

**ВАРИАНТЫ ИСПОЛНЕНИЯ ОБЪЕМНЫХ РЕЗОНАТОРОВ СВЧ-ГЕНЕРАТОРА
ДЛЯ ТЕРМООБРАБОТКИ СЫРЬЯ В ПОТОЧНОМ РЕЖИМЕ**

© 2015

М. В. Белова, кандидат технических наук, докторант
Казанский государственный аграрный университет, Казань (Россия)

Аннотация. В зависимости от своего назначения и соответствующего конструктивного исполнения рабочей камеры установка выполняет одну или несколько технологических операций. Оптимальное решение исполнения всех частей технологической установки находят путем комбинации основных узлов с целью достижения заданных технологических параметров установки при выполнении определенного вида технологических процессов. Процесс технологической обработки сырья происходит либо в замкнутом объеме, либо обрабатываемое сырье постоянно поступает в приемную часть машины, транспортируется внутри нее и подвергается обработке в потоке по пути следования к разгрузочной части машины.

Рабочая камера содержит источники энергии и транспортирующее устройство. Конструктивные и кинематические параметры установки должны соответствовать эффективным режимам технологических процессов обработки с.-х. сырья, выработки продукции высокого качества с минимальным количеством отходов и наименьшим потреблением энергии.

Разработаны СВЧ-установки, состоящие из генераторных блоков с соответствующими объемными резонаторами, расположенными в экранирующем корпусе, и механизмами, обеспечивающими поточность технологического процесса термообработки сельскохозяйственного сырья. В установках СВЧ-нагрева находят применение рабочие камеры в виде объемных резонаторов. Добротность резонатора отношением полного запаса колебательной энергии к потерям за период. Основными вопросами конструирования объемных резонаторов являются выбор типа резонатора, способа его настройки, выбор конструкции основных элементов, элементов связи. Разработаны различные, в том числе сферические и тороидальные варианты исполнения объемных резонаторов, позволяющих провести термообработку сырья в поточном режиме.

Разработана установка для обезжиривания и обеззараживания кишечного сырья убойных животных, предложена установка для обеззараживания и шелушения зерна, СВЧ-установка для обеззараживания зерна, СВЧ установка для измельчения и обеззараживания зерна.

Ключевые слова: генераторные блоки, объемные резонаторы, СВЧ-установка, СВЧ-генератор, термообработка сырья, электрическое и магнитное поле, экранирующий корпус.

Вопросам термообработки сырья и использования СВЧ-генераторов в технологических процессах уделялось и уделяется пристальное внимание. Весомый вклад в решение данных проблем внесли Стародубцева Г. П., Самарин В. А., Пахомов В. И., Афанасьев В. А., Алехина Л. Т., Алешкин В. Р., Андреев В. Б., Андрианов Ю. П., Антипов С. Т., Арсентьева Т. П., Арутюнян Н. С., Басов А. М., Архангельская Н. М., Атабеков Г.И., Богатырева Т. Г., Драганов Б. Х. [1–16] и др.

Известно, что в зависимости от своего назначения и соответствующего конструктивного исполнения рабочей камеры установка выполняет одну или несколько технологических операций. Конструктивные варианты исполнения всех частей технологической установки в каждом случае разные. Оптимальное решение находят путем комбинации основных узлов с целью достижения заданных технологических параметров установки при выполнении определенного вида технологических процессов. Весь процесс технологической обработ-

ки сырья в них происходит либо в замкнутом объеме – в рабочей камере (установки периодического действия), либо обрабатываемое сырье постоянно поступает в приемную часть машины, транспортируется внутри нее и подвергается обработке в потоке по пути следования к разгрузочной части машины (непрерывного действия).

Рабочая камера для эффективного воздействия на сырье энергией электромагнитных излучений сверхвысокочастотного (СВЧ) диапазона содержит источники энергии и транспортирующее устройство. При этом конструктивные и кинематические параметры установки должны соответствовать эффективным режимам технологических процессов обработки сельскохозяйственного (с.-х.) сырья, выработки продукции высокого качества с минимальным количеством отходов и наименьшим потреблением энергии.

Нами разработаны СВЧ-установки, состоящие из генераторных блоков с соответствующими объемными резонаторами, расположенными в

экранирующем корпусе, и механизмами, обеспечивающими поточность технологического процесса термообработки с.-х. сырья. В установках СВЧ нагрева находят применение рабочие камеры в виде объемных резонаторов, линейные размеры которых в 5–6 раз превышают длину волны генератора (12, 24 см). В таких резонаторах существует несколько различных видов колебаний, у каждого из которых свое распределение электрического и магнитного полей. Поля различных видов колебаний, если они возбуждены от одного генератора с фиксированной длиной волны, могут в различных точках внутреннего объема резонатора складываться или вычитаться. В результате в некоторых точках могут быть более сильные поля, а в других – более слабые, поэтому суммарное поле может быть существенно неравномерным. Уменьшение возможности возникновения нежелательных типов колебаний может быть достигнуто различными путями: выбором размеров резонатора; правильной конструкцией и размещением элемента связи (векторы электрического и магнитного полей, возбуждаемые этим элементом, параллельны соответствующим векторам поля, возникающего в резонаторе, и перпендикулярны векторам поля нежелательного типа колебаний); нарушением условий непрерывности линий тока нежелательного типа (выполнение узкой прорези в стенке резонатора, перпендикулярной направлению токов нежелательного типа колебаний и совпадающей с линиями токов возбуждаемых колебаний); помещением внутри резонатора малых по размеру поглощающих элементов, например, резистивных пластин вдоль направления токов нежелательных типов колебания.

Добротность резонатора определяется полностью запасом колебательной энергии к потерям за период. Полный запас энергии резонатора пропорционален объему его полости, а потери энергии – поверхности. Поэтому закругления острых углов резонатора, увеличивающие отношение объема к поверхности, повышает его добротность. Добротность тем больше, чем меньше удельное электрическое сопротивление материала стенок и напряженность магнитного поля у стенок резонатора, т. е. чем меньше ток, возникающий в стенке. На добротность резонатора значительное влияние оказывает качество внутренней поверхности и наличие отверстий. Основными вопросами конструирования объемных резонаторов являются выбор типа резонатора, способа его настройки, выбор конструкции его основных элементов, элементов свя-

зи. Разработанные нами объемные резонаторы представляют на четыре класса: 1) стационарные, вращающиеся и передвижные; 2) с перфорацией и без перфорации, с зазором для сквозного транспортирования продукта; 3) с содержанием заперделных волноводов и замедляющих систем, обеспечивающих управление мощностью потока излучений ЭМИ; 4) с индивидуальным или общим экранирующим корпусом [17]. Задача при конструировании объемного резонатора состоит в том, чтобы выбрать такие размеры и конфигурации, при которых в нем можно было бы возбуждать только определенные виды колебаний, а интерференция между ними давала бы возможно более равномерное электрическое поле по объему.

Разработаны разные варианты исполнения объемных резонаторов, позволяющих провести термообработку сырья в поточном режиме, в том числе сферические и тороидальные. Известно [18], что тороидальный резонатор состоит из полого металлического тора круглого или прямоугольного сечения, разрезанного по окружности с внутренней стороны. Края разреза соединяются двумя параллельными дисками, образующими вместе с тором замкнутую проводящую поверхность. Для определения параметров тороидального резонатора он приближенно представляется как контур с сосредоточенными постоянными, емкость которого определяется емкостью между дисками, а индуктивность – индуктивностью тора. Определив эти значения, находится длина волны, согласующаяся с длиной волны генератора.

Разработана установка для обезжиривания и обеззараживания кишечного сырья убойных животных с использованием СВЧ-генераторов со сферическими резонаторами, выполненными из двух полусфер, помещенных в тороидальный экранирующий корпус, совмещающий функцию кольцевого волновода для обеспечения поля бегущих волн, распространяющихся через зазор между полусферами (рисунок 1, а). Транспортирование дозированного сырья осуществляется в передвижных перфорированных полусферах, а излучатели расположены в стационарных полусферах.

Предложена установка для обеззараживания и шелушения зерна в электромагнитном поле сверхвысокой частоты с поярусно насаженными тороидальными резонаторами с круглым сечением (рисунок 1, б), причем тор собран из неферромагнитных ободков.

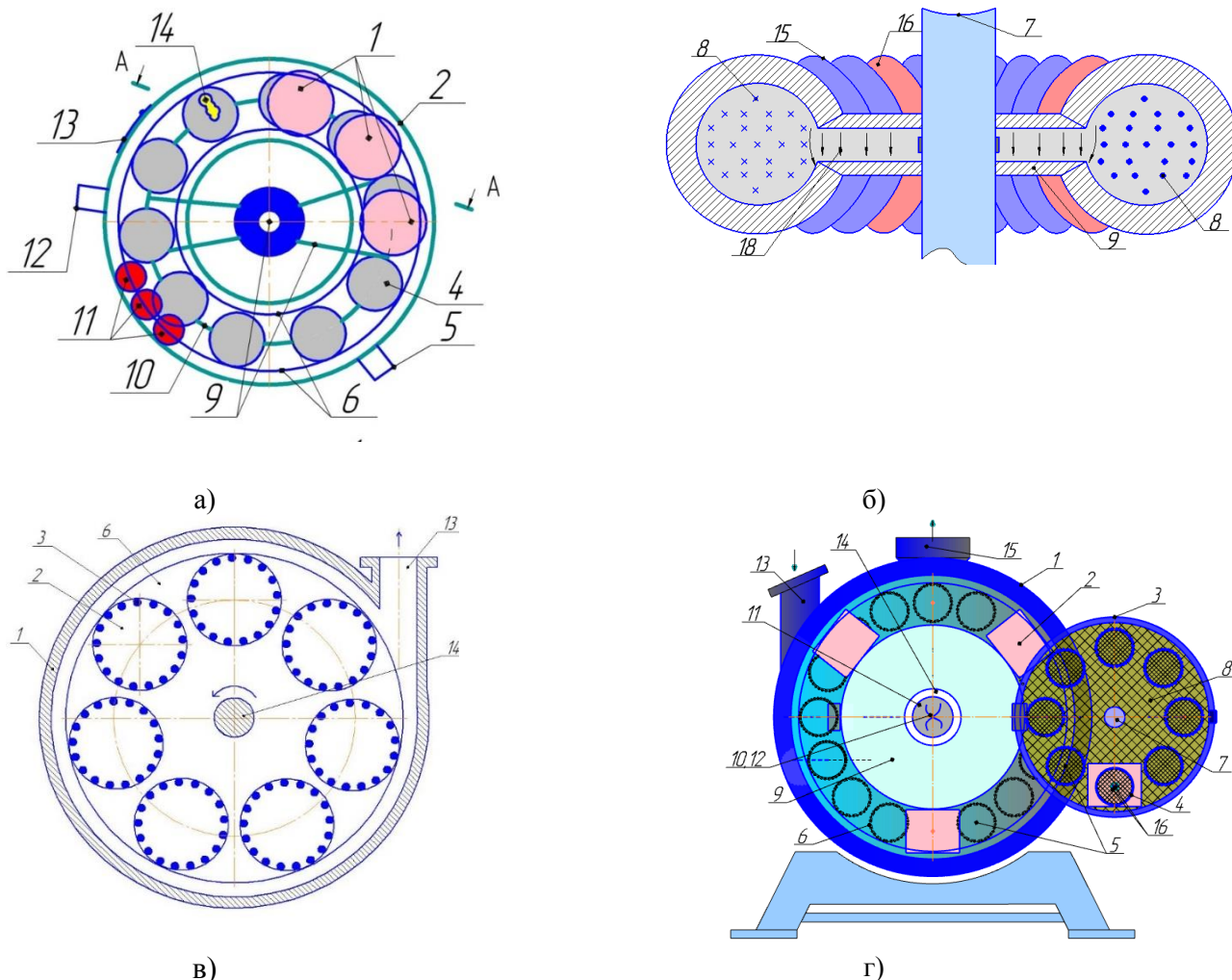


Рисунок 1 – Разработанные объемные резонаторы, используемые в СВЧ установках для термообработки с.-х. сырья СВЧ

СВЧ-установка для обеззараживания зерна (рисунок 1, в) содержит в цилиндрическом экранирующем корпусе ротор в виде двух плоских горизонтальных дисков, между которыми по концентрической окружности жестко закреплены нижние части цилиндрических резонаторных камер, выполненные в виде вертикально расположенных беличьих клеток. Нижний диск выполнен из ферромагнитного материала, верхний – из фторопласта. Верхние части резонаторных камер выполнены в виде шаровых сегментов [19, 20].

СВЧ-установка для измельчения и обеззараживания зерна содержит в цилиндрическом экранирующем корпусе (рисунок 1, г) два ротор-диска разного диаметра. Ротор-диск малого диаметра выполнен из фторопласта, диаметра – из ферромагнитного материала. По периферийной концентрической окружности каждого ротор-диска установлены цилиндрические части резонаторных камер. Они собраны с помощью ферромагнитных штифтов в виде беличьей клетки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стародубцева Г. П., Федорищенко М. Г. Воздействие электронной обработки семян зернового сорго на формирование урожайности // Механизация и электрификация с.-х. 2001. № 11. С. 12–14.
2. Самарин В. А. Энергосберегающие системы управления микроклимата живодноводческих помещений: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Москва: Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина, 2001.
3. Пахомов В. И. Тепловая обработка фуражного зерна СВЧ-энергией // Механизация и электрификация с.-х. 2001. № 5. С. 14–16.
4. Афанасьев В. А. Теория и практика специальной обработки зерновых компонентов в технологии комбикормов. Воронеж: Воронежский государственный университет, 2002. 296 с.
5. Алехина Л. Т. Технология мяса и мясопродуктов // Под ред. И. А. Рогова. М.: Агропромиздат, 1988. 576 с.

6. Алешкин В. Р. Механизация животноводства. М.: Агропромиздат, 1998. С. 230.
7. Андреев В. Б. Некоторые моменты обеспечения санитарного качества молока. М. : ООО Триада, 2002. 56с.
8. Андрианов Ю. П. Производство сливочного масла: Справочник // Под ред. д-ра техн. наук Ф. А. Вышемирского. М. : Агропромиздат. 1988. 303 с.
9. Антипов С. Т. Машины и аппараты пищевых производств. М. : Высшая школа, 2001. Т. 1. 620 с.
10. Арсентьева Т. П. Справочник технолога молочного производства. Технология и рецептуры. Т. 4. Мороженое. СПб. : ГИОРД, 2002. 184 с.
11. Арутюнян Н. С. Технология переработки жиров. М. : Пищепромиздат, 1998. 452 с.
12. Архангельская Н. М. Курсовое и дипломное проектирование предприятий мясной промышленности. М. : Агропроиздат, 1986. 200 с.
13. Атабеков Г. И. Теоретические основы электротехники. Части 2–3. М.-Л. : Энергия, 1966. 276 с.
14. Басов А. М. Электротехнология. М. : Агропромиздат, 1985. 258 с.
15. Богатырева Т. Г. Ступенчатое воздействие УФ-облучения на молочнокислые бактерии *Lactobacillus delbrueckii* штамм 30-1 // Прикладная биохимия и микробиология, 1977. Т. 13. С. 714–717.
16. Драганов Б. Х. Теплотехника и применение теплоты в сельском хозяйстве. М. : Агропромиздат, 1990. 460 с.
17. Белова М. В. Обоснование параметров установки для термообработки крови убойных животных // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева. 2013. № 4 (80). С. 34–36.
18. Белова М. В. Установка для сверхвысоко-частотной и ультразвуковой обработки кишок убойных животных // Теоретический и научно-практический журнал «Известия Оренбургского государственного аграрного университета», № 1 (46). 2014. С. 85–88.
19. Белоцерковский Г. Б. Основы радиотехники и антенны. М. : Советское радио, 1979. Ч. 1. Основы радиотехники. С. 338–339.
20. Ивашов В. И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности. Часть 1. Оборудование для убоя и первичной обработки М. : Колос, 2001. 552 с.

OPTIONS OF VOLUME RESONATORS MICROWAVE GENERATOR FOR HEAT TREATMENT OF RAW MATERIALS IN CONTINUOUS MODE

© 2015

M. V. Belova, the candidate of technical sciences, the doctorate student
Kazan state agrarian university, Kazan (Russia)

Annotation. Depending on the purpose and an appropriating design of the working chamber installation carries out one or several technological operations. The optimum decision of execution of all parts of technological installation find by a combination of the basic units in with objective of achievement of the set technological parameters of the unit at performance of the certain type of technological processes. Process of technological processing of raw material in them occurs or in the closed volume, or the processable raw material constantly acts in a reception part of the car, are transported inside of it and are exposed to processing in a stream along the line to a unloading part of the car.

The working chamber contains energy sources and transporting arrangement. Constructive and kinematic parameters of the unit should conform to effective modes of technological processes of processing agricultural raw material, development of production of high quality with a minimum quantity of waste and the least consumption of energy.

The installations consisting of generating blocks with appropriating volumetric resonators, located in a shielding body and the mechanisms providing stream ability of technological process of heat treatment agricultural (c. are developed by the microwave.) raw material. Working chambers find application in installations of the microwave of heating in the form of volumetric resonators. Good quality of the resonator the attitude of a full stock of oscillatory energy to losses for the period. Main issues of design of volumetric resonators are the choice of type of the resonator, a way of its adjustment, a choice of a design of its basic elements, elements of communication. Different versions of execution of the volumetric resonators are developed, allowing leading heat treatment of raw material in a line mode, including spherical and toroidal.

Installation is developed for degreasing and disinfecting of intestinal raw material of lethal animals, installation for disinfecting and peelings of grain, the microwave installation for disinfecting grain, the microwave installation for crushing and disinfecting of grain is offered.

Keywords: generating blocks, volumetric resonators, heat treatment of raw material, the microwave installation, electric and a magnetic field, the microwave generator shielding a body.

УДК 636.3.035

ДЕЗИНТЕГРАТОР С СВЧ-ГЕНЕРАТОРАМИ ДЛЯ МИКРОНИЗАЦИИ ЗЕРНА

© 2015

Е. Ю. Сергеева, аспирант

Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, Чебоксары (Россия)

Г. В. Новикова, доктор технических наук, профессор,

главный научный сотрудник лаборатории «Бионанотехнологий»

Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, Чебоксары (Россия)

Аннотация. В статье рассматривается обоснование и разработка параметров установок для микронизации зерна и зернопродуктов воздействием электромагнитных излучений, которые обеспечивают улучшение качества продукта и снижение эксплуатационных затрат.

Описаны машины ударного действия дезинтеграторы и энтолейторы, предназначенные для измельчения зерна и уничтожения зерновых вредителей.

Отмечено, что два ротора, вращающиеся навстречу друг другу с несколькими концентрически расположенными рядами ударных элементов различной формы, либо бичевой ротор, состоящий из двух плоских горизонтальных дисков, соединенных между собой цилиндрическими втулками, являются рабочими органами. Вследствие многократных ударов о втулки и корпус зерновые продукты измельчаются, но обеззараживаются не достаточно эффективно.

В статье дано описание разработанной установки измельчения и обеззараживания зерна и зернопродуктов в электромагнитном поле сверхвысокой частоты. Подробно описаны составные части и принцип действия: разработанная установка для измельчения и обеззараживания зерна и зернопродуктов в электромагнитном поле сверхвысокой частоты имеет вертикально расположенный цилиндрический экранирующий корпус с приемным бункером и выпускным патрубком. Внутри корпуса, параллельно основаниям, расположены ротор-диски разных диаметров, вращающиеся в противоположных направлениях. Между ротор-дисками имеются цилиндрические части объемных резонаторов, установленные на соответствующие ротор-диски по периферийной концентрической окружности. Для вращения ротор-дисков мотор-редукторы установлены по центру с наружной стороны оснований экранирующего корпуса. На валу ротор-диска большого диаметра имеется шнек с окном на его корпусе для подачи зерна с приемного бункера в рабочую камеру через кольцевые отверстия. Основание экранирующего корпуса и ротор-диск имеют кольцевые отверстия. На противоположном основании экранирующего корпуса по вышеуказанным концентрическим окружностям размещены СВЧ генераторные блоки так, что их излучатели направлены внутрь жестко закрепленных к основанию корпуса сферических сегментов объемных резонаторов. Цилиндрические части объемных резонаторов образованы из неферромагнитных штифтов треугольного сечения. Они установлены с зазором менее четверти длины волны СВЧ диапазона и больше толщины зерен. Количество сферических сегментов на много меньше, чем количество цилиндрических частей объемных резонаторов, а их диаметры равны и согласованы с длиной волны. Ротор-диск большого диаметра выполнен из неферромагнитного материала, а малого – из фторопласта. Эта установка позволяет безопасно и качественно обрабатывать зерно.

Ключевые слова: длина волны, зерно, зернопродукты, измельчение зерна, качество, молодняк животных, микронизация, обеззараживание, ротор-диски, резонаторы, сверхвысокая частота, СВЧ-генераторные блоки, установка, фторопласт, цилиндрический экранирующий корпус, электромагнитное поле.

Целью настоящей работы является обоснование и разработка параметров установок для микронизации зерна и зернопродуктов воздействием электромагнитных излучений (ЭМИ), обеспечива-