

СЕКЦИЯ 2
«Инновации в проектировании и производстве
машин и оборудования для АПК»

УДК 621.385.6

Воронов Е.В.¹, кандидат экономических наук, доцент;

Новикова Г.В.¹, доктор технических наук, профессор;

Михайлова О.В.¹, доктор технических наук, профессор;

Просвирякова М.В.², доктор технических наук, доцент

¹ГБОУ ВО «Нижегородский инженерно-экономический университет»,
г. Княгинино, Российская Федерация;

²Цивильский АТТ, г. Цивильск, Российская Федерация

СВЧ ПЕРЕРАБОТКА НЕПИЩЕВЫХ ОТХОДОВ МЯСНОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Аннотация. Разработана СВЧ установка для фермерских хозяйств, обеспечивающая качественную термообработку, обеззараживание и устранение неприятного запаха вторичного мясного сырья, с использованием замедляющей системы для оптимизации нагрева и снижения энергозатрат.

Abstract. A microwave installation for farms has been developed that provides high-quality heat treatment, disinfection and elimination of the unpleasant odor of secondary meat raw materials, using a braking system to optimize heating and reduce energy consumption.

Ключевые слова. Замедляющая система, резонатор, отходы мясной промышленности, СВЧ-установка.

Keywords. Decelerating system, resonator, meat industry waste, microwave installation.

Основная задача мясоперерабатывающей промышленности РФ заключается в разработке и внедрении комплексной, безотходной технологии переработки скота, направленной на производство максимального объема конкурентоспособной продукции.

В рамках данной стратегии вторичное мясное сырье, признанное непригодным для употребления по результатам ветеринарно-санитарной экспертизы после убоя, перерабатывается в вареный корм для животных. Такое сырье, включая малопригодные в пищу мясные остатки, непищевые отходы и ветеринарный брак (конфискаты), находит применение в двух основных направлениях: производстве белковых добавок для сельскохозяйственных животных (свиней, коров, овец, лошадей и других видов) и птицы, а также в изготовлении кормов для домашних животных.

По статистическим прогнозам, в 2025 году количество перерабатываемого вторичного мясного сырья достигнет 48 тысяч тонн.

В современных условиях эта проблема приобретает особую актуальность для мясоперерабатывающих предприятий, которые сталкиваются с трудностями утилизации отходов, образующихся в процессе убоя скота и производства колбасных изделий. Во время переработки скота и мяса на мясокомбинатах и других предприятиях этой отрасли образуется значительное количество отходов, не пригодных для пищевого использования.

К непищевым отходам мясоперерабатывающей промышленности относят сырье, не пригодное для употребления в пищу или для специальных целей. Оно образуется при переработке крупного рогатого скота, свиней и других животных. Также к данной категории относятся ветеринарные конфискаты и трупы скота и птицы, которые допускаются к переработке на технические или кормовые цели в соответствии с ветеринарно-санитарными нормами.

Отходы животноводства являются ценным высокобелковым кормом для животных и птиц. Однако без соответствующей обработки скормливать их опасно из-за потенциальной возможности наличия в них возбудителей различных заболеваний, которые могли находиться у падших или вынужденно забитых животных, или появиться во время хранения отходов. Поэтому технология переработки отходов должна обеспечивать гарантированное безопасное токсикологическое и микробиологическое состояние готового продукта, его высокую кормовую ценность и возможность длительного хранения.

Технологический процесс переработки указанного сырья на варёный комбикорм имеет некоторые нюансы, связанные с термической обработкой и последующей варкой и включает в себя: подготовку сырья; измельчение; промывку; первичное тепловое воздействие; вторичное измельчение; варку в котле; охлаждение и прессование; смешивание с добавками; гранулирование; фасовку и упаковку.

Для переработки непищевых мясных отходов в вареный комбикорм используется различное оборудование, включая КСИ, «Эквакуер», вакуумные котлы и другие установки, а также технологические линии для переработки слизистых субпродуктов, такие как РЗ-ФВТ-1 (Россия), «Альфа-Лаваль» (Швеция), «Титан» (Дания), «Ленинград» (Россия), КСИ (Канада) и другие. Это оборудование предназначено для крупных предприятий и отличается высокой энергоемкостью. По результатам анализа существующего оборудования выявлено, что энергозатраты составляют 3 кВт·ч/кг, а расход пара достигает 1200 кг/т, что делает такое оборудование малоэффективными в плане энергопотребления [1–3]. Для фермерских хозяйств, требуется оборудование с более низким уровнем энергозатрат и меньшей мощностью.

Эту проблему можно решить при помощи разработки энергоэффективной СВЧ установки для фермерских хозяйств, обеспечивающей качественную термообработку, обеззараживание и устранение неприятного запаха вторичного мясного сырья, с использованием замедляющей системы для оптимизации нагрева и снижения энергозатрат.

Нами разработана СВЧ-установка с коаксиальным спиральным резонатором (рисунок 1), предназначенная для термообработки вторичного мясного сырья в непрерывном режиме (патент № 2829166), она включает цилиндрический корпус 2 с перфорированным основанием 7. Внутри корпуса соосно размещён неферромагнитный спиральный цилиндр 4 (замедляющая система), а также винтовой шнек 5 из фторопласта, снабжённый электроприводом. К внутренней стороне кольцевого основания цилиндра, с небольшим радиальным сдвигом, прикреплены неферромагнитные коронирующие щётки 13. Под щётками радиально располагаются электрогазоразрядные лампы 12, подключённые к генераторам надтональной частоты. Ниже ламп установлена керамическая кольцевая сферическая поверхность 11 [4].

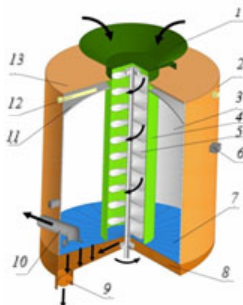


Рисунок 1 – СВЧ-установка с коаксиальным спиральным резонатором:

1 – неферромагнитная загрузочная емкость; 2 – неферромагнитный наружный цилиндр; 3 – неферромагнитный коаксиальный резонатор; 4 – неферромагнитный внутренний спиральный цилиндр; 5 – электроприводной фторопластовый шнек; 6 – магнетроны с волноводами и вентиляторами; 7 – нижнее перфорированное основание; 8 – неферромагнитная накопительная емкость; 9 – запредельный волновод с шаровым краном; 10 – диэлектрическая труба пневмотранспортера; 11 – керамическая кольцевая сферическая поверхность; 12 – электрогазоразрядные лампы; 13 – неферромагнитные коронирующие щетки

Реализованная спиральная замедляющая система, выполнена из алюминиевого провода, навитого радиусом r (6,5 см) с постоянным шагом намотки h (2,5 см). Проводимость такого спирального цилиндра бесконечна в направлении витков спирали и равна нулю в перпендикулярном направлении.

Замедление волн в такой спирали не зависит частоты ω волны и определяется только геометрическими параметрами, а именно отношением длины одного витка спирали 40,82 см к шагу намотки $h = 2,5$ см.

Тангенс угла β рассчитываем по формуле (1)

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{b}{a} = \frac{2\pi r}{h} = \frac{6,28 \cdot 6,5}{2,5} \approx 16,3, \quad (1)$$

где a, b – стороны треугольника (развертки витка);

r – радиус навитой замедляющей системы, см, $r = 6,5$ см;

h – шаг намотки, см, $h = 2,5$ см.

β рассчитаем по формуле (2)

$$\beta = \arctg 16,3 = 86^\circ. \quad (2)$$

Угол между направлением витков и продольной осью неферромагнитной спирали z рассчитаем по формуле (3):

$$\alpha = 90^\circ - \beta = 90^\circ - 86^\circ = 4^\circ. \quad (3)$$

Коэффициент замедления волн, рассчитаем по формуле (4)

$$m = \frac{1}{\sin \alpha} = \frac{1}{\sin 4^\circ} = \frac{1}{0,07} \approx 14. \quad (4)$$

Вдоль проводника спирали волна распространяется со скоростью света, а в направлении ее продольной оси фазовая скорость будет рассчитываться по формуле (5):

$$\vartheta_\phi = \frac{c}{m} = \frac{3 \cdot 10^8}{14} = 21428571 \text{ м/с}. \quad (5)$$

Замедление электромагнитной волны в СВЧ-диапазоне играет ключевую роль в повышении эффективности технологических процессов, связанных с использованием микроволновой энергии.

Благодаря увеличению пути прохождения волны, замедляющие системы позволяют:

1) увеличивать время взаимодействия волны с материалом, что способствует более эффективной передаче энергии;

2) сокращать длину волны, что обеспечивает лучшее взаимодействие с мелкими структурами, такими как молекулы или частицы, и улучшает процессы термообработки и стерилизации;

3) повышать эффективность нагрева, так как замедленные волны интенсивнее взаимодействуют с молекулами материала, ускоряя процессы нагрева;

4) концентрировать энергию в определённых областях пространства, что повышает производительность и эффективность работы установки;

5) управлять направлением распространения волн, что расширяет возможности применения микроволновой энергии.

Таким образом, замедляющая система, основанная на неферромагнитном спиральном цилиндре, позволяет формировать и направлять медленные электромагнитные волны, фазовая скорость

которых значительно ниже скорости света. Это обеспечивает улучшение управления энергией и её эффективное использование в различных технологических процессах.

Опытный образец СВЧ установки с коаксиальным резонатором, где внутренний цилиндр представлен в виде неферромагнитной спиральной замедляющей системы, приведен на рисунке 2.

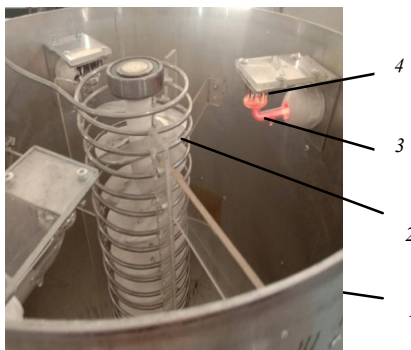


Рисунок 2 – СВЧ установка со спиральной замедляющей системой для термообработки слизистых субпродуктов в непрерывном режиме:
 1 – наружный неферромагнитный цилиндр; 2 – внутренний спиральный цилиндр;
 3 – газоразрядная лампа; 4 – коронирующие иглы

Технические характеристики приведены в таблице.

Таблица – СВЧ установка с коаксиальным резонатором для термообработки с обеззараживанием рубца КРС в непрерывном режиме

Наименование	Параметры
Производительность установки, кг/ч	16
Мощность магнетронов LG 2M246-L01, кВт (3 шт. по 850 Вт)	2,55
Мощность источников надтональной частоты (22 кГц), кВт (3 шт.)	0,12
Мощность электропривода винтового шнека, кВт	1,5
Мощность спирального шнека, кВт	0,2
Мощность вентиляторов для охлаждения магнетронов, кВт (3 шт.)	0,09
Общая мощность установки, кВт	4,46
Энергетические затраты, кВт·ч/кг	0,278

По результатам микробиологического исследования вареного корма в ГБУ НО «Государственное ветеринарное управление Княгининского муниципального округа «Княгининская межрайонная ветеринарная лаборатория», в соответствии с гигиеническими требованиями безопасности и пищевой ценности, проведенного по стандартной методике, учитывая **ГОСТ 31674-2012**, **ГОСТ 18157-88**, СанПиН

2.3.2.1078-01 и правилами бактериологического исследования кормов утв. ГУВ МСХ СССР 10.06.1975 г. можно сделать вывод о снижении общего микробного числа сырья с $3,2 \times 10^4$ КОЕ/г до $1,1 \times 10^4$ КОЕ/г.

Можно сделать вывод о том, что высокая напряженность электрического поля в резонаторе обеспечивает снижение патогенной микрофлоры, что увеличивает срок хранения продукта.

Список использованной литературы

1. Воронов, Е. В. Обоснование конструкции резонаторов, предназначенных для термообработки вторичного мясного сырья / Е. В. Воронов [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2024. – № 2 (106). – С. 176–185. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2024-106-2-176-185>.

2. Воронов, Е. В. СВЧ установки для термообработки слизистых субпродуктов жвачных животных / Е. В. Воронов [и др.] // Сельский механизатор. – 2024. – № 2. – С. 26–28.

3. Воронов, Е. В. Сравнительный анализ СВЧ установок для термообработки непищевого мякотного сырья воздействием электрофизических факторов / Е. В. Воронов [и др.] // Аграрная наука. – 2024, – 381 (4). – С. 123–131. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-381-4-123-131>.

4. Патент № 2829166 РФ, МПК C0F11/08. СВЧ установка с коаксиальным спиральным резонатором для термообработки вторичного мясного сырья в непрерывном режиме / Воронов Е. В. [и др.] / заявитель и патентообладатель НГИЭУ (RU). – № 2023127788, заявл. 27.10.2023. Бюл. № 30 от 24.10.2024. – 20 с.

Summary. The high electric field strength in the resonator ensures a reduction in pathogenic microflora, which increases the shelf life of the product.

УДК 631.333–189.2

Жешко А.А., кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник
*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь*

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ВЫСОКОТОЧНОГО ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

Аннотация. Рассмотрены особенности конструкции технических средств для высокоточного внесения твердых минеральных удобрений.

Annotation. The design features of technical means for high-precision application of solid mineral fertilizers are considered.

Ключевые слова. Накопительная емкость, бункер, подающее устройство, распределяющий рабочий орган, выравниватель потока удобрений.

Keywords. Storage tank, hopper, feeding device, distributing working body, fertilizer flow equalizer.