

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., Chuhrayev 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.

Із джерел відома, що кавітацію спочатку розглядали як засіб інтенсифікації різних механічних процесів: за допомогою кавітації підвищують ефективність процесів гомогенізації, емульгування, диспергування, випаровування та дегазації рідинних середовищ [3-8]. Більш пізніші дослідження показали, що при кавітації спостерігаються більш тонкі зміни, які неможливо пояснити тільки механічним впливом.

В роботі [9] було встановлено, що в мікронах, поблизу захоплення кавітаційних бульбашок відбувається так званий «мікрокрекинг» - процес розкладу молекул вуглеводню. Первинний розклад проходить по зв'язкам C=C, при цьому спочатку радикали різної молекулярної маси. Частина із них здатна до короткочасового самостійного існування. Інші, не наділені мінімальною стабільністю, миттєво розпадаються з утворенням стійкого вуглеводню і нового радикалу.

Фізичні і хімічні процеси, що супроводжують кумуляцію енергії в газовій бульбашці при його швидкому стисненні, звичайно зв'язують з акустичною кавітацією. Тому термінологія, яка прийнята для опису кавітаційних ефектів, також явно вказує на їх акустичну природу. Усталена акустична термінологія для опису кавітаційних процесів пояснюється історією розвитку досліджень кавітації і історично зв'язана з тим фактом, що вперше цілеспрямовані експериментальні і теоретичні дослідження проводились тільки при дії акустичних коливань на рідкі середовища (рідину). Використання акустичних хвиль для збудження кавітації залишається найбільш зручним методом для дослідження кавітаційних явищ в лабораторних умовах.

В даний час кавітаційна технологія обробки широкого ряду багатокомпонентних середовищ інтенсивно впроваджується в усіх галузях промисловості і сільського господарства економік країн світу. Це пояснюється енергоефективністю усіх технологічних процесів, які включають до себе кавітаційну обробку. В результаті проведених досліджень підвищується якість, ресурсозбереження та масштаби технологічних процесів [9-13].

Технологічні процеси кавітаційної обробки багатокомпонентних середовищ використовуються в наступних перспективних напрямках:

### **1. Кавітаційна технологія знезараження та очистки забрудненої води.**

Знезараження води проходить при одночасному впливі високовольтного розряду між двома електродами у воді і дрібних кумулятивних струменів рідини при захопванні кавітаційних мікробульбашок.

Бактерицидна дія ультразвукових хвиль на бактерії типу Сальмонели і E-coli зменшують їх чисельність в тисячу раз [9].

Затрати на знезараження води складають: кавітаційне очищення – 162 умовних одиниць, ультрафіолетова – 261 у.о., хлорування – 482 у.о., озонування - 1600 у.о. [11].

В роботі [11] кавітаційна обробка водопровідної води проводилась за допомогою гідродинамічного реактора вихрового типу. Наведено результати дослідження впливу гідродинамічних кавітаційних ефектів а електрохімічні показники водопровідної вод: кислотно-лужний баланс і окислювально-відновний потенціал, електропровідність; температуру.

### **2. Кавітаційна технологія інтенсифікації процесів розчинення і екстрагування цінних біологічних речовин (пектин, каротин, танин і т.і.) із сировини рослинного походження.**

Кавітація змінює властивості водних розчинів і гідрогелей полісахаридів (крохмал, амілопектин, альгінат натрія, хитозан і т.і.).

### **3. Кавітаційна технологія паливопідготовки і приготування емульсій і суспензій.**

З метою збільшення повноти згоряння палива і усунення утворених шкідливих речовин. В технологічних випадках досліджувались: водомазутна емульсія (ВМЕ), водовугільна суспензія (ВВС), суміші «вода-дизельне паливо» (ВДП), «вода-бензин» і інші. Визначено вплив розмірів краплин палива на фізичні процеси випаровування, теплообміну і

сумішоутворення з врахуванням повноти його згорання. Аналіз результатів гідродинамічного емульгування рідкого палива і порівняння з результатами акустичного впливу для бінарних емульсій показали, що легко отримуємо стійкі емульсії бензина у воді, тоді як зворотні емульсії, внаслідок інтенсивної коалесценції, приготувати дуже складно (водовміст в такій емульсії при відсутності поверхнево-активних речовин не перевищує декількох відсотків).

**4.Кавітаційна технологія в будіндустрії** збільшує питому поверхню цементу безпосередньо у водному середовищі за допомогою кавітаційного диспергування і в подальшому дозволяє більш повніше використовувати його потенційні властивості і підвищувати ступінь гідрації і поверхневу енергію частинок [12]. Руйнуючи малостійку первинну алюмінатну грубозернисту структуру, в кінцевому результаті отримуємо дрібнокристалічну структуру цементного каменю, міцність якого зростає в 2-3 рази у порівнянні з приготуванням розчину в звичайних змішуваннях.

**5.Кавітаційна технологія в медицині, мікробіології** представляє інтерес впливу багатофакторної дії внаслідок кавітації на елементи живої природи. В якості об'єкта вивчення використанні дві лінії кліткових структур. Аналіз отриманих результатів показує, що кавітація позитивно впливає на ріст кліткових культур.

**6.Кавітаційна технологія в сільському господарстві.** Використання кавітаційно-обробленої води дозволяє отримати приріст врожайності тепличних овочевих культур до 30% при одночасному зниженні захворюваності рослин.

**7. Кавітаційна технологія обігріву приміщень.** В даний час учені створюють нове покоління теплових машин, які перетворюють гідродинамічний вплив на рідину в теплову енергію нагріву цієї рідини. Такі кавітаційні насоси –теплогенератори (КНТГ) мають наступні переваги: енергозбереження (ефективність перетворення електричної енергії в теплову досягає 1,5 і більше разів), висока безпека і екологічність роботи, надійність, простота в обслуговуванні і компактність [14].

Таким чином, розробка і впровадження в виробництво нових технологій отримання багатокомпонентних середовищ (емульсій, суспензій, водних розчинів і систем) з використання кавітації дозволяє досягати істотних позитивних результатів в теплоенергетиці; будіндустрії, сільському господарстві і інших галузях виробництва, науки і техніки. Показана енергоефективність і екологічна безпека технологічних процесів, які побудовані на ефектах кавітації, а також перспективність подальших досліджень

#### **Список використаних джерел**

1. Биркгоф Г., Сарантонелло Э. Струи, следы, каверны. М.: Мир, 1964. - 457 с.
2. Бергман Л. Ультразвук и его применение в науке и технике. М.: Изд-во иностранной литературы, 1956. 756с.
3. Кнэпт Р., Дейли Дж., Хэммит Ф. Кавитация. М.: 1975.-750 с.
4. Пирсол И.С. Кавитация. М.: Мир, 1975.-94 с.
5. Федоткин И.М., Немчин А.Ф. Использование кавитации в технологических процессах химической технологии.М.: Химия, 1990.-206 с.
6. Кардашев Г.А. Физические методы интенсификации процессов химической технологии.М.: Химия, 1990 - 206с.
7. Немчин А.Ф.,Мачинский А.С. Гидродинамика больших скоростей. Красноярск, 1986.-50 с.
8. Смородов Е.А., Галиахметов Р.Н., Ильгамов М.А., Физика и химия кавитации.-М.: Наука, 2008.-228 с.
9. Зубрилов С.П., Селивестров В.М., Браславский М.И. Повышение эффективности использования топлива путем его кавитационной обработки/ Повышения технического уровня и качества судов речного флота//Сб.науч. труд. Вып.75.Л.:ЛИВТ. 1975, с.20-22.
10. Холодкевич С.В., Юцин Г.Г., Апостолова Е.С. Перспективные методы обработки стоячих вод//Экологическая химия.-1996.-№5.-75-81.
11. Веретельник Т.И, Цыба А.А., Себко А.В. Влияние гидродинамической кавитационной обработки на электрохимические показатели водопроводной воды//Вісник НТУУ «КПІ» Серія машинобудування №3(72).-2014.-с.97-103.

12. Кулагин В.А. Суперкавитация в энергетике и гидродинамике: Монография. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2000.-107с.

13. [Дубровская О. Г., Кулагин В. А., Курилина Т. А., Матюшенко А. И. Интенсификация процессов биологической очистки сточной воды предприятий пищевого комплекса на основе эффектов гидротермодинамической кавитации](#)// Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии, Т.11., №5, с.584-590.

14. Йовченко А.В., Беспалько С.А., Поляков С.П., Веретільник Т.І., Дослідження гідродинамічних та теплових процесів між коаксіальним циліндрами роторних теплогенераторів//Промислова гідраліка і пневматика.-2011.-№2 (32).-с.62-64.

**УДК 621.647.23**

**Берник І. М.**, к.т.н., доцент

Вінницький національний аграрний університет

## **ДОСЛІДЖЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ЗГАСАННЯ УЛЬТРАЗВУКУ В КАВІТУЮЧОМУ РІДИННОМУ СЕРЕДОВИЩІ**

***Анотація.** Розглянуто сутність протікання технологічного процесу під дією ультразвукової кавітації. Зазначено вплив на перебіг процесу зміни реологічних властивостей технологічного середовища, зокрема таких, як в'язкість, пластичність та пружність. Досліджено механізм поглинання ультразвукової енергії в кавітуючому рідинному середовищі. Питома енергія, яка представлена добутком коефіцієнта поглинання на інтенсивність процесу, прийнята як один із основних критеріїв для визначення оптимальних режимів кавітаційної обробки технологічних середовищ.*

***Ключові слова:** технологічний процес, кавітація, реологічні властивості, коефіцієнт поглинання, ультразвук, питома енергія.*

Сучасне уявлення про картину перебігу технологічних процесів з використанням ультразвукових кавітаційних технологій полягає в тому, що кавітаційні бульбашки в акустичному полі виникають на зародках, присутніх в крапельній рідині. Під дією тиску від акустичного апарату зародки збільшують розміри і крапельна рідина поблизу апарату перетворюється в суспензію газових бульбашок. Обробка технологічного середовища, характеризується впливом реологічних властивостей, до яких відносяться в'язкість, пластичність, пружність. Встановлено, що ці параметри суттєво змінюються в процесі кавітаційної обробки технологічного середовища [1]. Підтвердженням цьому є залежність індексу кавітації, відносного розміру газових бульбашок  $R/R_0$  у кавітаційній області, фазової швидкості звуку  $C$  в кавітаційній області та відносної ширини фронту ударної хвилі  $\delta/R$  (рис. 1) [2].

Зміна швидкості звуку у місці контакту акустичного апарату в 30 разів менше швидкості звуку в рідинному середовищі. За таких умов початок акустичної кавітації виражається переходом від малих пульсацій газових бульбашок до їх збільшення, а розвинену кавітацію – як процес періодичного поширення гідродинамічного розриву в вигляді фронту хвилі захоплення газових бульбашок. Дослідження процесу акустичної обробки засвідчує, що інтегруючим параметром являється енергія. Сутність механізму поглинання ультразвукової енергії в кавітуючому рідинному середовищі полягає в тому, що при дії звукової хвилі бульбашка, здійснюючи вимушені коливання, поглинає енергію за рахунок витрат на в'язкість і теплопровідність, і частково розсіює падаючу на бульбашку хвилю. Питома енергія дорівнює добутку коефіцієнта поглинання на інтенсивність процесу хвилі. Коефіцієнт поглинання фактично пропорційний коефіцієнту корисної дії ультразвукової кавітації, тобто відношенню корисної енергії, створеної у вигляді ударних хвиль і необхідної для реалізації фізико-хімічних процесів, до загальної енергії кавітатора. Це служить обґрунтуванням того факту, що значення коефіцієнта поглинання може служити мірою ефективності кавітаційного впливу.