

Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Russia, Moscow, e-mail: [rector@rgau-msha.ru](mailto:rector@rgau-msha.ru)

**Abstract:** *this work examines various designs of robotic and mechatronic systems that help in various industries. The use of unmanned systems for preliminary maintenance of failed emergency equipment is proposed. Goals and objectives for further research have been set.*

**Key words:** *robotization, mechatronic modules, unmanned systems.*

---

УДК 664:663.814

## УСТАНОВКА ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ЭКСТРАКЦИИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

**Коннова Ольга Ивановна**, ассистент кафедры Технология товаров и товароведение, ФГБОУ ВО Астраханский государственный технический университет, e-mail: [okonnova88@gmail.com](mailto:okonnova88@gmail.com)

**Свирина Светлана Алексеевна**, канд. техн. наук, ассистент кафедры Технологические машины и оборудование, ФГБОУ ВО Астраханский государственный технический университет, e-mail: [svetlanasv97@yandex.ru](mailto:svetlanasv97@yandex.ru)

**Золотовская Ольга Валерьевна**, ассистент кафедры Технологические машины и оборудование, ФГБОУ ВО Астраханский государственный технический университет, e-mail: [olazoloto@bk.ru](mailto:olazoloto@bk.ru)

**Максименко Юрий Александрович**, д-р техн. наук, профессор, проректор по научной работе и инновациям, ФГБОУ ВО Астраханский государственный технический университет, e-mail: [amxs1@yandex.ru](mailto:amxs1@yandex.ru)

ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»,  
Россия, Астрахань, e-mail: [nayka@astu.org](mailto:nayka@astu.org)

**Аннотация:** в представленных материалах рекомендуется вариант применения ультразвукового излучения, как эффективного фактора интенсификации операции экстрагирования сырья растительного происхождения. Данный подход к процессу экстрагирования дает возможность не только уменьшить продолжительность технологической операции, но и заметно увеличить удельный выход целевых компонентов. Также рекомендовано техническое исполнение экстрактора с использованием ультразвукового излучения и выявлены рамки варьирования режимных показателей его функционирования для материалов растительной природы, таких как лакричный корень, корень имбиря, клубень топинамбура, томатные выжимки и другие.

**Ключевые слова:** растительное сырье, экстракция, механическое перемешивание, циркуляция, ультразвук, интенсификация.

Процесс экстракции широко применяется в пищевых и биотехнологиях для получения ценных компонентов из растительного сырья. Систематизация известных в литературе способов экстракции и их технического обеспечения [1-3] приводит к заключению о том, что для роста скорости данной операции резонно воспользоваться воздействием ультразвукового излучения на композицию экстрагента и сырьевого материала. Ультразвуковое излучение приводит к деструкции диффузионной прослойки на границе фазового раздела, что способствует прохождению экстрагента в объект обработки [3]. При этом сырьевой материал интенсивней набухает, появляются вихревые и турбулентные течения, обуславливающие ускорение массопереноса и процессы растворения. При этом и вещества в клеточных структурах интенсивно перемешиваются, что исключено в иных вариантах операции экстрагирования. Разработана конструкция ультразвукового экстрактора и установлены диапазоны изменения режимных параметров его работы. К тому же рекомендуемое конструкторское решение (рис. 1) дает возможность интенсифицировать процесс посредством механического перемешивания при циркуляции обрабатываемого комплекса в пищевой индустрии для сырьевых материалов растительной природы, а частности, лакричного корня, корневища имбиря, клубня топинамбура, томатных выжимок и т. п.

Разработанная установка содержит вертикальную цилиндрическую обечайку со штуцерами и термостатирующей рубашкой, размещенные соосно с обечайкой перемешивающее устройство с приводом, а по периферии обечайки отбойники, связанные с ее внутренней стенкой, причем мешалка имеет рамную конструкцию, состоящую из вала, закрепленных на валу горизонтальных и вертикальных лопастей и якорной части, жестко соединенной с вертикальными лопастями и валом, экстрактор имеет крышку, жестко фиксированную на цилиндрическом корпусе, на крышке экстрактора установлены и жестко фиксированы ультразвуковые генераторы, снабженные стержневыми рабочими элементами, расположенными между вертикальными лопастями и валом мешалки, передающими ультразвуковые колебания экстрагированной смеси, а в крышке экстрактора выполнены отверстия для стержневых рабочих элементов, жестко скрепленных с ультразвуковыми генераторами.

На рисунках 1-3 изображено предлагаемое устройство.

Устройство работает следующим образом. Измельченное сырье (размер частиц 1...5мм) и жидкий экстрагент поступают в обечайку 1 по технологическому патрубку 2. Механическое перемешивание осуществляется рамной мешалкой 9, состоящей из вала 10, горизонтальных лопастей 11, вертикальных лопастей 12 и якорной части 13. Конструкция рамной мешалки 9 позволяет эффективно перемешивать смесь в рабочем объеме корпуса 1 и интенсифицирует теплообменные процессы при термостатировании. Отбойники 8, жестко связанные с обечайкой 1 гасят негативное влияние формирования воронки при перемешивании обрабатываемой среды посредством мешалки. Циркуляция среды для равномерного ее объемного распределения осуществляется посредством частичного ее отведения сквозь штуцер 4 и поступления вверх установки сквозь штуцер 3. С целью поддержания

заданной температуры фазового контакта при экстракции служит рубашка 5 с входным и выходным штуцерами 6 и 7 для теплового агента. Ультразвуковое излучение передается композиции от излучателей 15 через стержни 16, помещенные в композицию между лопастями 11 и валом 10 перемешивающего устройства 9. После окончания операции экстракционная смесь отводится из установки по штуцеру 4 для последующего отделения экстракта от рафината.

По сравнению с известными конструкциями [4-8] ультразвуковой экстрактор имеет ряд преимуществ:

- Конструкция аппарата позволяет реализовать процесс экстракции в непрерывном режиме, путем непрерывной подачи экстракционной смеси в верхнюю часть аппарата через патрубок и отвод отработанной смеси через патрубок в нижней части аппарата.

- В зависимости от вида экстрагента, режимов экстракции, механическое и циркуляционное перемешивание смеси и воздействие на нее ультразвуковых колебаний могут осуществляться как непрерывно в течение процесса экстракции, так и периодически в различных сочетаниях, реализуя осциллирующие режимы процессов воздействия на смесь при экстракции.

Перемешивание посредством мешалки и циркуляция повышает скорость тепломассопереноса и обмена целевыми компонентами на границе между фазами при экстрагировании, способствуя формированию развитой поверхности фазового контакта и ее обновлению посредством конвективных диффузионных процессов[9].

Влияние ультразвука на композицию повышает скорость процесса прохождения экстрагента по пористой структуре сырьевого материала, собственно экстракции и растворения целевых компонентов в экстрагенте[10-11].

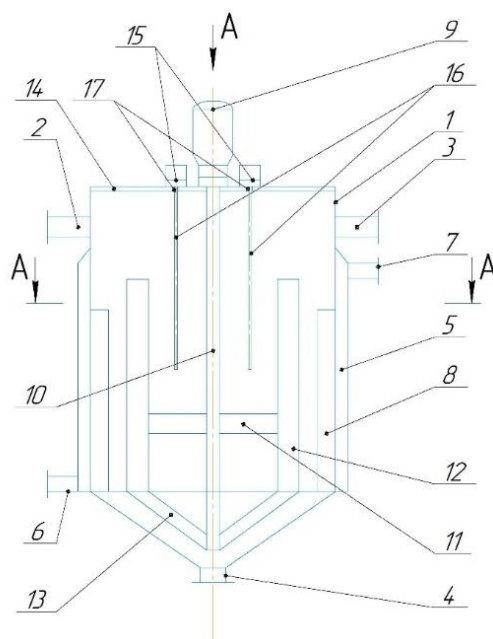


Рисунок. 1– Общий вид экстрактора с использованием ультразвукового излучения

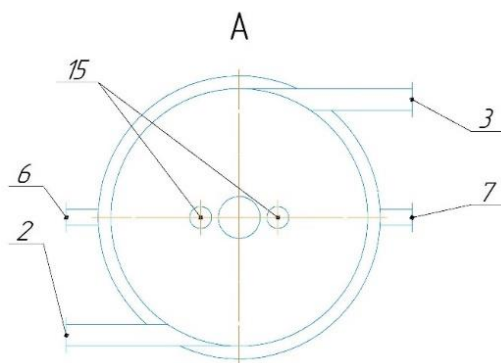


Рисунок 2 – Вид сверху экстрактора с использованием ультразвукового излучения

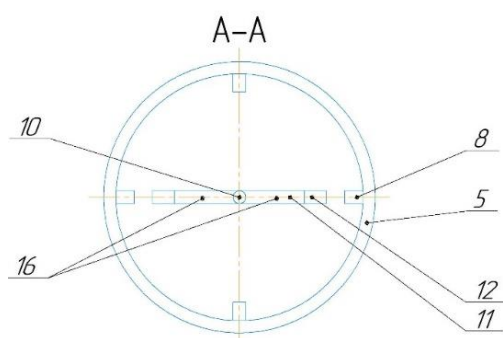


Рисунок 3 – Вид сверху экстрактора с использованием ультразвукового излучения

В ходе комплекса экспериментальных исследований установлено, что водную экстракцию растительного сырья при использовании предложенной установки следует осуществлять при механическом перемешивании (10..20 об./мин.), циркуляционном перемешивании и следующих рациональных параметрах: степень измельчения сырья 1..4 мм, соотношение гидромодуля (сырье:экстрагент) 1:3..1:8, температура экстрагента 343..363К, перемешивание со скоростью 15..30 об/мин, интенсивность ультразвукового воздействия 15..50 Вт/см<sup>2</sup>.

### Библиографический список

1. Многофункциональные ультразвуковые аппараты и их применение в условиях малых производств, сельском и домашнем хозяйстве: - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 1997.
2. Quoc, Le. Ph. T. Ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from *Polyscias fruticosa* (L.) Harms root / Le. Ph. T. Quoc, H. N. Q. Anh // Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennye Nauki. – 2023. – Vol. 165, No. 1. – P. 58-67
3. Wen C., Zhang J., Zhang H., Dzah C.S., Zandile M., Duan Y., Ma H., Luo X.

Advances in ultrasound assisted extraction of bioactive compounds from cash crops – A review. *Ultrason. Sonochem.*, 2018, vol. 48, pp. 538–549. doi: 10.1016/j.ultsonch.2018.07.018

4. Патент на полезную модель № 223 87 1U1 РФ, МПК C11B 1/10. Экстрактор [Текст] / Ю. А. Максименко, О.И. Коннова, И. Ю. Алексанян [и др.]; Патентообладатель: ФГБОУ ВПО «Астраханский государственный технический университет», ФГБОУ ВПО «АГТУ» - 2023134914 Заявлено: 25.12.2023. Опубликовано: 06.03.2024, Бюл. № 7.

5. Патент на полезную модель № 57 152 U1 РФ, В06В 1/06 Установка для экстрагирования [Текст] / В. А. Кривега, В. Г. Моисеев, А. Б. Лелик; Патентообладатель(и): В. А. Кривега, В. Г. Моисеев, А. Б. Лелик, Заявлено: 2006126014/22, 17.07.2006. Опубликовано: 10.10.2006 Бюл. № 28

6. Патент на полезную модель № 202316 U1 Российская Федерация, МПК В01D 11/02, В06В 1/06, В01F 11/02. Ультразвуковой экстрактор : № 2020133157 : заявл. 08.10.2020 : опубл. 11.02.2021 / А. Х. Х. Нугманов, И. Ю. Алексанян, Л. М. Титова [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО Астраханский государственный технический университет.

7. Патент на полезную модель № 225 428 U1 РФ, МПК F26B 5/02. Ультразвуковой экстрактор [Текст] / О.И. Коннова, О.В. Золотовская, С.А. Свирина, Ю. А. Максименко, [и др.]; Патентообладатель: ФГБОУ ВПО.

8. Патент № 2035884 C1 Российская Федерация, МПК A23N 1/00, A23L 1/308, В01D 11/02. экстрактор для обработки плодово-ягодных выжимок : № 93054183/13 : заявл. 07.12.1993 : опубл. 27.05.1995 / В. А. Ломачинский, О. И. Квасенков, Г. И. Касьянов ; заявитель Всероссийский научно-исследовательский институт консервной и овощесушильной промышленности.

9. Хмелев, В. Н. Исследование эффекта многочастотного ультразвукового воздействия на процесс экстракции растительного сырья / В. Н. Хмелев, С. Н. Цыганок, В. А. Шакура // Южно-Сибирский научный вестник. – 2017. – № 4(20). – С. 21-26.

10. Велямов, Ш. М. Совершенствование процесса переработки растительного сырья с целью извлечение пектина на экстракторе / Ш. М. Велямов, С. С. Джингилбаев, С. Г. Актерян // Новости науки Казахстана. – 2018. – № 1(135). – С. 117-134.

11. Ashmawy N.S., Gad H.A., Ashour M.L., El-Ahmady S.H., Singab A.N.B. The genus *Polyscias* (Araliaceae): A phytochemical and biological review. *J. Herb. Med.*, 2020, vol. 23, art. 100377. DOI: 10.1016/j.hermed.2020.100377

12. Патент № 2207186 C1 Российская Федерация, МПК В01F 7/26, В28С 5/16. Центробежный смеситель : № 2001130371/12 : заявл. 09.11.2001 : опубл. 27.06.2003 / В. Н. Иванец, И. А. Бакин, Д. М. Бородулин, В. П. Зверев ; заявитель Кемеровский технологический институт пищевой промышленности.

13. Оптимизация процессов получения экстрактов фитобиотических фармсубстанций ягодного сырья / М. Н. Школьников, И. А. Бакин, А. С. Мустафина, Л. А. Алексенко // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 4. – С. 121-130. – DOI 10.21603/2074-9414-2018-4-121-130.

14. Intensification of extraction of phytochemicals from berry raw materials /

I. A. Bakin, A. S. Mustafina, L. A. Aleksenko, M. N. Shkolnikova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Voronezh, 26–29 февраля 2020 года. – Voronezh, 2021. – P. 022066. – DOI 10.1088/1755-1315/640/2/022066.

## PLANT FOR ULTRASONIC EXTRACTION OF PLANT RAW MATERIAL

**Konnova Olga Ivanovna**, assistant of the department of Technology of goods and commodity science, Astrakhan State Technical University,  
e-mail: [okonnova88@gmail.com](mailto:okonnova88@gmail.com)

**Svirina Svetlana Alekseevna**, Ph.D. tech. Sciences, assistant of the Department of Technological Machines and Equipment, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Astrakhan State Technical University,  
e-mail: [svetlanasv97@yandex.ru](mailto:svetlanasv97@yandex.ru)

**Zolotovskaya Olga Valerievna**, assistant of the department of Technological machines and equipment, Astrakhan State Technical University,  
e-mail: [olazoloto@bk.ru](mailto:olazoloto@bk.ru)

**Maksimenko Yuri Aleksandrovich**, Doctor of Engineering. Sciences, Professor, Vice-Rector for Research and Innovation, Astrakhan State Technical University,  
e-mail: [amxs1@yandex.ru](mailto:amxs1@yandex.ru)

**Abstract:** The presented materials recommend a variant of application of ultrasonic radiation as an effective factor of intensification of the extraction operation, raw materials of plant origin. This approach to the extraction procedure makes it possible not only to reduce the duration of the technological operation, but also significantly increase the specific yield of target components. The technical design of the extractor using ultrasonic radiation is also recommended and the limits of varying the mode parameters of its operation for materials of plant nature, such as licorice root, ginger root, topinambour tuber, tomato pomace and others are revealed.

**Key words:** plant raw materials, extraction, mechanical mixing, circulation, ultrasound, intensification, design

---

УДК 637.5.02

## ПРИМЕНЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА ДЛЯ УКЛАДКИ КОЛБАСНЫХ ИЗДЕЛИЙ В ТЕРМОФОРМЕР

**Копытин Роман Игоревич**, магистрант Технологического института, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», e-mail: [kroman@aoconstanta.ru](mailto:kroman@aoconstanta.ru)

**Научный руководитель – Мартеха Александр Николаевич**, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры Процессов и аппаратов перерабатывающих производств, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», e-mail: [man6630@rgau-msha.ru](mailto:man6630@rgau-msha.ru)