименко Л.М., Модылевская И.Д., Ткачек З.А. Электролиз воды издательство Химия. Москва. 1970. - 264с.

2. Ночніченко І. В. Перспективи застосування hho-електролізера для генерації газу Брауна як домішки до рідкого палива в автомобільному транспорті XXII Міжнародна науково-технічна конференція «Гідроаеромеханіка в інженерній практиці», м. Черкаси 2017. -30-31 с.

3. О. Luhovskyi Increase generation efficiency of hydrogen by the means of ultrasound field and the mechatronic control system of the operation mode / I. Nochnichenko, A. Zilinskyi, V. Mironchuk// International scientific conference "UNITECH 2018". Vol. I. – Gabrovo, Bulgaria, pp. 1-7, 2018 p.

4. А. Бахтаев, А. Б. Нусибалиева, Н. С. Бакирова. Механизмы роста и отрыва пузырьков газа на поверхности электродов при электролизе. Вестник АУЭС Научно-технический журнал 6. 2014г.

**УДК 621.647.23**

**Луговський О. Ф.**, д.т.н., проф., **Гришко І. А.**, к.т.н., доц., **Зілінський А. І.**, асист., **Жила В. В.**, студент  
КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ КАВІТАЦІЇ НА КОНСТРУКЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ**

***Анотація.** В роботі розглянуто вплив ультразвукової хвилі, інтенсивність якої перевищує поріг виникнення кавітації, на конструкційні матеріали. Наведені результати експериментального дослідження кавітаційної стійкості матеріалів шляхом визначення втрати маси матеріалу за рахунок впливу ультразвукової кавітації.*

***Ключові слова:** кавітація, моделювання, задача Герца, кавітаційна стійкість матеріалів, втрата маси.*

Кавітація шкідливе явище. Однак в багатьох сферах використовується для інтенсифікації хімічних та фізичних процесів [1] за рахунок ефектів першого та другого порядків. Основними впливовими факторами, що супроводжують явище ультразвукової кавітації, є надвисокі локальні тиски та температури, сферичні ударні хвилі та квисокоенергетичні кумулятивні струмені, що виникають при схлопуванні кавітаційних бульбашок. Це накладає певні вимоги до матеріалів, що застосовуються при проектуванні кавітаційних пристроїв.

Для випадку ультразвукової кавітації енергію кавітаційної бульбашки можливо визначити за допомогою рівняння Херрінга-Фліна [1,2]

$$R \left( 1 - \frac{2U}{c_p} \right) \frac{d^2 R}{dt^2} + \frac{3}{2} \left( 1 - \frac{4U}{3c_p} \right) \left( \frac{dR}{dt} \right)^2 + \frac{1}{\rho} \left[ p_0 - p_n - p_a \sin \omega t + \frac{2\sigma}{R} + \frac{4\mu U}{R} + \left( p_0 + \frac{2\sigma}{R_0} \right) \left( \frac{R_0}{R} \right)^{3\gamma} \right] + \frac{RU}{\rho c_p} \left( 1 - \frac{U}{c_p} \right) \frac{dp(R)}{dR} = 0, \quad (1)$$

де  $p_n$  – тиск насиченої пари;  $U = \frac{dR}{dt}$  – швидкість руйнування бульбашки;  $c_p$  – швидкість звуку;  $\omega = 2\pi f$  – колова частота коливань;  $\gamma$  – показник політропи.

Розрахунок впливу ультразвукової кавітації на нерухому поверхню ґрунтується на контактній задачі Герца [3] для розрахунку пружно-пластичних деформацій. Задача Герца допускає, що при статичному навантаженні відбуваються лише пружні деформації.

В даному випадку рівняння енергій можна записати у вигляді

$$E_{к1} = E_{y1} + E_{y2} + E_{тр} + E_{п2} + E_{в1} + E_{в2},$$

де  $E_{к1}$  – кінетична енергія кавітаційної бульбашки;  $E_{y1}, E_{y2}$  – енергія пружних деформацій;  $E_{тр}, E_{п2}$  – втрати енергії на тертя та пластичну деформацію;  $E_{в1}, E_{в2}$  – хвильова енергія ультразвукової бульбашки та нерухокої стінки.

Для визначення стійкості матеріалу під дією кавітаційного поля було виготовлено стенд з використанням високоамплітудної резонансної камери [5], в центрі якої був розташований прут металу діаметром 8мм. (рис. 1).

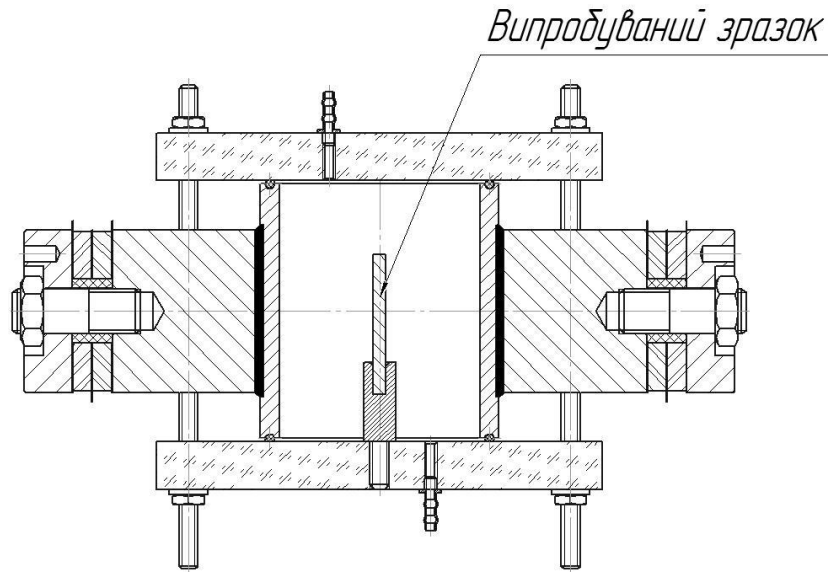


Рис 1 – Схема випробувального кавітаційного реактора

Випробування були проведені для трьох конструкційних матеріалів: 30ХГСА, БРБ2Т та ЛС59\_1П. Результати втрати маси для цих конструкційних матеріалів наведено на рис.2.

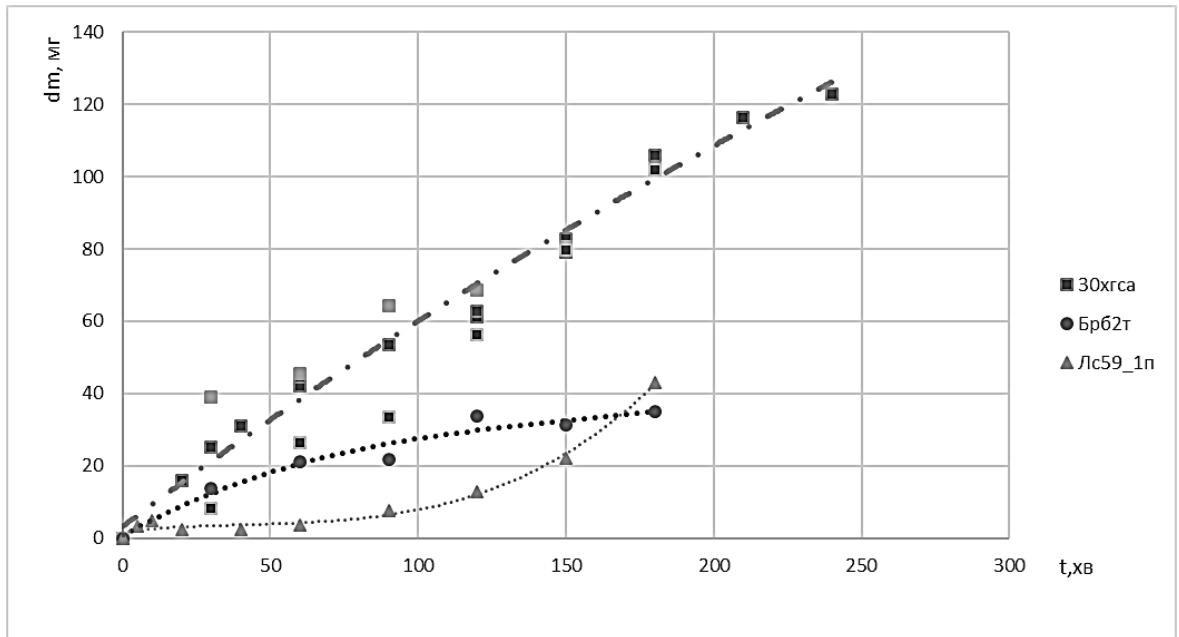


Рис 2 – Втрата маси конструкційних матеріалів під впливом ультразвукової кавітації

Згідно з отриманими результатами при проектуванні ультразвукових кавітаційних пристроїв потрібно використовувати пластичні конструкційні матеріали. Однак отримані результати ще не є повними через незначну кількість випробуваних матеріалів.

#### Список використаних джерел

1. *Новицкий Б.Г. Применение акустических колебаний в Химико-технологических процессах (Процессы и аппараты химической и нефтяной технологии).* - М.: Химия, 1983. - 192 с.
2. *Patent № UA 55323; 17.03.03. Bull. № 3; Chornij V.I., Lugovs'kij O.F., Movchanjuk A.V. Sposib obrobki i ochistki ridini ta pristirij dlja jogo vikoristannja*[Method of processing and cleaning fluid and a device for its use].
3. *Lugovskiy A.F., Chuhraev N.V., Ul'trazvukovaja kavitacija v sovremennyh tehnologijah*[Ultrasonic cavitation in modern technologies] Kiev, Vidavnicho-poligrafichnij centr «Київський університет», 2007. 244 p.
4. *Глушак Б.Л. Разрушение деформируемых сред при импульсных нагрузках // Б.Л. Глушак, С.А. Новиков, – Н.:Наука, 1992. – 294 с.*
5. *Луговской А.Ф., Мочанюк А.В., Фесич В.П., Гришко И.С. Исследование рабочей зоны высокоамплитудного кавитационного ультразвукового привода.- Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету ім. М.Остроградського. Вип. 2/2008 (49).Частина 2, -Кременчук, 2008, с.81-85*

#### УДК 532.528

**Веретільник Т. І., к.т.н, доц., Соломаха М. В., Сьобко А. В.**

Черкаський державний технологічний університет, м.Черкаси, Україна

### ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ КАВІТАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

***Анотація.** Проведено аналіз кавітаційного впливу на багатокомпонентні середовища на основі огляду наукових публікацій за останні 30 років, включно по 2018 рік. Показано, що кавітація істотно інтенсифікує хіміко-технологічні процеси в різних областях економіки науки і техніки.*

***Ключові слова:** акустична кавітація, гідродинамічна кавітація, вихровий кавітаційний реактор, диспергування, кавітація, емульгування.*

Кавітаційна технологія є одним із самих молодих напрямків досліджень. Кількість публікацій, які присвячені даному питанню, відносно невелика, хоча і є ряд робіт, узагальнюючих основні результати досліджень [1-7].

Перші результати, які свідчать про можливості використання кавітації для інтенсифікації технологічних процесів, що проводяться в рідких середовищах, отримані при використанні ультразвукових коливань В. Яновським і Р. Польманом (1948).

Перш за все це зв'язано з відносною простотою способу одержання кавітації: на рідину накладається коливання визначеної частоти і інтенсивності, які і проводять до утворення кавітаційних бульбашок.

Важливим фактором є і відсутність в той час спеціалізованих гідродинамічних пристроїв, які призначені для проведення кавітаційної обробки рідин.

Ультразвукова кавітація проста при збудженні і керована процесом, що дає обробку невеликої кількості рідини, а також має «пріоритет» у порівнянні з гідродинамічною. Слід відмітити, що ультразвукова кавітація розглядалась тільки як один із факторів, що сприяє інтенсифікації технологічних процесів [1].

Пізніше ця точка зору була замінена на протилежну. Так в [2] підкреслюється: «у всіх випадках акустична інтенсифікація і стимуляція хіміко-технологічних процесів необхідно мати наявність в рідині акустичних кавітаційних бульбашок».

На сьогодні, залишається неясним, чому кавітаційні бульбашки повинні бути акустичними, якщо інтенсифікація відбувається за рахунок утворення розриву суцільної рідини і явищ, що супроводжують цей процес. Скоріше за все, мова повинна йти про інтенсифікацію технологічних процесів за рахунок утворення і ліквідацію розривів суцільної рідини. Тоді методика утворення розривів суцільності мало впливає на механізм інтенсифікації технологічних процесів, а впливає тільки на окремі його аспекти.