

## ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

УДК 637.02

### РАЗРАБОТКА СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ТЕРМООБРАБОТКИ НЕПИЩЕВЫХ БОЕНСКИХ ОТХОДОВ

**Г. В. Жданкин**, канд. экон. наук, доцент;  
**Г. В. Новикова**, д-р техн. наук, профессор,  
ФГБОУ ВО Нижегородская ГСХА,  
пр-т Гагарина, 97, г. Нижний Новгород, Россия, 603107  
E-mail: [ngsha-kancel-1@bk.ru](mailto:ngsha-kancel-1@bk.ru)

*Аннотация.* Предметом исследования является технологический процесс термообработки, обеззараживания и разделения на фракции непищевых боенских отходов в непрерывном режиме в сверхвысокочастотной установке с коническими резонаторами, обеспечивающими центрифугирование сырья. Описана разработка сверхвысокочастотной установки для термообработки непищевых отходов животного происхождения в непрерывном режиме. Трехмерное моделирование конструктивного исполнения СВЧ-установки проведено в программе Компас-3D V15. Описан принцип действия разработанной сверхвысокочастотной установки для термообработки сырья животного происхождения и отделения жидкой фракции. Установка содержит цилиндрический экранирующий корпус, внутри которого расположены рабочие камеры, состоящие из двух узлов. В верхнем узле расположена коническая часть резонатора с внутренней насечкой, а в нижнем узле – вращающаяся дисковая терка как основание резонатора с конической тарелкой с прорезями на образующей, выполненной из диэлектрического материала. Электроприводной модуль расположен под нижним основанием экранирующего корпуса. Разделение сырья на жидкую и твердую фракции происходит за счет центрифугирования. Приведена технико-экономическая оценка применения разработанной сверхвысокочастотной установки для термообработки непищевых боенских отходов, производительностью 200 кг/ч. За счет улучшения микробиологических показателей увеличивается срок годности продукта.

*Ключевые слова:* сверхвысокочастотный генератор, термообработка, обеззараживание, непищевые отходы животного происхождения, многомодульная установка, центрифуга.

**Введение.** В процессе убоя скота и переработки мяса на бойнях и мясоперерабатывающих предприятиях образуется значительное количество биологических отходов, утилизация которых строго регламентируется ветеринарно-санитарными правилами сбора, утилизации биологических отходов. Сюда относятся непищевые отходы и малоценные в пищевом отношении продукты, получаемые при переработке скота, птицы, кроликов и других животных, а также отходы пищевой, технической и специальной продукции на мясокомбинатах, в колбасных, консервных цехах.

Операционно-технологическая схема переработки отходов убоя в корма в мясокомбинатах включает сортировку, измельчение, варку, разделение на фракции и скармливание животным. Непищевые отходы жира, мяса, шкур, боя костей, крови измельчают до определенного размера взвешенных твердых частиц. Затем измельченное сырье при помощи роторно-лопастного насоса перекачивается на шнековый пресс-сепаратор, где разделяется на твердую и жидкую фракции. Измельченные отходы боен, содержащие большое количество жидкости, направляются для разделения

на твердую и жидкую фракцию на шнековый сепаратор, где удаляется большая часть свободной и связанной жидкости. Твердые составляющие содержат сухие вещества 35%...40%. Жидкая фракция поступает на доочистку от оставшихся взвешенных примесей и жира на сепараторы [1].

В малых фермерских хозяйствах, где нет специализированного оборудования, трудно решаются задачи, связанные с переработкой непищевых отходов. Здесь требуется продуманный подход к переработке отходов при сниженных эксплуатационных затратах и к эффективному использованию продукции в качестве белкового корма. Поэтому совмещение процессов измельчения, варки, стерилизации и отделение жидкой фракции в одном устройстве – актуальная задача.

Нами разработаны установки, совмещающие процессы измельчения сырья, термообработки и обеззараживания продукта с использованием микроволновой технологии [2–10]. Однако, задача повышения кормовой ценности непищевых боенских отходов воздействием электромагнитного поля сверхвысокой частоты в непрерывном режиме, в сочетании с механическим измельчением и центрифугированием при использовании мало-мощных магнетронов, остается нерешенной.

Цель работы – разработка сверхвысоко-частотной установки, для термообработки непищевых отходов животного происхождения в непрерывном режиме.

**Методика.** Трехмерное моделирование конструктивного исполнения СВЧ-установки проведено в программе Компас-3D V15. В научной работе обосновываются конструирования объемных резонаторов по программам трехмерного компьютерного моделирования электрического поля CST Studio Suite 2015 и ее подпрограммы CST Microwave Studio. Исследование закономерностей технологических процессов выполнено на основе научной гипотезы о поведении электродинамических систем при обеспечении непрерывного режима термообработки сырья, реализованного в СВЧ-установках [11–15].

**Результаты.** Сверхвысоко-частотная (СВЧ) установка для термообработки сырья животного происхождения и отделения жидкой фракции содержит: цилиндрический экранирующий корпус 1, внутри которого по периферии

расположены рабочие камеры 2 (рис. 1). На крышке экранирующего корпуса 1 расположены СВЧ генераторные блоки 3. Каждая рабочая камера 2 состоит из двух частей. Нижняя часть рабочей камеры содержит сливной патрубков 4 из неферромагнитного материала, выполняющий функцию запредельного волновода. Все сливные патрубки соединены с емкостью 5 для сбора жидкой фракции. Для этого рабочие камеры установлены по периферии цилиндрического экранирующего корпуса так, что сливные патрубки 4 направлены в центр, где расположена емкость 5. Через крышку экранирующего корпуса 1 и корпуса верхней части 9 рабочей камеры 2 проложен корпус нагнетательного шнека от измельчителя 6. Причем, измельчающий механизм (решетка и нож) 10 вставлен в боковую поверхность конического корпуса и конической части резонатора 11. С боковой стороны экранирующего корпуса 1 (снаружи) установлены емкости 7 для сбора твердой фракции. Каждая рабочая камера 2 имеет индивидуальный электроприводной блок 8, установленный под основанием экранирующего корпуса 1 и прикрепленный к монтажному каркасу.

В верхней части рабочей камеры 2 имеется коническая часть 11 резонатора, выполненная в виде терки с внутренней насечкой и фиксированная вплотную к коническому корпусу из неферромагнитного материала с помощью специального фиксатора. Причем, этот конический корпус направлен соосно в нижнюю часть 13 рабочей камеры 2. Нижняя часть 13 рабочей камеры 2 состоит из конической диэлектрической тарелки 14 и конического поддона 15 из неферромагнитного материала.

Основание конического поддона с малым диаметром, выполненный под наклоном и содержащий сливной патрубков 4 для слива жидкой фракции продукта, устанавливается на электроприводной блок 8. При этом на вал электродвигателя жестко фиксируется, с помощью зажимного винта, коническая диэлектрическая тарелка 14 с прорезами на образующей и дисковая часть резонатора в виде терки 12, расположенная на основании тарелки 14. На верхнем крае конического поддона 15 имеется вырез для выгрузки твердой фракции продукта. Коническая часть резонатора (усеченный конус) 11, выполнена в виде терки с

внутренней насечкой. Дисковая часть резонатора 12 выполнена также в виде терки. Размеры конического резонатора с насечкой согласованы с длиной волны. Коническая диэлектрическая тарелка 14 и дисковая часть 12 резонатора устанавливаются на вал электродвигателя с помощью зажимного винта, что позволяет легко демонтировать узлы. Дисковая часть резонатора 12 выполнена в виде терки и

по центру имеет отверстие 16. Образующая конической диэлектрической тарелки 14 выполнена с прорезами. На основании тарелки по центру имеется отверстие 16 для вала электродвигателя. Конический поддон 14 по центру имеет подставку для конической тарелки 14 и отверстие 17 для вала электродвигателя. Все эти отверстия 16, 17 расположены соосно.

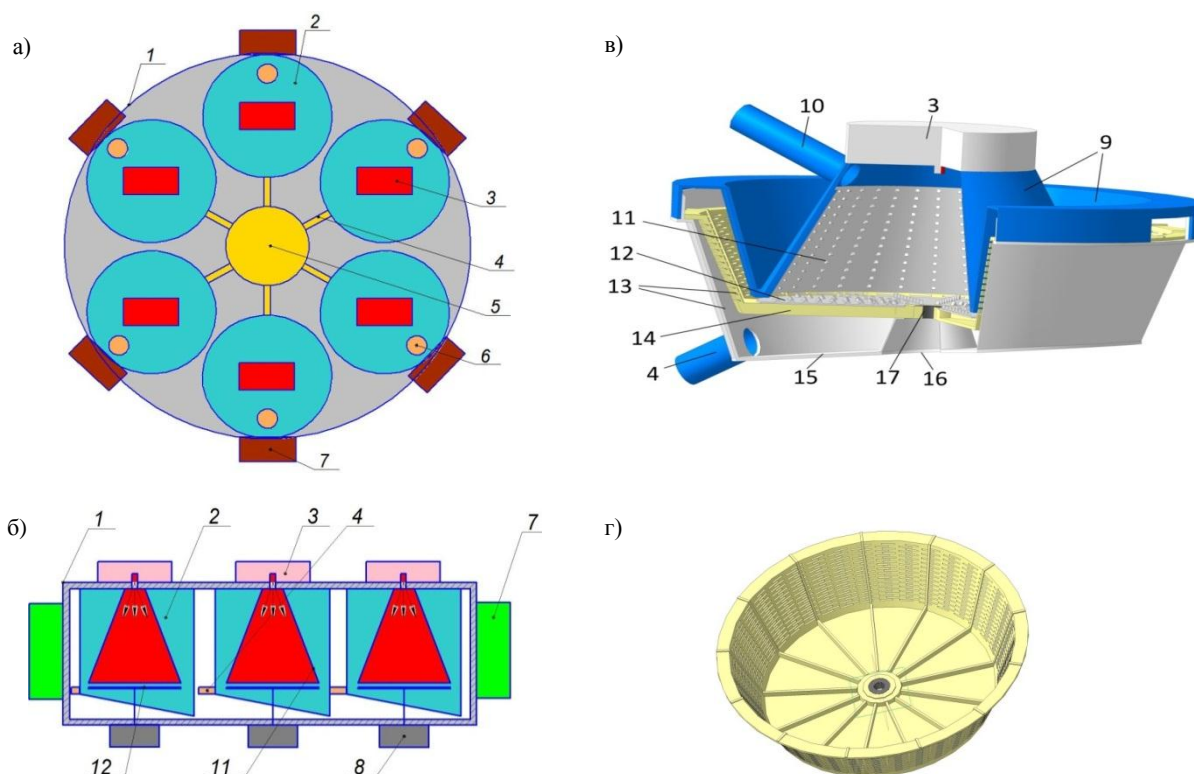


Рис. 1. Многомодульная центробежная сверхвысокочастотная установка для термообработки сырья и отделения жидкой фракции:

а) вид сверху; б) вид сбоку; в) пространственное изображение рабочей камеры; г) коническая тарелка; 1 – цилиндрический экранирующий корпус; 2 – рабочие камеры; 3 – сверхвысокочастотные генераторные блоки; 4 – сливные патрубки; 5 – емкость для жидкой фракции; 6 – измельчители; 7 – емкости для твердой фракции; 8 – электродвигатели; 9 – верхняя часть рабочей камеры; 10 – нож, решетка; 11 – конические части резонаторов; 12 – дисковые части резонаторов; 13 – нижняя часть рабочей камеры; 14 – коническая тарелка из диэлектрического материала; 15 – поддон конический из неферромагнитного материала; 16 – отверстие для фиксатора тарелки и диска; 17 – отверстие для вала электродвигателя

Технологический процесс термообработки, обеззараживания и разделения на фракции непищевых отходов происходит следующим образом. Устанавливается на вал электродвигателя поддон 15, коническая тарелка 14 с дисковой теркой 12 и фиксируются с помощью специального зажимного винта. Дисковая терка 12 должна быть прижата к горизонтальным ребрам конической тарелки 14, обра-

зующая центрифугу. Коническая часть резонатора 11 крепится внутри конического корпуса верхней части рабочей камеры за счет защелок. Верхняя часть рабочей камеры 9 фиксируется на поддоне 15 ее поворотом так, чтобы выступы на поддоне вошли в пазы на верхней части рабочей камеры 9. Устанавливаются емкости для твердой фракции в местах, где имеются вырезы на верхних краях конических

поддонов 15. Сливные патрубки 4 направляют в емкость для жидкой фракции 5. Закрывают крышку экранирующего корпуса 1. Подключают установку к сети, включив электродвигатели 8 центрифуг (привода дисковых терок 12 с коническими тарелками 14). Включают электродвигатели волчков 6, которые подают в резонаторную камеру (11, 12) измельченное сырье, где начинаются процессы центрифугирования. Далее, после включения сверхвысокочастотных генераторов 3 сырье нагревается в электромагнитном поле. Конический резонатор выполнен в виде тарелки. В связи с тем, что резонатор представлен в виде конической тарелки (стационарная часть) и дисковой тарелки (вращающаяся часть) одновременно происходит тонкое измельчение сырья, эндогенный нагрев, вытопка жира. В рабочей камере происходит разделение сырья на жидкую и твердую фракции за счет создания избыточного давления между конической тарелкой с прорезями 14 и образующей поддона 15 области отжима. Рабочая камера, содержащая две тарелки, устроена таким образом, что позволяет перерабатывать непищевые отходы разной консистенции после предварительного измельчения с помощью «волчка». Диэлектрическая коническая тарелка 14 с прорезями выполняет функцию центрифуги.

Рабочая камера измельчения, термообработки и отжима сырья позволяет вести переработку неограниченное время за счет эффективного удаления твердой фазы, т. е. не требуется периодической очистки прорезей тарелки 14. Такая конструкция рабочей камеры обеспечивает повышенную эффективность термообработки и обеззараживания сырья, разделение сырья на жидкую и твердую фракцию. Для осуществления указанных технологических процессов необходимо разрушить белко-

вую структуру сырья измельчением. Принцип работы основан на измельчении в центрифуге сырья тарелками и отжимании измельченных масс центробежными силами на прорезях тарелки-центрифуги. Вид и состояние исходного сырья для переработки может быть довольно многообразным. Расплавленная жировая масса стекает через дисковую тарелку 12 в сливной патрубок 4, далее – в емкость для жидкой фракции 5.

В установке используется асинхронный электродвигатель, способный выдерживать длительную непрерывную нагрузку. Дисковая тарелка, выполненная из прочной нержавеющей стали, измельчает сырье в кашицу, затем, попадая в центрифугу, кашица выделяет жидкую фракцию, так как частицы сырья прижимаются к тарелке с прорезями центробежными силами. Для жидкой и твердой фракций предусмотрены две отдельные емкости. Например, измельченное жиросодержащее сырье за 15...30 с нагревается до 85...95°C и плавится, а шквара собирается вверх и выносится через прорези в тарелке. Скорость вращения дисковой тарелки и тарелки, объем измельченного сырья в коническом резонаторе, структура сырья влияют на производительность установки. Установка обеспечивает непрерывность процесса при широком диапазоне свойств исходного сырья. Для получения желаемой степени отжима твердой фракции следует устанавливать конусную тарелку с прорезями с определенным размером.

Разработан вариант установки, когда жидкая фракция сырья преобладает над твердой частью, например, кровь убойных животных. При этом рекомендуется использовать один измельчитель и направляющие трубопроводы для каждой рабочей камеры (рис. 2).

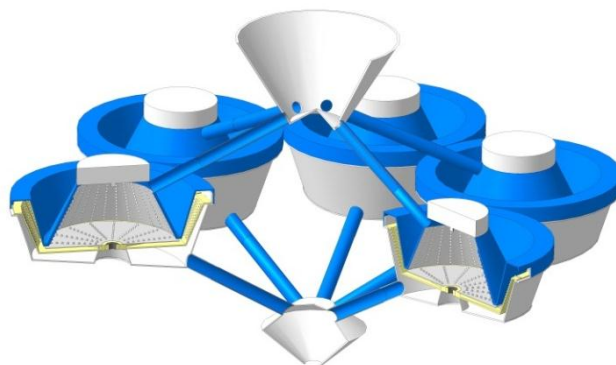


Рис. 2. Сверхвысокочастотная установка для термообработки сырья и отделения жидкой фракции без экранирующей камеры и электроприводов

Производительность установки зависит от количества и мощности СВЧ генераторов, электрофизических параметров сырья, размеров прорезей, содержания твердой фракции в сырье, температуры нагрева и т.п. Установка оборудована панелью управления с регулятором мощности излучения, таймером. Отсепарированная жидкая фракция направляется в накопитель для выделения технического жира, а вареная твердая фракция непищевых отходов направляется для использования в качестве кормовой белковой добавки животным. Разработанную установку можно использовать также для обезжиривания измельченных костей, для извлечения жира из мягкой или твердой жиросодержащей ткани. Сырьем может служить также брак колбасного и консервного цехов, непищевое жиросодержащее сырье, отходы инкубации и т.д.

Для обоснования режимных параметров установки воспользовались матрицей планирования 3-факторного активного эксперимента типа 2<sup>3</sup>. В качестве варьируемых факторов, влияющих на процесс термообработки и обеззараживания непищевых отходов животного происхождения, выбраны: удельная мощность генератора, Вт/г; продолжительность обработки непищевых отходов в ЭМПСВЧ в одном резонаторе, ч; количество СВЧ-генераторов в установке, шт. Критериями оптимизации режимных параметров установки являются: температуры; энергетические затраты; изменение бактериальной обсемененности; производительность установки.

На основе критериальных уравнений получены регрессионные зависимости, которые

позволили определить рациональные режимы работы многомодульной центробежной сверхвысокочастотной установки для термообработки непищевых отходов животного происхождения при отделении жидкой фракции. Из анализа уравнений выявлены такие режимы работы установки, которые обеспечивают минимум удельных энергетических затрат на производство белкового корма и максимум снижения микробиологической обсемененности продукта. Рациональные режимы термообработки и обеззараживания непищевых отходов животного происхождения следующие:

- производительность центрифуги – до 100 кг/ч;
- удельная мощность СВЧ-генератора 5...8 Вт/г;
- количество СВЧ-генераторов в установке – до 6 шт.;
- общая производительность СВЧ-установки – до 200 кг/ч;
- производительность термообработки твердой фракции сырья 35...40 кг/ч; потребляемая мощность СВЧ-установки 11,2 кВт;
- удельные энергетические затраты до 0,055 кВт·ч/кг, в зависимости от вида сырья.

Проведена оценка эффективности применения разработанной СВЧ-установки в технологических процессах переработки непищевых отходов убоя животных. Результаты годового экономического эффекта от применения СВЧ-установок для термообработки сырья приведены в табл. 1.

Таблица 1

Экономические показатели применения СВЧ-установки для термообработки непищевого сырья животного происхождения

№ п/п	Показатели	Базовая	Проектная
1	Балансовая стоимость, руб.	350000	91000
2	Производительность установки, кг/ч	200	200
3	Потребляемая мощность, кВт	12,5	11,2
4	Потребляемая электроэнергия, кВт·ч/кг	0,0625	0,055
5	Эксплуатационные расходы на термообработку сырья, руб./месяц	49583,45	42376
6	Себестоимость расходов на термообработку сырья, руб./кг	1,93	1,89
7	Цена непищевых отходов, руб./кг	10	10
8	Себестоимость термообработанного продукта, руб./кг	11,93	11,89
9	Цена реализации продукта, руб./кг	50	50
10	Прибыль, руб./кг	38,07	38,11
11	Объем выработанной продукции, кг/месяц	22400	22400
12	Капитальные затраты, руб./(кг/месяц)	15,625	4,063
13	Экономический эффект, руб./месяц	52693,76	
14	Рентабельность, %	319	321
15	Рентабельно при объеме выпускаемой продукции свыше, кг/месяц	-	22400
16	Срок окупаемости, месяц	6,64	1,73

Годовой экономический эффект от применения СВЧ-установок для обеззараживания и термообработки непищевых отходов убоя животных за счет снижения эксплуатационных затрат в среднем составляет 50...60 тыс. руб., при объеме выпускаемой продукции 20...25 тонн.

**Выводы.** Разработанная установка, производительностью до 200 кг/ч обеспечивает непрерывность технологического процесса термообработки и обеззараживания многокомпонентного сырья; радиогерметичность; универсальность для термообработки разного сырья животного происхождения; равномерность распределения сырья в объеме резонатора; вари-

ации производительности установки; простой демонтаж узлов. Установку можно изготовить расширенным диапазоном мощности генераторов. В рабочей камере происходит тонкое измельчение сырья, варка, стерилизация и разделение твердой и жидкой фракции.

Высокая интенсивность теплообмена в разработанной СВЧ-установке достигается путем совмещения процессов измельчения сырья в центробежном поле и эндогенного нагрева. Конечный продукт имеет высокое качество, так как полностью обеззараживается. За счет улучшения микробиологических показателей увеличивается срок годности продукта.

#### Литература

1. Ивашов В. И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности. Часть 1. Оборудование для убоя и первичной обработки. М. : Колос, 2001. 552 с.
2. Белова М. В., Зиганшин Б. Г., Уездный Н. Т. Установка для термообработки крови с.-х. животных // Вестник Казанского государственного аграрного университета. Казань. 2013. № 3(29). С. 53–56.
3. Белова М. В. Конструктивные особенности резонаторов сверхвысокочастотных установок для термообработки сырья в поточном режиме // Вестник Казанского государственного аграрного университета. Казань. 2015. № 4(38). С. 31–37.
4. Белова М. В. Разработка сверхвысокочастотных установок для термообработки сельскохозяйственного сырья: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.02. М., 2016. 341 с.
5. Разработка радиоволновых установок для термообработки сырья / А. А. Белов, Г. В. Жданкин, В. Ф. Сторчевой [и др.] // Вестник НГИЭИ. Н. Новгород : ГБОУ ВО НГИЭИ. 2016. № 10(65). С. 7–15.
6. Технические средства для тепловой обработки мясокостного сырья / И. Г. Ершова, М. Г. Сорокина, М. В. Белова [и др.] // Материалы IX междунар. науч.-практ. конф. «Achievement of high school – 2013», том 43. София, Белград : ООД, 2013. С. 26–28.
7. Пат. № 2541694 РФ, МПК C11B1/12. Установка для термообработки жиросодержащего сырья / Г. В. Новикова, И. Г. Ершова, М. В. Белова; заявитель и патентообладатель ЧГСХА (RU). № 2013145358; заявл. 09.10.2013. Бюл. № 5 от 20.02.2015. 6 с.
8. Пат. № 2537552 РФ, МПК A23J 3/12. Установка для термообработки крови сельскохозяйственных животных / М. В. Белова, Н. Т. Уездный, Б. Г. Зиганшин [и др.]; заявитель и патентообладатель ЧГСХА (RU). № 2013137720; заявл. 12.08.2013. Бюл. № 1 от 10.01.2015. 14 с.
9. Пат. № 581224 РФ, МПК. Центробежная установка для термообработки жиросодержащего сырья в электромагнитном поле сверхвысокой частоты / О. В. Михайлова, М. В. Белова, А. А. Белов [и др.]; заявитель и патентообладатель МАДИ (RU). № 2014150840/20 (081472); заявл. 17.12.2014. 12 с.
10. Пат. № 2600697 РФ, МПК. Сверхвысокочастотная установка для плавления жира / И. М. Селиванов, М. В. Белова, А. А. Белов [и др.]; заявитель и патентообладатель АНОВО «АТУ» (RU). № 2015117451; заявл. 28.04.2015. Бюл. № 30 от 03.10.2016. 12 с.
11. Thury J. Microwave: industrial, scientific, and medical applications. Boston : Artech House Publishers, 1992. 475 p.
12. Chew W. C. Waves and Fields in Inhomogeneous Media. New York : Van Nostrand Reinhold, 1990. 182 p.
13. Kachmar M. Microwave Heating : 50MW and Counting // Microwaves & RF. 1992. № 9. P. 41–44.
14. Microwave processing of materials // National Materials Advisory Board. Washington : National Academy Press, 1994. 150 p.
15. Sekkak A., Pichon L., Rzek A. 3-D FEM magneto thermal analysis in microwave ovens // IEEE Trans. Magn. 1994. № 9. P. 3347–3350.

## DEVELOPMENT OF MICROWAVE INSTALLER FOR HEAT TREATMENT OF INEDIBLE SLAUGHTER WASTE

**G. V. Zhdankin**, Cand. Econ. Sci., Associate Professor

**G. V. Novikova**, Dr. Eng. Sci., Professor

Nizhny Novgorod State Agricultural Academy

97 Prospect Gagarina St., Nizhniy Novgorod 603107 Russia

E-mail: [ngsha-kancel-1@bk.ru](mailto:ngsha-kancel-1@bk.ru)

## ABSTRACT

The paper describes the designed installations for the heat treatment of inedible slaughter waste by influence of electromagnetic field of ultrahigh frequency in the continuous mode, in combination with mechanical grinding and centrifugation, when using low-power magnetrons with cooling air. The work purpose is development of microwave installation for the heat treatment of non-food waste of animal origin in the continuous mode. The subject of research is the technological process of heat treatment, disinfection, and separation into fractions of inedible slaughter waste continuous mode in microwave installation with conical resonators for forming centrifugation of raw materials. Three-dimensional modeling design of microwave installation carried out in the program Kompas-3D V15. The principle of operation of developed microwave installation for heat treatment of raw materials of animal origin and the separation of the liquid fraction was described. The installation contains the cylindrical shielding body, which is located inside the working chambers, consisting of two nodes. In the upper node contains conical part of the cavity with the inner notch, and the bottom node holds the rotating disk grater as the base of the resonator with conical bowl with cold forming, made of a dielectric material. Electric drive module located under the lower base of the shielding case. Separation of raw materials in the Jew-hell and solids occurs by centrifugation. The paper gives the technical and economic assessment of application of the developed microwave setup for the heat treatment of inedible slaughter waste, capacity 200 kg/h due to improvements. Improvement of microbiological parameters increases the shelf life of the product.

*Key words: ultra-high frequency generator, heat treatment, disinfection, non-food waste of animal origin, multi-module installation, centrifuge.*

## References

1. Ivashov V. I. Tekhnologicheskoe oborudovanie predpriyatii myasnoi promyshlennosti. Chast' 1. Oborudovanie dlya uboia i pervichnoi obrabotki (Technological equipment of enterprises of the meat industry. Part 1. The equipment for slaughter and primary processing), Moscow, Kolos, 2001, 552 p.
2. Belova M. V., Ziganshin B. G., Uezdnyi N. T. Ustanovka dlya termoobrabotki krovi s.-kh. zhivotnykh (A plant for blood heat treatment of farm animals), Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, Kazan', 2013, No. 3(29), pp. 53–56.
3. Belova M. V. Konstruktivnye osobennosti rezonatorov sverkhvysokochastotnykh ustanovok dlya termoobrabotki syr'ya v potochnom rezhime (Constructional features of resonators of microwave devices for heat treatment of raw materials in operation flow), Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, Kazan', 2015, No. 4(38), pp. 31–37.
4. Belova M. V. Razrabotka sverkhvysokochastotnykh ustanovok dlya termoobrabotki sel'skokhozyaistvennogo syr'ya (Development of microwave installations for heat treatment of agricultural raw materials), dis. ... d-ra tekhn. nauk, 05.20.02, Moscow, 2016, 341 p.
5. Belov A. A., Zhdankin G. V., Storchevoi V. F. et al. Razrabotka radiovolnovnykh ustanovok dlya termoobrabotki syr'ya (Development of radio installations for heat treatment of raw materials), Vestnik NGIEI, N. Novgorod, GBOU VO NGIEI, 2016, No. 10(65), pp. 7–15.
6. Ershova I. G., Sorokina M. G., Belova M. V. et al. Tekhnicheskie sredstva dlya teplovoi obrabotki myasokostnogo syr'ya (Technical equipment for heat treatment of meat and bone raw materials), Materialy IX mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Achievement of high school – 2013», tom 43, Sofiya, Belgrad, OOD, 2013, pp. 26–28. 7. Novikova G. V., Ershova I. G., Belova M. V. Pat. No. 2541694 RF, MPK S11V1/12. Ustanovka dlya termoobrabotki zhirosoderzhashchego syr'ya (Installation for heat treatment of fat-containing raw materials), zayavitel' i patentoobladatel' ChGSKhA (RU), No. 2013145358, zayavl. 09.10.2013, Byul. No. 5 ot 20.02.2015, 6 p.
8. Belova M. V., Uezdnyi N. T., Ziganshin B. G. et al. Pat. No. 2537552 RF, MPK A23J 3/12. Ustanovka dlya termoobrabotki krovi sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh (Installation for heat treatment of farm animals blood), zayavitel' i patentoobladatel' ChGSKhA (RU), No. 2013137720, zayavl. 12.08.2013, Byul. No. 1 ot 10.01.2015, 14 p.
9. Mikhailova O. V., Belova M. V., Belov A. A. et al. Pat. No. 581224 RF, MPK. Tsentrobezhnaya ustanovka dlya termoobrabotki zhirosoderzhashchego syr'ya v elektromagnitnom pole sverkhvysokoi chastoty (Centrifugal installation for heat treatment of fat-containing raw materials in the electromagnetic field of ultrahigh frequency), zayavitel' i patentoobladatel' MADi (RU), No. 2014150840/20 (081472), zayavl. 17.12.2014, 12 p.
10. Selivanov I. M., Belova M. V., Belov A. A. et al. Pat. No. 2600697 RF, MPK. Sverkhvysokochastotnaya ustanovka dlya plavleniya zhira (Microwave installation for fat melting), zayavitel' i patentoobladatel' ANOVO «ATU» (RU), No. 2015117451, zayavl. 28.04.2015, Byul. No. 30 ot 03.10.2016, 12 p.
11. Thuery J. Microwave: industrial, scientific, and medical applications, Boston, Artech House Publishers, 1992, 475 p.
12. Chew W. S. Waves and Fields in Inhomogeneous Media, New York, Van Nostrand Reinhold, 1990, 182 p.
13. Kachmar M. Microwave Heating : 50MW and Counting, Microwaves & RF, 1992, No. 9, pp. 41–44.
14. Microwave processing of materials, National Materials Advisory Board, Washington, National Academy Press, 1994, 150 p.
15. Sekkak A., Pichon L., Razek A. 3-D FEM magneto thermal analysis in microwave ovens, IEEE Trans. Magn., 1994, No. 9, pp. 3347–3350.