

Для измерения аналоговых сигналов, преобразования измеренных величин в значение физической величины и последующей передачи этого значения по сети RS-485 применен модуль аналогового ввода MB110-2A.

В качестве входных датчиков модуля могут быть использованы:

- термометры сопротивления;
- термопары (термоэлектрические преобразователи);
- активные преобразователи с выходным аналоговым сигналом в виде постоянного напряжения, сопротивления или тока.

Для задания режима работы модуля MB110-2A необходимо настроить его конфигурацию. С этой целью модуль MB110-2A подключается к компьютеру, используя преобразователь интерфейсов RS-485-USB. Во время конфигурирования прибора при определении сетевых настроек выбирается протокол ModBus.

Автоматическое регулирование температуры теплого агента обеспечивает снижение потребления электроэнергии для генерирования теплого агента, что снижает затраты на хранение зерна. Внедрение системы автоматизации технологического процесса активного вентилирования зерна возможно в небольших фермерских хозяйствах.

#### Литература

1. Автоматизация технологических процессов: Учебное пособие / Фурсенко С.Н., Якубовская Е.С., Волкова Е.С. – М.: НИЦ ИНФРА-М, Нов. знание, 2015. – 377 с.
2. Активное вентилирование зерна [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://hitagro.ru/aktivnoe-ventilirovanie-zerna/>
3. Бородин И.Ф. Автоматизация технологических процессов: учебник / И. Ф. Бородин, Ю. А. Студник. – М.: Колос, 2007. – 344 с.

УДК 621.385.6

### **РАДИОВОЛНОВЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ РАЗМОРАЖИВАНИЯ ВЯЗКОГО СЫРЬЯ В НЕПРЕРЫВНОМ РЕЖИМЕ**

**Тихонов А.А.<sup>1</sup>**, к.т.н., доцент, **Романюк Н.Н.<sup>2</sup>**, к.т.н., доцент,  
**Казаков А.В.<sup>1</sup>**, д.б.н., доцент, **Новикова Г.В.<sup>1</sup>**, д.т.н., профессор

<sup>1</sup>НГСХА, г. Нижний Новгород, Российская Федерация

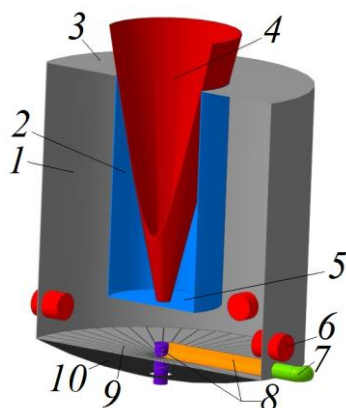
<sup>2</sup>БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Размораживание вязкого сырья при низких эксплуатационных затратах является актуальной задачей.

Целью исследований является разработка радиоволновых установок для размораживания сырья без экранирующего корпуса с резонаторами, обеспечивающими высокую напряженность электрического поля и непрерывный режим работы с соблюдением электромагнитной безопасности. Разработаны сверхвысокочастотные (СВЧ) установки, в том числе с квазистационарным резонатором (рисунок 1) и биконическим резонатором.

СВЧ установка с квазистационарным резонатором содержит квазистационарный резонатор, состоящий из тороидальной части 1, образованной коаксиально расположенными цилиндрами и верхним кольцевым основанием 3, и конденсаторной части, представленной нижним основанием 5 центральной части резонатора и нижним перфорированным основанием резонатора 9. В центральной части 2 квазистационарного резонатора расположена приемная емкость 4 в виде усеченного конуса из неферромагнитного материала, содержащая заслонку. На нижнем основании 5 конденсаторной части резонатора имеется центральное отверстие, куда пристыкован малым основанием неферромагнитный усеченный конус, диаметр малого основания которого менее четверти длины волны. Образующие усеченного конуса соприкасаются с окружностью центральной части резонатора 2. К нижнему перфорированному основанию резонатора пристыкована неферромагнитная накопительная емкость 10.

Над перфорированным основанием резонатора установлен диэлектрический скребок на валу электропривода, по наружному периметру боковой поверхности – магнетроны 6 со сдвигом на  $120^{\circ}$ . Запредельный волновод 7 установлен на уровне нижнего перфорированного основания резонатора.



- 1 – тороидальная часть резонатора;
- 2 – центральная часть резонатора;
- 3 – верхнее кольцевое основание тора;
- 4 – приемная емкость в виде усеченного конуса из неферромагнитного материала;
- 5 – центральное основание конденсаторной части резонатора;
- 6 – магнетроны;
- 7 – запредельный волновод;
- 8 – диэлектрический скребок на валу;
- 9 – нижнее перфорированное основание резонатора;
- 10 – накопительная емкость

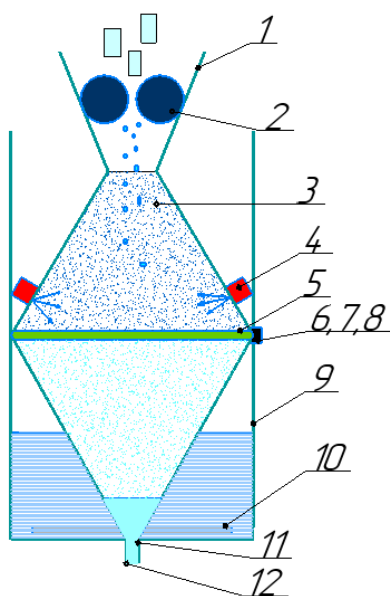
Рисунок 1 – Пространственное изображение СВЧ установки с квазистационарным резонатором для вытопки обеззараженного жира из измельченного жиросодержащего сырья

Технологический процесс происходит следующим образом. Загружают измельченное замороженное жиросодержащее сырье в приемную емкость 4, предварительно закрыв заслонку. Включают электропривод диэлектрического скребка 8 и открывают заслонку для подачи сырья в конденсаторную часть 5. После того, как измельченное сырье окажется на нижнем перфорированном основании резонатора, включают СВЧ генераторы. При этом возникает электрическое поле сверхвысокой частоты (ЭП СВЧ) в конденсаторной части резонатора, а магнитное поле будет сосредоточено в тороидальной части 1. Жиросодержащее сырье подвергается воздействию ЭПСВЧ высокой напряженности. При этом в каждой элементарной частице сырья генерируется эндогенное тепло, жир вытапливается, обеззараживается, стекает через отверстия перфорации нижнего основания резонатора 9 в накопительную емкость 10. Шквара с малыми размерами частиц с помощью вращающегося диэлектрического скребка 8 выводится через запредельный волновод 7, перекрытый с помощью сита из неферромагнитного материала. Размер ячейки сита намного меньше, чем размер измельченных частиц сырья.

В таком конструкционном исполнении резонатора без общего экранирующего корпуса за счет неферромагнитной приемной емкости в виде усеченного конуса и запредельного волновода, а также неферромагнитной накопительной емкости излучения через перфорации будут ограничены до допустимого уровня. Напряженность ЭП в конденсаторной части квазистационарного резонатора достаточно высокая, обеспечивающая обеззараживание переработанного продукта.

СВЧ установка с биконическим резонатором (рисунок 2) может обеспечить размораживание измельченного вязкого сырья, в том числе коровьего молозива в непрерывном режиме с обеспечением электромагнитной безопасности. Установка состоит из цилиндрической емкости 9, внутри которой соосно вертикально установлен биконический резонатор 3, вершины которого усечены. Вблизи вершин биконуса образуются поверхности, где наблюдается полное отражение волн, поэтому излучение из усеченных открытых концов значительно уменьшается [1]. На уровне горизонтальной оси биконического резонатора 3 расположен диск диэлектрический перфорированный 5 в зубчатом венце 6, входящий в сцепление с ведущей звездочкой 7, расположенный на валу электропривода 8. Над диском 5 жестко установлен диэлектрический скребок (не указан). Нижняя усеченная вершина биконического резонатора состыкована с запредельным волноводом 11, содержащим кран для слива продукта 12. По периметру оснований конусов (в центральной области биконического резонатора) с наружной стороны со сдвигом на  $120$  градусов установлены магнетроны 4 от СВЧ генераторов. Верхняя усеченная вершина биконического резонатора 3 состыкована с конической емкостью

стью 1, внутри которой расположены вальцы оребренные 2 с возможностью регулирования зазора между ними. Над основанием цилиндрической емкости 9 установлен трубчатый электронагреватель 10.



- 1 – коническую емкость для приема замороженного сырья,
- 2 – вальцы оребренные, 3 – биконический резонатор,
- 4 – магнетроны, 5 – диск диэлектрический перфорированный,
- 6 – зубчатый венец,
- 7 – ведущая звездочка, 8 – электропривод,
- 9 – цилиндрическая емкость,
- 10 – трубчатый электронагреватель (ТЭН),
- 11 – запредельный волновод,
- 12 – кран для слива размороженного продукта

Рисунок 2 – СВЧ установка с биконическим резонатором для размораживания измельченного вязкого сырья

Технологический процесс происходит следующим образом. Заливают воду в цилиндрическую емкость 9 так, чтобы вершина нижнего конуса оказалась в воде. Включают трубчатый электронагреватель 10 для нагрева воды, от которой нагревается поверхность нижней части биконического резонатора 3. Включают электропривод 8 для вращения диска 5 диэлектрического перфорированного за счет сцепления ведущей звездочки 7 с зубчатым венцом 6. Включают электродвигатель вальцов 2 оребренных. Загружают замороженное сырье без тары в емкость 1. Сырье между вальцами измельчается и падает на диск диэлектрический перфорированный 5. Далее включают СВЧ генераторы, после чего излучатели магнетронов 4, направленные внутрь биконического резонатора 3 возбуждают в нем ЭМП СВЧ. Измельченное замороженное сырье подвергается равномерному воздействию ЭМП СВЧ, нагревается, стекает через перфорации вращающегося диска 5. Диэлектрический скребок очищает отверстия перфораций диска. Сырье в нижней части биконического резонатора дополнительно нагревается от его горячей поверхности. Регулируя частоту вращения диска и вальцов, площадь живого сечения перфорации, удельную мощность генератора можно размораживать сырье с температурой  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , и поддерживать температуру  $+(35-38)\text{ }^{\circ}\text{C}$  за счет трубчатого электронагревателя. Для слива воды и слива размороженного сырья в непрерывном режиме через запредельный волновод 11 открывают кран 12 на определенный расход. Из-за того, что вершины биконического резонатора отсечены так, что диаметр не превышает четверть длины волны, при непрерывном режиме работы СВЧ установки электромагнитная безопасность для обслуживающего персонала соблюдается.

#### Литература

1. Стрекалов, А.В. Электромагнитные поля и волны: учебное пособие / А.В. Стрекалов, Ю.А. Стрекалов. – М.: РИОР: ИНФРА-М, 2014. – 369с.