

Особенности расчета и проектирования комбинированного аппарата для получения жирных кислот из соапстоков

Александр Н. Остриков	¹	ostrikov27@yandex.ru	 0000-0002-2335-0017
Максим В. Копылов	¹	kopylov-maks@ya.ru	 0000-0003-2678-2613
Наталия И. Цапкина	²	eco-agro12@mail.ru	 0000-0000-0000-0000
Анастасия В. Терёхина	¹	gorbatova.nastia@ya.ru	 0000-0003-4433-9615
Виталий Н. Василенко	¹	vvv_1977@mail.ru	 0000-0002-1547-9814

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия
² ООО "Синтез-Ойл", Воронежская область, Репьевский район, село Репьевка, Торговый пер., д.11а, 396370, Россия

Аннотация. Представлена разработка методики автоматизированного расчета реактора для получения жирных кислот из соапстоков растительных масел. Универсальная конструкция реактора позволяет последовательно осуществлять ключевые технологические процессы: щелочное омыление гидратированного растительного масла, высаливание хлоридом натрия, гидролиз и разложение мыльной сердцевины серной кислотой, а также промывку полученных жирных кислот. Разработанная методика учитывает физико-механические свойства смесей, конструктивные параметры оборудования и кинематический режим процесса, что обеспечивает высокую точность расчетов и адаптацию реактора под конкретные производственные задачи. Для реализации расчетов использована среда разработки QT Creator 5.14.2, позволяющая создавать кроссплатформенные приложения под операционные системы Windows и Linux. Программное обеспечение включает алгоритмы технологического, теплового и конструктивного расчетов, а также выбор типа мешалки и конструкции аппарата. Внедрение системы автоматизированного проектирования позволяет минимизировать затраты на проектирование и оптимизировать параметры реактора. Раздельное протекание процессов в разных реакторах способствует улучшению экологической обстановки и снижению энергозатрат. Разработанная система позволяет моделировать рациональные конструкции основных рабочих органов реактора, определять оптимальные технологические и конструктивные параметры, а также минимизировать затраты на проектирование оборудования. Результаты работы могут быть применены в пищевой, химической и других отраслях промышленности для повышения эффективности процессов получения жирных кислот из соапстоков растительных масел.

Ключевые слова: расчет, проектирование, реактор, жирные кислоты, соапсток.

Features of calculation and design of a combined apparatus for obtaining fatty acids from soapstocks

Alexander N. Ostrikov	¹	ostrikov27@yandex.ru	 0000-0002-2335-0017
Maxim V. Kopylov	¹	kopylov-maks@ya.ru	 0000-0003-2678-2613
Natalia I. Tsapkina	²	eco-agro12@mail.ru	 0000-0000-0000-0000
Anastasia V. Terekhina	¹	gorbatova.nastia@ya.ru	 0000-0003-4433-9615
Vitalii N. Vasilenko	¹	vvv_1977@mail.ru	 0000-0002-1547-9814

¹ Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia
² LLC "Sintez-Oil", 396370, Voronezh Region, Repyovka District, Repyovka Village, Torgovy Lane, 11a

Abstract. The development of a methodology for the automated design of a reactor for producing fatty acids from soapstocks of vegetable oils is presented. The universal reactor design allows for the sequential execution of key technological processes: alkaline saponification of hydrated vegetable oil, salting out with sodium chloride, hydrolysis and decomposition of the soap core with sulfuric acid, and washing of the resulting fatty acids. The developed methodology takes into account the physico-mechanical properties of the mixtures, the design parameters of the equipment, and the kinematic regime of the process, ensuring high accuracy in calculations and adaptation of the reactor to specific production tasks. For the implementation of calculations, the QT Creator 5.14.2 development environment was used, enabling the creation of cross-platform applications for Windows and Linux operating systems. The software includes algorithms for technological, thermal, and structural calculations, as well as the selection of the mixer type and apparatus design. The implementation of the automated design system minimizes design costs and optimizes reactor parameters. The separate execution of processes in different reactors contributes to improved environmental conditions and reduced energy consumption. The developed system allows for the modeling of rational designs of the main working components of the reactor, determination of optimal technological and structural parameters, and minimization of equipment design costs. The results of this work can be applied in the food, chemical, and other industries to enhance the efficiency of fatty acid production processes from vegetable oil soapstocks.

Keywords: calculation, design, reactor, fatty acids, soapstock.

Для цитирования

Остриков А.Н., Копылов М.В., Цапкина Н.И., Терёхина А.В., Василенко В.Н. Особенности расчета и проектирования комбинированного аппарата для получения жирных кислот из соапстоков // Вестник ВГУИТ. 2025. Т. 86. № 1. С. 22–28. doi:10.20914/2310-1202-2025-1-22-28

For citation

Ostrikov A.N., Kopylov M.V., Tsapkina N.I., Terekhina A.V., Vasilenko V.N. Features of calculation and design of a combined apparatus for obtaining fatty acids from soapstocks. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2025. vol. 86. no. 1. pp. 22–28. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2025-1-22-28

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

Производство жирных кислот из soapстоков растительных масел является важным процессом в пищевой, химической и других отраслях промышленности. Soapстоки, являющиеся побочным продуктом рафинации растительных масел, содержат значительное количество жирных кислот, которые могут быть извлечены и использованы в качестве ценного сырья для дальнейшей переработки. Однако традиционные методы получения жирных кислот из soapстоков зачастую характеризуются низкой эффективностью, высокими энергозатратами и негативным воздействием на окружающую среду. В связи с этим актуальной задачей является разработка новых технологий и оборудования, позволяющих оптимизировать процесс извлечения жирных кислот, повысить его экономическую эффективность и снизить экологическую нагрузку.

В данной статье представлена методика автоматизированного расчета реактора для получения жирных кислот из soapстоков, которая учитывает ключевые аспекты процесса, такие как физико-механические свойства смесей, конструктивные параметры оборудования и кинематический режим работы. Разработанная универсальная конструкция реактора позволяет последовательно осуществлять основные технологические этапы: щелочное омыление гидратированного растительного масла, высаливание хлоридом натрия, гидролиз и разложение мыльной сердцевины серной кислотой, а также промывку полученных жирных кислот.

Особое внимание уделено использованию современных программных средств для автоматизации расчетов. В качестве среды разработки выбран QT Creator 5.14.2, что позволяет создавать кроссплатформенные приложения для операционных систем Windows и Linux. Программное обеспечение включает алгоритмы технологического, теплового и конструктивного расчетов, а также выбор типа мешалки и конструкции аппарата. Это обеспечивает высокую точность проектирования и возможность адаптации реактора под конкретные производственные задачи.

Целью работы является разработка и внедрение автоматизированной системы проектирования реактора, которая позволит повысить эффективность процессов получения жирных кислот из soapстоков, снизить энергозатраты и минимизировать негативное воздействие на окружающую среду. Результаты исследования могут быть использованы в различных отраслях промышленности для оптимизации технологических процессов и повышения конкурентоспособности продукции.

Материалы и методы

Разработана методика автоматизированного расчета реактора для получения жирных кислот из soapстоков, универсальная конструкция которого позволяет последовательно осуществлять:

1) щелочное омыление гидратированного растительного масла раствором гидроксида натрия при перемешивании острым паром для получения мыльного клея;

2) высаливание полученной массы хлоридом натрия с последующим отстаиванием для разделения на три слоя – нижний – мыльная щелочь, средний – клеевое мыло, верхний – мыльная сердцевина;

3) гидролиз и разложение мыльной сердцевины серной кислотой;

4) промывку полученных жирных кислот и удаления промывных вод.

Результаты

Методика расчета (рисунки 1–4) выступают источниками информации для входных и выходных данных, которые необходимы и получены в каждом из функциональных блоков (2 – «Технологический расчет», 3 – «Тепловой расчет», 4 – «Выбор типа мешалки и конструкции реактора с перемешивающим устройством»).

Главное окно приложения включает: меню, вкладки ввода исходных данных для проведения расчетов, панель отображения результата в численной форме (рисунок 5).

В окне «Результат расчета реактора» появляются геометрические характеристики реактора с основными размерами (рисунок 6) и окно с внешними узлами реактора (рисунок 7).

В системе «SysAprojTechEq62.exe» имеется справочник (рисунок 8), содержащий данные по физико-химическим свойствам soapстоков различных растительных масел, физико-механические свойства материалов из которых рекомендуется изготавливать корпус реактора, физико-механические свойства адсорбентов (бентонитовых глин и угля), характеристики различных типов мешалок, основные характеристики электродвигателей, редукторов и частотных преобразователей, геометрические характеристики и конструкции люков для вертикальных аппаратов, а также геометрические характеристики опор вертикальных аппаратов. Кроме этого, в справочных данных приведены ГОСТы на soapстоки растительных масел.

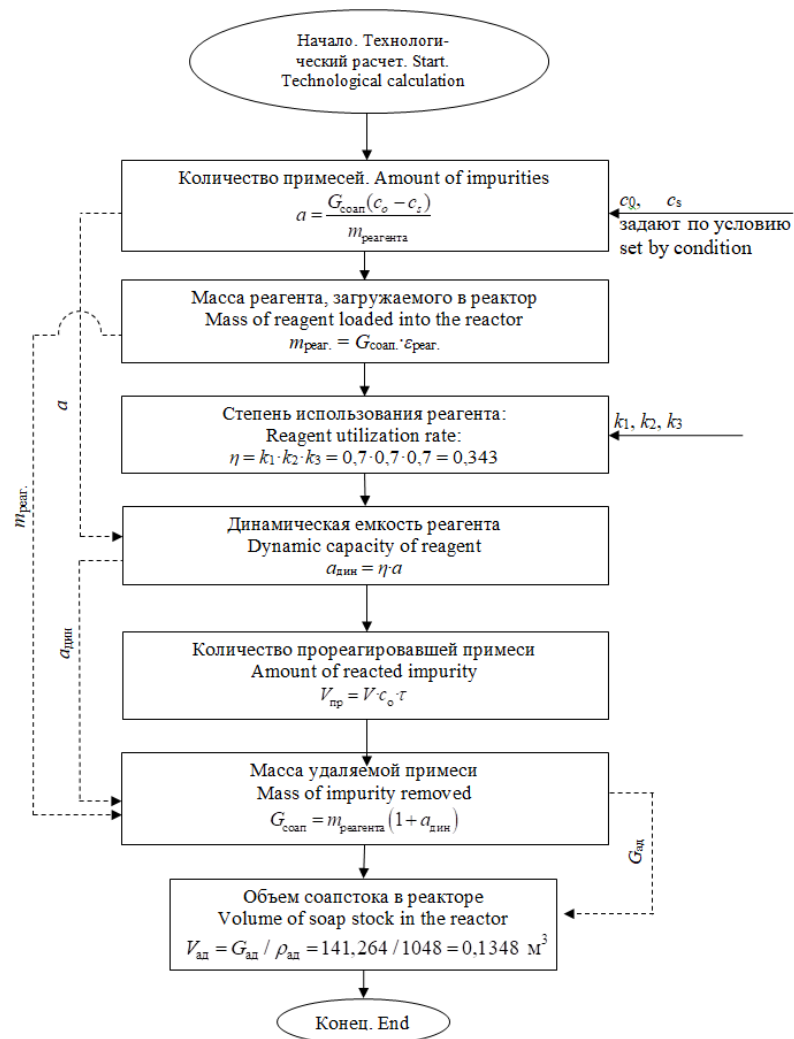


Рисунок 1. Алгоритм вычислительных операций технологического расчета
Figure 1. Algorithm of computational operations of technological calculation

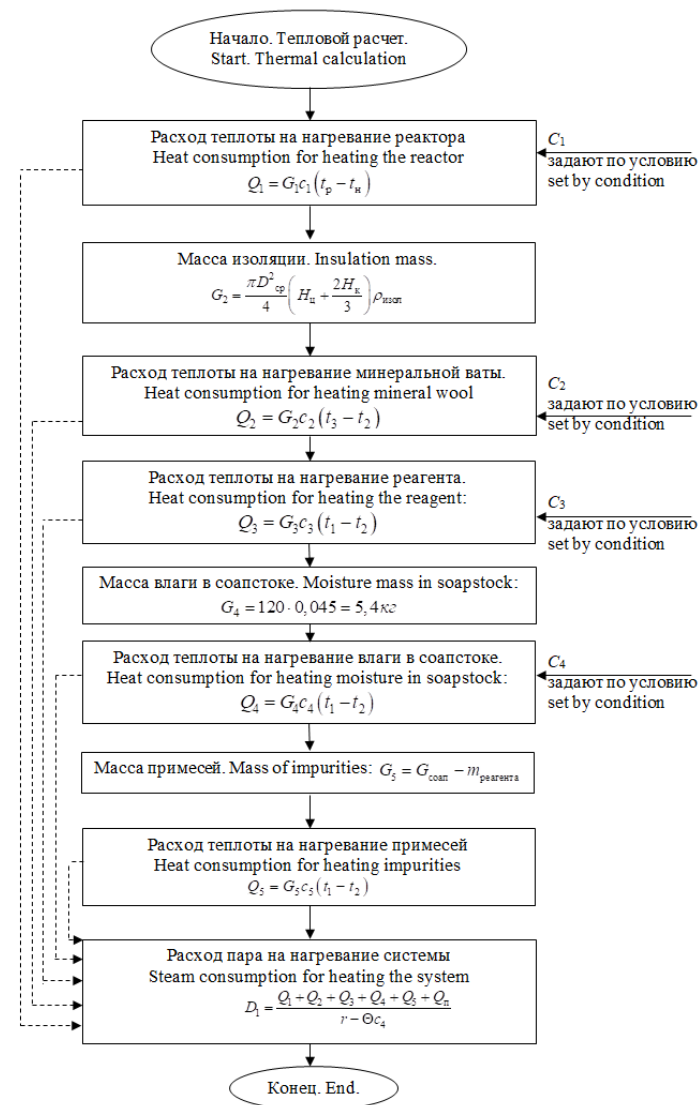


Рисунок 2. Алгоритм вычислительных операций теплового расчета
Figure 2. Algorithm of computational operations of thermal calculation

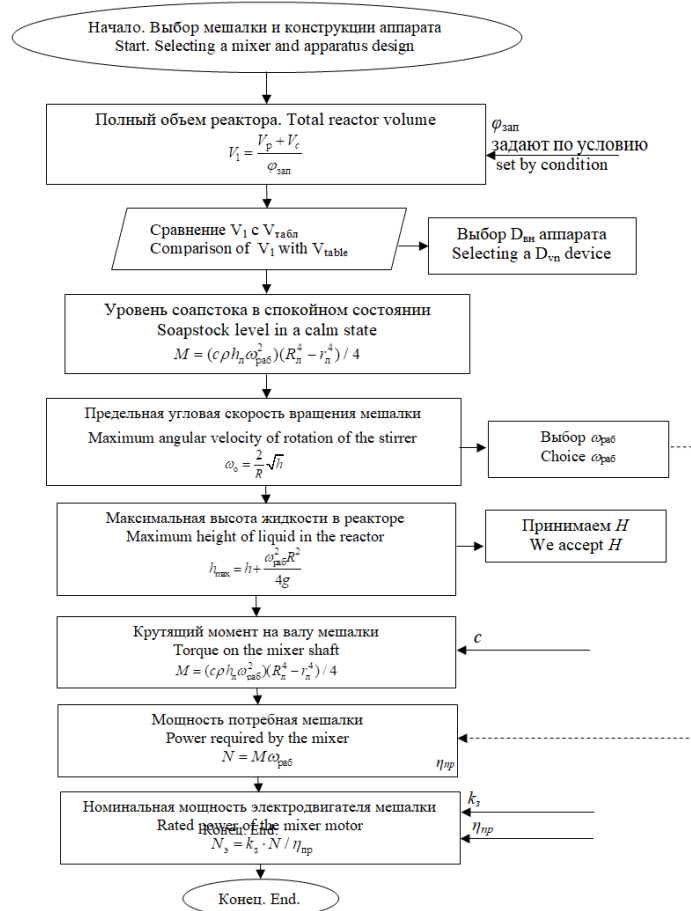


Рисунок 3. Алгоритм вычислительных операций выбора мешалки и конструкции реактора с перемешивающим устройством

Figure 3. Algorithm of computational operations for selecting a stirrer and design of the reactor with a mixing device

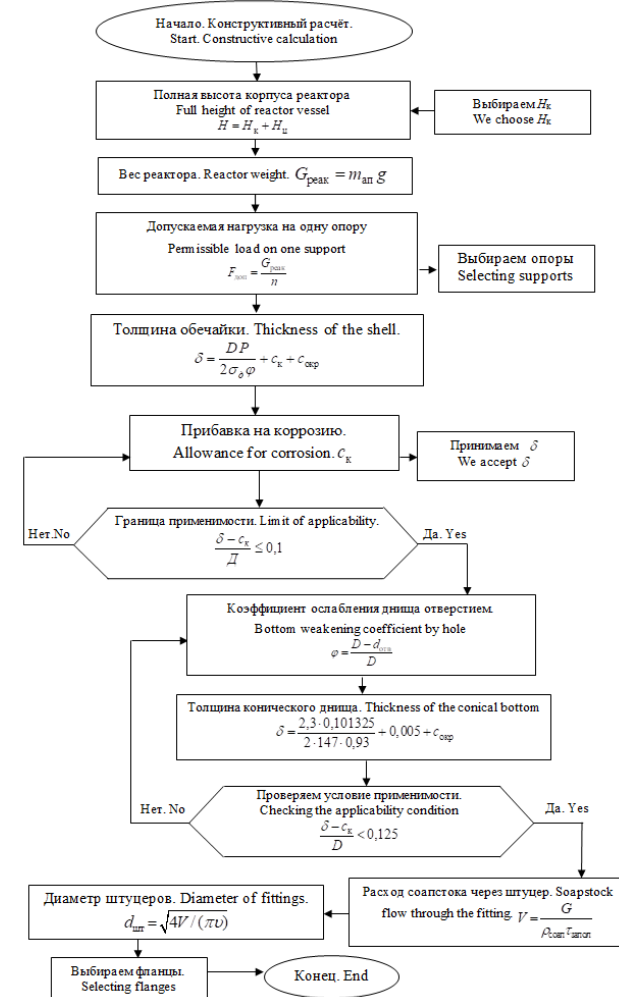


Рисунок 4. Алгоритм вычислительных операций конструктивного расчета реактора

Figure 4. Algorithm of computational operations for the design calculation of the reactor

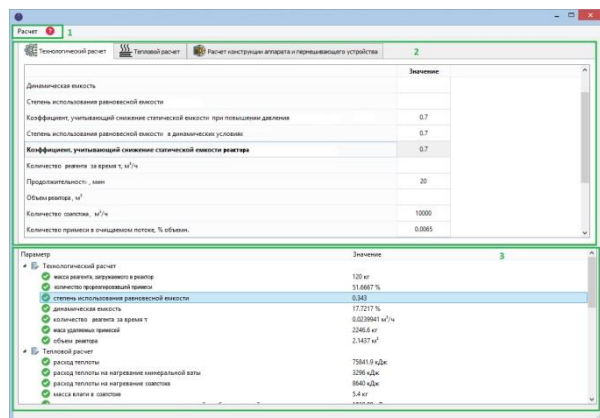


Рисунок 5. Интерфейс информационной системы расчета реактора: 1 – главное меню; 2 – вкладки ввода исходных данных; 3 – панель отображения результатов в иерархической форме

Figure 5. Interface of the reactor calculation information system: 1 – main menu; 2 – input tabs for initial data; 3 – display panel for results in hierarchical form

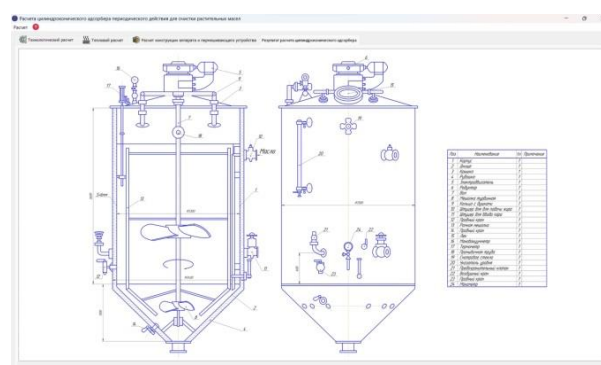


Рисунок 6. Окно с рассчитанными геометрическими размерами реактора

Figure 6. Window with calculated geometric dimensions of the reactor

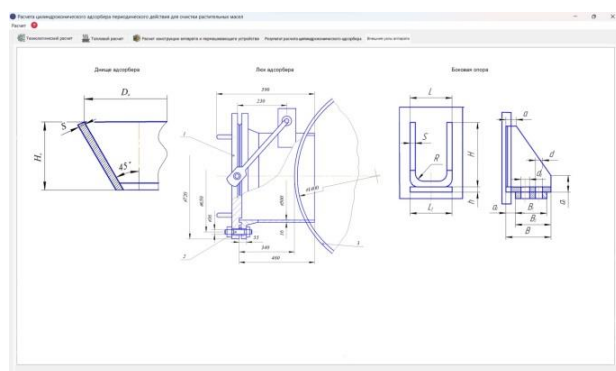


Рисунок 7. Окно «Внешние узлы реактора»

Figure 7. The «External reactor nodes» window

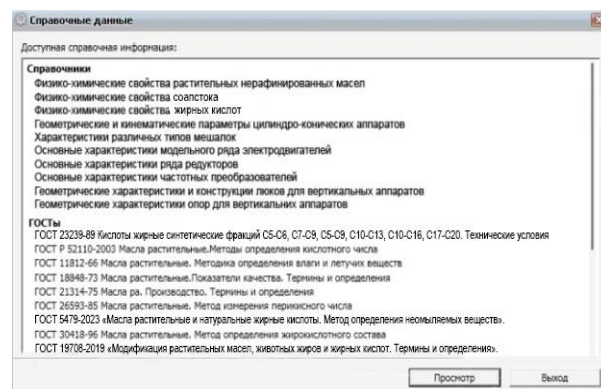


Рисунок 8. Окно справочных данных

Figure 8. Reference data window

Закключение

Таким образом, предлагаемая система автоматизированного проектирования реактора для получения жирных кислот из soapstocks растительных масел позволяет моделировать рациональные конструкции основных рабочих органов реактора, определять его рациональные технологические и конструктивные параметры.

Литература

- 1 Калматаева Г.Н. и др. Получение жирных кислот из soapstocka и использование их в рецептуре регенерата // Труды СПбГМТУ. 2022. Т. 3. № 3. С. 048–060.
- 2 Зиатдинова Д.Ф. и др. Совершенствование технологии извлечения жирных кислот из soapstocka // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. 2009. Т. 52. № 5. С. 109–111.
- 3 Василенко В.Н., Копылов М.В., Накрайникова А.В. Создание САПР "Маслопресс" // Вестник машиностроения. 2012. № 2. С. 35–36.
- 4 Нагорнов С.А., Дворецкий Д.С. и др. Техника и технология производства и переработки растительных масел: учебное пособие. Тамбов: Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. 96 с.

Предложены алгоритмы технологического, теплового, конструкторского расчетов цилиндрических реакторов для получения жирных кислот из soapstockов с перемешивающим устройством и кинематических параметров мешалки, которые позволили осуществить выбор рациональных технологических и конструктивных параметров основных рабочих органов цилиндрических реакторов. Это позволит минимизировать затраты на их проектирование.

- 5 Тимофеев Э.М., Качалова Т.Н. Способы выделения жирных кислот из soapstock // В кн.: Передовые инновационные разработки. Перспективы и опыт использования, проблемы внедрения в производство: сб. науч. ст. по итогам V Междунар. науч. конф. 2019. С. 152–154.
- 6 Серова Ю.Е., Протопопов А.В. Получение натриевых и калиевых мыл из подсолнечного масла и его soapstock // Новые полимерные композиционные материалы. 2020. С. 409–413.
- 7 Сафин Р.Г., Хабибуллин И.Р., Голубев Л.Г., Чистяков В.Л., Шепель С.Н., Зиятдинова Ф.С. Установка для извлечения жирных кислот из soapstock: пат. № 1726502, RU, B01F 5/04, C11B 13/02. Заявл. 07.05.1990; Оpubл. 15.04.1992.
- 8 Кулик М.И. Изучение кинетики термического и термоокислительного процессов soapstock // Науковий вісник будівництва. 2015. № 2. С. 261–265.
- 9 Dumont M.J., Narine S.S. Soapstock and deodorizer distillates from North American vegetable oils: Review on their characterization, extraction and utilization // Food Research International. 2007. Т. 40. № 8. С. 957–974.
- 10 Casali B. et al. Enzymatic methods for the manipulation and valorization of soapstock from vegetable oil refining processes // Sustainable Chemistry. 2021. Т. 2. № 1. С. 74–91.
- 11 Sabliy L. et al. Problems of soapstock treatment of vegetable oil productions and their solutions // Biotechnologia acta. 2021. Т. 14. № 4. С. 80–87.
- 12 Ibadullaev B.M., Rakhimov J.G., Shamuratov S.K. Research on obtaining fatty acid by recycling soapstock from the oil industry // Innovation: The Journal of Social Sciences and Researches. 2023. № 1(5). С. 68–72.
- 13 Shamuratov S.K., Baltaev U.S., Sagdullaeva D.S., Kuramboev B.F. Physical and chemical properties of the process of saponification of cotton soapstock under ultrasonic influence // Research and Education. 2023. № 2(7). С. 10–20.
- 14 Sytnik N. et al. Rational conditions of fatty acids obtaining by soapstock treatment with sulfuric acid // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2021. Vol. 4. No. 6(112). P. 6–13. doi: 10.15587/1729-4061.2021.236984
- 15 Sytnik N. et al. Technology development of fatty acids obtaining from soapstock using saponification // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2021. Vol. 5. No. 6(113). P. 16–23. doi: 10.15587/1729-4061.2021.241942
- 16 Cruz M., Almeida M.F., Dias J.M., Alvim-Ferraz M.C. Adding value to soapstocks from the vegetable oil refining: Alternative processes // Wastes: Solutions, Treatments and Opportunities III. CRC Press, 2019. P. 6.
- 17 Muanruksa P., Wongsirichot Ph., Winterburn Ja., Kaewkannetra P. Valorization of palm oil soap stock waste toward for biodiesel production: Process optimization under zero waste concept // Biomass and Bioenergy. 2021. Vol. 154. P. 106231. doi: 10.1016/j.biombioe.2021.106231.
- 18 Шпербер Д., Брюшков Р., Губа Е., Бабаков А. Использование отходов производства жирных кислот, полученных кислотным гидролизом soapstock // Экология и промышленность России. 2025. Т. 29. № 4. С. 28–33. doi: 10.18412/1816-0395-2025-4-28-33.
- 19 Идиятуллин И.И., Качалова Т.Н., Гончарова И.Н. Энерго- и ресурсосберегающие технологии в процессах подготовки и переработки жиров растительного происхождения // Актуальные проблемы науки и образования в условиях современных вызовов: сб. матер. XVI Междунар. науч.-практ. конф. Москва, 24 нояб. 2022 г. СПб.: Печатный цех, 2022. С. 141–147. doi: 10.34755/IROK.2022.99.67.019.
- 20 Качалова Т.Н., Гончарова И.Н. Технологические аспекты процесса извлечения свободных жирных кислот из жиров растительного происхождения // Актуальные проблемы науки и образования в условиях современных вызовов: сб. матер. XX Междунар. науч.-практ. конф. Москва, 21 апр. 2023 г. М.: Печатный цех, 2023. С. 166–173. doi: 10.34755/IROK.2023.73.19.155. EDN PKIEBK.

References

- 1 Kalmataeva G.N. et al. Obtaining fatty acids from soapstock and their use in the formulation of regenerate. Proceedings of SPbGMTU. 2022. vol. 3. no. 3. pp. 048–060. (in Russian).
- 2 Ziatdinova D.F. et al. Improving the technology of extracting fatty acids from soapstock. News of higher educational institutions. Series: Chemistry and Chemical Technology. 2009. vol. 52. no. 5. pp. 109–111. (in Russian).
- 3 Vasilenko V.N., Kopylov M.V., Nakraynikova A.V. Creation of the CAD 'Maslopress'. Bulletin of Mechanical Engineering. 2012. no. 2. pp. 35–36. (in Russian).
- 4 Nagornov S.A., Dvoretzky D.S. et al. Technique and technology of production and processing of vegetable oils: a tutorial. Tambov: TSTU Publishing House, 2010. 96 p. (in Russian).
- 5 Timofeev E.M., Kachalova T.N. Methods for extracting fatty acids from soapstocks. In: Advanced Innovative Developments. Prospects and Experience of Use, Problems of Implementation in Production: Proc. of the 5th Int. Sci. Conf. 2019. pp. 152–154. (in Russian).
- 6 Serova Yu.E., Protopopov A.V. Obtaining sodium and potassium soaps from sunflower oil and its soapstock. New Polymer Composite Materials. 2020. pp. 409–413. (in Russian).
- 7 Safin R.G., Khabibullin I.R., Golubev L.G., Chistyakov V.L., Shepel S.N., Ziyatdinova F.S. Installation for extracting fatty acids from soapstock. Patent RU, no. 1726502. Appl. 07.05.1990; Publ. 15.04.1992.
- 8 Kulik M.I. Study of the kinetics of thermal and thermo-oxidative processes of soapstock. Scientific Bulletin of Construction. 2015. no. 2. pp. 261–265. (in Russian).
- 9 Dumont M.J., Narine S.S. Soapstock and deodorizer distillates from North American vegetable oils: Review on their characterization, extraction and utilization. Food Research International. 2007. vol. 40. no. 8. pp. 957–974 doi: 10.1016/j.foodres.2007.06.006
- 10 Casali B. et al. Enzymatic methods for the manipulation and valorization of soapstock from vegetable oil refining processes. Sustainable Chemistry. 2021. vol. 2. no. 1. pp. 74–91 doi: 10.3390/suschem2010006

- 11 Sabliy L. et al. Problems of soapstock treatment of vegetable oil productions and their solutions. *Biotechnologia Acta*. 2021. vol. 14. no. 4. pp. 80–87. doi: 10.15407/biotech14.04.080
- 12 Ibadullaev B.M., Rakhimov J.G., Shamuratov S.K. Research on obtaining fatty acid by recycling soapstock from the oil industry. *Innovation: The Journal of Social Sciences and Researches*. 2023. no. 1(5). pp. 68–72.
- 13 Shamuratov S.K., Baltaev U.S., Sagdullaeva D.S., Kuramboev B.F. Physical and chemical properties of the process of saponification of cotton soapstock under ultrasonic influence. *Research and Education*. 2023. no. 2(7). pp. 10–20.
- 14 Sytnik N. et al. Rational conditions of fatty acids obtaining by soapstock treatment with sulfuric acid. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. vol. 4. no. 6(112). pp. 6–13. doi: 10.15587/1729-4061.2021.236984
- 15 Sytnik N. et al. Technology development of fatty acids obtaining from soapstock using saponification. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. vol. 5. no. 6(113). pp. 16–23. doi: 10.15587/1729-4061.2021.241942
- 16 Cruz M., Almeida M.F., Dias J.M., Alvim-Ferraz M.C. Adding value to soapstocks from the vegetable oil refining: Alternative processes. In: *Wastes: Solutions, Treatments and Opportunities III*. CRC Press, 2019. 6 p.
- 17 Muanruksa P., Wongsirichot Ph., Winterburn Ja., Kaewkannetra P. Valorization of palm oil soap stock waste toward for biodiesel production: Process optimization under zero waste concept. *Biomass and Bioenergy*. 2021. vol. 154. p. 106231. doi: 10.1016/j.biombioe.2021.106231
- 18 Shperber D., Bryushkov R., Guba E., Babakov A. Utilization of waste fatty acids produced by acid hydrolysis of soapstock. *Ecology and Industry of Russia*. 2025. vol. 29. no. 4. pp. 28–33. doi: 10.18412/1816-0395-2025-4-28-33
- 19 Idiyatullin I.I., Kachalova T.N., Goncharova I.N. Energy- and resource-saving technologies in the processes of preparation and processing of vegetable fats. In: *Proceedings of the XVI International Scientific and Practical Conference*. Moscow, November 24, 2022. St. Petersburg: Pechatny Tsekh, 2022. pp. 141–147. doi: 10.34755/IROK.2022.99.67.019 (in Russian).
- 20 Kachalova T.N., Goncharova I.N. Technological aspects of the process of extracting free fatty acids from vegetable fats. In: *Proceedings of the XX International Scientific and Practical Conference*. Moscow, April 21, 2023. Moscow: Pechatny Tsekh, 2023. pp. 166–173. doi: 10.34755/IROK.2023.73.19.155 (in Russian).

Сведения об авторах

Александр Н. Остриков д.т.н., профессор, кафедра технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, ostrikov27@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2335-0017>

Максим В. Копылов к.т.н., доцент, кафедра технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, kopylov-maks@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2678-2613>

Наталья И. Цапкина заместитель генерального директора по технологии и производству, ООО «Синтез-ойл», Торговый пер., д.11а, Воронежская область, Репьевский район, село Репьевка, 396370, Россия, eco-agro12@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0000-0000-0000>

Анастасия В. Терёхина к.т.н., доцент, кафедра технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, gorbato.nastia@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4433-9615>

Виталий Н. Василенко д.т.н., профессор, зав. кафедрой, кафедра машин и аппаратов пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, vvn_1977@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1547-9814>

Вклад авторов

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Alexander N. Ostrikov Dr. Sci. (Chem.), professor, technology of fats, processes and devices of chemical and food production department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, ostrikov27@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2335-0017>

Maxim V. Kopylov Cand. Sci. (Engin.), docent, technology of fats, processes and devices of chemical and food production department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, kopylov-maks@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2678-2613>

Natalia I. Tsapkina engineer, deputy general director for technology and production, LLC «Sintez-Oil», Voronezh Region, Repyevka District, Repyovka Village, Torgovy Lane, 11a, eco-agro12@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0000-0000-0000>

Anastasia V. Terekhina Cand. Sci. (Engin.), assistant professor, technology of fats, processes and devices of chemical and food production department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, gorbato.nastia@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4433-9615>

Vitalii N. Vasilenko Doc. Sci. (Engin.), professor, head of the department, machines and apparatuses of food production department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, vvn_1977@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1547-9814>

Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 10/01/2025	После редакции 18/01/2025	Принята в печать 10/02/2025
Received 10/01/2025	Accepted in revised 18/01/2025	Accepted 10/02/2025