



DOI: 10.31388/2220-8674-2023-1-9

УДК 66.084.8:664.3.032

В. В. Дідур¹, д.т.н.

ORCID: 0000-0001-7584-5073

Є. А. Петриченко¹, к.т.н.

ORCID: 0000-0003-1037-077X

О. Ю. Новик², інж.

ORCID: 0000-0003-0184-9172

¹Уманський національний університет садівництва²Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

e-mail: didur.vv@gmail.com

УЛЬТРАЗВУК ТА ЙОГО ЗАСТОСУВАННЯ В ПРОМИСЛОВОСТІ

Анотація. В статті розглянуто питання застосування ультразвуку в різних галузях промисловості. Представлено схеми ультразвукових апаратів. Надано фактори впливу ультразвуку на макуху в матриці маслопресу.

Дія ультразвуку на технологічні та хімічні процеси має певний характер: стимулюючий, інтенсифікуючий, оптимізуючий.

Ультразвукові коливання мають характерні особливості, що визначають широке використання ультразвуку в техніці і науці. Основні з них: невелика довжина хвилі; відносно невеликий період коливань, що дає можливість випромінювати ультразвукові хвилі імпульсами, також можна проводити в середовищі точний відбір сигналів розповсюдження; при невеликій амплітуді коливання є можливість набуття максимальних значень енергії ультразвуку; ультразвукове поле сприяє суттєвим акустичним витокам (це формує певні ефекти: фізичні, хімічні, біологічні та медичні.); при простому захисті ультразвукових коливань нечутно обслуговуючому персоналу, що не створює дискомфорту.

Ключові слова: ультразвук, коливання, випромінювач, вплив, пресування.

Постановка проблеми. Сучасний стан техніки та технології орієнтований на розвиток та впровадження інноваційних технологій у різні технологічні процеси, спрямовані на підвищення ефективності промислового сектору економіки.

В результаті літературного огляду стосовно технології отримання олії з рослинної сировини методом пресування виявлено напрями вдосконалення технологій пресування олійних культур та механізмів



для їх здійснення, що показують, що процес фор пресування олійних культур має такі недоліки: низький вихід олії з насіння олійних культур через те, що в зоні інтенсивного стискання між продуктом і в його порах блокуються компоненти олії, що перешкоджає їх виводу до вихідних отворів олійного пресу.

У зв'язку з цим потрібне застосування нових фізичних ефектів для усунення цього недоліку. Одним із перспективних фізичних методів впливу на харчові продукти є ультразвукові коливання. Тож дослідження цього фізичного методу на предмет застосування його при виробництві рослинних олій є перспективною задачею.

Аналіз останніх досліджень. В останні роки ультразвук починає грати все більшу роль в різних галузях промисловості. Питання застосування ультразвуку під час механічної обробки деталей та матеріалів на протязі багатьох років досліджувало чимало вчених. О. П. Колосова, В. В. Ванін, О. Є. Колосов, В. І. Сівецький [1, 2] розглянули широке коло питань, що стосуються моделювання технологічних параметрів базових процесів формування та конструктивних елементів формуючого технологічного ультразвукового обладнання, призначеного для приготування полімерних композицій та виготовлення високоміцних і бездефектних виробів із реактопластичних традиційних композитів у хімічній, машинобудівній та інших галузях промисловості. Точність вимірювання амплітуди ультразвукових механічних коливань вихрострумовим методом розкрив О. Ф. Закревський [3]. Статтю [4] присвячено 3D-моделюванню напружено-деформованого стану процесу алмазного вигладжування за використання додаткового впливу механічних коливань (вібрацій). Виконано дослідження зі встановлення раціональних режимів обробки для вказаного комбінованого процесу вигладжування, встановлено математичну модель процесу. Л. П. Калафатова [5] визначила шляхи підвищення ефективності шліфування важкооброблюваних крихких неметалевих матеріалів з урахуванням їхніх фізико-механічних властивостей і структури. О. Б. Козлова, В. О. Заведєєв [6] розкрили методику підвищення якості поверхні методом безабразивної ультразвукової фінішної обробки. До питання застосування електровпливу для ефективного дроблення матеріалів в умовах металургійної обробки підійшли С. Г. Савельєв, В. В. Плотніков та О. В. Бабаєвська [7]. Також цій темі присвячено багато праць зарубіжних авторів [8-14] та ін.

Формулювання мети статті. Метою даної роботи є аналіз властивостей ультразвуку на предмет застосування його при виробництві олії з рослинної сировини методом пресування.

Основна частина. Існують різні джерела ультразвукових хвиль: механічні, аеродинамічні, електродинамічні, гідродинамічні,

електромагнітні, магнітострикційні та п'єзоелектричні випромінювачі. Зміни розміру кристалічної пластинки (кварц і титанат барію, сегнетова сіль) при взаємодії високочастотних полів являє зворотноп'єзоелектричний ефект [15, 16].

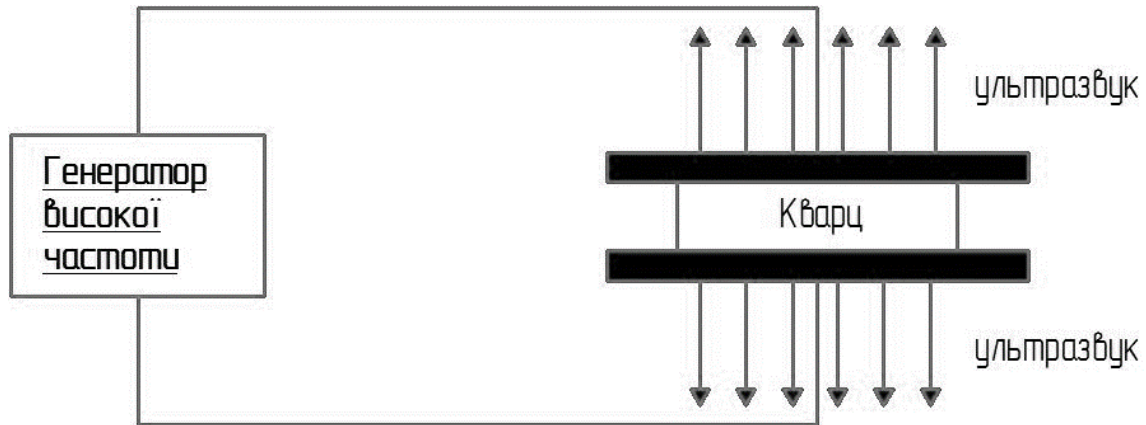


Рисунок 1. Випромінювач ультразвуковий п'єзоелектричний

Перенесення енергії відбувається за рахунок частинок хвилі, які коливаються близько середнього становища їхнього рівноважного стану [1].

Під дією ультразвукових хвиль змінюються основні фізикохімічні характеристики середовища: в'язкість, температура, поверхневий натяг біля межі розчин - тверда фаза або розчин - форма, дифузія.

В'язкість середовища після впливу ультразвуком зменшується, при цьому характер зміни показує, що зниження в'язкості обумовлено не тільки тепловим впливом ультразвукової хвилі, так як разом з тепловим впливом застосовуються інші ефекти, наприклад, вплив сили тертя від нерозчинних твердих домішок, що знаходяться в розчині. Що суттєво зменшує гідравлічний тиск у матриці та витрати енергії на шнековому валу [1, 15].

Фізична природа впливу ультразвукових коливань на теплообмін полягає у проникненні ультразвуку в ламінарний та прикордонний шар видавленої рідини та газу, що викликає їхню спільну деформацію, турбулізацію та перемішування. Внаслідок цього коефіцієнт теплопередачі та швидкість теплообміну збільшуються як у матриці, так і в передматричній зоні [18].

На рисунках 2–4 проілюстровано структурну схему ультразвукового технологічного апарату [1], схему п'єзоелектричної ультразвукової коливальної системи та представлено фактори впливу ультразвуку на макуху в матриці маслопресу

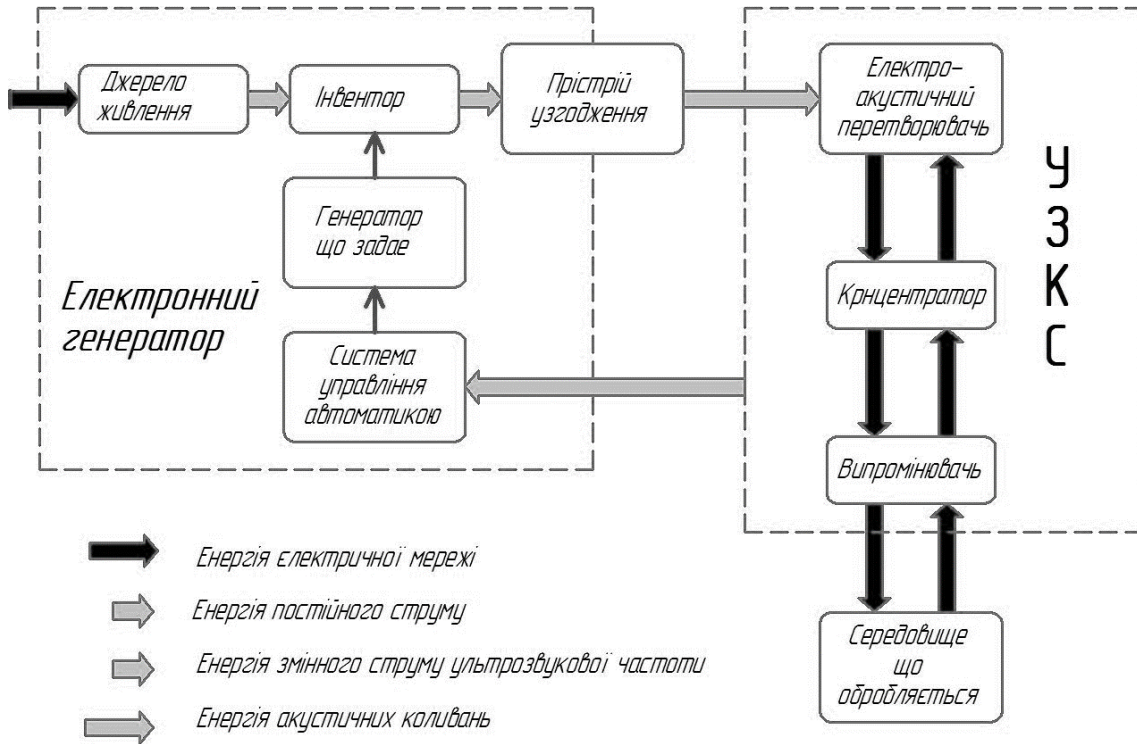


Рисунок 2. Структурна схема ультразвукового технологічного апарату

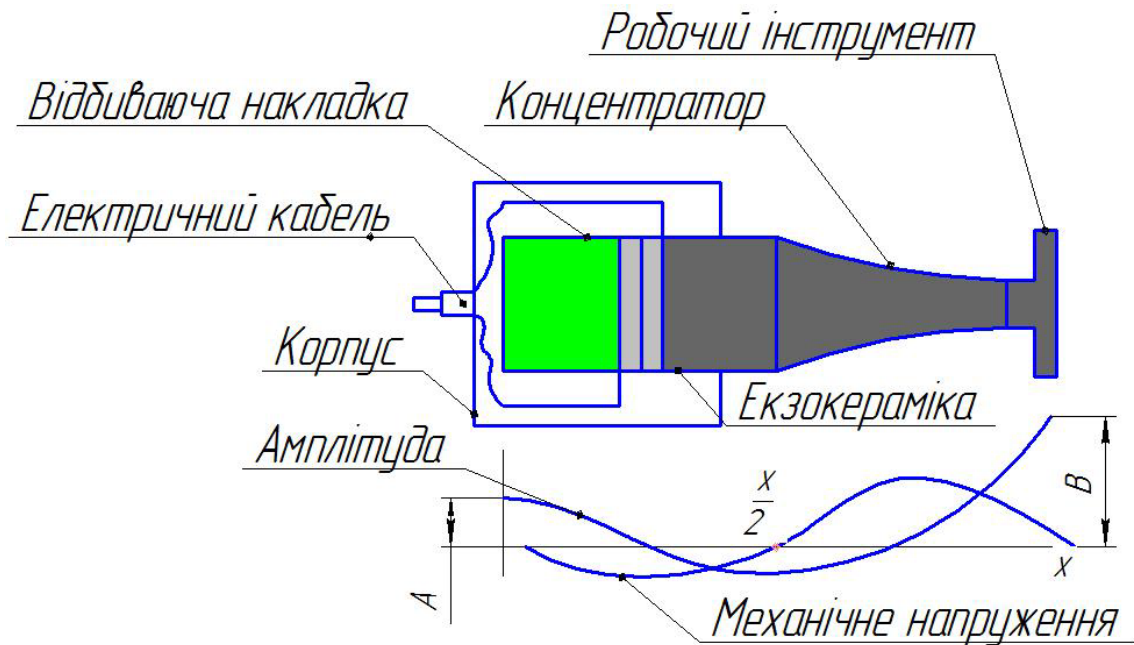


Рисунок 3. Схема п'єзоелектричної ультразвукової коливальної системи

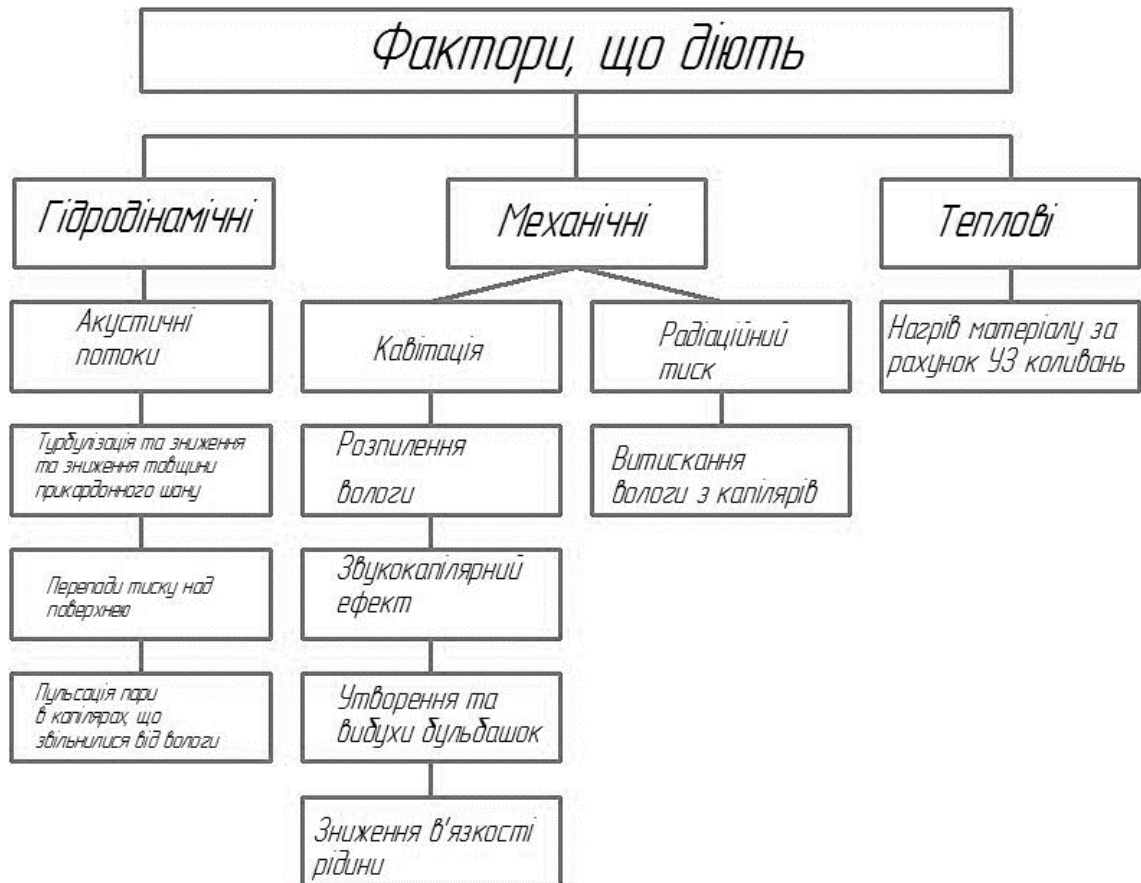


Рисунок 4. Фактори впливу ультразвуку на макуху в матриці маслопресу

Ультразвукове поле від випромінювача включає ближню та дальню зони (рисунок 5).

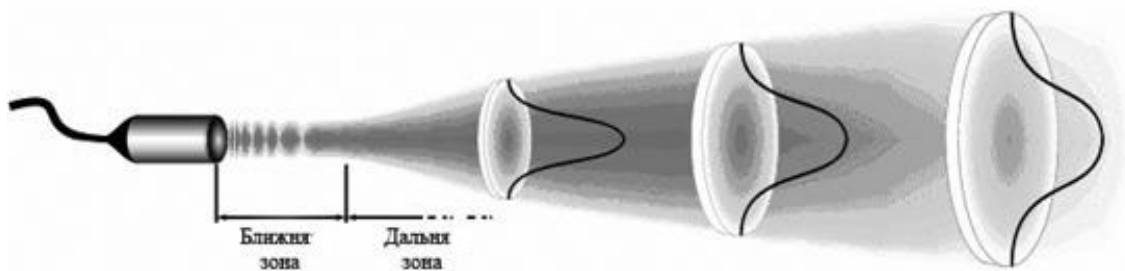


Рисунок 5. Ближня і дальня зони поля ультразвукового випромінювача

Близька зона розташовується перед випромінювачем, де амплітуда захоплює цикл максимумів та мінімумів. Ближня зона закінчується у останнього максимуму, який розташований від джерела випромінювання на відстані N . Розташування останнього максимуму



зветься природним фокусом джерела випромінювання. У цьому фокусі має розташовуватися матриця маслопресу. Далека зона розташовується за N , там де тиск ультразвуку з певним часом зменшується до нуля, і ця зона в роботі не застосовується.

Розташування кінцевого максимуму N осі звуку ближньої зони залежить від діаметра і довжини хвилі для дискового джерела випромінювання [19].

Характеристики поля ультразвуку формуються конструкцією джерела випромінювання. Чутливість датчика та поширення ультразвукової хвилі в середовищі залежать від форми джерела випромінювання. Випромінювачі ультразвукової хвилі характеризуються загальною випромінюваною потужністю, яка вимірюється Вт, а також питомою потужністю, тобто. тією середньою потужністю, що відноситься до одиниці площі випромінювання, та середньою інтенсивністю ультразвукового впливу в ближньому полі, яка вимірюється у $\text{Вт}/\text{м}^2$ [20].

Застосування ультразвукових коливань високої інтенсивності є перспективним напрямом у різних галузях промисловості. Викликано це тим, що дія ультразвуку на технологічні та хімічні процеси має певний характер: стимулюючий, коли ультразвукові коливання – це рушійна сила досліджуваного процесу (при диспергуванні та акустичному очищенні); інтенсифікуючий, коли ультразвукові хвилі підвищують швидкість процесів (при розчиненні та сушінні, акустичній кристалізації); оптимізуючий, коли ультразвук регулює перебіг процесу (при грануляції, центрифугуванні, акустичному пресуванні).

Ультразвук знаходить своє застосування у всіх відомих технологічних та хімічних процесах: гідромеханічних, масообмінних, теплових, механічних [21]

Висновки. Ультразвукові коливання підпорядковуються таким самим законам фізики, як і хвилі чутного інтервалу. Проте, ультразвукові коливання мають характерні особливості, що визначають широке використання ультразвуку в техніці і науці.

Основні з них представлені нижче:

- Невелика довжина хвилі.

Для найнижчого діапазону хвилі значення не більше кількох сантиметрів. Ця довжина хвилі несе променевий характер поширення ультразвукових коливань. Поблизу випромінювача ультразвукова хвиля поширюється як пучок, близький до розміру джерела випромінювання. Ультразвуковий пучок, потрапивши в неоднорідне середовище, зазнає заломлення, відображення, розсіювання, це формує ультразвуковий малюнок у непрозорих середовищах, застосовуючи оптичні ефекти (фокусування, дифракцію та ін.)



- Відносно невеликий період коливань, що дає можливість випромінювати ультразвукові хвилі імпульсами, також можна проводити в середовищі точний відбір сигналів розповсюдження.

- При невеликій амплітуді коливання є можливість набуття максимальних значень енергії ультразвуку, зважаючи на те, що вона пропорційна квадрату частоти коливань. Це дає можливість здійснювати ультразвукові пучки та поля з максимальним рівнем енергії, при цьому не використовуючи великогабаритні апарати.

- Ультразвукове поле сприяє суттєвим акустичним витокам. Це формує певні ефекти: фізичні, хімічні, біологічні та медичні. При пресуванні в'язких середовищ спостерігається звукокапілярний ефект, ущільнення, кавітація, дегазація емульгування, диспергування, знезараження, локальне нагрівання та ін.

- При простому захисті ультразвукових коливань нечутно обслуговуючому персоналу, що не створює дискомфорту.

Список використаних джерел

1. Конспект лекцій з дисципліни «Методи контролю в галузі» [Текст] / М-во освіти і науки України, Донец. нац. ун-т економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського, каф. техн. в рест. госп., гот.-рест. справи та підпр.; Ю. А. Горяйнова. Криий Ріг: ДонНУЕТ, 2020. 136 с.

2. Колосова О. П. Ультразвукова обробка технологічної сировини полімерних композиційних матеріалів: навчальний посібник / О. П. Колосова та ін. Київ : КПІ імені Ігоря Сікорського, 2017. 188 с.

3. Закревський О. Ф. Точність вимірювання амплітуди ультразвукових механічних коливань вихрострумовим методом. *Електроніка и связь*. 2013. № 1. С. 89–93.

4. Федорович В. О. Федорович Моделювання процесу ультразвукового алмазного вигладжування. / В. О. Федорович та ін. *Резание и инструменты в технологических системах*. 2018. Вып. 89. С. 198–204.

5. Калафатова Л. П. Мазильно охолоджуючі технологічні середовища як фактор підвищення ефективності процесів механічної обробки крихких конструкційних матеріалів. Сучасні технології в машинобудуванні. 2018. Вип. 13. С. 9–20.

6. Козлова О. Б., Заведєєв В. О. Підвищення якості поверхні методом без абразивної ультразвукової фінішної обробки. *Тиждень науки-2019. Машинобудівний факультет: тези доповідей науково-практичної конференції*, Запоріжжя: ЗНТУ, 2019. С. 17–18.

7. Савельєв С. Г., Плотніков В. В., Бабаєвська О. В. Застосування електровпливу для ефективного дроблення матеріалів в умовах металургійної переробки. *Вісник Криворізького національного*



університету. 2020. Вип. 50. С. 112–117.

8. Wang J., Fu J., Wang J., Du F., Liew P.J., & Shimada K. Processing capabilities of micro ultrasonic machining for hard and brittle materials: SPH analysis and experimental verification. *Precision Engineering*. 2020. Vol. 63. P. 159–169.

9. Kumar S., Dvivedi A. On machining of hard and brittle materials using rotary tool micro-ultrasonic drilling process. *Materials and Manufacturing Processes*. 2019. Vol. 34(7). P. 736–748. DOI: 10.1080/10426914.2019.1594255

10. Esmaeilzare A., Rahimi A., Rezaei S.M. Investigation of subsurface damages and surface roughness in grinding process of zerodur®glass-ceramic. *Applied Surface Science*. 2014. Vol. 313. P. 67–75.

11. Wang Y., Lin B., Cao X. Y., Wang S.L. An experimental investigation of system matching in ultrasonic vibration assisted grinding for titanium. *Journal of Materials Processing Technology*. 2014. Vol. 214. P. 1871–1878.

12. Lv D. X., Wang H. X., Tang Y. J., Huang Y. H., Li Z. P. Influences of vibration on surface formation in rotary ultrasonic machining of glass BK7. *Precision Engineering*. 2013. Vol. 37. P. 839–884.

13. Zhang C., Feng P., & Zhang J. Ultrasonic vibration-assisted scratch-induced characteristics of C-plane sapphire with a spherical indenter. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*. 2013. Vol. 64. P. 38–48.

14. Jianhua Z. Jianhua Study on effect of ultrasonic vibration on grinding force and surface quality in ultrasonic assisted micro end grinding of silica glass / Z. Jianhua, et al. *Shock and Vibration*. 2014. 10 p.

15. Method of treatment of vegetable matter with ultrasonic energy: patent application 20060110503. US/Bates D.M., Bagnall W.A., Bridges M.W. -US, 2006.

16. Stahl E. Extraction von Lupenol mit uberkrischen Kohlendioxid / E. Stahl, K. W. Quinn, H. K. Mangold. *Fette-Seifen-Anstrichmittel*. 1981. 83, № 12.

17. Конспект лекцій з дисципліни «Методи контролю в галузі» / М-во освіти і науки України, Донец. нац. ун-т економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського, каф. техн. в рест. госп., гот.-рест. справи та підпр.; Ю.А.Горайнова. Криий Ріг: [ДонНУЕТ], 2020.136 с.

18 Чалий О. В. «Медична і біологічна фізика» / Національний підручник, автори: / О. В. Чалий (ред.), Я. В. Цехмістер, Б. Т. Агапов та ін. Вінниця, Нова Книга, 2013.

19. Шутилов В. А. Основы физики ультразвука. Л.: Машиностроение, 1988. 288 с.

20. Stahl E., Quinn K. W., Mangold H. K. Extraction von Lupenol mit uberkrischen Kohlendioxid. *Fette - Seifen- Anstrichmittel*. 1981. 83, № 12.



21. Антипов С. Т., Шахов С. В., Мартеха А. Н., Берестовой А. А. Оптимизация процесса прессования семян сафлора в ультразвуковом поле. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. 2017. Т. 79. № 1 (71). С. 40–45.

Стаття надійшла до редакції 18.04.2022 р.

V. Didur¹, I. Petrychenko¹, A. Novik²

¹Uman National University of Horticulture

²Dmytro Motornyi Tavria state agrotechnological university

ULTRASOUND AND ITS APPLICATION IN INDUSTRY

Summary

The article discusses the issue of using ultrasound in various industries. Schemes of ultrasonic devices are presented. Factors of influence of ultrasound on the cake in the matrix of the oil press are given. The current state of engineering and technology is focused on the development and implementation of innovative technologies in various technological processes aimed at increasing the efficiency of the industrial sector of the economy. In recent years, ultrasound has begun to play an increasingly important role in various industries. The effect of ultrasound on technological and chemical processes has a certain character: stimulating, when ultrasonic oscillations are the driving force of the investigated process (during dispersion and acoustic cleaning); intensifying, when ultrasonic waves increase the speed of processes (during dissolution and drying, acoustic crystallization); optimizing, when ultrasound regulates the course of the process (in granulation, centrifugation, acoustic pressing). Ultrasonic vibrations have characteristic features that determine the wide use of ultrasound in technology and science. The main ones are: small wavelength; a relatively small oscillation period, which makes it possible to emit ultrasonic waves in pulses, it is also possible to carry out accurate selection of propagation signals in the environment; with a small amplitude of oscillation, there is a possibility of acquiring maximum values of ultrasound energy; the ultrasonic field contributes to significant acoustic leaks (this creates certain effects: physical, chemical, biological and medical); with simple protection, ultrasonic vibrations are inaudible to service personnel, which does not cause discomfort.

Key words: ultrasound, oscillations, emitter, impact, pressing.