

Разработка и обоснование параметров СВЧ-установки для термообработки отбракованных куриных яиц

Ольга И. Орлова	¹	oliandria5@mail.ru
Марьяна В. Белова	¹	maryana_belova_803@mail.ru
Георгий В. Жданкин	²	
Николай В. Оболенский	¹	obolenskinv@mail.ru

¹ Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, ул. Октябрьская, 22а, г. Княгинино, 606340, Россия

² Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, пр. Гагарина, 97, г. Нижний Новгород, 603107, Россия

Аннотация. Россия занимает шестое место в мире по производству яйца, при этом только 13% идет на переработку. Кроме этого накапливаются еще и отходы яиц из инкубационных шкафов, которые можно переработать в белковый корм при помощи вакуумных котлов. В связи с этим разработка технологии и технического средства с использованием энергии электромагнитного поля сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ) для термообработки отбракованных яиц в непрерывном режиме для фермерских хозяйств актуальна. Целью исследований является разработка и обоснование параметров СВЧ-установки для термообработки отбракованных куриных яиц в качестве белковой кормовой добавки. Решаются задачи: разработать пространственную модель СВЧ-установки непрерывного режима работы; рассчитать конструкционные параметры установки. Разработанная СВЧ-установка содержит вертикально установленный усеченный неферромагнитный биконус. Вдоль его внутренней боковой поверхности уложена в виде биконической спирали диэлектрическая труба. Параллельно вертикальной оси биконуса установлена неферромагнитная пластина, разделяющая его объем на две камеры: резонаторную и камеру паузы. Пластина выполнена по форме осевого сечения усеченного биконуса, по периметру которой имеются отверстия для запердежных волноводов, надетых на диэлектрическую трубу со стороны камеры паузы. На боковую поверхность биконуса установлены магнетроны. Конструкционное исполнение установки обеспечивает непрерывность процесса термообработки без транспортирующих механизмов. Рассчитанная собственная добротность резонатора составляет 5000. При производительности установки 18 кг/ч удельные энергетические затраты на термообработку яиц составляют 200 Вт·ч/кг.

Ключевые слова: СВЧ установка, отбракованные куриные яйца, термообработка, усеченный биконический резонатор, собственная добротность

Development and justification of the parameters of the microwave installation for heat treatment of rejected chicken eggs

Olga I. Orlova	¹	oliandria5@mail.ru
Maryana V. Belova	¹	maryana_belova_803@mail.ru
Georgiy V. Zhdankin	²	
Nikolay V. Obolenskiy	¹	obolenskinv@mail.ru

¹ Nizhny Novgorod state university of engineering and economics, Oktyabrskaya st., 22a, Knyaginino, 606340, Russia

² Nizhny Novgorod state agricultural Academy, Gagarin Ave 97, Nizhny Novgorod, 603107, Russia

Abstract. Russia ranks sixth in the world in egg production, with only 13% being processed. In addition, egg waste from incubation cabinets is also accumulated, which can be processed into protein feed using vacuum boilers. In this regard, the development of technology and technical means using the energy of the electromagnetic field of ultra-high frequency for heat treatment of rejected eggs in a continuous mode for farms is relevant. The aim of the research is to develop and substantiate the parameters of the microwave installation for heat treatment of rejected chicken eggs as a protein feed additive. Tasks are being solved: to develop a spatial model of a microwave installation of a continuous operation mode; calculate the construction parameters of the installation. The microwave installation developed contains a vertically mounted truncated non-ferromagnetic bicone. Along its inner side surface, a dielectric tube is laid in the form of a biconical spiral. Parallel to the vertical axis of the bicone, a non-ferromagnetic plate is installed, dividing its volume into two chambers: a resonator and a pause chamber. The plate is made in the form of an axial section of a truncated bicone, along the perimeter of which there are openings for transcendental waveguides worn on the dielectric tube from the pause chamber side. On the side surface of the bicone mounted magnetrons. The structural design of the installation ensures the continuity of the heat treatment process without transporting mechanisms. The calculated self-quality of the resonator is 5000. With an installation capacity of 18 kg/h, the specific energy consumption for heat treatment of eggs is 200 W·h/kg.

Keywords: microwave installation, rejected chicken eggs, heat treatment, truncated biconical resonator, own quality factor

Для цитирования

Орлова О.И., Белова М.В., Жданкин Г.В., Оболенский Н.В. Разработка и обоснование параметров СВЧ-установки для термообработки отбракованных куриных яиц // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 53–58. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-53-58

For citation

Orlova O.I., Belova M.V., Zhdankin G.V., Obolenskiy N.V. Development and justification of the parameters of the microwave installation for heat treatment of rejected chicken eggs. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 53–58. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-53-58

Введение

Известно, что Россия занимает шестое место в мире по производству яиц, объем составляет 3% от объема мирового производства яиц. Крупнейшим производителем яиц является Китай, на который вместе с Японией и Индией приходится 60% объема от мирового производства яиц. В связи с насыщением рынка яиц многие производители сталкиваются с проблемой перепроизводства. Проблема может быть решена при расширении сегмента переработки продукции. Согласно статистическим данным, в нашей стране объем перерабатываемых яиц в настоящее время находится на уровне 13%, который в ближайшее время планируется поднять до европейского в 25%. В США данный показатель достигает 35%, а в Японии составляет более 40% [1]. Одной из причин отставания России является отсутствие технической базы и оборудования для переработки яиц. Несмотря на это многие производители яиц, для того чтобы быть конкурентоспособными, используют все возможные меры по уменьшению себестоимости продукции без ухудшения ее качества. Используют технологию глубокой переработки, включающую: выдержку 7 дней, мойку скорлупы яиц; освобождение от скорлупы; гомогенизацию, пастеризацию для производства меланжа; сушку для производства яичного порошка [2–4].

Доля загрязненного пищевого яйца может достигать до 20% от общего количества поступающих на переработку яиц. Использование яйцемоечных машин может привести к быстрой порче яиц при хранении, в результате чего снижается стоимость яйца и доходность его производства. Применение базового дорогостоящего оборудования не позволит снизить себестоимость переработанных некондиционных яиц, к тому же растет объем поступления яичных продуктов из-за рубежа.

Одной из основных проблем кормления птицы является дефицит белка и незаменимых аминокислот, при этом около половины себестоимости продукции приходится именно на стоимость кормов, качество которых оставляет желать лучшего [5]. В настоящее время большинство кормовых форм поставляется в Россию из-за рубежа.

Известен способ и механизированное устройство для варки яиц. Данное устройство представляет собой конвейерную микроволновую яйцеварку, которая состоит из расположенного внутри цилиндрического экранирующего алюминиевого корпуса, вращающегося фторопластового ротора с ячейками для яиц. Варка яиц в печи осуществляется посредством воздействия электромагнитного поля сверхвысокой

частоты в циклическом режиме. Производительность яйцеварки увеличена за счет конвейера [6]. Также известна механизированная микроволновая яйцеварка, технический результат данного устройства заключается в повышении производительности за счет циклического воздействия микроволн [7]. В обоих случаях используются транспортирующие яйца устройства, что увеличивает энергетические затраты на технологический процесс термообработки, установки работают в периодическом режиме.

Цель работы – разработка сверхвысокочастотной установки с усеченным биконическим резонатором для термообработки отбракованных куриных яиц, обеспечивающей непрерывный режим работы, с целью повышения качества белкового корма.

Задачи исследования

1. Разработать пространственную модель сверхвысокочастотной установки для термообработки и обеззараживания некондиционных яиц в непрерывном режиме с целью производства кормовых добавок.

2. Рассчитать собственную добротность резонатора нетрадиционной конфигурации.

Объектом исследования является непрерывный технологический процесс термообработки и обеззараживания отбракованных яиц при производстве кормовых добавок.

Материалы и методы

В программе «Компас-3DV17» выполнено пространственное изображение установки и основных узлов (труба диэлектрическая, уложенная в виде биконической спирали, пластина неферромагнитная с заперделными волноводами). Расчет добротности производился при помощи системы автоматизированного проектирования Mathcad 15, а также при помощи программы моделирования СВЧ трехмерных структур CST Microwave Studio.

Результаты и обсуждения

Микроволновая технология термообработки некондиционных яиц (мелкие, с насечками, грязью, кровавое кольцо) позволяет минимизировать убытки путем эффективной реализации продукта при производстве белковых кормовых добавок.

СВЧ-установка для термообработки отбракованных яиц характеризуется тем, что на монтажной стойке 8 вертикально установлен усеченный неферромагнитный биконус 1. Внутри усеченного биконуса находится неферромагнитная пластина 7. Она разделяет объем усеченного биконуса на две камеры: резонаторную камеру 5 и камеру паузы 6. Неферромагнитная пластина выполнена по форме осевого сечения

усеченного биконуса. По периметру пластины имеются отверстия диаметром, равным диаметру запердельных волноводов 9. Запердельные волноводы (отрезок трубы из неферромагнитного материала длиной, согласованной с диаметром и частотой электромагнитного поля) надеты на диэлектрическую трубу 3 со стороны камеры паузы и пристыкованы к неферромагнитной пластине.

От расположения неферромагнитной пластины относительно осевого сечения усеченного биконуса зависит скважность технологического процесса, т. е. отношение продолжительности нагрева яиц к продолжительности цикла (сумма продолжительности нагрева и паузы).

Вдоль внутренней боковой поверхности усеченного биконуса проложена диэлектрическая труба, уложенная в виде биконической спирали. Диаметр трубы больше, чем размер яиц, и ее концы выведены за пределы малых оснований усеченного биконуса со стороны камеры паузы.

На боковую поверхность усеченного биконуса установлены магнетроны 2 СВЧ-генераторов так, что излучатели направлены в резонаторную камеру, а со стороны камеры паузы на боковой поверхности усеченного биконуса имеется люк 4 со смотровым окном на трубе.

На рисунке 1 приведено пространственное изображение СВЧ-установки для термообработки некондиционных куриных яиц (в разрезе).

Технологический процесс происходит следующим образом. Включают транспортер для подачи яиц в диэлектрическую трубу, для этого начало трубы выведено через верхнее малое основание усеченного биконуса со стороны камеры паузы.

Далее включают сверхвысокочастотные генераторы, магнетроны которых расположены на боковой поверхности усеченного биконуса, а излучатели направлены в резонаторную камеру. Тогда в резонаторной камере, образованной между боковой поверхностью усеченного биконуса и неферромагнитной пластиной возбуждается ЭМП СВЧ. Яйца, направленные в диэлектрическую трубу, уложенную в виде биконической спирали, катятся в ней вокруг своей оси и перемещаются в ней, описывая траекторию биконической спирали. Когда яйца находятся в резонаторной камере, они подвергаются воздействию ЭМП СВЧ, а когда они находятся в камере паузы, то воздействию ЭМП СВЧ не подвергаются. В это время температура и давление в компонентах яйца выравниваются. Запердельный волновод ограничивает излучение через отверстия, имеющиеся по периметру неферромагнитной пластины. Такое многократное пребывание яиц в резонаторной камере и камере паузы с чередованием

обеспечит термообработку без разрушения скорлупы, если скважность технологического процесса не превышает 0,5. Поэтому неферромагнитную пластину следует установить так, чтобы объем резонаторной камеры был меньше объема камеры паузы. Кратность воздействия ЭМП СВЧ зависит от количества витков трубы, уложенной в виде биконической спирали. Угол наклона и диаметр витка влияют на продолжительность воздействия ЭМП СВЧ. Для технического осмотра имеется люк, открывая его, можно увидеть через смотровое окно на диэлектрической трубе передвижение яиц. Сваренные обеззараженные некондиционные яйца следует охладить, упаковать, транспортировать в комбикормовый цех для использования в виде белковой добавки животным.

С учетом анализа результатов исследований других авторов [8–10] проведено обоснование конструктивных параметров разработанной установки.

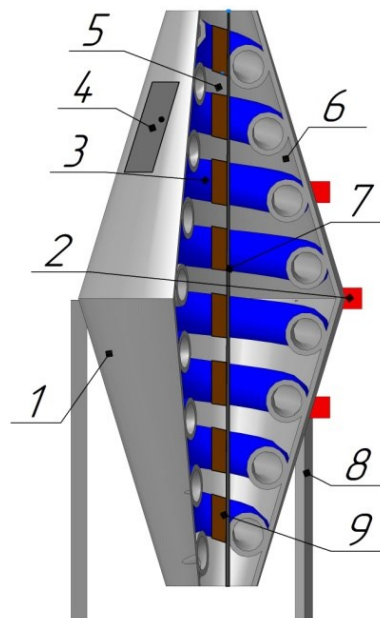


Рисунок 1. Пространственное изображение СВЧ-установки для термообработки некондиционных куриных яиц (в разрезе): 1 – биконус усеченный неферромагнитный; 2 – магнетроны от СВЧ-генераторов; 3 – труба диэлектрическая, уложенная в виде биконической спирали; 4 – люк со смотровым окном на трубе; 5 – камера паузы; 7 – пластина неферромагнитная; 6 – камера резонаторная; 8 – монтажная стойка; 9 – запердельный волновод

Figure 1. The three dimensional image of the microwave installation for the heat treatment of sub-standard eggs (sectional): 1 – round truncated non-ferromagnetic; 2 – magnetrons of the microwave generators; 3 – dielectric tube, laid in the form of biconical helix; 4 – hole with a viewing window on the tube; 5 – camera pause; 7 – plate of non-ferromagnetic; 6 – chamber resonator; 8 – mounting stand; 9 – beyond the waveguide

Известно, что в биконическом резонаторе вблизи вершин образуются поверхности (критическое сечение), где наблюдается полное отражение электромагнитных волн, и излучение от открытых вершин уменьшается. Поэтому диаметры малых оснований усеченного биконуса следует выбрать с учетом критического сечения [11]:

$$d = 0,72l,$$

где l – высота биконуса.

Из-за отсутствия транспортирующего механизма и использования одного вентилятора для охлаждения нескольких магнетронов удельные энергетические затраты уменьшаются по сравнению существующими яйцеварками [6, 7].

Для согласования конструктивных параметров (рисунок 2) с напряженностью электрического поля и мощностью генератора проведен расчет собственной добротности резонатора.

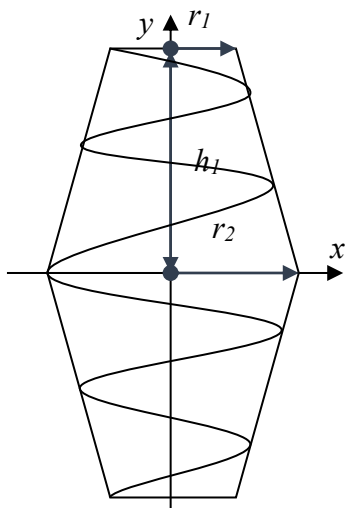


Рисунок 2. Схематическое изображение СВЧ-установки для термообработки некондиционных куриных яиц: r_1 – радиус малого основания; r_2 – радиус большого основания; h_1 – высота усеченного конуса

Figure 2. A schematic diagram of the microwave installation for the heat treatment of sub-standard chicken eggs: r_1 – radius small base; r_2 – the radius of the big base; h_1 – height of the truncated cone

Собственная добротность резонатора Q вычислена как удвоенное отношение объема резонатора к площади его поверхности с учетом толщины поверхностного слоя [12].

$$Q = \frac{2k\pi \int_0^{h_1} \left(r_2 + \frac{(r_1 - r_2)y}{h_1} \right)^2 dy}{4\Delta \left(\pi \int_0^{h_1} \left(r_2 + \frac{(r_1 - r_2)y}{h_1} \right) \times \sqrt{1 + \frac{d}{dy} \left(r_2 + \frac{(r_1 - r_2)y}{h_1} \right)} dy + 2 \int_0^{r_1} \sqrt{r_1^2 - y^2} dy \right) + 2h_1(r_1 + r_2)},$$

где r_1 – радиус малого основания; r_2 – радиус большого основания; h_1 – высота усеченного конуса; Δ – толщина поверхностного слоя; k – коэффициент, учитывающий положение пластины в биконусе

Зная конструкционные параметры СВЧ-установки, по формуле вычислена длина L диэлектрической трубы, уложенной в виде биконической спирали [13]:

$$L = \frac{1}{2\pi} \int_{\phi_1}^{\phi_2} \sqrt{(S \sin \alpha \cdot \phi)^2 - 4\pi S r_2 \sin \alpha \cdot \phi + (2\pi r_2)^2 + S^2} d\phi,$$

где S – шаг винтовой линии; α – половина угла раствора конуса при вершине; r_2 – радиус большого основания; ϕ – угол поворота.

Предварительные расчеты показывают, что яйца перекатываются по диэлектрической трубе длиной около 8 м за 200 с со скоростью 20 мм/с. Угол наклона трубы к горизонтальной поверхности составляет в пределах 20° , а угол наклона образующей конуса – 75° .

Исследована динамика нагрева отбракованных яиц при удельной мощности 2,4 Вт/г в ЭМП СВЧ в стационарном режиме с мощностью трех генераторов 2,4 кВт.

Результаты исследования показывают, что 1 кг сырья, перемещающегося по спиральной трубе, сварится при достижении температуры 80°C за 200 с. Получено эмпирическое выражение, описывающее динамику нагрева яиц (рисунок 3):

$$T = -0,001\tau^2 + 0,511\tau + 21,05,$$

где τ – продолжительность воздействия, с.

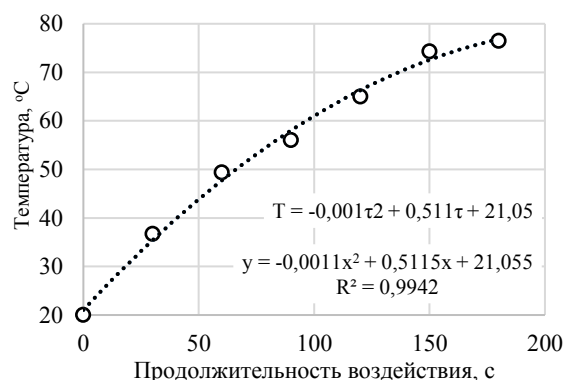


Рисунок 3. Динамика нагрева отбракованных яиц при удельной мощности 2,4 Вт/г

Figure 3. Dynamics of heating of rejected eggs at a specific power of 2.4 W/g

Объем и площадь резонаторной камеры, являющейся частью биконуса, вычислены согласно геометрической конфигурации и заданным конструктивным параметрам по формуле:

Собственная добротность резонатора составила 5000. Доза воздействия ЭМП СВЧ на сырье равна 480 Вт·с/г, а удельные энергетические затраты на термообработку отбракованных яиц 200 Вт·ч/кг при общей мощности установки 3,6 кВт, что соответствует результатам предыдущих исследований [14].

Заключение

Значение собственной добротности разработанного резонатора с достаточной достоверностью совпадает с результатами,

ЛИТЕРАТУРА

1 Гушин В.В., Русанова Г.Е., Риза-Заде Н.И., Мартынова Е.И. Производство и переработка яиц в мире // Новое в технике и технологии переработки птицы и яиц. 2016. С. 97–104.

2 Черепанов С. Глубокая переработка яиц: мировая практика и тенденции // Птицеводство. 2012. № 1. С. 32–34.

3 Ковалев Ю.А. Глубокая переработка яиц на птицефабрике «Краснодарская» // Птица и птицепродукты. 2009. № 4. С. 62–63.

4 Гушин В.В., Русанова Г.Е., Мартынова Е.И., Бладыко Н.А. Глубокая переработка яиц (по материалам мониторинга зарубежной информации) // Новое в технике и технологии переработки птицы и яиц. 2017. С. 71–77.

5 Сыроватка В.И. Прогрессивные технологии производства комбикормов // Техника и оборудование для села. 2015. № 11. С. 2–6.

6 Пат. № 2361496, RU, A47J 29/00. Способ и механизированное устройство для варки яиц / Новикова Г.В., Кириллов Н.К., Егоров Г.И., Гуськов Ю.В. № 2006139783/12; Заявл. 13.11.2006; Оpubл. 20.05.2008, Бюлл. № 14. 11 с.

7 Пат. № 2336008, RU, A47J 29/06. Механизированная микроволновая яйцеварка / Новикова Г.В., Кириллов Н.К., Егоров Г.И., Гуськов Ю.В. № 2006139784; Заявл. 13.11.2006; Оpubл. 20.10.2008, Бюлл. № 29. 11 с.

8 Жданкин Г.В., Новикова Г.В., Белова М.В. Микроволновая установка для обезвоживания и термообработки непищевых отходов убоя животных // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 7 (165). С. 153–160.

9 Жданкин Г.В., Новикова Г.В., Михайлова О.В., Кириллов Н.К. Разработка и обоснование параметров установки для электрического нагрева непищевых отходов животного происхождения в непрерывном режиме // Вестник НГИЭИ. 2017. № 2 (69). С. 61–71.

10 Шамин Е.А., Зиганшин Б.Г., Новикова Г.В. Разработка сверхвысокочастотной установки с цилиндрическими резонаторами для сушки пушно-мехового сырья в непрерывном режиме // Вестник НГИЭИ. 2017. № 9 (76). С. 57–64.

11 Дробахин О.О., Заболотный П.И., Привалов Е.Н. Учет влияния элементов связи на резонансные явления в биконических резонаторах // Известия высших учебных заведений. Радиоэлектроника. 2010. Т. 53. № 7. С. 56–63.

12 Пчельников Ю.Н., Свиридов В.Т. Электроника сверхвысоких частот. М.: Радио и связь, 1981. 96 с.

полученными по программе CST Microwave Studio и равно 5000.

Отбракованные яйца перемещаются в непрерывном режиме по диэлектрической трубе длиной 8 м со скоростью 20 мм/с за 400 с при угле наклона трубы к горизонтальной поверхности 20°. Продолжительность воздействия ЭМП СВЧ в резонаторной камере составляет 200 с.

Удельные энергетические затраты при термообработке отбракованных яиц в СВЧ-установке с усеченным биконическим резонатором и тремя магнетронами составляют 200 Вт·ч/кг.

13 Канторович З.Б. Машины химической промышленности. М.: Машгиз. 1957. 568 с.

14 Гуськов Ю.В. Обоснование и обработка механизированной микроволновой яйцеварки. Чебоксары, 2007.

REFERENCES

1 Gushchin V.V., Rusanova G.E., Riza-Zade N.I., Martynova E.I. Production and processing of eggs in the world. *Novoye v tekhnike i tekhnologii pererabotki ptitsy i yaits* [New in the technique and technology of processing of poultry and eggs]. 2016. pp. 97–104. (in Russian).

2 Cherepanov S. Deep processing of eggs: world practice and trends. *Pticevodstvo* [Poultry farming]. 2012. no. 1. pp. 32–34. (in Russian).

3 Kovalev Yu.A. Deep processing of eggs at the poultry farm "Krasnodar". *Ptica i pticeprodukty* [Poultry and poultry products]. 2009. no. 4. pp. 62–63. (in Russian).

4 Gushchin V.V., Rusanova G.E., Martynova E.I., Bladyko N.A. Deep processing of eggs (based on the monitoring of foreign information). *Novoye v tekhnike i tekhnologii pererabotki ptitsy i yaits* [New in the technique and technology of processing of poultry and eggs]. 2017. pp. 71–77. (in Russian).

5 Syrovatka V.I. Progressive technologies for the production of animal feed. *Tekhnika i oborudovaniye dlya sela* [Technique and equipment for the village]. 2015. no. 11. pp. 2–6. (in Russian).

6 Novikova G.V., Kirillov N.K., Egorov G.I., Gus'kov Yu.V. Sposob i mekhanizirovannoye ustroystvo dlya varki yaits [Method and mechanized device for cooking eggs]. Patent RF, no. 2361496, 2008.

7 Novikova G.V., Kirillov N.K., Egorov G.I., Gus'kov Yu. V. Mekhanizirovannaya mikrovolnovaya yaytsevarka [Mechanized microwave egg cooker]. Patent RF, no. 2336008, 2008.

8 Zhdankin G.V., Novikova G.V., Belova M.V. Microwave installation for dewatering and heat treatment of non-food waste of animal slaughter. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Altai State Agrarian University]. 2018. no. 7 (165). pp. 153–160. (in Russian).

9 Zhdankin G.V., Novikova G.V., Mihajlova O.V., Kirillov N.K. Development and justification of the parameters of the installation for dielectric heating of non-food waste of animal origin in a continuous mode. *Vestnik NGIEI* [Herald NGIEI]. 2017. no. 2 (69). pp. 61–71. (in Russian).

10 Shamin Ye.A., Ziganshin B.G., Novikova G.V. Development of a microwave installation with cylindrical resonators for drying of fur and fur raw materials in continuous mode. *Vestnik NGIEI* [Herald NGIEI]. 2017. no. 9 (76). pp. 57–64. (in Russian).

11 Drobakhin O.O., Zabolotny P.I., Privalov Ye.N. Accounting for the influence of coupling elements on resonance phenomena in biconical resonators. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Radioelektronika* [Proceedings of higher educational institutions. Radio electronics]. 2010. vol. 53. no. 7. pp. 56–63. (in Russian).

12 Pchelnikov Yu.N., Sviridov V.T. *Elektronika sverkhvysokikh chastot* [Electronics of ultrahigh frequencies]

Moscow, Radio i svyaz', 1981. 96 p. (in Russian).

13 Kantorovich Z.B. *Mashiny khimicheskoy promyshlennosti* [Chemical industry machines]. Moscow, Mashgiz. 1957. 568 p. (in Russian).

14 Gus'kov Yu.V. *Obosnovaniye i obrabotka mekhanizirovannoy mikrovolnovoy yaytsevarki* [Justification and processing of the mechanized microwave cooker]. Cheboksary, 2007. (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Ольга И. Орлова ст. преподаватель, кафедра физико-математических наук, Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, ул. Октябрьская, 22а, г. Княгинино, 606340, Россия, oliandria5@mail.ru

Марьяна В. Белова д.т.н., профессор, кафедра электрификации и автоматизации, Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, ул. Октябрьская, 22а, г. Княгинино, 606340, Россия, maryana_belova_803@mail.ru

Георгий В. Жданкин к.э.н., доцент, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, пр. Гагарина, 97, г. Нижний Новгород, 603107, Россия

Николай В. Оболенский д.т.н., профессор, кафедра охраны труда и безопасности жизнедеятельности, Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, ул. Октябрьская, 22а, г. Княгинино, 606340, Россия, obolenskinv@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

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

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 16.01.2019

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 18.02.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Olga I. Orlova senior lecturer, physical and mathematical sciences department, Nizhny Novgorod state university of engineering and economics, Oktyabrskaya st., 22a, Knyaginino, 606340, Russia, oliandria5@mail.ru

Maryana V. Belova Dr. Sci. (Engin.), professor, electrification and automation department, Nizhny Novgorod state university of engineering and economics, Oktyabrskaya st., 22a, Knyaginino, 606340, Russia, maryana_belova_803@mail.ru

Georgiy V. Zhdankin Cand. Sci. (Econ.), associate professor, Nizhny Novgorod state agricultural Academy, Gagarin Ave 97, Nizhny Novgorod, 603107, Russia

Nikolay V. Obolenskiy Dr. Sci. (Engin.), professor, labor protection and life safety department, Nizhny Novgorod state university of engineering and economics, Oktyabrskaya st., 22a, Knyaginino, 606340, Russia, obolenskinv@mail.ru

CONTRIBUTION

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

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 1.16.2019

ACCEPTED 2.18.2019