

**РАЗРАБОТКА СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНОЙ УСТАНОВКИ
КОНТЕЙНЕРНОГО ТИПА ДЛЯ ТЕРМООБРАБОТКИ КРОВИ И ЖИРОСОДЕРЖАЩЕГО
СЫРЬЯ****Белова М.В., Жданкин Г.В., Новикова Г.В.**

Реферат. Разработана сверхвысокочастотная установка для варки отходов убоя птицы и животных в периодическом режиме. Она состоит из горизонтально расположенного цилиндрического экранирующего корпуса. Внутри него установлен перфорированный диск-ротор из ферромагнитного материала, вращающийся от электродвигателя. По периферии диска-ротора жестко закреплены цилиндрические резонаторы. Внутри каждого резонатора с помощью фиксаторов установлены съемные термостойкие диэлектрические контейнеры, крышки которых перфорированы. Внутренняя поверхность контейнеров покрыта силиконовым материалом. На открывающейся с помощью ручек за счет шарнирных петель крышке экранирующего корпуса смонтированы сверхвысокочастотные генераторные блоки. В основании корпуса имеется сливной патрубок. Для обоснования конструкционно-технологических параметров сверхвысокочастотной установки проанализированы изменения электрофизических параметров мышечной ткани, кожи, кости, жира в зависимости от частоты воздействия электромагнитного поля. Анализированы изменения диэлектрической проницаемости сырья, длины волны в сырье, глубины проникновения электромагнитных излучений в сырье. Эффект объемного нагрева непищевых отходов в электромагнитном поле достигается благодаря проникновению поля в сырье на значительную глубину. При известной глубине проникновения становится возможным обосновать форму обрабатываемого сырья в резонаторе в зависимости от требований технологического процесса и параметров электромагнитного поля. На глубину проникновения большое влияние оказывает температура и проводимость материала.

Ключевые слова: экранирующий корпус; перфорированный диск-ротор; цилиндрические резонаторы с перфорированными основаниями; диэлектрические контейнеры, силиконовое покрытие; сверхвысокочастотные генераторы.

Введение. В процессе убоя, обескровливания, потрошения птиц и животных накапливаются технические отходы. В качестве сырья для выработки белковых кормов используются кровь, кишечник, легкие, почки, селезенка, половые органы, кутикула мышечных желудков и т.д. Технические отходы (разнообразное сырье по виду) следует перерабатывать сразу же после их получения из убойного цеха. Известно, что при выработке белковых кормов сырье варят в котлах, жир сливают. Разваренную массу используют для откорма свиней как ценную белковую добавку из побочных продуктов переработки отходов убоя птицы и животных [1, 2]. Вареные корма вырабатывают в тех случаях, когда не имеется условий для производства сухих кормов.

Поэтому следует разрабатывать технологию и техническое средство, позволяющие стерилизовать продукт в процессе варки сырья для агропредприятий малой и средней мощности.

Анализ работ позволил совершенствовать процесс термообработки непищевых отходов убоя животных и разработать конструкционные узлы, выявить эффективные модели сверхвысокочастотных (СВЧ) установок. Разработаны различные типы СВЧ установок с новыми резонаторными камерами [3,4,5,6,7]. Однако, задача повышения кормовой ценно-

сти непищевых отходов убоя животных для фермерских хозяйств с использованием мало-мощных магнетронов, остается еще нерешенной и актуальной.

Анализ и обсуждение результатов. Разработанная установка (рис. 1) состоит из горизонтально расположенного цилиндрического экранирующего корпуса 1 с наклонным нижним основанием, куда пристыкован сливной патрубок, выполняющий функцию заперделного волновода. Верхнее основание корпуса 2 выполнено в виде открывающейся крышки, для чего предусмотрены шарнирные петли 8, ручки 9 и блокирующие контакты, обеспечивающие плотное закрытие крышки и запрещающие работать при открытой крышке. На верхнем основании корпуса установлены СВЧ генераторные блоки 7, так что излучатели направлены внутрь резонаторных камер 4. Внутри корпуса 1 установлен перфорированный диск-ротор 3.

По периферии диска-ротора 3 жестко закреплены цилиндрические резонаторы 4 с перфорированными основаниями. Внутри каждого резонатора 4 с помощью фиксаторов 6 установлены термостойкие диэлектрические контейнеры 5 с перфорированными крышками. Внутренняя поверхность контейнеров покрыта силиконовой пленкой для ограничения прилипания крови к стенкам. Объем каждого резо-

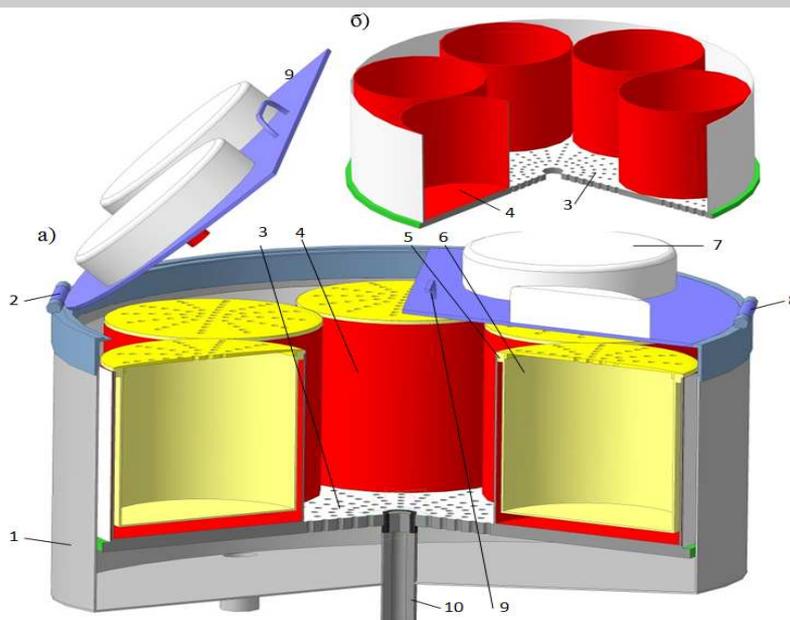


Рисунок 1 – Сверхвысокочастотная установка для варки отходов убоя птицы и животных: а) – вид общий; б) – расположение резонаторов на диск-роторе; 1 – экранирующий корпус; 2 – открывающаяся крышка экранирующего корпуса; 3 – перфорированный диск-ротор; 4 – цилиндрические резонаторные камеры с перфорированными основаниями; 5 – цилиндрические диэлектрические контейнеры с перфорированными крышками и силиконовым покрытием; 6 – фиксаторы контейнеров; 7 – сверхвысокочастотные генераторные блоки; 8 – шарнирные петли; 9 – ручки на крышке корпуса; 10 – вал, закрепленный на опорный диск

натора не превышает 5 литров, что обеспечивает высокую напряженность электрического поля при использовании маломощных СВЧ генераторов от микроволновой печи. Диск-ротор приводится в вращение с помощью электродвигателя, вал 10 которого закреплен на опорный диск, установленный на монтажный каркас. Установка работает в периодическом режиме.

Технологический процесс варки отходов убоя птицы и животных происходит следующим образом. В термостойкие диэлектрические контейнеры 5 загружают сырье после магнитной очистки, высотой не более три глубины проникновения электромагнитных излучений (5...6 см), закрывают перфорированными крышками/

Открывают крышку 2 экранирующего корпуса 1, устанавливают диэлектрические контейнеры 5 с сырьем в внутрь цилиндрических резонаторов 4. Плотно закрывают крышку 2 экранирующего корпуса 1. Включают электродвигатель привода диска-ротора 3. Далее включают СВЧ генераторы 7 на определенные мощности и продолжительности работы. В процессе вращения диска-ротора 3, сырье в диэлектрических контейнерах 5 многократно подвергается воздействию электромагнитного поля сверхвысокой частоты и варится. При обеспечении в резонаторной камере высокой напряженности электрического поля (выше 1 кВ/см), продукт обеззараживается. За счет

действия центробежных сил сырье в диэлектрических контейнерах 5 перемешивается и поэтому равномерно по объему подвергается термообработке. В начале через перфорированные крышки диэлектрических контейнеров 5 выплескивается часть влаги (происходит центрифугирование, т.е. частичное разделение жидкой и твердой фаз), далее через отверстия перфорации в процессе термообработки удаляется пар. Сепарированная влага стекает через перфорированное основание резонаторов 4 и диска-ротора 3 в накопительную камеру, образованную между наклонным основанием экранирующего корпуса 1 и диском-ротором 3, откуда эта жидкость выливается через сливной патрубок, выполняющий функцию запредельного волновода. По истечении выдержки времени сверхвысокочастотные генераторы 7 отключаются, крышка разблокируется. После загорания лампы, сигнализирующей об окончании термообработки сырья, следует открыть крышку, достать диэлектрические контейнеры 5 с сваренным продуктом, на их место установить и фиксировать сменные диэлектрические контейнеры, заранее заполненные сырьем и закрытые перфорированной крышкой. Закрыть крышку экранирующего корпуса. Вновь запустить технологический процесс термообработки сырья через панель управления. Диэлектрические контейнеры с готовым продуктом легко освобождаются, так как из-за имеющегося силиконового покрытия на внутренней

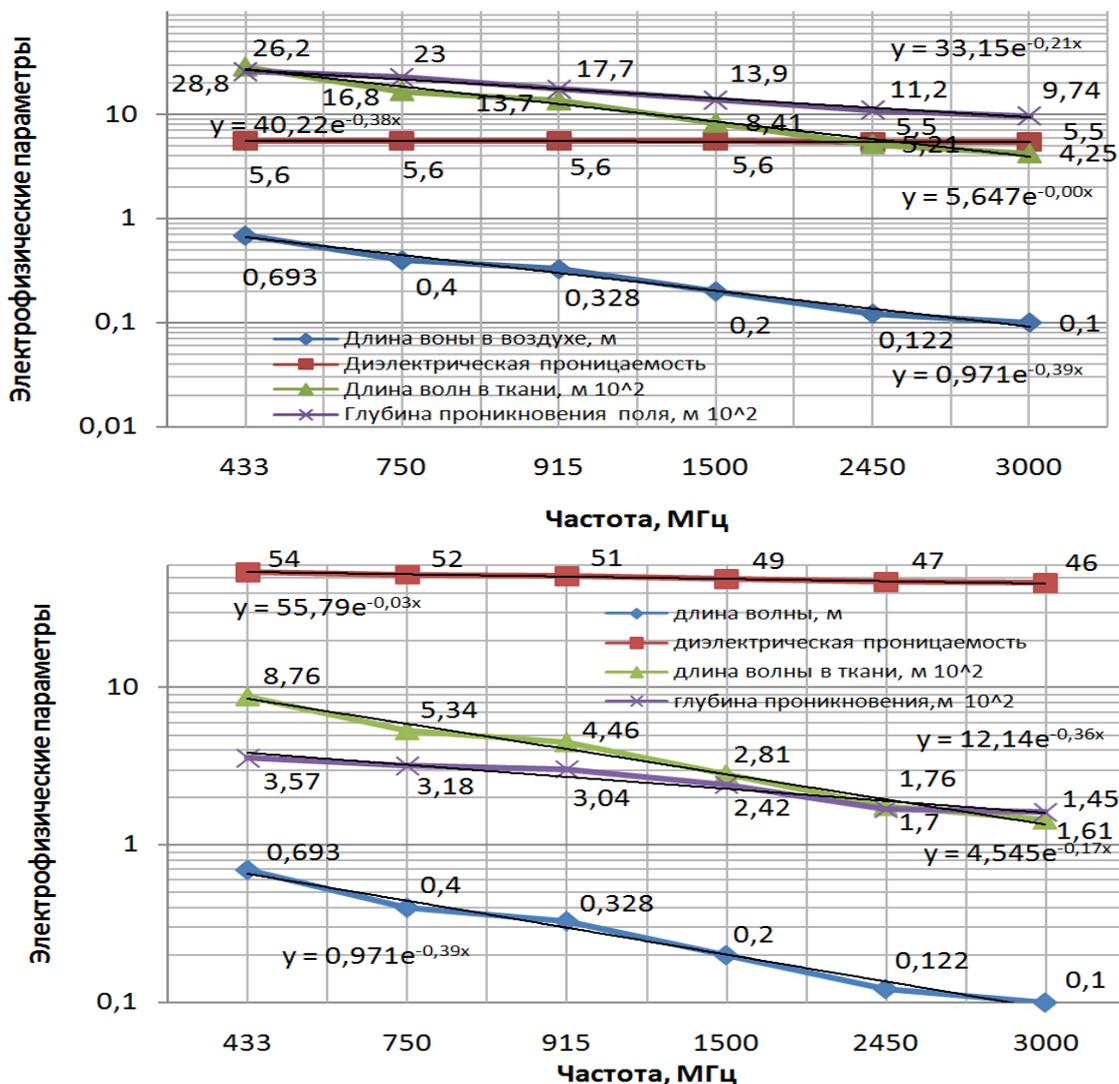


Рисунок 2 – Зависимость глубины проникновения электромагнитного поля в сырье от частоты: а) с высоким содержанием воды (мышечная ткань, кожа); б) с низким содержанием воды, 1 – длина волны воздухе; 2 – диэлектрическая проницаемость сырья; 3 – длина волны в ткани; 4 – глубина проникновения ЭМИ

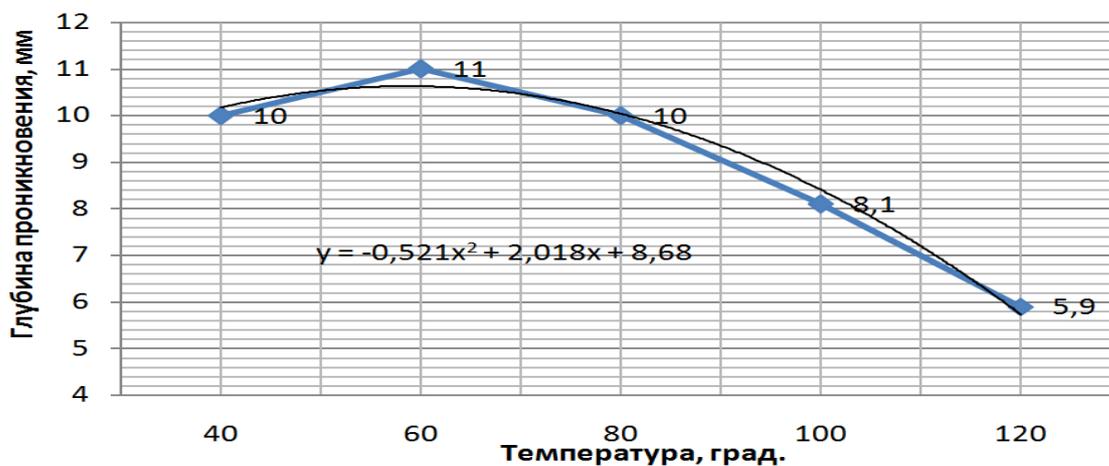


Рисунок 3 – Зависимость глубины проникновения электромагнитного поля сверхвысокой частоты (2450 МГц) в сырье с высоким содержанием воды

поверхности продукт не прилипает к стенкам контейнера 5. Далее контейнеры следует промыть и вновь загрузить сырьем. За счет улучшения микробиологических показателей увеличивается срок годности продукта. Производительность установки зависит от количества и мощности сверхвысокочастотных генераторов и от электрофизических параметров сырья. В связи с этим проанализированы изменения электрофизических параметров мышечной ткани, кожи, кости, жира в зависимости от частоты воздействия электромагнитного поля. В том числе анализировали изменения диэлектрической проницаемости сырья, длины волны в сырье, глубины проникновения электромагнитных излучений в сырье (рис. 2). Известно, что эффект объемного нагрева непищевых отходов в электромагнитном поле достигается благодаря проникновению поля в сырье на значительную глубину. При известной глубине проникновения становится возможным обосновать форму обрабатываемого сырья в резонаторе в зависимости от требований технологического процесса и параметров электромагнитного поля [8]. На глубину проникновения большое влияние оказывает температура и проводимость материала.

С повышением температуры глубина проникновения электромагнитной волны изменяется, так как изменяются диэлектрическая проницаемость, тангенс угла диэлектрических потерь и фактор потерь (рис. 3).

Знание диэлектрических параметров непищевых отходов убой животных в широком диапазоне частот и температур позволил разработать модели взаимодействия электромагнитных излучений с сырьем. Это служило научной основой для выбора частоты электромагнитного поля при конструировании рабо-

чей камеры для конкретного технологического процесса термообработки непищевых отходов животного происхождения. Работать на резонансной частоте, когда частота собственных колебаний диполей воды (16,67...17,65 ГГц, 1,7...1,8 см) совпадают с частотой внешнего электромагнитного поля, используя объемный резонатор, невозможно. Генераторы от микроволновых печей работают на длине волны 12,24 см, а воды обладает максимально возможным поглощением энергии электромагнитных излучений при длине волны 1,7...1,8 см. При этом, поглощение энергии более чем в 10 раз превышает поглощение энергии на длине волны 12,24 см (2,45 ГГц). Суммарная эффективность нагрева возрастает почти на два порядка. Но резонатор типа замкнутой металлической полости больших по сравнению с длиной волны размеров не может быть применен в силу высокой плотности его собственных колебаний, приводящих к потере резонансных свойств. На длине волны 1,7...1,8 см работают только открытые резонаторы.

Выводы. Доказана перспективность предложенных технических решений и способов повышения эффективности процессов термообработки и обеззараживания непищевых отходов животного происхождения воздействием энергией электромагнитного поля сверхвысокой частоты за счет совершенствования технологического процесса и электродинамической системы с обоснованными рациональными конструктивными и технологическими параметрами. Проанализированы диэлектрические характеристики сырья животного происхождения в широком диапазоне частот и температур, необходимых для конструирования рабочих камер установки для термообработки сырья.

Литература

1. Файвишевский М.Л. Переработка непищевых отходов мясоперерабатывающих предприятий. – СПб. ГИОРД, 2000, – С.83.
2. Ивашов, В.И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности. – Часть 1. Оборудование для убой и первичной обработки. – М.: Колос, 2001. – 552 с (С. 516).
3. Новикова Г.В. Термообработка жиросодержащего сырья воздействием электромагнитного поля сверхвысокой частоты / М.В. Белова, А.А. Белов, Д.В. Поручиков, Г.В. Новикова // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. № 2(6). – С. 42...46. ISSN 2306-8647.
4. Новикова Г.В. Установка для вытопки жира / Г.В. Новикова, И.М. Селиванов, М.В. Белова, И.Г. Ершова, А.Б. Оспанов // Естественные и технические науки, 2015, № 6. – С. 288...290. ISSN 1684-2626.
5. Новикова Г.В. Многорезонаторная установка для плавления жира. / А.Г. Самodelкин, Г.В. Новикова, М.В. Белова, И.Г. Ершова, А.А. Белов // Естественные и технические науки, 2015, № 6. – С.291...293. ISSN 1684-2626.
6. Патент № 2600697 РФ, МПК. Сверхвысокочастотная установка для плавления жира / И.М. Селиванов, М.В. Белова, А.А. Белов, И.Г. Ершова, Г.В. Новикова, О.В. Михайлова; заявитель и патентообладатель АНОВО «АТУ» (RU). – № 2015117451; заявл. 28.04.2015. Бюл.№ 30 от 03.10.2016.
7. Патент № 581224 РФ, МПК. Центробежная установка для термообработки жиросодержащего сырья в электромагнитном поле сверхвысокой частоты / О.В. Михайлова, М.В. Белова, А.А. Белов, Г.В. Новикова, И.Г. Ершова; заявитель и патентообладатель ВО МАДИ (RU). – № 2014150840/20 (081472); заявл. 17.12.2014. Бюл. № – 12 с.
8. Рогов И.А. Электрофизические, оптические и акустические характеристики пищевых продуктов / И.А. Рогов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 288 с.

Сведения об авторах:

Белова Марьяна Валентиновна – доктор технических наук, maryana_belova_803@mail.ru ; г. Чебоксары, Россия

Жданкин Георгий Валерьевич – кандидат экономических наук, dankin@inbox.ru

ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия», г. Нижний Новгород, Россия

Новикова Галина Владимировна – доктор технических наук, NovikovaGalinaV@yandex.ru, Волжский филиал ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», г. Чебоксары, Россия.

CREATION OF MICROWAVE INSTALLATION OF CONTAINER TYPE FOR HEAT TREATMENT OF BLOOD AND FAT-CONTAINING RAW MATERIALS

Belova M.V., Zhdankin G.V., Novikova G.V.

Abstract. A microwave installation was created to boil waste products of poultry and animal slaughtering in a periodic mode. It consists of a horizontal cylindrical screening body. Inside it a perforated disc-rotor from non-ferromagnetic material, rotating the motor is installed. The cylindrical resonators are rigidly fixed on the periphery of the disc-rotor. Inside each resonator the removable dielectric heat resistant containers are mounted by clamps, which covers are perforated. The inner surface of the containers is covered with a silicone material. Microwave generator units are installed on the cover of shielded enclosure, opening with handles by hinges. At the base of the body there is a drain connection. To justify structurally and technological parameters of microwave installation we analyzed the changes in the electrical parameters of the muscle tissue, skin, bone, fat, depending on the frequency of electromagnetic fields exposure. The permittivity changes of raw materials, wavelength in the feed, penetration depth of electromagnetic radiation in the feedstock were also analyzed. The effect volume heating of inedible waste in the electromagnetic field is achieved due to penetration of the field into the feed to a considerable depth. At a certain depth of penetration it becomes possible to prove the form of processed raw material in resonator depending upon the requirements of the process and electromagnetic field parameters. The temperature and conductivity of the material greatly influence to the penetration depth.

Key words: shielded enclosure; perforated disc-rotor; cylindrical resonators with perforated bases; dielectric containers, silicone coating; microwave generators.

References

1. Fayvishevskiy M.L. *Pererabotka nepischevykh otkhodov myasopererabatyvayushchikh predpriyatiy*. [Processing of non-food waste meat processing plants]. – SPb. GIORD, 2000, P. 83.
2. Ivashov V.I. *Tekhnologicheskoe oborudovanie predpriyatiy myasnoy promyshlennosti. Chast 1. Oborudovaniye dlya uboya i pervichnoy obrabotki*. [Technological equipment of enterprises of the meat industry. Part 1: Equipment for slaughtering and primary processing]. – M.: Kolos, 2001. – P. 552 (P. 516).
3. Novikova G.V. Heat the fat-containing raw materials by influence the electromagnetic field of ultrahigh frequency. [Termoobrabotka zhirusoderzhashego syrya vozdeystviyem elektromagnitnogo polya sverkhvysokoy chastoty / M.V. Belova, A.A. Belov, D.V. Poruchikov, G.V. Novikova // *Vestnik Nizhegorodskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*. – *The Herald of Nizhny Novgorod State Agricultural Academy*. – 2015. № 2(6). – P. 42...46. ISSN 2306-8647.
4. Novikova, G.V. Installation for melting out of fat. [Ustanovka dlya vytopki zhira]. / G.V. Novikova, I.M. Selivanov, M.V. Belova, I.G. Ershova, A.B. Ospanov // *Estestvennye i tekhnicheskie nauki. - Natural and Technical sciences*. 2015, № 6. – P. 288...290. ISSN 1684-2626.
5. Novikova G.V. Multiresonator installation for melting fat. [Mnogorezonatornaya ustanovka dlya plavleniya zhira]. / A.G. Samodelkin, G.V. Novikova, M.V. Belova, I.G. Ershova, A.A. Belov // *Estestvennye i tekhnicheskie nauki. - Natural and Technical sciences*. 2015, № 6. – P. 291...293. ISSN 1684-2626.
6. *Patent № 2600697 RF, MPK. Sverkhvysokochastotnaya ustanovka dlya plavleniya zhira*. (Patent number 2600697 RF IPC. Microwave installation for melting fat / I.M. Selivanov, M. Belov, A.A. Belov, I.G. Ershov, G. Novikova, O.V. Mikhailov; the applicant and the patentee ANOVA "ATB" (RU). - № 2015117451; appl. 04/28/2015. Bull.№ 30 of 10.03.2016).
7. *Patent № 581224 RF, MPK. (Tsentrobezhnaya ustanovka dlya termoobrabotki zhirusoderzhashego syrya v elektromagnitnom pole sverkhvysokoy chastoty)*. Patent number 581,224 RF, IPC. Centrifugal apparatus for heat treatment of fat-containing raw material in the electromagnetic field of ultrahigh frequency. / O.V. Mikhailova, M.V. Belov, A.A. Belov, G.V. Novikov, I.G. Ershov; the applicant and the patentee IN MAD I (RU). - № 2014150840/20 (081,472); appl. 17/12/2014. Bull. Number - 12
8. Rogov, I.A. *Elektrofizicheskie, opticheskie i akusticheskie kharakteristiki pischevykh produktov*. [Electro-optical and acoustic characteristics of food]. / I.A. Rogov. – M.: Legkaya i pishchevaya promyshlennos, 1981. – P. 288.

Authors:

Belova Maryana Valentinovna - Doctor of Technical sciences, maryana_belova_803@mail.ru; Cheboksary, Russia

Zhdankin Georgiy Valerevich – Ph.D. of Economic sciences, dankin@inbox.ru

Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Nizhny Novgorod, Russia

Novikova Galina Vladimirovna - Doctor of Technical sciences, NovikovaGalinaV@yandex.ru

Volga branch of Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), Cheboksary, Russia.