

КОНСТРУКЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ТА ПАРАМЕТРИ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ ДЕЗІНТЕГРАЦІЇ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

Братішко В., д-р техн. наук, ст. наук. співроб.

<https://orcid.org/0000-0001-8003-5016>, e-mail: vbratishko@nubip.edu.ua,

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Анотація

Мета дослідження. Підвищення ефективності ультразвукової дезінтеграції рослинної сировини на основі пошуку раціональних з точки зору забезпечення необхідного рівня дезінтеграції рослинної біосировини параметрів кавітаційної камери, властивостей суспензії та режимів оброблення.

Методи дослідження. Для обґрунтування раціональної конструкційно-технологічної схеми та параметрів обладнання для ультразвукової дезінтеграції рослинної біосировини використовували методи аналізу та узагальнення результатів наукових досліджень процесів ультразвукового оброблення рідин та суспензій.

Результати дослідження. Найбільш придатними для кавітаційного оброблення водних суспензій рослинної біосировини є акустичні п'єзоелектричні кавітатори з малою (до 5,0 Вт/см²) інтенсивністю ультразвуку, який вводиться в рідину або суспензію через днище (стінки) відкритої нерезонансної кавітаційної камери великого розміру. Ультразвукові випромінювачі в цьому випадку жорстко кріпляться із зовнішнього боку днища (стінок) кавітаційної камери. На основі аналізу результатів досліджень була запропонована конструкція пристрою для ультразвукового оброблення суспензій рослинної біосировини.

Висновки. Встановлено, що основними параметрами, які визначають ефективність процесу ультразвукової дезінтеграції суспензій рослинної сировини, є наявність ефективного шару та раціональної інтенсивності ультразвукового впливу на середовище в кавітаційній камері, які залежать від фізико-механічних властивостей середовища (суспензії), яка обробляється. На основі проведеного аналізу запропоновано конструкційно-технологічну схему пристрою для ультразвукового оброблення суспензій.

Ключові слова: дезінтеграція, ультразвук, рослинна біосировина, кавітація, суспензія

Вступ. Аналіз досліджень процесу ультразвукового оброблення суспензій на основі рослинних матеріалів в технологіях біопалив та кормів [Muthuvelu, 2019; Bundhoo, 2018; Subhedar, 2018; Boni, 2016; Methrath Liyakathali, 2016; Nagula, 2016; Koutsianitis, 2015 та ін.] дає змогу встановити, що на показники ефективності цього процесу чинить вплив низка режимних та конструкційно-технологічних параметрів, фізико-механічні властивості сировини [Майер, 2011] та, зокрема, геометричні параметри кавітаційних камер відповідних технічних засобів [Луговський, 2021; Хмелев, 2007].

Для адекватного математичного опису процесів ультразвукового оброблення водяних суспензій рослинної біосировини [Bratishko, 2021] через відмінні фізико-механічні властивості останніх порівняно з чистими рідинами мають бути застосовані підходи, які враховують такі властивості суспензій як особливості гранулометричного складу часточок та зміни фізико-механічних параметрів, викликаних впливом ультразвуку [Norisuye, 2016].

Дослідженнями [Harker, 1988] встановлено, що на затухання звуку в суспензіях комплексно впливають такі фактори як масовий вміст сухої речовини (часто-

чок) у суспензії, в'язкість рідини, розмір часточок та частота звуку. Відомо, що дисипація енергії та поглинання звуку в середовищі пов'язані з силами внутрішнього тертя (або в'язкості), які виникають під час поширення звукової хвилі, а коефіцієнт поглинання є пропорційним квадрату кутової частоти та коефіцієнта в'язкості [Stokes, 1845; Пряжников, 2020]. Пізніше було встановлено, що для ньютонівських рідин коефіцієнт поглинання є пропорційним повздовжній в'язкості, яка складається з динамічної та об'ємної в'язкості за умови відсутності у них частотної залежності [Litovitz, 1964], однак, як зазначається в роботі [Пряжников, 2020], експериментальні дані щодо об'ємної в'язкості наявні для кільканадцяти чистих рідин, а для суспензій практично відсутні.

Постановка завдань. Завдання досліджень полягає в пошуку раціональних з точки зору забезпечення необхідного рівня дезінтеграції рослинної біосировини параметрів кавітаційної камери, властивостей суспензії та режимів оброблення. За таких умов одним з головних критеріїв обґрунтування цих раціональних параметрів є питомі енерговитрати на процес ультразвукового оброблення із забезпеченням заданого рівня дезінтеграції структури рослинної біосировини. Зі свого боку, передумовою ефективною дезінтеграції рослинної біосировини є застосування таких режимів ультразвукового оброблення, які забезпечують кавітаційний вплив на оброблюване середовище.

Методи і матеріали. Для обґрунтування раціональної конструкційно-технологічної схеми та параметрів обладнання для ультразвукової дезінтеграції рослинної біосировини використовували методи аналізу та узагальнення результатів наукових досліджень процесів ультразвукового оброблення рідин та суспензій.

Наприклад, в роботі [Лейко, 1998] показано, що встановлення сталого кавітаційного режиму веде до руйнування структури стоячої хвилі та призводить до затухання ультразвуку в рідині вздовж вертикальної осі кавітаційної камери під

час встановлення ультразвукових випромінювачів на днищі останньої (рис. 1). Причому можна передбачити, що порівняно з чистими рідинами ці тенденції набудуть сильніших проявів.

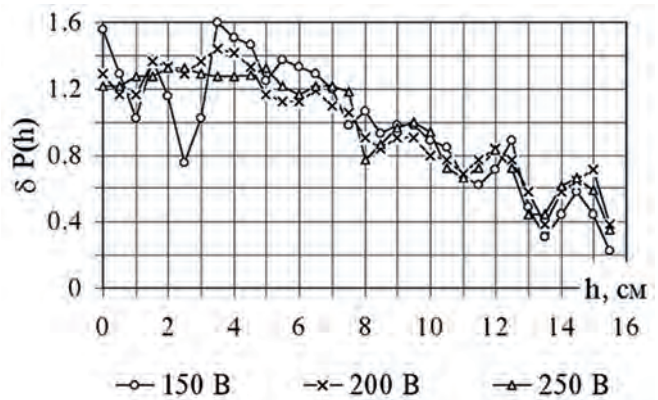


Рисунок 1 – Вертикальний розподіл акустичного тиску в ультразвуковій ванні за кавітаційного режиму збудження (рисунок за [Лейко, 1998])

Цей характер також підтверджується результатами досліджень явищ затухання високочастотного ультразвуку в суспензіях нафтопродуктів [Ахметов, 2018], де залежність коефіцієнта затухання ультразвуку від вмісту часточок у суспензії для широкої гами частот має характер близький до лінійного (рис. 2).

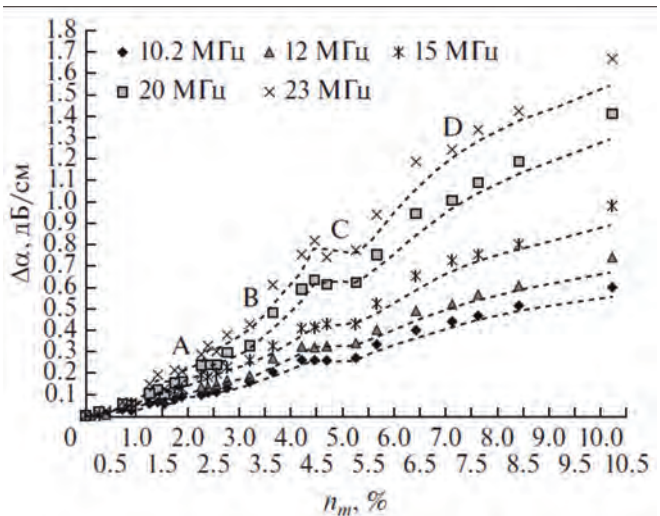


Рисунок 2 – Концентраційна залежність додаткового затухання $\Delta\alpha$ на частотах 10,2, 12, 15, 20 та 23 МГц (рисунок за [Ахметов, 2018])

У роботі [Казаков, 2018], присвяченій дослідженню поширення звуку в дисперсних середовищах, встановлено, що коефіцієнти поглинання звуку або затухан-

ня звуку (ДБ/м) є прямо пропорційними квадратному кореню від частоти звуку, а отже, можна передбачити, що за умови сталої частоти ультразвуку для визначених рідин або суспензій затухання звуку буде пропорційним відстані від його джерела, тобто, матиме лінійний або близький до лінійного характер, як зазначалося в роботі [Ахметов, 2018].

Отже, можна передбачити, що проаналізовані явища дисипації енергії ультразвуку та виродження кавітації дають змогу очікувати наявність ефективного шару та раціональної інтенсивності ультразвукового впливу на середовище в кавітаційній камері, які залежатимуть від фізико-механічних властивостей середовища (суспензії), яка обробляється. За таких умов конфігурація робочої камери не є визначальною для забезпечення ефективності ультразвукової дезінтеграції суспензій рослинної біосировини.

Результати. На основі аналізу наведених результатів досліджень, спираючись на наведену в роботі [Луговський, 2021] ґрунтовну класифікацію та опис сфер застосування ультразвукових кавітаторів та кавітаційних камер, можна встановити, що найбільш придатними для кавітаційного оброблення водних суспензій рослинної біосировини є акустичні п'єзоелектричні кавітатори з малою (до 5,0 Вт/см²) інтенсивністю ультразвуку, який вводиться в рідину або суспензію через днище (стінки) відкритої нерезонансної кавітаційної камери великого розміру. Ультразвукові випромінювачі в цьому випадку жорстко кріпляться з зовнішнього боку днища (стінок) кавітаційної камери.

Для таких кавітаційних камер визначальними технологічними та режимними параметрами будуть інтенсивність (I , Вт/м²) та частота ультразвуку (f , Гц), тривалість дії ультразвуку (t , с)

та висота шару суспензії (h_s , м), конструкційними — площа днища (S , м²) та висота стінок камери (h , м), основними фізико-механічними властивостями суспензії — вміст сухої речовини (%), середньозважений розмір твердих часточок (m) та коефіцієнт затухання ультразвуку який характеризує зниження акустичного тиску (k , Па/м), та, очевидно, є функцією названих та інших фізико-механічних властивостей оброблюваної суспензії.

Припустивши, що джерела ультразвукового випромінювання рівномірно розміщені на днищі (та стінках) кавітаційної камери, а процес затухання ультразвуку в напрямку дії джерела випромінювання, як встановлено вище, має лінійний характер, можемо передбачити наявність ефективного шару кавітаційної дії ультразвуку в робочій камері (h_e , м). Найвища ефективність операція ультразвукового оброблення буде за виконання умови $h_s = h_e$. У випадку $h_s > h_e$ потребуватиметься збільшення часу дії ультразвуку для забезпечення потрібного ступеня дезінтеграції рослинної сировини, у випадку ж $h_s < h_e$ відповідно зростуть питомі енерговитрати через неефективне використання об'єму кавітаційної камери.

На основі наведених даних була запропонована конструкція пристрою для ультразвукового оброблення суспензій [Братішко, 2021]. Пристрій для ультразвукового оброблення суспензій (рис. 3) містить кавітаційну камеру, виконану як одна чи більше секцій 3, які послідовно з'єднані між собою вхідними фланцями

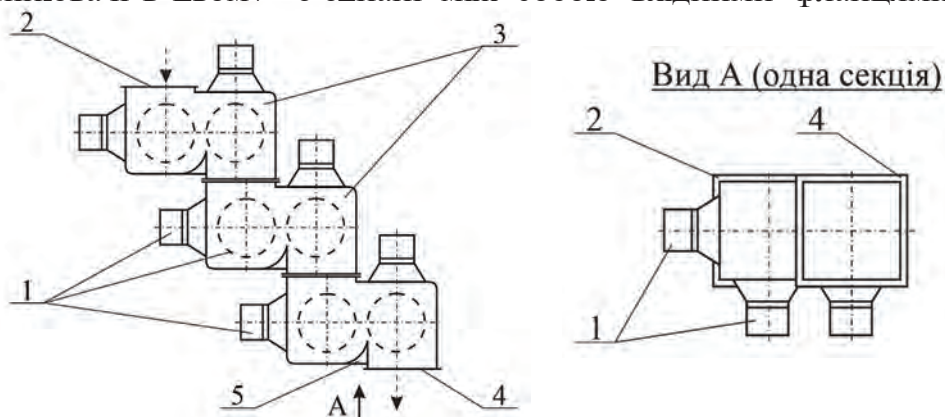


Рисунок 3 – Конструкційно-технологічна схема пристрою для ультразвукового оброблення суспензій

2 та випускними фланцями 4. На нижніх та бічних зовнішніх боках кожної секції розміщено чотири ультразвукових випромінювачі 1 з плоскою поверхнею випромінювання, два з яких розміщено на нижній стінці секції, один на одній стінці із вхідним фланцем та ще один на суміжній до вхідного фланця бічній стінці секції. Всередині кожної секції знаходиться трикутна в основі призма 5, призначена для забезпечення ефективного руху суспензії в кавітаційній камері.

Працює пристрій для ультразвукового оброблення суспензій так. Суспензія, яка підлягає ультразвуковому обробленню, подається через впускний елемент запірної арматури та вхідний фланець 2 до першої секції 3 кавітаційної камери. Під дією ультразвукових випромінювачів 1 відбувається кавітаційне оброблення суспензії. За таких умов розташовані на нижній стінці секції 3 ультразвукові випромінювачі 1 перешкоджають випаданню осаду зважених у суспензії часточок та забезпечують однорідність суспензії, а розташовані на бічних стінках секції 3 ультразвукові випромінювачі 1 та призма 5 забезпечують ефективний рух суспензії всередині секції 3 в напрямку випускного фланця 4. У випадку, якщо кавітаційна камера складається з однієї секції, оброблена суспензія виводиться через випускний фланець 3 та випускний елемент запірної арматури, в іншому випадку – надходить до наступної секції 3 кавітаційної камери для подальшого оброблення, де процес повторюється.

Обговорення. Запропоноване технічне рішення пристрою для ультразвукового оброблення суспензій забезпечує ефективне ультразвукове кавітаційне оброблення суспензій у потоці. Послідовне розміщення секцій дає змогу скомпонувати кавітаційну камеру необхідного об'єму та забезпечити ефективне оброблення суспензій протягом заданого часу оброблення. Розміщення ультразвукових випромінювачів на нижніх стінках секцій перешкоджає випаданню осаду зважених у суспензії часточок, підвищує однорідність

суспензії та ефективність її оброблення. Ультразвукові випромінювачі, розташовані на бічних стінках секцій, та призма забезпечують ефективний рух суспензії від вхідного до випускного фланців усередині кожної секції без утворення застійних зон, сприяють перемішуванню та підвищують загальну ефективність оброблення суспензії. Рівність висоти прохідних отворів вхідних та випускних фланців та висоти секції забезпечує вільний рух суспензії між секціями кавітаційної камери, перешкоджає утворенню локальних опорів її переміщенню та накопиченню осаду.

Можна передбачити, що особливості характеру розвитку зони кавітації в пристрої запропонованої конструкції відповідатимуть наведеним в роботі [Лейко, 1998] результатам досліджень явища ультразвукової кавітації в обмежених об'ємах. Наприклад, для водяного середовища встановлено [Голых, 2014], що інтенсивність ультразвуку чинить визначальний вплив на формування та розвиток явища кавітації в рідкому середовищі (рис. 4).

Очевидно, що зі зростанням інтенсивності ультразвукового впливу відбувається збільшення зони розвиненої кавітації. Однак, як видно з рис. 4, починаючи з інтенсивності близько 3-4 Вт/см², відбувається утворення зони виродженої кавітації. Подальше збільшення інтенсивності призводить до збільшення зони виродженої кавітації, проте збільшення зони розвиненої кавітації припиняється, що веде до зниження коефіцієнта корисної дії ультразвукового технологічного обладнання. Рациональною ж інтенсивністю ультразвукового впливу для води за даними [Голых, 2014; Голых, Хмелёв, 2014] є 1,73 Вт/см².

За таких умов встановлення раціональних конструкційно-технологічних параметрів запропонованого пристрою, основними з яких є рівень суспензій у камері та час оброблення, потребує проведення емпіричних досліджень щодо визначення значень коефіцієнтів затухання ультразвуку для суспензій заданого складу та властивостей.

Висновки. Встановлено, що основни-

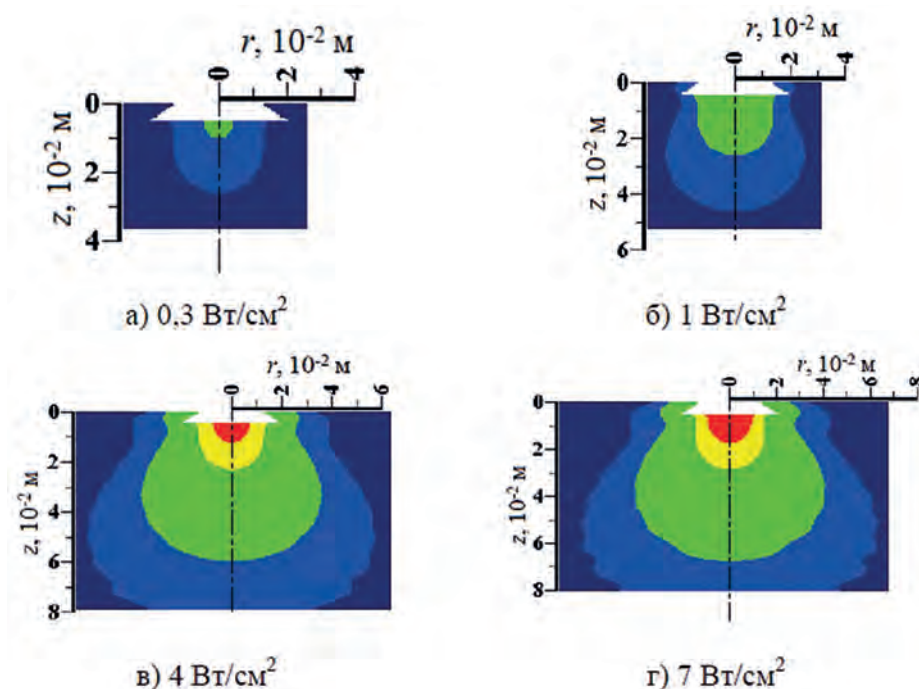


Рисунок 4 – Розподіл кавітаційних зон у гетерогенному середовищі з рідкою фазою в'язкістю $1 \text{ мПа} \cdot \text{с}$ (вода) для різних інтенсивностей ультразвукових коливань [Голых, 2014] (r – відстань від акустичної осі, z – протяжність кавітаційної зони, зони в напрямку від початку координат: виродженої кавітації; зона кавітації, яка вироджується; зона розвинутої кавітації; зона кавітації, що зароджується; зона відсутності кавітації)

ми параметрами, які визначають ефективність процесу ультразвукової дезінтеграції суспензій рослинної сировини, є наявність ефективного шару та раціональної інтенсивності ультразвукового впливу на середовище в кавітаційній камері, які залежать від фізико-механічних властивостей середовища (суспензії), яка обробляється.

На основі проведеного аналізу запропоновано конструкційно-технологічну схему пристрою для ультразвукового оброблення суспензій.

Перелік літератури

- Ахметов Б. Р., Вахин А. В. (2018). О некоторых характеристиках затухания ультразвука в суспензиях высокомолекулярных компонентов нефти. Акустический журнал. Том 64. № 5. С. 566–571.
- Братішко В. В., Шульга С. М., Михай-

лович Я. М. та ін. (2021). Пристрій для ультразвукового оброблення суспензій. Патент 147432 України на корисну модель. Бюл. № 18.

Голых Р. Н., Хмелёв В. Н., Шалунов А. В., Хмелёв С. С. (2014). Выявление режимов ультразвукового воздействия, обеспечивающих формирование кавитационной области в высоковязких и неньютоновских жидкостях. Электронный журнал «Южно-Сибирский научный вестник». № 1. С. 22-27. – Режим доступа: http://ssibsb.ru/images/articles/2014/1/5_22-27.pdf

Голых Роман Николаевич. (2014). Повышение эффективности ультразвукового кавитационного воздействия на химико-технологические

процессы в гетерогенных системах с несущей высоковязкой или неньютоновской жидкой фазой: диссертация ... канд. техн. наук: 05.17.08. Барнаул. 193 с.

Казаков Л. И. (2018). О распространении звука в дисперсных средах. Акустический журнал. Том 64. № 3. С. 330-341.

Лейко А. Г., Шлипченко Ю. З. (1998). О влиянии ультразвуковой кавитации в ограниченных объёмах на импеданс преобразователей. Акустический вестник. Том 1. № 1. С. 52-57.

Луговський О. Ф., Мовчанюк А. В., Берник І. М., Шульга А. В., Гришко І. А. (2021). Апаратне забезпечення ультразвукових кавітаційних технологій: монографія. К: КПІ ім. Ігоря Сікорського. Видавець ФОП Кушнір Ю. В. 216 с.

Майер А. Е., Погорелко В. В., Яловец А. П. (2011). Упругие волны в суспензиях. Акустический журнал. Том 57. № 2. С. 153-160.

Пряжников М. И., Минаков А. В.

(2020). Объемная вязкость суспензии наночастиц оксида кремния. Письма в ЖТФ. Том 46. Вып. 12. С. 37-39.

Хмелев В. Н. (2007). Ультразвуковые многофункциональные и специализированные аппараты для интенсификации технологических процессов в промышленности, сельском и домашнем хозяйстве. БТИ АлтГТУ. Бийск. 400 с.

Boni, M. R., D'Amato, E., Poletti, A., Pomi, R., & Rossi, A. (2016). Effect of ultrasonication on anaerobic degradability of solid waste digestate. *Waste Management*, 48, 209–217. doi: 10.1016/j.wasman.2015.10.031

Bratishko, V., Tkachenko, T., Shulha, S., Tigunova, O. (2021). Results of composition analysis of non-grain part of major field crops in Ukraine. *Engineering for Rural Development*. 20. 584-588. doi: 10.22616/ER-Dev.2021.20.TF125

Bundhoo, Z. M. A., & Mohee, R. (2018). Ultrasound-assisted biological conversion of biomass and waste materials to biofuels: A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 40, 298-313. doi: 10.1016/j.ultsonch.2017.07.025

Harker, A. H., Temple, J. A. G. (1988). Velocity and attenuation of ultrasound in suspensions of particles in fluids. *J. Phys. D: Appl. Phys.* 21. 1576-1588.

Koutsianitis, D., Mitani, C., Giagli, K., Tsalagkas, D., Halász, K., Kolonics, O., Csyka, L. (2015). Properties of ultrasound extracted bicomponent lignocellulose thin films. *Ultrasonics Sonochemistry*, 23, 148–155. doi: 10.1016/j.ultsonch.2014.10.014

Litovitz T. A., Davis C. M. (1964). Structural and shear relaxation in liquids. *Physical acoustics*. Ed. W. P. Mason. N. Y.: Academic Press. V. IIA. P. 289-349. doi: 10.1016/B978-1-4832-2858-7.50013-2

Methrath Liyakathali, N. A., Muley, P. D., Aita, G., Boldor, D. (2016). Effect of frequency and reaction time in focused ultrasonic pretreatment of energy cane bagasse for bioethanol production. *Bioresource Technology*, 200, 262–271. doi: 10.1016/j.biortech.2015.10.028

Muthuvelu, K. S., Rajarathinam, R., Kanagaraj, L. P., Ranganathan, R. V., Dhanasekaran, K., Manickam, N. K. (2019).

Evaluation and characterization of novel sources of sustainable lignocellulosic residues for bioethanol production using ultrasound-assisted alkaline pre-treatment. *Waste Management*, 87, 368–374. doi: 10.1016/j.wasman.2019.02.015

Nagula, K. N., Pandit, A. B. (2016). Process intensification of delignification and enzymatic hydrolysis of delignified cellulosic biomass using various process intensification techniques including cavitation. *Bioresource Technology*, 213, 162–168. doi: 10.1016/j.biortech.2016.03.152

Norisuye, T. (2016). Structures and dynamics of microparticles in suspension studied using ultrasound scattering techniques. *Polymer International*, 66 (2), 175–186. doi: 10.1002/pi.5100

Stokes G. G. (1845). *Trans. Cambridge Phil. Soc.* V. 8. N 22. P. 287–342.

Subhedar, P. B., Ray, P., Gogate, P. R. (2018). Intensification of delignification and subsequent hydrolysis for the fermentable sugar production from lignocellulosic biomass using ultrasonic irradiation. *Ultrasonics Sonochemistry*, 40, 140–150. doi:10.1016/j.ultsonch.2017.01.030

References

Akhmetov B. R., Vakhin A. V. (2018). On some characteristics of ultrasound attenuation in suspensions of high-molecular oil components. *Acoustic journal*. Volume 64. No. 5. P. 566–571.

Boni, M. R., D'Amato, E., Poletti, A., Pomi, R., & Rossi, A. (2016). Effect of ultrasonication on anaerobic degradability of solid waste digestate. *Waste Management*, 48, 209–217. doi: 10.1016/j.wasman.2015.10.031

Bratishko V.V., Shulga S. M., Mikhailovich Ya. M., et al. (2021). Device for ultrasonic processing of suspensions. Patent 147432 of Ukraine. Bul. No. 18..

Bratishko, V., Tkachenko, T., Shulha, S., Tigunova, O. (2021). Results of composition analysis of non-grain part of major field crops in Ukraine. *Engineering for Rural Development*. 20. 584-588. doi: 10.22616/ER-

Dev.2021.20.TF125

Bundhoo, Z. M. A., & Mohee, R. (2018). Ultrasound-assisted biological conversion of biomass and waste materials to biofuels: A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 40, 298–313. doi: 10.1016/j.ultsonch.2017.07.025

Golykh R. N., Khmelev V. N., Shalunov A. V., Khmelev S. S. (2014). Revealing the modes of ultrasonic action, providing the formation of the cavitation region in high-viscosity and non-newtonian liquids. *Electronic journal «South Siberian Scientific Bulletin»*. No. 1. S. 22–27. Access mode: http://ssibsb.ru/images/articles/2014/1/5_22-27.pdf

Golykh Roman Nikolaevich. (2014). Increasing the efficiency of ultrasonic cavitation action on chemical-technological processes in heterogeneous systems with a carrier high-viscosity or non-newtonian liquid phase: dissertation ... cand. tech. sciences: 05.17.08. Barnaul. 193 p.

Harker, A. H., Temple, J. A. G. (1988). Velocity and attenuation of ultrasound in suspensions of particles in fluids. *J. Phys. D: Appl. Phys.* 21. 1576–1588.

Kazakov L. I. (2018). On the spread of sound in dispersed media. *Acoustic journal*. Volume 64. No. 3. S. 330–341.

Khmelev V. N. (2007). Ultrasonic multifunctional and specialized devices for the intensification of technological processes in industry, agriculture and households. BTI AltSTU. Biysk. 400 s.

Koutsianitis, D., Mitani, C., Giagli, K., Tsalagkas, D., Halász, K., Kolonics, O., Csyka, L. (2015). Properties of ultrasound extracted bicomponent lignocellulose thin films. *Ultrasonics Sonochemistry*, 23, 148–155. doi: 10.1016/j.ultsonch.2014.10.014

Leiko A. G., Shlipchenko Yu. Z. (1998). About the influence of ultrasonic cavitation in limited volumes on the impedance of transducers. *Acoustic visnik*. Volume 1. No. 1. P. 52–57.

Litovitz T. A., Davis C. M. (1964). Structural and shear relaxation in liquids. *Physical acoustics*. Ed. W. P. Mason. N. Y.: Academic Press. V. IIA. P. 289–349. doi: 10.1016/B978-1-4832-2858-7.50013-2

Lugovskiy O. F., Movchanyuk A. V.,

Bernik I. M., Shulga A. V., Grishko I. A. (2021). Apparatus for providing ultrasonic cavitation technologies: monograph. K: KPI im. Igor Sikorskogo. Vidavets FOP Kushnir Yu.V. 216 s.

Mayer A. E., Pogorelko V. V., Yalovets A. P. (2011). Elastic Waves in Suspensions. *Acoustic journal*. Volume 57. No. 2. S. 153–160.

Methrath Liyakathali, N. A., Muley, P. D., Aita, G., Boldor, D. (2016). Effect of frequency and reaction time in focused ultrasonic pretreatment of energy cane bagasse for bioethanol production. *Bioresource Technology*, 200, 262–271. doi: 10.1016/j.biortech.2015.10.028

Muthuvelu, K. S., Rajarathinam, R., Kanagaraj, L. P., Ranganathan, R. V., Dhanasekaran, K., Manickam, N. K. (2019). Evaluation and characterization of novel sources of sustainable lignocellulosic residues for bioethanol production using ultrasound-assisted alkaline pre-treatment. *Waste Management*, 87, 368–374. doi: 10.1016/j.wasman.2019.02.015

Nagula, K. N., Pandit, A. B. (2016). Process intensification of delignification and enzymatic hydrolysis of delignified cellulosic biomass using various process intensification techniques including cavitation. *Bioresource Technology*, 213, 162–168. doi: 10.1016/j.biortech.2016.03.152

Norisuye, T. (2016). Structures and dynamics of microparticles in suspension studied using ultrasound scattering techniques. *Polymer International*, 66 (2), 175–186. doi: 10.1002/pi.5100

Pryazhnikov M. I., Minakov A.V. (2020). Bulk viscosity of a suspension of silicon oxide nanoparticles. *Letters to ZhTF*. Volume 46. Issue. 12 S. 37–39.

Stokes G.G. (1845). *Trans. Cambridge Phil. Soc.* V. 8. N 22. P. 287–342.

Subhedar, P. B., Ray, P., Gogate, P. R. (2018). Intensification of delignification and subsequent hydrolysis for the fermentable sugar production from lignocellulosic biomass using ultrasonic irradiation. *Ultrasonics Sonochemistry*, 40, 140–150. doi:10.1016/j.ultsonch.2017.01.030

UDC 534.8

CONSTRUCTION-TECHNOLOGICAL SCHEME AND PARAMETERS OF EQUIPMENT FOR ULTRASOUND DISINTEGRATION OF PLANT RAW MATERIALS

Bratishko V., D-r Tech. Scs.,

<https://orcid.org/0000-0001-8003-5016>, e-mail: vbratishko@nubip.edu.ua,

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Summary

Purpose of the study. Improving the efficiency of ultrasonic disintegration of plant raw materials based on the search for rational (in terms of ensuring the required level of disintegration of plant raw materials) parameters of the cavitation chamber, properties of the suspension, and processing modes.

Research methods. Methods of analysis and generalization of the results of scientific research of the processes of ultrasonic treatment of liquids and suspensions were used to substantiate the rational design and technological scheme and parameters of equipment for ultrasonic disintegration of plant raw materials.

The results of the study. Acoustic piezoelectric cavitators with a low (up to 5.0 W/cm²) intensity of ultrasound, which is introduced into the liquid or suspension through the bottom (walls) of an open non-resonant cavitation chamber, are the most suitable for cavitation treatment of aqueous suspensions of plant bioresources. Ultrasonic emitters in this case are rigidly attached to the outside of the bottom (walls) of the cavitation chamber. Based on the analysis of research results, the design of a device for ultrasonic treatment of suspensions of plant raw materials was proposed.

Conclusions. It is established that the main parameters determining the efficiency of the process of ultrasonic disintegration of plant raw material suspensions are the presence of an effective layer and rational intensity of ultrasonic influence on the medium in the cavitation chamber, which depends on the physical and mechanical properties of the treated medium. Based on the analysis, a structural and technological scheme of the device for ultrasonic treatment of suspensions is proposed.

Keywords: disintegration, ultrasound, plant raw materials, cavitation, suspension

УДК 534.8

КОНСТРУКЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА И ПАРАМЕТРЫ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДЕЗИНТЕГРАЦИИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Братишко В., д-р техн. наук, ст. научн. сотр.,
<https://orcid.org/0000-0001-8003-5016>, e-mail: vbratishko@nubip.edu.ua,
Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

Аннотация

Цель исследования. Повышение эффективности ультразвуковой дезинтеграции растительного сырья на основе поиска рациональных с точки зрения обеспечения необходимого уровня дезинтеграции растительного биосырья параметров кавитационной камеры, свойств суспензии и режимов обработки.

Методы исследования. Для обоснования рациональной конструкционно-технологической схемы и параметров оборудования для ультразвуковой дезинтеграции растительного биосырья использовали методы анализа и обобщения результатов научных исследований ультразвуковой обработки жидкостей и суспензий.

Результаты исследования. Наиболее пригодными для кавитационной обработки водных суспензий растительного биосырья являются акустические пьезоэлектрические кавитаторы с малой (до 5,0 Вт/см²) интенсивностью ультразвука, вводимого в жидкость или в суспензию через днище (стенки) открытой нерезонансной кавитационной камеры. Ультразвуковые излучатели в этом случае жестко крепятся с наружной стороны днища (стенок) кавитационной камеры. На основе анализа результатов исследований была предложена конструкция устройства для ультразвуковой обработки суспензий растительного биосырья.

Выводы. Установлено, что основными параметрами, определяющими эффективность процесса ультразвуковой дезинтеграции суспензий растительного сырья, являются наличие эффективного слоя и рациональной интенсивности ультразвукового воздействия на среду в кавитационной камере, зависящих от физико-механических свойств обрабатываемой среды (суспензии). На основе проведенного анализа предложена конструкционно-технологическая схема устройства для ультразвуковой обработки суспензий.

Ключевые слова: дезинтеграция, ультразвук, растительное биосырье, кавитация, суспензия.