

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.132.94>

СПОСОБЫ И СВЧ ТЕХНИКА ДЛЯ ДЕФРОСТАЦИИ И РАЗОГРЕВА МОЛОЗИВА ЖИВОТНЫХ

Научная статья

Ершова И.Г.^{1,*}¹ORCID : 0000-0003-1126-3837;¹Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация¹Российский государственный аграрный университет — Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, Москва, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (eig85[at]yandex.ru)

Аннотация

Материалы и методы. Выработанные требования к технологическому оборудованию для размораживания и разогрева молозива животных предусматривают возможность обеспечения оптимального протекания технологического процесса при оптимальном конструировании установки с учетом критериев оптимизации параметров, отражающих как техническое, так и технологическое функционирование оборудования.

Результаты и обсуждение. Приведены СВЧ дефростеры с одними и двумя резонаторами, предназначенные для фермерских хозяйств. При дефростации измельченного замороженного сырья преимущественнее использование СВЧ установки с одним коаксиальным резонатором, содержащим в кольцевом пространстве электроприводной диэлектрический ротор с многоярусными перфорированными эллипсоидными камерами, позволяющими за счет центробежной силы отделить жидкую часть при фазовом переходе. Установка обеспечивает без экранирующего корпуса электромагнитную безопасность и обладает достаточно высокой собственной добротностью (8500) в связи с тем, что внутренний цилиндр коаксиального резонатора заменен шнеком, обладающим намного меньшей площадью поверхности, чем цилиндр. Использование трех магнетронов воздушного охлаждения со сдвигом на 120 градусов по периметру наружного цилиндра повышает надежность установки в случае длительной непрерывной работы, и обеспечивает равномерное распределение электромагнитного поля.

Заключение. При выборе эффективных методов замораживания молозива животных следует анализировать технические особенности и возможности ферм КРС. В теплофизическом аспекте рациональные условия и методы замораживания и дефростации молозива надо искать в повышении интенсивности теплоотдачи и сокращения продолжительности процесса дефростации и разогрева, путем уменьшения размеров замороженных частиц и использования СВЧ энергоподвода в один объемный резонатор. Электродинамическая система обеспечивает заданные параметры ЭМП, а именно необходимую мощность (2,4-3,0 кВт) и выполнение требований к введению технологического процесса дефростации и разогрева сырья при реализации необходимых температурных режимов и достаточной напряженности электрического поля (0,6-1,2 кВ/см) для обеспечения снижения бактериальной обсемененности продукта до ПДК.

Ключевые слова: резонаторы коаксиальный и тороидальный, непрерывный режим, сырье в пластиковых бутылках и россыпью, требования к оборудованию, дефростеры.

METHODS AND UHF TECHNIQUE FOR DEFROSTING AND WARMING ANIMAL FOREMILK

Research article

Ershova I.G.^{1,*}¹ORCID : 0000-0003-1126-3837;¹Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation¹Russian State Agricultural University — Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russian Federation

* Corresponding author (eig85[at]yandex.ru)

Abstract

Materials and methods. The developed requirements to the technological equipment for defrosting and heating of animal foremilk provide the possibility to provide the optimal flow of the technological process at the optimal design of the unit, taking into account the optimization criteria of the parameters reflecting both the technical and technological functioning of the equipment.

Results and discussion. Microwave defrosters with one and two resonators designed for farms are presented. At defrosting of milled frozen raw materials it is more preferable to use microwave unit with one coaxial resonator, containing in the annular space electrically driven dielectric rotor with multilevel perforated ellipsoid chambers, allowing due to centrifugal force to separate the liquid part during the phase transition. The unit provides electromagnetic safety without a shielding housing, and has a sufficiently high intrinsic quality (8500) due to the fact that the inner cylinder of the coaxial resonator is replaced by a screw, which has a much smaller surface area than the cylinder. The use of three air-cooled magnetrons, offset by 120 degrees on the perimeter of the outer cylinder, increases the reliability of the unit in the event of prolonged continuous operation, and ensures a uniform distribution of the electromagnetic field.

Conclusion. When choosing effective methods for freezing foremilk, the technical features and capabilities of cattle farms should be analysed. In the thermophysical aspect, rational conditions and methods of freezing and defrosting of colostrum

should be sought to increase the intensity of heat transfer and reduce the duration of defrosting and heating, by reducing the size of frozen particles and using microwave energy supply in one volumetric resonator. The electrodynamic system provides the required parameters of EMF, namely the necessary power (2.4-3.0 kW) and fulfilment of the requirements for the introduction of technological process of defrosting and heating of raw materials with the implementation of the necessary temperature regimes and sufficient electric field strength (0.6-1.2 kV/cm) to ensure reduction of bacterial contamination of the product to MPC.

Keywords: coaxial and toroidal resonators, continuous mode, raw material in plastic bottles and in bulk, equipment requirements, defrosters.

Введение

Способы дефростации молозива животных довольно разнообразны, их выбор зависит от того в какой таре заморожено молозиво, от этого зависит режимы воздействия ЭМП СВЧ. Наиболее распространенный способ замораживания молозива в условиях фермерских хозяйств, это в пластиковых бутылках разного объема. Поэтому разработанные рабочие камеры в виде объемных резонаторов рассчитаны на реализацию технологии размораживания и разогрева сырья, замороженного в пластиковых бутылках [1], [2], [3]. Особенность такого способа размораживания и разогрева молозива состоит в использовании для реализации процесса, с учетом фазового перехода сырья, двухрезонаторной СВЧ установки (рис. 1).

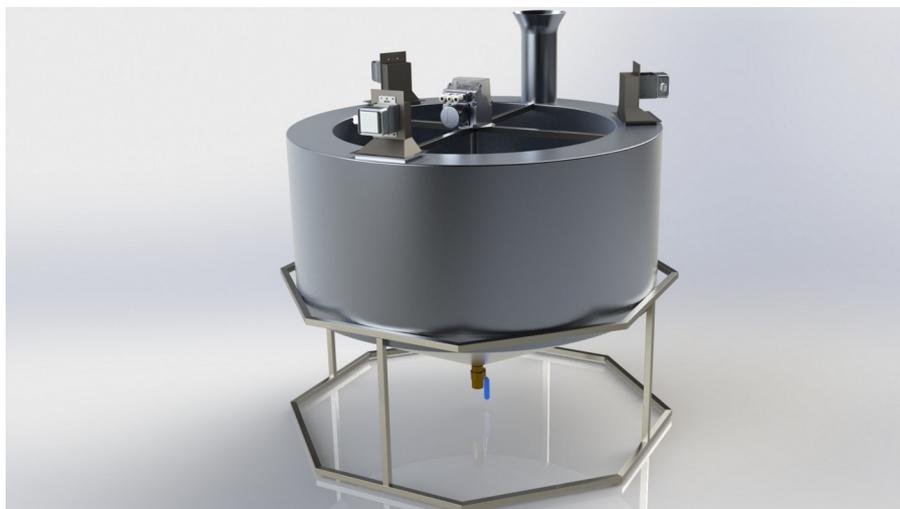


Рисунок 1 - СВЧ-размораживатель непрерывно-поточного действия с состыкованными коаксиальным и коническим резонаторами для дефростации и разогрева молозива животных (патент № 2761810)
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.132.94.1>

Проблема – низкая эффективность существующих технологий и размораживателей молозива животных – решается путем реализации СВЧ дефростеров, позволяющих ускорить процесс подготовки к выпойке продукта с сохраненной кормовой ценностью при низких эксплуатационных затратах. В настоящей работе приведены основные СВЧ размораживатели с одним или с двумя резонаторами, разработанные в объединенной научной школе [4].

Методы и принципы исследования

На основе обзора литературы [5], [6], [9] и практического опыта коллектива научной школы [1], [2], [3], [4] выработаны требования к технологическому оборудованию для размораживания и разогрева молозива животных:

1. Обеспечить оптимальное протекание технологического процесса. При разработке дефростера проводят оптимальное конструирование, когда в число критериев оптимизации входят все параметры, отражающие как техническое, так и технологическое функционирование оборудования;
2. Иметь хорошую технико-экономическую эффективность (снижение затрат на единицу продукции, рост производительности труда) [14], [15], [16];
3. Должно быть технически совершенно (соответствует современному уровню техники) и надежно (сохранять эксплуатационные показатели в заданных пределах);
4. Должно быть технологичным (конструкция должна соответствовать оптимальным способом изготовления);
5. Максимальное применение стандартных деталей и изделий. Это повысит технологичность и серийность установки, ускорит проектирование и снизит ремонтную сложность, что удешевляет производство;
6. Должно состоять из несложно соединяемых узлов и блоков, что облегчает разборку и сборку при монтаже и ремонте;
7. Рабочие органы должны обладать высокой износостойкостью;
8. Детали внутри резонатора должны быть из фторопласта;
9. Должно обеспечить электромагнитную безопасность и соблюдение производственной санитарии.

Трехмерное проектирование конструктивных исполнений установок проводили с помощью программы SolidWorks, Компас 3D V20.

Основные результаты

Молозиво животных во всех фермах КРС замораживают до $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ в пластиковых бутылках с целью обеспечения продолжительного хранения и сохранения максимальной степени их питательной ценности. Методы и оборудование для замораживания разнообразные, но преимущественно – это морозильные камеры. Перспективнее технология замораживания в псевдооживленном слое, с получением продукта россыпью. В этом случае высокая эффективность аппаратов обусловлена коэффициентом теплоотдачи молозива – до $180\text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C})$ [1]. При этом воздушный поток играет роль воздушной подушки и пронизывает целиком слой молозива в морозильной камере и замороженный продукт россыпью высокого качества. Такие аппараты существуют для замораживания различных фруктов и овощей. Для замораживания молозива животных с получением россыпью находится на стадии разработки из-за высоких требований к стерильности воздуха, обеспечивающего псевдооживление. При использовании замороженного молозива россыпью, продолжительность его размораживания и разогрева в СВЧ установке и эксплуатационные затраты на технологический процесс на много уменьшится, и кормовая ценность сохранится. Ниже приведены некоторые СВЧ дефростеры с одними и двумя резонаторами, предназначенные для фермерских хозяйств. Первая установка выполнена с коаксиальным и коническим резонаторами (рис. 1). В кольцевом пространстве перемещается электроприводной конвейер с замороженным сырьем в пластиковых бутылках. На основании коаксиального резонатора, со средним периметром, кратным половине длины волны, имеется загрузочный патрубок 13, выполняющий функцию запердельного волновода. Перфорированное основание 4 конического резонатора диаметром менее четверти длины волны.

В СВЧ установке с коническими резонаторами (рис. 2) кольцевое пространство разделено на отсеки 3. В нижнем резонаторе установлены диэлектрические направляющие 8 и конический накопитель. Конструктивные размеры резонаторов согласованы с длиной волны, а их вершины усечены диаметром не более четверти длины волны.

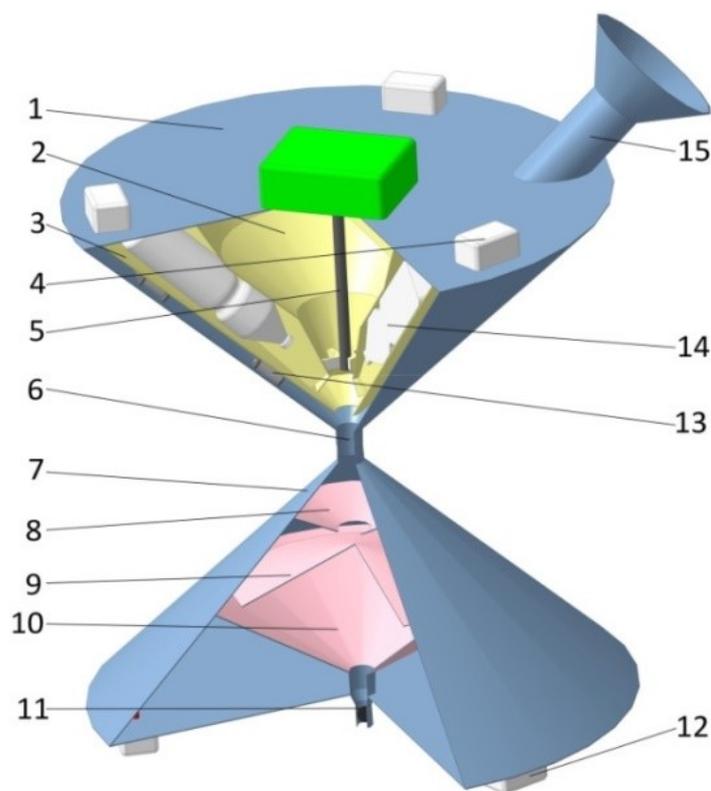


Рисунок 2 - СВЧ-размораживатель с состыкованными вершинами конических резонаторов (патент № 2775137)
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.132.94.2>

Примечание: 1 – верхний усечённый конический резонатор, 2 – диэлектрический контейнер с отсеками; 4 – магнетроны на основании верхнего усеченного конического резонатора; 5 – диэлектрический вал для вращения диэлектрического контейнера; 6 – цилиндрическая неферромагнитная муфта; 7 – нижний усечённый конический резонатор; 8 – диэлектрическая направляющая в виде усеченного конуса; 9 – диэлектрическая коническая направляющая; 10 – диэлектрический конический накопитель; 11 – шаровой кран; 12 – магнетроны на основании нижнего усеченного конического резонатора; 13 – опорные ролики; 14 – замороженное сырье без пластиковой бутылки; 15 – запердельный волновод

Установка с перевернутым тороидальным резонатором (рис. 3), представленный в виде коаксиально расположенных цилиндров разной высоты с общим нижним неферромагнитным основанием. Верхнее основание 3 внутреннего цилиндра 11 перфорирована и к нему прикреплена керамическая стационарная обечайка 4 в виде

усеченного конуса. Этот цилиндр выполняет функцию второго резонатора. В конденсаторную часть размещен электроприводной перфорированный диэлектрический секционный диск 6. Малая продолжительность перехода из замороженного состояния в жидкое состояние сохраняет кормовую ценность молозива животных.

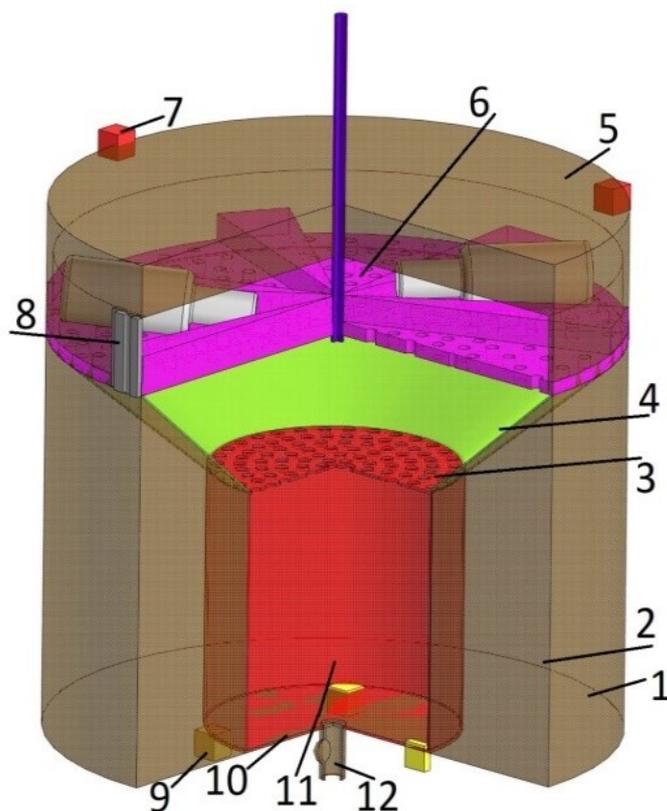


Рисунок 3 - СВЧ-размораживатель молозива животных с соосно расположенными тороидальным и цилиндрическим резонаторами

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.132.94.3>

Примечание: 1 – тороидальный резонатор; 2 – тороидальная часть резонатора; 3 – перфорированное основание; 4 – керамическая обечайка в виде усеченного конуса; 5 – конденсаторная часть тороидального резонатора; 6 – электроприводной диэлектрический перфорированный секционный диск; 7, 9 – магнетроны; 8 – окно для загрузки сырья, закрытое алюминиевой шторой; 10 – неферромагнитное основание; 11 – цилиндрический резонатор; 12 – патрубков с шаровым краном

В установке (рис. 4) один тороидальный резонатор обеспечивает на уровне конденсаторной части перемещение замороженного сырья в пластиковых бутылках, наклоненных горлышком к центру, по диэлектрической круглой платформе. Жидкое сырье разогревается и стерилизуется при высокой напряженности электрического поля в керамическом цилиндре, расположенном в конденсаторной части, позволяющем сконцентрировать энергию электромагнитных излучений в сырье. На кольцевых основаниях резонатора, средний периметр которых кратен половине длины волны, имеются отверстия для тары, состыкованные с соответствующими шлюзовыми затворами 1, 10.

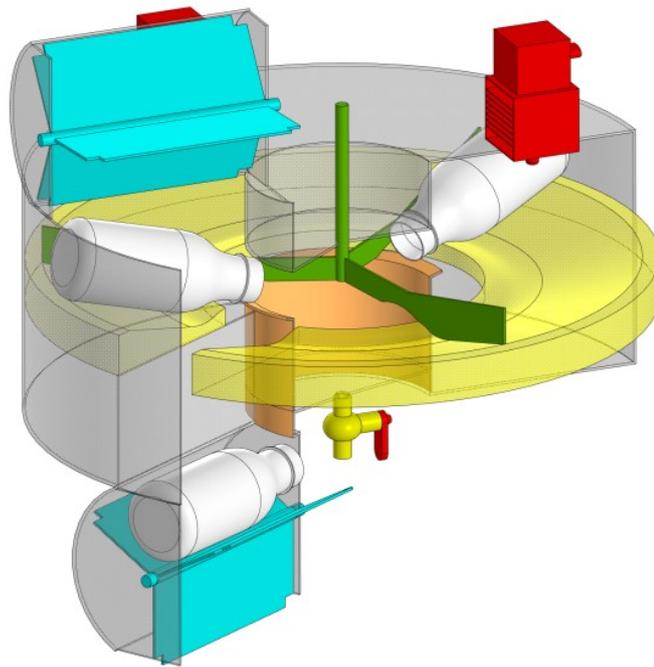


Рисунок 4 - СВЧ-размораживатель молозива животных непрерывно-поточного действия с тороидальным резонатором
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.132.94.4>

Примечание: заявка № 2022120392 (положительное решение)

При дефростации измельченного замороженного сырья преимущественнее использование СВЧ установки с одним коаксиальным резонатором, содержащим в кольцевом пространстве электроприводной диэлектрический ротор с многоярусными перфорированными эллипсоидными камерами, позволяющими за счет центробежной силы отделить жидкую часть при фазовом переходе (рис. 5). Функцию внутреннего цилиндра коаксиального резонатора выполняет ферромагнитный винтовой шнек, обеспечивающий равномерное распределение замороженных измельченных частиц сырья в диэлектрических эллипсоидных перфорированных камерах, где происходит фазовый переход сырья [18], [19], [20]. Жидкое молозиво подвергается воздействию ЭМП СВЧ между камерами другой дозой в турбулентном режиме, что резко ускоряет весь технологический процесс подготовки молозива к выпойке телятам. Установка радиогерметичная без экранирующего корпуса [17].

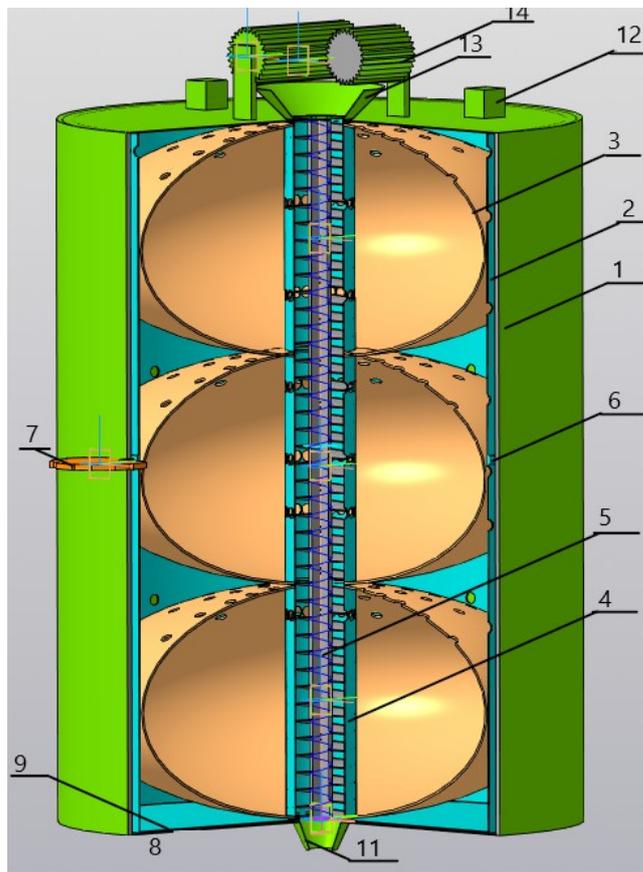


Рисунок 5 - Размораживатель молозива животных непрерывно-поточного действия с СВЧ энергоподводом в коаксиальный резонатор

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.132.94.5>

Примечание: 1 – неферромагнитный цилиндрический экранирующий корпус; 2 – коаксиальный резонатор; 3 – перфорированные радиопрозрачные эллипсоиды; 4 – радиопрозрачный перфорированный цилиндр; 5 – неферромагнитный винтовой шнек; 6 – зубчатый венец; 7 – электроприводная шестерня; 8, 10 – неферромагнитная емкость приемная; 9 – приемная емкость для разогретого молозива; 11 – приемная емкость для отходов; 12 – магнетроны воздушного охлаждения; 13 – неферромагнитная емкость загрузочная; 14 – измельчающий механизм

К перспективной конструкции можно отнести СВЧ дефростер с коаксиальным резонатором, позволяющим размораживать и разогревать сырье в турбулентном режиме в процессе транспортирования с помощью винтового шнека, шагом не более две глубины проникновения волны в сырье [6], [7], [8]. Для распределения электромагнитного поля в резонаторах с нагрузкой (генератор-резонатор-нагрузка) применено программное обеспечение [10], [11], [12], [13].

Заключение

1. Предварительные исследования показывают, что при выборе рациональных условий и эффективных методов замораживания молозива животных следует анализировать множество факторов: технические особенности и возможности ферм КРС;

2. В теплофизическом аспекте рациональные условия и методы замораживания и дефростации молозива надо искать в повышении интенсивности теплоотдачи и сокращения продолжительности процесса дефростации и разогрева, путем уменьшения размеров замороженных частиц и использования СВЧ энергоподвода в один объемный резонатор;

3. На данном этапе исследований к перспективной конструкции можно отнести СВЧ дефростер с коаксиальным резонатором, позволяющим размораживать и разогревать сырье в турбулентном режиме в процессе транспортирования с помощью винтового шнека, шагом не более две глубины проникновения волны в сырье [6]. Установка обеспечивает без экранирующего корпуса электромагнитную безопасность и обладает достаточно высокой собственной добротностью (8500) в связи с тем, что внутренний цилиндр коаксиального резонатора заменен шнеком, обладающим намного меньшей площадью поверхности, чем цилиндр;

4. Электродинамическая система обеспечивает заданные параметры ЭМП, а именно необходимую мощность (2,4-3,0 кВт) и выполнение требований к введению технологического процесса дефростации и разогрева сырья при реализации необходимых температурных режимов и достаточной напряженности электрического поля (0,6-1,2 кВ/см) для обеспечения снижения бактериальной обсемененности продукта до ПДК;

5. Использование трех магнетронов воздушного охлаждения со сдвигом на 120 градусов по периметру наружного цилиндра повышает надежность установки в случае длительной непрерывной работы, и обеспечивает равномерное распределение электромагнитного поля бегущей волны в кольцевом пространстве, средний периметр которого кратен половине длины волны.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Пат. 12777113 Russian Federation, МПК2021137695 А47J.39/00. СВЧ установка со двоянными кольцевыми резонаторами для дефростации и разогрева молозива животных / Новикова Г.В., Просвирыякова М.В., Михайлова О.В. и др.; заявитель и патентообладатель НГИЭУ. — № 2021137695; заявл. 2021-12-20; опубл. 2023-06-01, — 10 с.
2. Ершова И.Г. СВЧ установка с тороидальным резонатором для дефростации молозива животных в непрерывном режиме / И.Г. Ершова, О.В. Михайлова, А.А. Тихонов и др. // Вестник НГИЭИ. — 2022. — 10(137). — с. 81-93
3. Новикова Г.В. СВЧ установки для размораживания коровьего молозива / Г.В. Новикова, О.В. Михайлова, М.В. Просвирыякова и др. // Агротехника и энергообеспечение. — 2021. — 1(30). — с. 24-32.
4. Prosviryakova M.V. Electrotechnology of Animal Colostrum Defrosting in Two-Resonator Microwave Installations. / M.V. Prosviryakova, G.V. Novikova, I.G. Ershova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science; — Issue 857. — Knyaginino: IOP Publishing, 2021. doi: 10.1088/1755-1315/857/1/012007
5. Цугленок Н.В. Результаты исследований по ВЧ- и СВЧ-обработке семян и маточников моркови / Н.В. Цугленок // Modern Science. — 2019. — 3(72). — с. 4-14.
6. Вендин С.В. Согласование толщины слоя продукта при импульсной СВЧ обработке диэлектрической среды / С.В. Вендин // Цифровые и инженерные технологии в АПК: Материалы Национальной научно-практической конференции, Майский, 25 ноября 2021 года; — Белгород, 2022. — с. 13-14.
7. Вендин С.В. Определение толщины слоя продукта ограниченного металлическим экраном при СВЧ обработке диэлектрической среды / С.В. Вендин // Цифровые и инженерные технологии в АПК: Материалы Национальной научно-практической конференции, Майский, 25 ноября 2021 года; — Белгород, 2022. — с. 15-16.
8. Вендин С.В. Расчет толщины слоя продукта при СВЧ обработке диэлектрической среды / С.В. Вендин // Энергоэффективность и энергосбережение в современном производстве и обществе; — Воронеж, 2022. — с. 1.
9. Соловской А.С. Современное состояние отечественных и зарубежных методологических подходов к регламентированию электромагнитных полей / А.С. Соловской, Е.В. Титов // Научно-практические аспекты развития АПК; — Красноярск, 2023. — с. 361-363.
10. Титов Е.В. Анализ способов компьютерного моделирования электромагнитного поля на объектах с излучающими источниками / Е.В. Титов, Д.Р. Мазур // Актуальные вопросы энергетики: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием; — Омск, 2021. — с. 188-191.
11. Титов Е.В. Компьютерная визуализация наложения когерентных электромагнитных волн с различными фазовыми сдвигами / Е.В. Титов, Н.С. Журавский, А.А. Сошников // Наука и молодежь: материалы XVII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых; — Барнаул, 2020. — с. 8.
12. Шавкунов М.Л. Математическое моделирование движения заряженной частицы в электромагнитном поле / М.Л. Шавкунов, П.Л. Лекомцев // Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства; — Ижевск, 2018. — с. 99-101.
13. Кондратьева Н.П. Использование цифровых технологий для эффективного управления электро-технологическими облучательными установками / Н.П. Кондратьева, Ю.Х. Шогенов // Техника и оборудование для села. — 2022. — 4(298). — с. 40-43. — DOI: 10.33267/2072-9642-2022-4-40-43
14. Kondrateva N.P. Energy-Saving Electric Equipment Applied in Agriculture / N.P. Kondrateva, R.G. Bolshin, V.V. Belov et al. // International Science and Technology Conference EastConf; — Vladivostok, 2019. — p. 436-438.
15. Овчукова С.А. Экономия электроэнергии в световых технологиях сельскохозяйственного производства / С.А. Овчукова, Н.П. Кондратьева, О.Ю. Коваленко // Светотехника. — 2020. — 6. — с. 68-70.
16. Кондратьева Н.П. Разработка ресурсо- и энергосберегающего электрооборудования для реализации энергоэффективных электротехнологий для воздействия на биологические объекты / Н.П. Кондратьева, Д.В. Бузмаков, А.С. Осокина и др. // Агротехника и энергообеспечение. — 2019. — 3(24). — с. 39-49.
17. Репина А.В. Исследование электромагнитных полей вне системы индукционного нагревателя / А.В. Репина // Молодые исследователи – регионам: Материалы Международной научной конференции; — Вологда, 2022. — с. 1.
18. Вендин С.В. К расчету напряженности электрического поля при СВЧ-обработке продукта внутри диэлектрической оболочки цилиндрической формы / С.В. Вендин // Актуальные вопросы энергетики АПК; — Ижевск, 2021. — с. 15-19.
19. Sterkhova T.N. The Study of Dielectric Properties of Individual Particles / T.N. Sterkhova, N.P. Kondratieva, P.V. Zaitsev // Prospects for Agrarian Sciences: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference; — Cheboksary, 2019. — p. 108-109.

20. Даниленко Е.Г. Исследование теплопроводности диэлектрика при введении ультрадисперсного алюминия / Е.Г. Даниленко // Актуальные проблемы авиации и космонавтики; — Красноярск, 2020. — с. 1.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Pat. 12777113 Russian Federation, MPK2021137695 A47J.39/00. SVCh ustanovka so sdvoenny'mi kol'cevymi rezonatorami dlya defrostacii i razogreva moloziva zhyvotny'x [Microwave Unit with Dual Ring Resonators for Defrosting and Heating Animal Colostrum] / Novikova G.V., Prosviryakova M.V., Mikhailova O.V. et al.; the applicant and the patentee NGIEU. — № 2021137695; appl. 2021-12-20; publ. 2023-06-01, — 10 p. [in Russian]
2. Ershova I.G. SVCh ustanovka s toroidal'ny'm rezonatorom dlya defrostacii moloziva zhyvotny'x v nepreryvnom rezhime [Microwave Unit with a Toroidal Resonator for Defrosting Animal Colostrum in Continuous Mode] / I.G. Ershova, O.V. Mixajlova, A.A. Tixonov et al. // Vestnik NGIEI [Bulletin of NSEEU]. — 2022. — 10(137). — p. 81-93. [in Russian]
3. Novikova G.V. SVCh ustanovki dlya razmorazhivaniya korov'ego moloziva [Microwave Installations for Defrosting Cow Colostrum] / G.V. Novikova, O.V. Mixajlova, M.V. Prosviryakova et al. // Agrotexnika i e'nergoobespechenie [Agrotechnika and Energy Supply]. — 2021. — 1(30). — p. 24-32. [in Russian]
4. Prosviryakova M.V. Electrotechnology of Animal Colostrum Defrosting in Two-Resonator Microwave Installations. / M.V. Prosviryakova, G.V. Novikova, I.G. Ershova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science; — Issue 857. — Knyaginino: IOP Publishing, 2021. doi: 10.1088/1755-1315/857/1/012007
5. Czuglenok N.V. Rezul'taty' issledovanij po VCh- i SVCh-obrabotke semyan i matochnikov morkovi [Results of Studies on High-Frequency and Microwave Treatment of Seeds and Mother Liquors of Carrots] / N.V. Czuglenok // Modern Science [Modern Science]. — 2019. — 3(72). — p. 4-14. [in Russian]
6. Vendin S.V. Soglasovanie tolshhiny' sloya produkta pri impul'snoj SVCh obrabotke die'lektricheskoy sredy' [Coordination of the Thickness of the Product Layer during Pulsed Microwave Processing of a Dielectric Medium] / S.V. Vendin // Cifrovye i inzhenernye tekhnologii v APK: Materialy Nacional'noj nauchno-prakticheskoy konferencii, Majskij, 25 noyabrya 2021 goda [Digital and Engineering Technologies in the Agro-Industrial Complex: Materials of the National Scientific and Practical Conference, Maisky, November 25, 2021]; — Belgorod, 2022. — p. 13-14. [in Russian]
7. Vendin S.V. Opredelenie tolshhiny' sloya produkta ogranichenno metallicheskim e'kranom pri SVCh obrabotke die'lektricheskoy sredy' [Determination of the Thickness of a Product Layer Limited by a Metal Screen during Microwave Processing of a Dielectric Medium] / S.V. Vendin // Cifrovye i inzhenernye tekhnologii v APK: Materialy Nacional'noj nauchno-prakticheskoy konferencii, Majskij, 25 noyabrya 2021 goda [Digital and Engineering Technologies in the Agro-Industrial Complex: Materials of the National Scientific and Practical Conference, Maisky, November 25, 2021]; — Belgorod, 2022. — p. 15-16. [in Russian]
8. Vendin S.V. Raschet tolshhiny' sloya produkta pri SVCh obrabotke die'lektricheskoy sredy' [Calculation of the Thickness of the Product Layer during Microwave Processing of a Dielectric Medium] / S.V. Vendin // Energoeffektivnost' i energosberezhenie v sovremennom proizvodstve i obshchestve [Energy Efficiency and Energy Saving in Modern Production and Society]; — Voronezh, 2022. — p. 1. [in Russian]
9. Solovskoj A.S. Sovremennoe sostoyanie otechestvenny'x i zarubezhny'x metodologicheskix podxodov k reglamentirovaniyu e'lektromagnitny'x polej [The Current State of Domestic and Foreign Methodological Approaches to the Regulation of Electromagnetic Fields] / A.S. Solovskoj, E.V. Titov // Nauchno-prakticheskie aspekty razvitiya APK [Scientific and Practical Aspects of the Development of the Agro-Industrial Complex]; — Krasnoyarsk, 2023. — p. 361-363. [in Russian]
10. Titov E.V. Analiz sposobov komp'yuternogo modelirovaniya e'lektromagnitnogo polya na ob'ektax s izluchayushhimi istochnikami [Analysis of Methods of Computer Simulation of the Electromagnetic Field on Objects with Radiating Sources] / E.V. Titov, D.R. Mazur // Aktual'nye voprosy energetiki: Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem [Actual Issues of Energy: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation]; — Omsk, 2021. — p. 188-191. [in Russian]
11. Titov E.V. Komp'yuternaya vizualizaciya nalozheniya kogerentny'x e'lektromagnitny'x voln s raz-lichny'mi fazovymi sdvigami [Computer Visualization of the Imposition of Coherent Electromagnetic Waves with Different Phase Shifts] / E.V. Titov, N.S. Zhuravskij, A.A. Soshnikov // Nauka i molodezh': materialy XVII Vserossijskoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenyh [Science and Youth: materials of the XVII All-Russian Scientific and Technical Conference of Students, Graduate Students and Young Scientists]; — Barnaul, 2020. — p. 8. [in Russian]
12. Shavkunov M.L. Matematicheskoe modelirovanie dvizheniya zaryazhennoj chasticy' v e'lektromagnitnom pole [Mathematical Modeling of the Movement of a Charged Particle in an Electromagnetic Field] / M.L. Shavkunov, P.L. Lekomcev // Innovacionnye tekhnologii dlja realizacii programmy nauchno-tehnicheskogo razvitiya sel'skogo hozjajstva [Innovative Technologies for the Implementation of the Program of Scientific and Technical Development of Agriculture: materials of the International Scientific and Practical Conference]; — Izhevsk, 2018. — p. 99-101. [in Russian]
13. Kondrat'eva N.P. Ispol'zovanie cifrovyy'x tekhnologij dlya e'ffektivnogo upravleniya e'lektro-tekhnologicheskimi obluchatel'ny'mi ustanovkami [The Use of Digital Technologies for the Effective Control of Electro-Technological Irradiation Installations] / N.P. Kondrat'eva, Yu.X. Shogenov // Texnika i oborudovanie dlya sela [Technique and Equipment for the Village]. — 2022. — 4(298). — p. 40-43. — DOI: 10.33267/2072-9642-2022-4-40-43 [in Russian]
14. Kondrateva N.P. Energy-Saving Electric Equipment Applied in Agriculture / N.P. Kondrateva, R.G. Bolshin, V.V. Belov et al. // International Science and Technology Conference EastConf; — Vladivostok, 2019. — p. 436-438.
15. Ovchukova S.A. E'konomiya e'lektroe'nergii v svetovyy'x tekhnologiyax sel'skoxozyajstvennogo proizvodstva [Energy Saving in Lighting Technologies of Agricultural Production] / S.A. Ovchukova, N.P. Kondrat'eva, O.Yu. Kovalenko // Svetotexnika [Light Engineering]. — 2020. — 6. — p. 68-70. [in Russian]
16. Kondrat'eva N.P. Razrabotka resurso- i e'nergosberegayushhego e'lektrooborudovaniya dlya realizacii e'nergoe'ffektivny'x e'lektrotekhnologij dlya vozdejstviya na biologicheskie ob'ekty' [Development of Resource- and Energy-

Saving Electrical Equipment for the Implementation of Energy-Efficient Electrical Technologies for Influencing Biological Objects] / N.P. Kondrat'eva, D.V. Buzmakov, A.S. Osokina et al. // *Agrotexnika i e'nergoobespechenie* [Agrotechnics and Energy Supply]. — 2019. — 3(24). — p. 39-49. [in Russian]

17. Repina A.V. Issledovanie e'lektromagnitny'x polej vne sistemy' indukcionnogo nagrevatelya [A Study of Electromagnetic Fields outside the System of an Induction Heater] / A.V. Repina // *Molodye issledovateli – regionam: Materialy Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii* [Young Researchers for Regions]; — Vologda, 2022. — p. 1. [in Russian]

18. Vendin S.V. K raschetu napryazhennosti e'lektricheskogo polya pri SVCh-obrabotke produkta vnutri die'lektricheskoy obolochki cilindricheskoy formy' [On the Calculation of the Electric Field Strength during Microwave Processing of a Product inside a Dielectric Shell of a Cylindrical Shape] / S.V. Vendin // *Aktual'nye voprosy energetiki APK* [Topical Issues of the Energy Sector of the Agro-Industrial Complex]; — Izhevsk, 2021. — p. 15-19. [in Russian]

19. Sterkhova T.N. The Study of Dielectric Properties of Individual Particles / T.N. Sterkhova, N.P. Kondratieva, P.V. Zaitsev // *Prospects for Agrarian Sciences: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference*; — Cheboksary, 2019. — p. 108-109.

20. Danilenko E.G. Issledovanie teploprovodnosti die'lektrika pri vvedenii ul'tradispersnogo alyuminiya [Investigation of the Thermal Conductivity of a Dielectric with the Introduction of Ultrafine Aluminum]. / E.G. Danilenko // *Aktual'nye problemy aviatsii i kosmonavtiki* [Actual Problems of Aviation and Astronautics]; — Krasnoyarsk, 2020. — p. 1. [in Russian]