

ТЕХНИЧЕСКИЕ И ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ TECHNICAL AND NATURAL SCIENCES

Научная статья
УДК 664
<https://doi.org/10.24143/1812-9498-2022-2-7-11>
EDN МААНХТ

Конструкция экстрактора для реализации процесса экстрагирования из твердых веществ из измельченного растительного сырья

И. Ю. Алексанян¹, С. А. Свирина²✉, В. А. Лебедев³, Л. М. Титова⁴, А. Х.-Х. Нугманов⁵

^{1, 2, 4, 5} Астраханский государственный технический университет,
Астрахань, Россия, svetlanasv97@yandex.ru✉

³ ООО «Газпром переработка»,
Астрахань, Россия

Аннотация. Представлена рациональная конструкция экстрактора для реализации процесса экстрагирования из твердых веществ из измельченного растительного сырья. При разработке экстрактора приняты во внимание результаты многочисленных экспериментально-аналитических исследований, в том числе анализа научно-технической и патентной литературы. Отличительной особенностью предложенного решения является возможность эффективно проводить процесс экстрагирования при развитии межфазной поверхности за счет энергии сжатого воздуха, потоки которого организованы таким образом, что внутри аппарата создается поле центробежных сил. Конструкция экстрактора проста в изготовлении и эксплуатации, т. к. позволяет получить обезвоженное отработанное сырье без использования механически вращающихся частей (ротора), а также осуществить простую выгрузку отработанного измельченного сырья.

Ключевые слова: процессы и аппараты пищевых производств, растительное сырье, экстрагирование, обезвоживание, экстрактор

Для цитирования: Алексанян И. Ю., Свирина С. А., Лебедев В. А., Титова Л. М., Нугманов А. Х.-Х. Конструкция экстрактора для реализации процесса экстрагирования из твердых веществ из измельченного растительного сырья // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2022. № 2 (74). С. 7–11. <https://doi.org/10.24143/1812-9498-2022-2-7-11>. EDN МААНХТ.

Original article

Design of extractor for process of extraction from solids from crushed vegetable raw materials

I. Yu. Aleksanyan¹, S. A. Svirina²✉, V. A. Lebedev³, L. M. Titova⁴, A. Kh.-Kh. Nugmanov⁵

^{1, 2, 4, 5} Astrakhan State Technical University,
Astrakhan, Russia, svetlanasv97@yandex.ru✉

³ Gazprom Pererabotka, LLC,
Astrakhan, Russia

Abstract. The article highlights a rational design of the extractor for extracting from solids from crushed vegetable raw materials. In the process of developing the extractor the results of numerous experimental and analytical studies, including the analysis of scientific, technical and patent literature, were taken into account. A distinctive feature of the proposed solution is the possibility to extract efficiently during the development of the interfacial surface due to the

energy of compressed air, when the air flows are organized in such a way that a field of centrifugal forces is created inside the apparatus. The design of the apparatus also provides unloading of waste crushed raw materials and producing the dehydrated waste raw materials without using mechanically rotating parts (rotor), thereby simplifying the manufacturing process and operation of the device.

Keywords: processes and apparatus of food production, vegetable raw materials, extraction, dehydration, extractor

For citation: Aleksanyan I. Yu., Svirina S. A., Lebedev V. A., Titova L. M., Nugmanov A. Kh.-Kh. Design of extractor for process of extraction from solids from crushed vegetable raw materials. *Vestnik of Astrakhan State Technical University*. 2022;2(74):7-11. (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/1812-9498-2022-2-7-11>. EDN MAAHXT.

Введение

Переработка растительного сырья имеет важное значение в биотехнологии, пищевой, кормовой и других отраслях промышленности. Химический состав сырья определяет способ его переработки и пути дальнейшего использования в различных областях жизнедеятельности и производства [1–4].

Принимая во внимание увеличивающийся объем спроса на сухие дисперсные растительные материалы, можно утверждать, что внедрение даже незначительных усовершенствований при организации стадии промышленной переработки растительного сырья приведет к ощутимым экономическим выгодам для производителей.

Решение задач повышения эффективности перерабатывающих предприятий агропромышленного комплекса, специализирующихся на производстве сухих растительных продуктов, в частности проведение комплексных исследований с целью выбора рациональных способа и режимов обезвоживания, типа и конструктивных особенностей экстракционного аппарата, обеспечивающих соответствующие технико-экономические показатели, актуально и требует научного подхода с учетом специфики технологии и свойств сырья и требований к конечной продукции.

Объекты и методы исследования

Целью исследований являлась разработка рациональной конструкции экстрактора для реализации процесса экстрагирования из твердых веществ из измельченного растительного сырья. Известна конструкция экстрактора периодического действия для извлечения целевых компонентов из дубовой щепы. Аппарат для получения экстрактов в системе «твердое тело – жидкость» содержит цилиндрический корпус, патрубки для подачи экстрагента, твердого вещества и отвода готового продукта. Цилиндрический корпус оснащен перфорированной плоской крышкой с возможностью перекрытия в ней отверстий, а в его нижней части установлено газораспределительное устройство, способствующее равномерному вводу кислорода, приводящему к созданию барботажного слоя и многократному перемешиванию твердых частиц во всем объеме спирта, а также к окислительным преобразованиям в системе. Интенсификация процесса экстрагирования целевых компонентов из дубовой щепы до-

стигается за счет равномерного ввода кислорода в экстрактор, приводящего к созданию барботажного слоя и многократному перемешиванию твердых частиц во всем объеме спирта (патент РФ № 2644914, 2016 г.) [3].

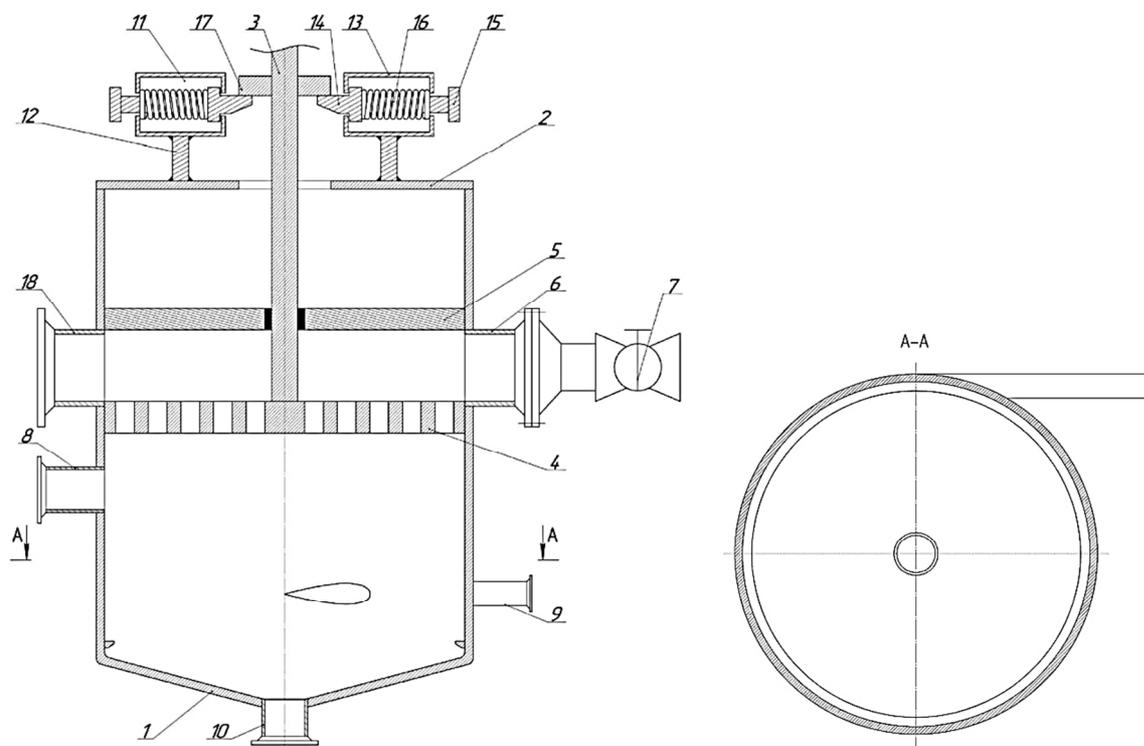
Недостатком конструкции является неудовлетворительная степень интенсификации процесса экстракции за счет увеличения межфазной поверхности контакта при образовании пузырьков, которые, поднимаясь снизу вверх, приводят измельченное сырье в псевдооживленное состояние, хаотично перемешивая его во всем объеме экстрагента. В конструкции не решен вопрос автоматической разгрузки аппарата после проведения процесса экстракции.

Самым близким по технической сути является экстрактор, включающий корпус с крышкой, приводной вал, на котором установлено перемешивающее устройство, выполненное в виде диска. В диске выполнены глухие отверстия с внутренней резьбой и геометрической осью, ориентированной параллельно геометрической оси вращения приводного вала. В глухих отверстиях установлены полые капсулы с перфорированными отверстиями, боковой стенкой, днищем и горлышком с внешней резьбой, соответствующей внутренней резьбе глухих отверстий диска перемешивающего устройства. Размер отверстий перфорации боковой стенки полых капсул меньше, чем размер фракции экстрагируемого исходного сырья, причем между диском и крышкой установлена мембрана. Пространство между мембраной и крышкой связано с устройством нагнетания сжатого воздуха (патент РФ № 193819, 2019 г.) [4].

Недостатками конструкции являются сложности выполнения и сохранения герметичности в узле соединения корпуса с ротором при использовании высоких скоростей центрифугирования и избыточного давления, загрузка капсул сырьем вне устройства и установка капсул посредством резьбового соединения с глухими отверстиями ротора, неполное использование объема аппарата для контакта жидкой и твердой фаз, т. к. процесс протекает только внутри капсул, сложность удаления отработанного измельченного растительного сырья, набухшего в процессе экстракции, из объема перфорированных капсул после его отжима в процессе центрифугирования.

На основе анализа научно-технической и патентной литературы, результатов комплекса экспериментальных исследований сделан вывод, что перспективным направлением является разработка конструкторского решения для реализации процесса экстрагирования из твердых веществ из измель-

ченного растительного сырья за счет создания конструкции экстрактора (рисунок), позволяющей легко удалять отработанное сырье после экстрагирования и интенсифицировать процесс экстрагирования в поле центробежных сил без использования привода и движущихся частей в аппарате [5].



Экстрактор: 1 – корпус; 2 – крышка; 3 – вал; 4 – перфорированный диск; 5 – жесткая мембрана; 6 – патрубок для подачи сжатого воздуха; 7 – регулирующий вентиль; 8 – патрубок для подачи сырья и экстрагента; 9 – патрубок для подачи сжатого воздуха; 10 – патрубок для слива экстракта; 11 – фиксаторы; 12 – стойки; 13 – корпус фиксатора; 14 – язычок фиксатора; 15 – ручка фиксатора; 16 – пружина; 17 – кольцо; 18 – патрубок для выгрузки отработанного измельченного сырья

Extractor: 1 – case; 2 – cover; 3 – shaft; 4 – perforated disk; 5 – rigid membrane; 6 – pipe for supplying compressed air; 7 – control valve; 8 – pipe for supplying raw materials and extractants; 9 – pipe for supplying compressed air; 10 – pipe for draining the extract; 11 – clamps; 12 – racks; 13 – clamp body; 14 – clamp tab; 15 – clamp handle; 16 – spring; 17 – ring; 18 – pipe for unloading waste crushed raw materials

Увеличение скорости процесса извлечения экстрагента с образованием межфазной поверхности происходит за счет энергии компримированного воздуха. Для создания центробежного поля внутри аппарата на боковой стенке корпуса тангенциально выполнен патрубок, подача сжатого воздуха через который создает перемешивающие экстрагент и сырье потоки, движущиеся по окружности вдоль стенки аппарата, что интенсифицирует процесс экстрагирования.

Загрузка сырья и экстрагента производится через патрубок, установленный в боковой стенке корпуса, что значительно упрощает конструкцию за счет исключения стадии установки капсул в от-

верстия ротора и крепления там посредством резьбового соединения.

Контакт экстрагента и измельченного сырья происходит в объеме аппарата, ограниченном нижним перфорированным диском и расположенной жесткой мембраной, что позволяет эффективно использовать объем аппарата для проведения экстракции.

Сырье из объема экстракта удаляется за счет подъема перфорированного диска, экстрагент под действием силы тяжести фильтруется через отверстия в диске. Такая организация процесса удаления экстрагента из объема аппарата позволяет получить обезвоженное отработанное сырье без ис-

пользования механически вращающихся частей (ротора), тем самым упрощает изготовление и эксплуатацию.

Удаление отработанного сырья происходит за счет подачи в пространство между мембраной и диском, зафиксированным на определенной высоте посредством контакта язычка фиксатора и кольца, находящегося на валу, потока сжатого воздуха через патрубок в направлении, перпендикулярном направлению осей отверстий диска. Организованная таким образом выгрузка продукта позволяет эффективно и быстро удалять из объема аппарата отработанное сырье без разъединения корпуса и крышки.

Устройство работает следующим образом. В корпус 1, закрытый крышкой 2, подают через патрубок 8 измельченное растительное сырье и экстрагент. При этом перфорированный диск 4 занимает крайнее нижнее положение, таким образом, сырье и экстрагент загружаются в пространство между мембраной 5 и диском 4. Посредством устройства нагнетания сжатого воздуха, например компрессора, через расположенный тангенциально по отношению к корпусу патрубок 9 для подачи сжатого воздуха в пространство между мембраной 5 и диском 4 подается поток воздуха, который движется по окружности внутри корпуса 1 и создает центробежное поле. В поле центробежных сил активно идут процессы перемешивания сырья и экстрагента и экстракции целевых компонентов. После окончания цикла экстрагирования через патрубок 10 сливают экстракт из корпуса 1, который постепенно фильтруется через слой отработанного сырья и отверстия в перфорированном диске 4. Для интенсификации процесса удаления из устройства готового экстракта, а также снижения влажности отработанного сырья приводной вал 3 перемещают вертикально в крайнее верхнее положение, и отработанное сырье зажимается между жесткой мембраной 5 и перфорированным диском 4. За счет приложенного усилия и силы тяжести экстрагент

стекает на дно корпуса 1 и удаляется из устройства через патрубок 10. Затем положение перфорированного диска 4 фиксируется в среднем положении посредством фиксаторов 11, установленных на крышке 2 корпуса на стойках 12 и состоящих из корпуса фиксатора 13, язычка 14, ручки 15 и пружины 16, с кольцом 17, жестко соединенным с валом 3. Кольцо 17, упираясь в выступающий из корпуса фиксатора 13 язычок 14, ограничивает вертикальное перемещение вала 3 с перфорированным диском 4 вниз под действием силы тяжести. Выгрузка отработанного измельченного сырья осуществляется через патрубок 18. В пространстве между мембраной 5 и диском 4 через патрубок 6 для подачи сжатого воздуха, расположенный на боковой стенке корпуса 1, при открывании регулирующего вентиля 7 подается поток сжатого воздуха. Этот поток удаляет с поверхности перфорированного диска 4 отработанное измельченное сырье и выносит его из устройства через патрубок 18. Затем язычки 14 втягиваются внутрь корпуса фиксатора 13 при передаче усилия пружинам 16 от ручек 15, тем самым лишая кольцо 17 опоры. Приводной вал 3 с перфорированным диском 4 опускается внутри корпуса 1 устройства в крайнее нижнее положение, и цикл работы экстрактора повторяется.

Заключение

Таким образом, предлагаемое устройство позволяет эффективно проводить процесс экстрагирования при развитии межфазной поверхности за счет энергии сжатого воздуха, потоки которого организованы таким образом, что внутри аппарата создается поле центробежных сил. Конструкция аппарата обеспечивает также простую выгрузку отработанного измельченного сырья и позволяет получить обезвоженное отработанное сырье без использования механически вращающихся частей (ротора), тем самым упрощает изготовление и эксплуатацию устройства.

Список источников

1. Максименко Ю. А. Развитие научно-практических основ и совершенствование процессов сушки растительного сырья в диспергированном состоянии: дис. ... д-ра техн. наук. Астрахань, 2016. 502 с.
2. Нугманов А. Х.-Х. Теория и практика проектирования пищевых систем на основе феноменологического подхода: дис. ... д-ра техн. наук. Краснодар, 2017. 523 с.
3. Пат. 2644914 С1 Рос. Федерация, МПК В01Д 11/02. Экстрактор периодического действия для извлечения целевых компонентов из дубовой щепы / Бороду-

лин Д. М., Вечтомова Е. А., Файнер А. А., Клопова К. В. № 2016139333; заявл. 06.10.2016; опубл. 14.02.2018.

4. Пат. 193819 U1 Рос. Федерация, МПК В01Д 11/02. Лабораторный экстрактор / Шегельман И. Р., Васильев А. С., Суханов Ю. В. № 2019127750; заявл. 02.09.2019; опубл. 15.11.2019.

5. Пат. № 202860 U1 Рос. Федерация, МПК В01Д 11/02. Экстрактор / Алексаян И. Ю., Свирина С. А., Лебедев В. А. и др. № 2020137531; заявл. 17.11.2020; опубл. 11.03.2021.

References

1. Maksimenko Iu. A. *Razvitie nauchno-prakticheskikh osnov i sovershenstvovanie protsessov sushki rastitel'nogo syr'ia v dispergirovannom sostoianii: dis. ... d-ra tekhn.*

nauk [Development of scientific and practical foundations and improvement of drying processes of vegetable raw mate-

rials in dispersed state: Diss.... Dr. Tech. Sci.]. Astrakhan', 2016. 502 p.

2. Nugmanov A. Kh.-Kh. *Teoriia i praktika proektirovaniia pishchevykh sistem na osnove fenomenologicheskogo podkhoda: dis. ... d-ra tekhn. nauk* [Theory and practice of designing food systems based on phenomenological approach: Diss. ... Dr. Tech. Sci.]. Krasnodar, 2017. 523 p.

3. Borodulin D. M., Vechtomova E. A., Fainer A. A., Klopova K. V. *Ekstraktor periodicheskogo deistviia dlia*

izvlecheniia tselevykh komponentov iz dubovoi shchepy [Batch extractor for extracting target components from oak chips]. Patent RF № 2016139333; 14.02.2018.

4. Shegel'man I. R., Vasil'ev A. S., Sukhanov Iu. V. *Laboratornyi ekstraktor* [Laboratory extractor]. Patent RF № 2019127750; 15.11.2019.

5. Aleksanian I. Iu., Svirina S. A., Lebedev V. A. i dr. *Ekstraktor* [Extractor]. Patent RF № 2020137531; opubl. 11.03.2021.

Статья поступила в редакцию 02.11.2022; одобрена после рецензирования 14.11.2022; принята к публикации 21.11.2022
The article was submitted 02.11.2022; approved after reviewing 14.11.2022; accepted for publication 21.11.2022

Информация об авторах / Information about the authors

Игорь Юрьевич Алексанян – доктор технических наук, профессор; профессор кафедры технологических машин и оборудования; Астраханский государственный технический университет; svetlanasv97@yandex.ru

Светлана Алексеевна Свирина – ассистент кафедры технологических машин и оборудования; Астраханский государственный технический университет; svetlanasv97@yandex.ru

Виктор Александрович Лебедев – машинист технологических насосов; ООО «Газпром переработка»; svetlanasv97@yandex.ru

Любовь Михайловна Титова – кандидат технических наук, доцент; доцент кафедры технологических машин и оборудования; Астраханский государственный технический университет; svetlanasv97@yandex.ru

Альберт Хамед-Харисович Нугманов – доктор технических наук, профессор; профессор кафедры технологических машин и оборудования; Астраханский государственный технический университет; svetlanasv97@yandex.ru

Igor Yu. Aleksanyan – Doctor of Sciences in Technology, Professor; Professor of the Department of Technological Machines and Equipment; Astrakhan State Technical University; svetlanasv97@yandex.ru

Svetlana A. Svirina – Lecturer of the Department of Technological Machines and Equipment; Astrakhan State Technical University; svetlanasv97@yandex.ru

Viktor A. Lebedev – Machinist of Process Pumps; Gazprom Pererabotka, LLC; svetlanasv97@yandex.ru

Lyubov M. Titova – Candidate of Sciences in Technology, Assistant Professor; Assistant Professor of the Department of Technological Machines and Equipment; Astrakhan State Technical University; svetlanasv97@yandex.ru

Albert Kh.-Kh. Nugmanov – Doctor of Sciences in Technology, Professor; Professor of the Department of Technological Machines and Equipment; Astrakhan State Technical University; svetlanasv97@yandex.ru

