

Разработка конвейерной СВЧ-установки для отделения пуха от шкур кроликов

Е.А. Шамин, к.э.н., М.В. Белова, д.т.н., профессор, О.В. Михайлова, д.т.н., профессор, Г.В. Новикова, д.т.н., профессор, ГБОУ ВО Нижегородский ГИЭУ

Повысить рентабельность производства продукции кролиководства в фермерских хозяйствах можно как за счёт повышения продуктивности и сокращения затрат на корма, так и за счёт реализации пухового сырья, собранного со шкур кроликов. Использование волосяного покрова не только снижает себестоимость мясной продукции, но и даёт для фетровой промышленности дополнительные источники сырья. Но в настоящее время для сбора пуха со шкур кроликов используют только стригальные машины. Анализ результатов исследований, выполненных многими авторами [1–3], по реализации электрофизических методов воздействия на многокомпонентное сырьё, в том числе на шкуры животных и зверей, позволяет выделить приоритетную микроволновую технологию первичной обработки шкур кроликов. Поэтому разработка технологии и технических средств с использованием энергии электромагнитного поля сверхвысокой частоты (ЭМПСВЧ) для отделения обеззараженного пухового сырья от шкур кроликов актуальна.

Целью работы является разработка установки, реализующей процесс сбора пуха со шкур кроликов, мездра которых пропитана опарой для ослабления силы удерживаемости в разрушенных волосяных луковицах и эпидермисе при воздействии электромагнитного поля сверхвысокой частоты в непрерывном режиме.

В ходе исследования решались следующие основные научные **задачи**:

1. Разработка микроволновой технологии отделения волосяного покрова от кожи шкур кроликов и конструкционной схемы установки с источниками – ЭМПСВЧ и резонатором, обеспечивающими при непрерывном режиме работы электромагнитную безопасность;

2. Оценить возможность реализации основных критериев проектирования СВЧ-установок при использовании коаксиального резонатора.

Материал и методы исследования. Методика реализации технологии отделения и сбора волосяного покрова от шкур кроликов включала:

- вымачивание с мездровой стороны шкур рассолом определённой концентрации или специальной опарой (гомогенизированной сброженной смесью ржаной муки, воды, дрожжей, горчичного порошка и соли);

- тепловая обработка многокомпонентного сырья (волосяной покров, кожа, мездровая ткань, луковица волос, эпидермис, рассол или опара) в ЭМПСВЧ в процессе передвижения через резонатор с помощью диэлектрического перфорированного барабана с колками;

- ослабление силы удерживаемости волосяного покрова в луковицах за счёт избирательного эндогенного нагрева, обеззараживание пухового сырья в электрическом поле высокой напряжённости и сбор с помощью вычёсывающих узлов и пневмонасоса;

- ограничение излучения электромагнитных волн сантиметрового диапазона до предельно допустимого уровня из отверстий, предназначенных для подачи сырья и выгрузки пуха из резонатора за счёт использования запредельных волноводов и неферромагнитных ведущего и прижимного валков из неферромагнитного материала.

Результаты исследования. Процесс удаления со шкуры волоса называется обезволашиванием. Сущность процесса заключается в ослаблении луковиц волос и разрушении эпидермиса, который после этого вместе с волосом легко отделяется от дермы.

В домашних условиях обезволашивание проводится следующим способом. Шкуры укладывают на стол волосом вниз, и на кожевенную часть щеткой наносят раствор для обезволаживания, приготовленный согласно технологии. Он включает в себя воду, сернистый натрий, гашёную известь. Промазанные шкуры складывают по хребту волосом внутрь, сворачивают в валик, укладывают на созревание в течение 5–8 часов.

Известно, что для чесания шкур применяется машина ЧМЗ-600. Она содержит барабан, иголь-

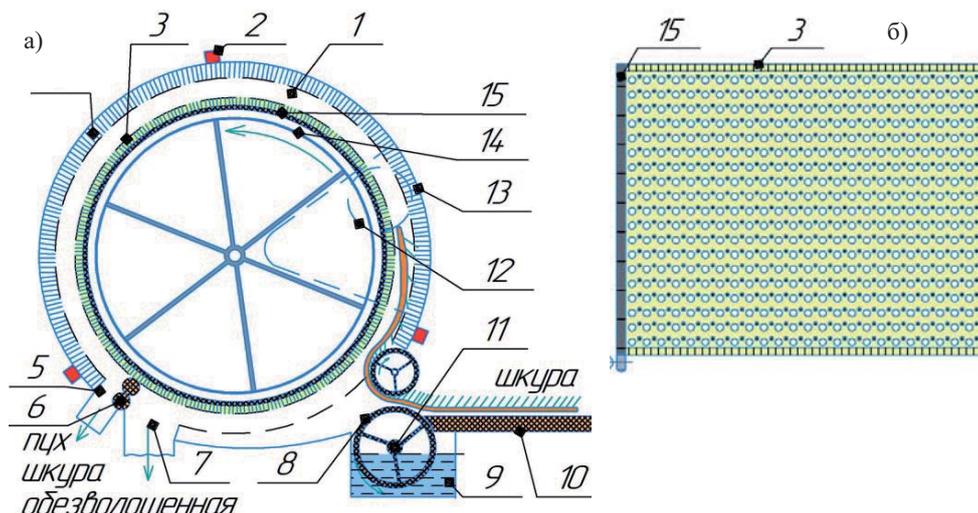


Рис. 1 – Конвейерная сверхвысокочастотная установка для отделения пуха от шкур кроликов:

а) – схематическое изображение установки; б) диэлектрический перфорированный барабан с зубчатым венцом и ведущей шестерёнкой; 1 – коаксиальный резонатор; 2 – магнетроны от СВЧ-генераторов; 3 – барабан цилиндрический диэлектрический перфорированный с диэлектрическими колками; 4 – диэлектрические колки на внутренней поверхности наружного цилиндра; 5 – прорезь для пневмонасоса; 6 – вальцы диэлектрические; 7 – прорезь для выгрузки кожи; 8 – валики диэлектрические транспортирующие; 9 – ванна для опары; 10 – стол для укладки шкуры; 11 – электропривод барабана, валиков 8 и вальцов 6; 12 – люк со смотровым окном; 13 – наружный цилиндр; 14 – внутренний цилиндр; 15 – зубчатый венец

чатую ленту, транспортирующие валики, стол с обрабатываемой шкурой. Шкура подаётся к кардоленте с помощью двух валиков. Эти узлы являются аналогами в разрабатываемой установке.

Предлагаемая СВЧ-установка с коаксиальным резонатором для отделения пухового сырья от шкур кроликов с учётом результатов исследований ряда авторов [4–11] позволяет реализовать следующие возможности:

- обеспечение непрерывности технологического процесса отделения и сбора пухового сырья со шкур при соблюдении электромагнитной безопасности;

- обеспечение высокой напряжённости электрического поля в резонаторе больше критической, при которой в пуховом сырье жизнеспособность бактериальной микрофлоры вегетативной формы останавливается;

- регулирование производительности установки путём использования нескольких маломощных магнетронов с воздушным охлаждением и изменение мощности каждого генератора;

- регулирование дозы воздействия ЭМП СВЧ на сырьё (температуры нагрева компонентов сырья) в зависимости от размеров шкур кроликов изменением скорости вращения барабана и удельной мощности генератора (объёма загрузки сырья и мощности генераторов);

- пропитывание мездры шкур специальной опарой и вычесывание пухового сырья со сбором.

Установка выполнена следующим образом (рис. 1). На монтажном каркасе горизонтально установлен коаксиальный резонатор 1, выполненный из двух соосно расположенных неферромагнитных наружного 13 и внутреннего 14 цилиндров с общи-

ми основаниями. Внутренняя боковая поверхность наружного цилиндра 13 содержит диэлектрические колки 4. В кольцевом пространстве между цилиндрами соосно установлен барабан 3 цилиндрический диэлектрический перфорированный вращающийся, на наружной боковой поверхности которого имеются направляющие диэлектрические колки. Вдоль боковой поверхности наружного цилиндра имеются три прорези. Первая прорезь предназначена для транспортирования шкуры внутрь кольцевого пространства между наружным цилиндром 13 и барабаном 3. Через вторую прорезь 5 высасывается пуховое сырьё с помощью пневмонасоса через воздухоотвод в циклон. Третья прорезь 7 предназначена для выгрузки обезвоженных шкур.

Между второй 5 и третьей прорезями радиально установлены вальцы 6 диэлектрические для направления кожи. Над первой прорезью установлена ванна 9 для опары. В ванну установлен валик 8 ведущий неферромагнитный, а над ним – валик прижимной неферромагнитный. На эти валики надеются съёмные губчатые муфты. Неферромагнитные валики 8 предназначены для транспортирования шкур в коаксиальный резонатор. К валикам приставлен стол 10 для укладки шкуры. По периметру боковой поверхности наружного цилиндра со сдвигом на 120°С установлены магнетроны от СВЧ-генераторов так, что излучатели направлены внутрь. С одной стороны основания цилиндрического резонатора установлен электродвигатель 11 с передаточными механизмами для вращения барабана 3, валика 8, а также вальцов 6. С другой стороны основания коаксиального резонатора имеется люк 12 со смотровым окном. Диэлектри-

ческий перфорированный барабан 3 по периметру охвачен зубчатым венцом 15, входящим в сцепление с ведущей шестерней, установленной на вал электродвигателя.

Технологический процесс происходит следующим образом. Прежде всего необходимо предварительно подготовить шкуры кроликов, для чего мездровую сторону следует промазать специальной опарой (гомогенизированной сброженной смесью ржаной муки, воды, дрожжей, горчичного порошка и соли). Залить опарой ванну 9 так, чтобы ведущий неферромагнитный валик 8 оказался погружённым в неё. Включить пневмонасос, подсоединённый через воздухоотводящий канал со второй прорезью 5. Включить электродвигатель 11, после чего начинает вращаться барабан 3 цилиндрический диэлектрический перфорированный с колками, так как ведущая шестерня на валу входит в сцепление с зубчатым венцом 15. Одновременно начинают вращаться неферромагнитные валики 8, пропитанные опарой, при этом они дополнительно пропитывают мездру шкуры. Также приводятся в движение вальцы 6 диэлектрические. Положить на стол мездровой стороной шкуру кроликов, предварительно пропитанную опарой, так, чтобы направить между неферромагнитными валиками, которые транспортируют её в коаксиальный резонатор. Из-за того что барабан 3 перфорированный с колками и валик 8 прижимной вращаются в одну сторону, шкура перемещается в кольцевом пространстве между диэлектрическими колками.

При работе пневмонасоса перфорация на барабане 3 обеспечивает прижатие шкуры к его боковой поверхности и удерживается за счёт диэлектрических колодок, имеющих между отверстиями перфораций. Далее надо включить СВЧ-генераторы, излучатели от магнетронов 2 возбуждают электромагнитное поле сантиметрового диапазона в коаксиальном резонаторе. Под воздействием ЭМП СВЧ за счёт избирательного нагрева луковицы волос разрушаются, сила удерживаемости пуха в дерме кожи, пропитанной специальной опарой, ослабляется. В процессе перемещения шкуры прижатый волосной покров к колкам 4 вычёсывается. Пуховое сырьё с кольцевого пространства между колками собирается пневмонасосом через прорезь 5 и направляется в циклон. Обезволенная шкура (кожа) затягивается вальцами 6 и сбрасывается через прорезь 7 в накопительную ёмкость. Шкуры следует подавать к транспортирующим валикам 8 в непрерывном режиме. При этом установка будет работать эффективнее, когда одна шкура направляется в кольцевое пространство между колками, вторая шкура находится в резонаторе, а третья шкура обезволенная попадает на вальцы 6. Поэтому средний периметр коаксиального резонатора должен быть кратным половине длины волны и не менее трёх длин шкуры, а длина цилиндров – кратной половине длины волны.

Скорость вращения диэлектрического барабана с колками зависит от дозы воздействия ЭМП СВЧ. При малой скорости вращения барабана и малом напоре пневмонасоса удерживаемость шкур на боковой поверхности ослабевает. При скорости выше критической эффект вычесывания пухового сырья уменьшается. Опару в течение технологического процесса следует добавлять в ванну 9.

Для санитарной обработки установки, для технического осмотра и текущего ремонта имеется люк 12. Через смотровое окно можно следить за техническим процессом. Смотровое окно перекрыто неферромагнитным перфорированным листом. Каждое отверстие перфорации работает как диафрагма и препятствует утечке волн. Волны отражаются, возвращаются в резонатор. Излучатели от магнетронов 2 перекрыты слюдяной пластиной. Они защищают от попадания грязи и пуха в волновод. Из-за этих слюдяных пластин отражённые микроволны распределяются в резонаторе равномернее.

Зная конструкционные размеры разработанного коаксиального резонатора (рис. 2), величину скин-слоя (Δ), вычислим в программе Mathcad 15 собственную добротность (Q) через ёмкость (V) и площадь (S) его поверхности по приведённым формулам:

$$V_{\text{коаксиал.резонатора}} = \pi \int_0^h r_2^2 dy - \pi \int_0^h r_1^2 dy. \quad (1)$$

$$S_{\text{коаксиал.резонатора}} = 2\pi \int_0^h r_2 \sqrt{1+(r_2')^2} dy + 2\pi \int_0^h r_1 \sqrt{1+(r_1')^2} dy + 2 \cdot 4 \cdot \int_0^{r_2} \sqrt{r_2^2 - x^2} dx - 2 \cdot 4 \cdot \int_0^{r_1} \sqrt{r_1^2 - x^2} dx. \quad (2)$$

$$Q = \frac{2}{\Delta} \cdot \frac{\pi \int_0^{h_2} r_2^2 dy - \pi \int_{h_2-h_1}^{h_2} r_1^2 dy}{2\pi \int_0^{h_2} r_2 \sqrt{1+(r_2')^2} dy + 2\pi \int_{h_2-h_1}^{h_2} r_1 \sqrt{1+(r_1')^2} dy + 2 \cdot 4 \cdot \int_0^{r_2} \sqrt{r_2^2 - x^2} dx}. \quad (3)$$

Далее по известной формуле [6] для частоты $f=2450$ МГц согласуем собственную добротность коаксиального резонатора с мощностью генераторов и напряжённостью электрического поля, зная диэлектрическую проницаемость вакуума (ϵ_0):

$$E_{\text{в резон.}} = \sqrt{\frac{Q \cdot P}{0,27 \cdot \epsilon_0 \cdot 2\pi \cdot f \cdot V_{\text{резон.}}}}, \frac{B}{M}. \quad (4)$$

Выводы

1. Разработана научная идея, предусматривающая отделение волосяного покрова от шкур кроликов в процессе воздействия ЭМП СВЧ в коаксиальном резонаторе в непрерывном режиме.

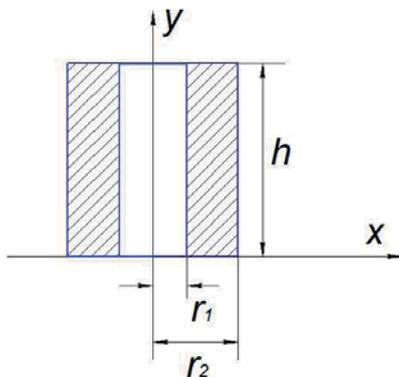


Рис. 2 – Схема коаксиального резонатора

2. Предложен нетрадиционный подход к конструкционному исполнению резонаторной камеры СВЧ-установки с маломощными магнетронами (800 Вт), обеспечивающей в непрерывном режиме снижение микробиологической обсеменённости и ослабление силы удерживаемости волосяного покрова в дерме кожи шкур кроликов, мездровая сторона которых вымачивается в опаре.

3. Выявлен эффективный состав опары в виде гомогенизированной сброженной смеси ржаной муки (27% от веса шкуры), воды, дрожжей, горчичного порошка (27%) и соли (1,5%) для пропитывания мездры шкур кроликов породы Белый Великан в непрерывном режиме в процессе воздействия ЭМП СВЧ, обеспечивающий ослабление силы удерживаемости волосяного покрова при температуре нагрева 35–40°C.

Литература

1. Вознесенский Э.Ф., Шарифуллин Ф.С., Абдуллин И.Ш. Теоретические основы структурной модификации материалов кожевенно-меховой промышленности в плазме высокочастотного разряда пониженного давления: монография. Казань: КГТУ, 2011. 362 с.
2. Белова М.В. Варианты исполнения объёмных резонаторов СВЧ-генератора для термообработки сырья в поточном режиме // Вестник ГБОУ ВПО Нижегородский государственный инженерно-экономический институт. 2015. Вып. 2 (45). С. 13–16.
3. Белова М.В., Селиванов И.М., Федорова А.Н. Блок-схема модернизации СВЧ-установки для термообработки сырья // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства: матер. XVII междунар. науч.-практич. конф. Вып. XVII. Йошкар-Ола: ФГБОУ ВО Марийский ГУ, 2015. С. 102–103.
4. Пат. № 2655748 РФ, МПК С14В1/58. Микроволновая установка, обеспечивающая отделение меха от кожи шкур кроликов / Е.А. Шамин, В.Л. Осокин, Г.В. Новикова, М.В. Белова; заявитель и патентообладатель НГИЭУ (RU). № 2017123454; заявл. 03.07.2017. Бюл. № 16 от 29.05.2018. 10 с.
5. Пчельников Ю.Н., Елизаров А.А. Перспективы применения электромагнитного нагрева для обработки сельскохозяйственного сырья и пищевых продуктов // Электронная техника. 1993. Вып. 5. С. 47–52.
6. Шамин Е.А. Исследование и обоснование параметров СВЧ-установки с передвижными резонаторами для отделения волосяного покрова со шкур кроликов в непрерывном режиме / Е.А. Шамин, Г.В. Новикова, М.В. Белова [и др.] // Вестник НГИЭИ. 2018. № 3(82). С. 38–51.
7. Шамин Е.А. Разработка и обоснование параметров СВЧ-установки с тороидальными резонаторами для отделения волосяного покрова от кожи шкур кроликов в процессе распыления рассола в непрерывном режиме / Е.А. Шамин, Г.В. Новикова, М.В. Белова [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2018. № 1. С. 43–49.
8. Шамин Е.А. Обоснование параметров СВЧ-установки для обеззараживания и отделения пуха от шкур кроликов / Е.А. Шамин, Г.В. Новикова, М.В. Белова [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2018. № 1. С. 70–80.
9. Шамин Е.А., Белова М.В., Виеру Т.П. Исследование параметров СВЧ-установки для отделения волосяного покрова со шкур кроликов // Вестник Ульяновской ГАУ. 2018. № 2 (42). С. 23–32.
10. Шамин Е.А., Белова М.В. Анализ возможности ослабления удерживаемости пуха в коже тушки кроликов воздействием ЭМП СВЧ // Инновационные направления развития энергетики АПК. 2017. С. 100–104.
11. Шамин Е.А. Микроволновые технологии и установки для отделения пуха от шкур кроликов / Е.А. Шамин, О.В. Михайлова, М.В. Белова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 4 (72). С. 194–197.