

**РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ
СВЧ УСТАНОВКИ СО СФЕРИЧЕСКИМ РЕЗОНАТОРОМ ДЛЯ
ТЕРМООБРАБОТКИ БОЕНСКИХ ОТХОДОВ****Жданкин Г.В., Зиганшин Б.Г., Белова М.В.**

Реферат. Совершенствование микроволновой технологии и конструктивного исполнения установок, обеспечивающих совмещения процессов обезвоживания, измельчения и термообработки непищевых отходов убоя животных, является *актуальной задачей*. В работе пользовались статистической обработкой результатов исследования с применением компьютерных программ Microsoft Excel 10.0, Statistic 5.0, трехмерного моделирования конструктивного исполнения СВЧ установок в программе Компас-3D V15. Разработанная СВЧ установка со сферическим перфорированным резонатором обеспечивает совмещения процессов обезвоживания, измельчения и термообработки сырья в непрерывном режиме. Она содержит в сферическом экранирующем корпусе, с приемным и выгрузным патрубками, вращающийся сферический резонатор. По вертикальной оси резонатора проложен диэлектрический вал, вращающийся от электродвигателя. Верхние части сферического экранирующего корпуса и сферического резонатора, диаметр которого согласован с длиной волны, максимально приближены друг другу, и имеют соосные отверстия для закрепления приемного патрубка и диэлектрического вала. С наружной стороны экранирующего корпуса измельчитель и сверхвысокочастотные генераторы установлены так, что излучатели направлены внутрь вращающегося сферического резонатора равномерно по периметру диэлектрического пластинчатого сегмента. Сферический резонатор перфорирован, размеры отверстий согласованы с размерами частиц готовой продукции. Разработана операционно-технологическая схема работы установки со сферическим дифракционным резонатором для термообработки сырья в непрерывном режиме. Проведена оценка микробиологических показателей непищевых отходов убоя животных после воздействия ЭМП СВЧ. В результате исследований разработана микроволновая технология термообработки непищевых отходов убойных животных с высокой влажностью для линии производства белкового корма с использованием сферического перфорированного резонатора. Проведена положительная оценка микробиологических показателей продукта, обработанного в электромагнитном поле сверхвысокой частоты.

Ключевые слова: генератор сверхвысокой частоты, перфорированный или дифракционный сферический резонатор, непищевые отходы убоя животных, непрерывный режим работы, экранирующий корпус, измельчитель, влажное сырье.

Введение. Для переработки непищевых отходов убоя и переработки птицы и животных имеются разные технологии и технические средства, поэтому необходимо обосновать подбор наиболее эффективного метода. Переработка такого сырья предполагает получение биологически ценного, безопасного и стойкого при хранении корма для животных. Необходимое условие достижения этой цели – термообработка непищевых отходов животного происхождения для их обеззараживания и обезвоживания. Для получения высококачественного кормового продукта, в котором максимально сохраняется биологическая ценность исходного сырья, необходимо свести к минимуму время термообработки и использовать экономичные и экологически чистые технологии.

Известно, что отходы убоя животных варят острым паром в специальных котлах, под давлением. Существует большое разнообразие конструкций варочного котла паровой группы, отличающихся технологией производства. Котлы периодического действия работают по принципу загрузки сырья через определенные

промежутки времени. Варочные котлы непрерывного действия работают по принципу конвейера. Компоненты загружают в котел, нагревают, перемешивают, отстаивают и выгружают [12]. Главное преимущество – это технология исключает подгорание, но процесс очень длительный.

При использовании нагрева сырья с помощью энергии сверхвысокочастотных (СВЧ) колебаний из-за проникновения волны в сырье происходит преобразование этой энергии в тепло не на поверхности, а в его объеме, и поэтому можно добиться более интенсивного нарастания температуры при большей равномерности нагрева по сравнению с традиционными способами. Это обеспечивает улучшение качества продукта, стерильность процесса и безынерционность регулирования нагревом [7, 8, 9].

Имеющие СВЧ установки, изготовленные с использованием нескольких источников энергии, требуют специальных средств защиты магнетронов от отраженной мощности; в них сложно обеспечить равномерность нагрева сырья [14]. Анализируя существующие ап-

паратные решения СВЧ установок, можно сделать выводы [10, 15, 16]:

1) для передачи энергии от магнетрона к нагрузке без потерь, необходимо согласовать все элементы электродинамической системы (генератор-резонатор-нагрузка);

2) изменение характеристик сырья при воздействии ЭМП СВЧ приводит рассогласованию нагрузки с волноводом;

3) самой максимальной собственной добротностью обладают резонаторы сферического исполнения.

Анализ разработанных технологических процессов термообработки сырья показывает, что непрерывный режим работы можно достичь за счет: опрокидывающихся передвижных резонаторов и с использованием перфорированных резонаторов, расположенных в экранирующем корпусе с запердельными волноводами, обеспечивающими прием сырья и выгрузку готовой продукции.

Преимущественнее следует проектировать сферические резонаторы, у которых собственная добротность достигает 6000...10000. Величина нагруженной добротности резонатора, т.е. отношение запасенной энергии к общим потерям, одного и того же резонатора может изменяться в широких пределах (100...500) за счет изменения связи с нагрузкой [5, 6, 14].

При использовании многомодовых резонаторов, геометрия электромагнитного поля эффективнее взаимодействует с сырьем при определенном значении диаметра резонатора. Например, максимум интенсивности нагрева достигается тогда, когда диаметр резонатора равен длине волны электромагнитного поля [14]. Поэтому при проектировании резонатора следует учитывать, что только при его сферическом исполнении, диаметр которого согласован с длиной волны, можно достичь максимальной собственной добротности резонатора. В связи с этим нами проектируется СВЧ установка, снабженная маломощными источниками энергии, с воздушным охлаждением, обеспечивающая равномерность нагрева сырья за счет использования вращающегося сферического резонатора, заполненного малым объемом сырья, согласованным с глубиной проникновения ЭМП СВЧ.

Разработка сверхвысокочастотной установки со сферическим резонатором для работы в непрерывном режиме, с несколькими излучателями от СВЧ генераторов малой мощности, для обеспечения максимума интенсивности нагрева сырья, актуальна.

Условия, материалы и методы исследований. В работе пользовались статистической обработкой результатов исследования с применением компьютерных программ Microsoft

Excel 10.0, Statistic 5.0, трехмерного моделирования конструктивного исполнения СВЧ установок в программе Компас-3D V15.

Качество сырья определяли комплексом микробиологических, органолептических и физико-химических показателей в соответствии с требованиями действующей нормативной документации. Важнейшими характеристиками продуктов является их безопасность и микробиологическая стойкость, поэтому для оценки качества сырья пользовались количественными и качественными микробиологическими показателями. Наиболее распространенный микробиологический тест для контроля качества продукции – это общее количество микроорганизмов, обнаруженных в единице массы сырья, характеризуется показателем КМАФАнМ (количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов) [4, 11, 13].

Оценка пищевой ценности образцов исследуемого продукта проведены в ФБУ «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Чувашской Республике». [1, 2, 3].

Анализ и обсуждение результатов исследований. Обоснован комплекс конструктивно-технологических параметров и рабочих режимов СВЧ установок, обеспечивающих получение высококачественного продукта при сниженных эксплуатационных затратах, подтвержденных результатами эффективного функционирования установок в производственных условиях [5,6].

Нами разработана методика проектирования СВЧ установки для термообработки непищевых отходов убоя животных. Ниже приведено описание реализации технических требований, предъявляемых к конструкционному исполнению СВЧ установки для термообработки непищевых отходов животного происхождения.

1. Непрерывность технологического процесса достигается за счет перфорации резонаторов.

2. Высокая напряженность электрического поля, при которой бактериальная микрофлора уничтожается, достигается за счет уменьшения объема резонатора или использования тороидального резонатора, где в центральной цилиндрической части с малым расстоянием между основаниями, предусмотрено наложение двух разных длин радиоволн.

3. Высокая собственная добротность резонатора достигается за счет его сферического, тороидального и цилиндрического исполнения.

4. Радиогерметичность установки достигается за счет использования экранирующего

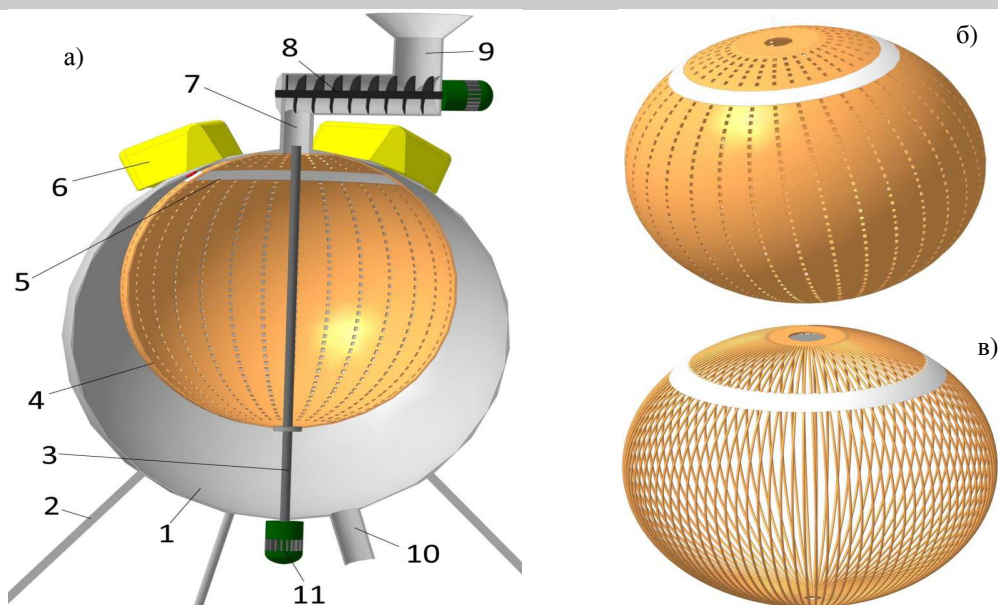


Рисунок 1 – Пространственное изображение сверхвысокочастотной установки со сферическим резонатором для термообработки сырья животного происхождения в непрерывном режиме (в разрезе): а) общий вид; б) сферический перфорированный резонатор; в) дифракционный резонатор; 1 – сферический экранирующий корпус; 2 – монтажный каркас; 3 – вал диэлектрический для привода резонатора; 4 – сферический дифракционный резонатор; 5 – диэлектрический пластинчатый сегмент (поверхность между параллелями сферической поверхности); 6 – СВЧ генератор; 7 – приемный патрубок; 8 – нагнетательный шнек; 9 – загрузочный патрубок; 10 – выгрузной патрубок; 11 – электродвигатель для привода резонатора

корпуса из неферромагнитного материала и запредельных волноводов место приемных и разгрузочных патрубков.

5. Универсальность установки для широкого класса сырья достигается регулированием диаметра отверстий перфорации резонатора.

6. Равномерность распределения электрического поля и сырья в резонаторе достигается за счет его сферического исполнения и использования диссектора, одновременно обеспечивающего распределения сырья из центральной части к периферии и защиту соседних магнетронов от отраженного потока излучений.

7. Увеличение производительности установки достигается за счет использования нескольких маломощных генераторов, обеспечивающих многократное воздействие электромагнитного поля сверхвысокой частоты на сырье, повышающее бактерицидный эффект.

8. Возможность демонтажа узлов установки направлена на обеспечения санитарной обработки после проведения термообработки сырья.

С учетом указанных требований разработана СВЧ установка для термообработки влажного сырья в непрерывном режиме с новым конструктивным исполнением резонатора.

Разработанная установка состоит из сферического резонатора 4 в сферическом экранирующем корпусе 1 (рисунок 1), установленном на монтажный каркас 2. Вдоль вертикальной оси резонатора 4 проложен диэлектрический

вал 3. Сферический экранирующий корпус 1 содержит с нижней стороны выгрузной патрубок 10, а в верхней части – приемный патрубок 7.

Вращающийся сферический резонатор 4 в верхней части содержит пластинчатый диэлектрический сегмент, шириной не более четверти длины волны. По вертикальной оси сферического резонатора 4 установлен диэлектрический вал 3, вращающийся от электродвигателя 11 через передаточные механизмы. Электродвигатель 11 расположен с наружной стороны экранирующего корпуса 1 на монтажном корпусе 2. Верхние части сферического экранирующего корпуса 1 и сферического резонатора 4 максимально приближены друг другу, и имеют соосные отверстия для закрепления приемного патрубка 7 к экранирующему корпусу 1 и для подачи сырья в сферический резонатор 4, диаметр которого согласован с длиной волны.

С наружной стороны экранирующего корпуса 1 сверху установлен измельчитель с загрузочным патрубком 9 так, что нагнетательный шнек 8 состыкован с приемным патрубком 7, выполняющим функцию запредельного волновода. Вокруг приемного патрубка 7 равномерно по периметру с наружной стороны экранирующего корпуса 1 установлены сверхвысокочастотные генераторы 6. Причем излучатели от каждого СВЧ генератора 6 направлены в толщину экранирующего корпуса, внутрь сферического резонатора 4 в тех ме-

Таблица 1 – Технические характеристики СВЧ установки

Наименование	
Производительность, кг/ч	30...36
Мощность СВЧ генераторов, кВт	3,6
Мощность привода измельчителя, кВт	0,8
Мощность СВЧ установки, кВт	4,4
Удельные энергетические затраты, кВт·ч/кг	0,122...0,147

стах, где имеется диэлектрический пластинчатый сегмент 5. Сферический резонатор 4 может быть перфорированным (рис. 1б) или дифракционным (рис. 1в). Резонатор назвали дифракционным, когда сферическая поверхность образована меридианами, расположенными через щель и выполненными из стержней из неферромагнитного материала. Размеры отверстий перфорации сферы и щели между меридианами согласованы с размерами частиц готовой продукции.

Технологический процесс термообработки сырья животного происхождения в непрерывном режиме происходит следующим образом. Включить электродвигатель 11 для вращения сферического резонатора 4. И включить электродвигатель нагнетательного шнека 8. После чего из загрузочного патрубка 9 сырье попадает с помощью нагнетательного шнека 8 в приемный патрубок 7. Далее предварительно измельченное сырье в нагнетательном шнеке, попадает в сферический резонатор 4. После этого следует включить сверхвысокочастотные генераторы 6 на определенные мощности. СВЧ генераторные блоки следует включать, если имеется сырье в резонаторе. В связи с тем, что излучатели расположены над уровнем диэлектрической пластины 5, излучения будут направлены в сферический резонатор 4. Тогда сырье подвергается воздействию электромагнитного поля сверхвысокой частоты, варится, и в процессе вращения резонатора 4, ударяясь о его стенки, дополнительно измельчается.

Размеры частиц сырья в процессе варки уменьшаются и просачиваются через щели, если дифракционный резонатор, а если перфорированный резонатор, то через отверстия. Сваренные частицы подвергаются завихрению из-за вращения резонатора, осаждаются и накапливаются на дне экранирующего корпуса 1, выводится через выгрузной патрубок 10.

Мощность СВЧ генераторов и частота вращения сферического резонатора регулируются. Сырье в процессе воздействия ЭМП СВЧ подвергается термообработке, варится, обезжиривается и измельчается в виде крупы, и проходит через перфорацию. За счет вращения резонатора, сырье дополнительно измель-

чается и перемешивается, что и обеспечивает его равномерный нагрев. Режим термообработки сырья контролируется регулятором мощности СВЧ генератора, частотой вращения резонатора и объемом его загрузки. Производительность установки зависит от количества и мощности сверхвысокочастотных генераторов, электрофизических параметров сырья. К преимуществам установки можно отнести то, что при выходе из строя одного источника СВЧ энергии не следует остановить весь технологический процесс.

Режимы термообработки непивевого сырья зависят от вида и состава сырья, от содержания влаги и жира в процентах к объему сырья, от электрофизических параметров сырья и т.д. Технические характеристики СВЧ установки со сферическим резонатором для термообработки непивевых отходов животного происхождения в непрерывном режиме приведены в таб. 1.

Выводы. Разработана сверхвысокочастотная установка, позволяющая реализовать основные требования к их проектированию с использованием маломощных генераторов с воздушным охлаждением для применения в фермерских хозяйствах, а именно возможность: вариации производительности; обеспечения непрерывности технологического процесса при достаточной радиогерметичности; соблюдения равномерного нагрева влажного сырья в резонаторе, обладающей высокой собственной добротностью.

Непрерывность технологического процесса обеспечивается за счет вращения сферического резонатора, в процессе которого измельченное сырье высокой влажности обезвоживается, перемешивается и подвергается равномерной термической обработке в электромагнитном поле сверхвысокой частоты. Все это обеспечивается благодаря новому конструкционному исполнению резонатора в виде перфорированной или дифракционной сферы, расположенного в экранирующем корпусе с запердельными волноводами, выполняющими функции приемных и выгрузных патрубков, согласованных с длиной волны.

Литература

1. Белова М.В. Повышение эффективности функционирования многомодульных агрегатов для агроинженерных технологий / М.В. Белова, Б.Г. Зиганшин // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2013.–№ 3 (29). – С. 49–52.
2. Белова М.В. Установка для термообработки крови с.-х. животных / М.В. Белова, Б.Г. Зиганшин, Н.Т. Уездный // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2013. – № 3 (29). – С. 53–56.
3. Белова М.В. Использование СВЧ техники для термообработки крови убойных животных / М.В. Белова, Н.Т. Уездный // Известия Оренбургского ГАУ: 2014, № 1 (45). – С. 56–58.
4. Белова М.В. Методика обоснования параметров установки для термообработки сырья убойных животных / М.В. Белова, Б.Г. Зиганшин, Г.В. Новикова // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2014.– № 2. – С. 58–62.
5. Белова М.В. Конструктивные особенности резонаторов сверхвысокочастотных установок для термообработки сырья в поточном режиме / М.В. Белова // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2015.– № 4 (38) – С. 31–37.
6. Белова М.В. Объемные резонаторы СВЧ генератора для термообработки сырья в поточном режиме / М.В. Белова, Б.Г. Зиганшин, А.Н. Федорова, Д.В. Поручиков // Естественные и технические науки. – Москва: «Спутник+», 2015, № 1. – С.121–123.
7. Белова М.В. Блок-схема модернизации СВЧ установки для термообработки сырья / М.В. Белова, И.М. Селиванов, Н.И. Махоткина //Естественные и технические науки. – Москва: «Спутник+», 2015, № 2. – С. 127–128.
8. Белов А.А. Разработка радиоволновых установок для термообработки сырья / А.А. Белов, Г.В. Жданкин, В.Ф. Сторчевой // Вестник НГИЭИ.–2016. № 10 (65). – С. 16–24.
9. Жданкин Г.В. Разработка сверхвысокочастотной установки для термообработки непищевых отходов убоя и переработки птицы / Г.В. Жданкин, В.Ф. Сторчевой // Научная жизнь. – М.: ЗАО «Алкор», 2016, –№ 9. – С. 24–26.
10. Зиганшин Б.Г. Электродинамический анализ резонаторов, используемых в сверхвысокочастотных установках / Б.Г. Зиганшин, М.В. Белова, Г.В. Новикова, А.Н. Матвеева, О.И. Петрова // Естественные и технические науки. – Москва: «Спутник+», 2015.– № 6. –С. 477–480.
11. Зиганшин Б.Г. Термообработка крови убойных животных / Б.Г. Зиганшин, М.В. Белова, Н.Т. Уездный // Естественные и технические науки. – Москва: «Спутник+», 2015, № 1. – С. 125–127.
12. Ивашов В.И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности. Ч.1. Оборудование для убоя и первичной обработки. – М.: Колос, 2001, С. 330.
13. 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. – Москва: «Спутник+», 2015, № 6. – С. 485... 487.
14. Пчельников Ю.Н. Электроника сверхвысоких частот / Ю.Н. Пчельников, В.Т. Свиридов. – М.: Радио и связь, 1981. – 96 с.
15. Самоделкин А.Г. Многорезонаторная установка для плавления жира / А.Г. Самоделкин, Г.В. Новикова, М.В. Белова, И.Г. Ершова, А.А. Белов // Естественные и технические науки. – Москва: «Спутник+», 2015, № 6. – С. 492...494.

Сведения об авторах:

Жданкин Георгий Валерьевич – кандидат экономических наук, доцент, e-mail: gdankin@inbox.ru
 Зиганшин Булат Гусманович – доктор технических наук, профессор e-mail: zigan66@mail.ru
 ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», г. Казань, Россия.
 Белова Марьяна Валентиновна – доктор технических наук, e-mail: NovikovaGalinaV@yandex.ru

DEVELOPMENT AND SUBSTANTIATION OF PARAMETERS OF MICROWAVE INSTALLATION WITH SPHERICAL REONATOR FOR THERMAL PROCESSING OF BOILER WASTES

Zhdankin G.V., Ziganshin B.G., Belova M.V.

Abstract. The improvement of microwave technology and the design of installations, that ensure the matching of the processes of dehydration, grinding and heat treatment of non-food animal slaughter waste is an urgent task. The purpose of the work is the development and justification of the effective parameters of the operation of a microwave plant for heat treatment of non-food waste of animal origin of high humidity in a continuous mode, which ensures the improvement of the quality of the feed product with the least operating costs. In the work we used statistical processing of the results of the research, using computer programs Microsoft Excel 10.0, Statistic 5.0, 3D modeling of the design of microwave installations in the Compass-3D V15 program. The developed microwave device with a spherical perforated resonator provides for combining the processes of dewatering, grinding and heat treatment of raw materials in a continuous mode. It contains a rotating spherical resonator in a spherical shielding body, with a receiving and unloading nozzles. A dielectric shaft is rotated along the vertical axis of the resonator, rotating from the electric motor. The upper parts of the spherical shielding unit and the spherical resonator, whose diameter is matched to the wavelength, are as close as possible to each other, and have coaxial holes for fixing the receiving branch pipe and the dielectric shaft. On the outside of the shielding case, a chopper and microwave generators are installed, so that the emitters are directed into the rotating spherical resonator uniformly along the perimeter of the dielectric plate segment. The spherical resonator is perforated, the dimensions of the holes are coordinated with the particle sizes of the finished products. An operating-

technological scheme for the operation of a device with a spherical diffraction cavity for heat treatment of raw materials in a continuous mode is developed. The microbiological indices of the non-food waste of animals slaughter after exposure of electromagnetic fields and ultrahigh frequencies were estimated. As a result of the research, a microwave technology was developed for heat treatment of non-food waste of slaughter animals with high humidity for the production line of protein feed, using a spherical perforated resonator. A positive evaluation of the microbiological indices of a product, treated in an electromagnetic field of an ultrahigh frequency, was carried out.

Key words: superhigh-frequency generator, perforated or diffractive spherical resonator, non-food waste of animal slaughter, continuous operation mode, shielding case, chopper, wet feed.

References

1. Belova M.V. Improving the efficiency of multi-module units operation for agroengineering technology. [Povyshenie effektivnosti funktsionirovaniya mnogomodulnykh agregatov dlya agroinzhenernykh tekhnologiy]. / M.V. Belova, B.G. Ziganshin // *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – The Herald of Kazan State Agrarian University.* – Kazan: 2013, № 3 (29). – P. 49-52.
2. Belova M.V. Installation for the heat treatment of blood of farm animals. [Ustanovka dlya termoobrabotki krovi selskokhozyaystvennykh zhivotnykh]. / M.V. Belova, B.G. Ziganshin, N.T. Uezdnyy // *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – The Herald of Kazan State Agrarian University.* – Kazan: 2013, №3 (29). – P. 53-56.
3. Belova M.V. Methods of justification of device parameters for the heat treatment of raw slaughtered animals. [Metodika obosnovaniya parametrov ustanovki dlya termoobrabotki syrya uboynykh zhivotnykh]. / M.V. Belova, B.G. Ziganshin, G.V. Novikova // *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – The Herald of Kazan State Agrarian University.* – Kazan: 2014, № 2 (29). – P. 58-62.
4. Belova M.V. A technique for substantiating the parameters of an installation for heat treatment of raw materials of slaughter animals. [Metodika obosnovaniya parametrov ustanovki dlya termoobrabotki syrya uboynykh zhivotnykh]. / M.V. Belova, B.G. Ziganshin, G.V. Novikova // *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – The Herald of Kazan State Agrarian University.* – Kazan: 2014, № 2. – P. 58-62.
5. Belova M.V. Features of resonators of microwave installations for thermal treatment of the raw material in-line mode. [Konstruktivnye osobennosti rezonatorov sverkhvysokochastotnykh ustanovok dlya termoobrabotki syrya v potochnom rezhime]. / M.V. Belova // *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – The Herald of Kazan State Agrarian University.* – Kazan: 2015, № 4 (38) – P. 31...37.
6. Belova M.V. Volumetric resonators of a microwave generator for heat treatment of raw materials in a flow mode. [Obemnye rezonatory SVCh generatora dlya termoobrabotki syrya v potochnom rezhime]. / M.V. Belova, B.G. Ziganshin, A.N. Fedorova, D.V. Poruchikov // *Estestvennye i tekhnicheskie nauki. - Natural and technical sciences* – Moskva: «Sputnik+», 2015, № 1. – P. 121...123.
7. Belova M.V. Flowchart for modernization of microwave equipment for heat treatment of raw materials. [Blok-skema modernizatsii SVCh ustanovki dlya termoobrabotki syrya]. / M.V. Belova, I.M. Selivanov, N.I. Makhotkina // *Estestvennye i tekhnicheskie nauki. - Natural and technical sciences.* – Moskva: “Sputnik+”, 2015, № 2. – P. 127...128.
8. Belov A.A. Development of radio wave equipment for heat treatment of raw materials. [Razrabotka radiovolnovykh ustanovok dlya termoobrabotki syrya]. / A.A. Belov, G.V. Zhdankin, V.F. Storcheva // *Vestnik NGIEI. – Th Herald of National Research and Design Institute*, 2016, № 10 (65). – P. 16...24.
9. Zhdankin G.V. Development of an ultrahigh-frequency plant for heat treatment of non-food waste slaughter and poultry processing. [Razrabotka sverkhvysokochastotnoy ustanovki dlya termoobrabotki nepischevykh otkhodov uboia i pererabotki ptitsy]. / G.V. Zhdankin, V.F. Storchevoy // *Nauchnaya zhizn. - Scientific life.* – M.: ZAO “Alkor”, 2016, № 9. – P. 24...26.
10. Ziganshin B.G. Electrodynamic analysis of resonators used in superhigh-frequency installations. [Elektrodynamiceskii analiz rezonatorov, ispolzuemykh v sverkhvysokochastotnykh ustanovkakh]. / B.G. Ziganshin, M.V. Belova, G.V. Novikova, A.N. Matveeva, O.I. Petrova // *Estestvennye i tekhnicheskie nauki. - Natural and technical sciences* – Moskva: “Sputnik+”, 2015, № 6. - P. 477...480.
11. Ziganshin B.G. Heat treatment of blood of slaughter animals. [Termoobrabotka krovi uboynykh zhivotnykh]. / B.G. Ziganshin, M.V. Belova, N.T. Uezdnyy // *Estestvennye i tekhnicheskie nauki. - Natural and technical sciences* – Moskva: “Sputnik+”, 2015, № 1. – P. 125...127.
12. Ivashov V.I. *Tekhnologicheskoe oborudovanie predpriyatiy myasnoy promyshlennosti. Chast 1. Oborudovaniye dlya uboia i pervichnoy obrabotki.* [Technological equipment of enterprises of the meat industry. Part 1: Equipment for slaughtering and primary processing]. – M.: Kolos, 2001. – P. 330.
13. 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. 485-487
14. Pchel'nikov Yu.N. *Elektronika sverkhvysokikh chastot.* [Ultrahigh-frequency electronics]. / Yu.N. Pchel'nikov, V.T. Sviridov. – M.: Radio i svyaz, 1981. – P. 96.
15. Samodelkin A.G. Multiresonator plant 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.* – Moskva: “Sputnik+”, 2015, № 6. – P. 492...494.

Authors:

Zhdankin Georgiy Valerevich – Ph.D. of Economic sciences, Associate Professor, e-mail: gdankin@inbox.ru

Ziganshin Bulat Gusmanovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: zigan66@mail.ru

Belova Maryana Valentinovna – Doctor of Technical Sciences, e-mail: NovikovaGalinaV@yandex.ru.