

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СВЧ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОТДЕЛЕНИЯ ВОЛОСЯНОГО ПОКРОВА СО ШКУР КРОЛИКОВ

Шамин Евгений Анатольевич¹, кандидат экономических наук, доцент, и.о. директора филиала «Институт пищевых технологий и дизайна»

Белова Марьяна Валентиновна¹, доктор технических наук, научный сотрудник

Виеру Татьяна Павловна², кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Математика, физика и информационные технологии»

¹ГБОУ ВО «Нижегородский государственный инженерно-экономический университет»

606340, Нижегородская обл., г. Княгинино, ул. Октябрьская, д. 22; e-mail: evg.shamin4@gmail.com

com

²ФГБОУ ВО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия 428003, г Чебоксары, ул. К. Маркса, д. 29

ры, ул. К. Маркса, д. 29

Ключевые слова: СВЧ установка, полуцилиндрический резонатор, шкуры кроликов, ослабление силы удержания волосяного покрова, рассол, номограмма для согласования параметров.

Целью настоящей работы является повышение показателей качества пуха при отделении его от шкуры кроликов путем совершенствования технологии и сверхвысокочастотных (СВЧ) установок. Основной задачей исследования является разработка, создание и исследование в производственных условиях СВЧ установки, обеспечивающей отделение пуха от кожи шкур кроликов в непрерывном режиме. Теоретические исследования проводили на основе анализа электрофизических параметров многокомпонентного сырья и с использованием математического аппарата, а также теории электромагнитного поля сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ). Электродинамические характеристики системы обосновывали путем вычисления распределения электромагнитного поля в разработанных резонаторах в режиме переходного процесса с использованием программы CST Microwave Studio. СВЧ установка обеспечивает вымачивание в рассоле мездры развернутой шкуры кролика и ее передвижение с помощью роликового транспортера через полуцилиндрический резонатор, расположенный горизонтально, имеющий по торцам щели. Комплексная оценка технологических параметров процесса отделения волосяного покрова от кожи шкуры кролика в СВЧ установке позволила сделать вывод, что снижение микробиологической обсемененности с 2 млн КОЕ/г до 500 КОЕ/г (ПДУ) возможно при дозе воздействия ЭМП СВЧ не менее 180 Вт·ч/кг. При удельных энергетических затратах на технологический процесс сбора пуха от шкуры кроликов 0,36 кВт·ч/кг производительность установки с четырьмя генераторами в полуцилиндрическом резонаторе составляет 16 кг/ч (53 шт./ч), а кожа нагревается до 40...50 °С. Разработанная установка обеспечивает в процессе воздействия ЭМП СВЧ на шкуры кроликов ослабление силы удержания волосяного покрова в коже, мездровая сторона которой вымочена рассолом с концентрацией 5...8 %, до 80 %. Годовой экономический эффект от применения СВЧ установки для сбора волосяного покрова со шкуры кроликов составляет примерно 187 тыс. руб. при рентабельности 39 %.

Введение

В настоящее время в технологической линии переработки шкур кроликов много ручного труда и, следовательно, достаточно высоки эксплуатационные затраты. Поэтому разработка технологии и технических средств с использованием энергии электромагнитных излучений для технологической линии переработки шкур кроликов при меньших эксплуатационных затратах является актуальной. Анализ результатов исследований, выполненных многими авторами по реализации электрофизических методов воздействия на многокомпонентное сырье, в том числе на шкуры кроликов, позволяет выделить основные направления совершенствования микроволновой технологии [1, 2, 3].

Научная проблема – сложность снижения эксплуатационных затрат на сбор волосяного

покрова со шкур кроликов при сохранении показателей качества.

Целью настоящей работы является сохранение показателей качества волосяного покрова при отделении его от шкуры кроликов путем совершенствования микроволновой технологии и сверхвысокочастотных установок.

Основные научные задачи:

1) разработать способ обработки шкур кроликов воздействием электромагнитного поля сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ) при сниженных эксплуатационных затратах и конструкции установок, обеспечивающих отделение волосяного покрова от кожи шкур;

2) обосновать электродинамические характеристики системы путем вычисления распределения электромагнитного поля в разработанных резонаторах в режиме переходного

процесса по программе CST Microwave Studio, позволяющие обосновать эффективные конструкционные исполнения резонаторов и их параметры, обеспечивающие максимальную собственную добротность и напряженность электрического поля, радиогерметичность;

3) установить математические зависимости, позволяющие согласовать конструкционно-технологические параметры с режимами работы установок сверхвысокой частоты (СВЧ) для ослабления сил удержания пуха в коже шкур кроликов;

4) обосновать конструкционно-технологические параметры и режимы работы СВЧ установок на основе регрессионных моделей с учетом многокритериальной оценки технологического процесса отделения волосяного покрова от шкуры кроликов в непрерывном режиме;

5) разработать, создать и исследовать в производственных условиях СВЧ установки, обеспечивающие отделение пуха от кожи шкур кроликов в непрерывном режиме; оценить технико-экономическую эффективность внедрения установки для обработки шкур кроликов; разработать научно-обоснованные практические рекомендации по эксплуатации СВЧ установок для обработки шкур кроликов в фермерских хозяйствах.

Объект исследования – технологические процессы, обеспечивающие ослабление силы удержания волосяного покрова в коже шкур кроликов.

Предмет исследования – закономерности воздействия ЭМП СВЧ на шкуры кроликов в высокочастотных резонаторах разной конфигурации для обоснования эффективных электродинамических параметров СВЧ генератора, обеспечивающего диэлектрический нагрев увлажненной рассолом мездры при высокой напряженности электрического поля в процессе ослабления силы удержания пуха в коже с одновременным обеззараживанием волосяного покрова.

Объекты и методы исследований

Теоретические и экспериментальные исследования проводили на основе:

- анализа диэлектрических и физико-механических параметров многокомпонентного сырья (кожи, мездры ткани, рассола) в зависимости от температуры нагрева;

- теории электромагнитного поля сверхвысокой частоты применительно к особенностям объемных резонаторов разной конфигурации, включая расчет резонансной частоты основных типов колебаний и энергии, запасенной в резонаторах;

- вычисления и визуализации распределения электромагнитного поля в объеме разработанных резонаторов в режиме переходного процесса по программе CST Studio Suite 2015 и ее подпрограммы CST Microwave Studio для обоснования электродинамических характеристик системы;

- многокритериальной оценки технологического процесса воздействия ЭМП СВЧ на сырье с использованием программ Statistic 8.0, Excel 10.0.

В материалах данной статьи приведены некоторые результаты промежуточных исследований по реализации указанных выше задач.

Результаты исследований

Известно, что волосяной покров, собранный со шкур кроликов, является ценным сырьем для легкой промышленности, и от способа сбора во многом зависит качество пушно-мехового изделия. Отношение массы волосяного покрова к массе мездры у шкурок первого сорта составляет 2:1. Шкуры кроликов белого великана имеют на единицу площади наибольшую массу и обладают наибольшей длиной волосяного покрова. Волосяной покров кроликов мясо-шкурковых пород содержит 30...50 % густого белоснежного пуха [4]. Количество волосков на 1 см² тела кролика составляет 18...23 тыс. штук. При тепловой обработке шкуры кроликов сила удержания волокон пуха в дерме и волосяных луковицах уменьшается, и сбор их облегчается [4]. Но при превышении температуры нагрева кожи и продолжительности нагрева товарный вид волосяного покрова ухудшается. Поэтому тепловую обработку сырья предлагается проводить микроволновой технологией, обеспечивающей достаточное ослабление удерживаемости волосяного покрова в дерме и сохранение его качества. При этом за счет отличия диэлектрических характеристик избирательно нагреваются: эпидермис, дерма, подкожный слой жира и луковица волос [5, 6].

Известен способ снятия пуха со шкурок кроликов [7], сущность которого состоит в том, что шкурки предварительно отвлаживаются путем натирания с мездровой стороны раствором поваренной соли (4 %). Основываясь на этом способе, разработаны СВЧ установки, реализующие микроволновую технологию ослабления силы удержания волосяного покрова в дерме шкуры кролика в процессе увлажнения мездры рассолом определенной концентрации.

Для этого предварительно проанализиро-

ваны способы и сущность процесса посола шкур кроликов, который с физико-химической точки зрения заключается в обезвоживании шкуры и насыщении ее солью [8]. Известно, что шкуры консервируют поваренной солью, рассолом и кислотно-солевой смесью. В первом случае (сухой посол шкур) нанесенная на мездровую поверхность шкуры соль растворяется и образует тонкий слой рассола, который, проникая в шкуру, вытесняет оттуда влагу. Посол продолжается до 3...4 суток, пока концентрация соли в шкуре будет такой же, как и на поверхности. Расход соли составляет 35...50 % от массы сырья. При этом время от убоя кроликов до засолки шкуры не должно превышать 1...2 ч, так как ухудшается проникновение соли в глубь мездры. Во втором случае (консервирование шкур в рассоле) процесс консервирования протекает намного быстрее (10...15 ч), чем при сухом посоле. Для получения концентрированного раствора в 1 л воды растворяют 315 г соли. На 1 кг сырья берут не менее 3 л рассола. Если масса шкуры кролика - 1 кг, то необходимо приготовить 3...4 л рассола, затратив 1...1,2 кг соли. Влажность шкур после консервирования - 44...52 %. В третьем случае (консервирование шкур кислотно-солевой смесью) на мездру шкуры наносят смесь, состоящую из алюминиевых квасцов (7,5 %), поваренной соли (85 %) и хлористого аммония (7,5 %). Продолжительность консервирования - 5...7 суток. Такая смесь усиливает антисептическое и консервирующее действие на шкуру. Норма расхода смеси - 30...50 % от массы шкуры [8].

С учетом указанных рекомендаций разработаны установки, обеспечивающие воздействие ЭМП СВЧ в непрерывном режиме на шкуры кроликов, мездра которых увлажнена рассолом определенной концентрации.

Известные способы обезволаживания шкур животных с применением известково-молока, раствора сернистого натрия, солей, щелочей, сульфидов и ферментного препарата длительны и отличаются низким качеством собранных волос [4].

Анализ научно-технической и патентной литературы [9, 10] показал актуальность разработок прогрессивных технологий снятия волосяного покрова со шкур кроликов. Поэтому нами разрабатываются СВЧ установки, обеспечивающие снижение продолжительности обезволаживания шкур кроликов с сохранением целостности пуха.

В предлагаемой микроволновой технологии сбор пуха происходит за счет меньшей силы

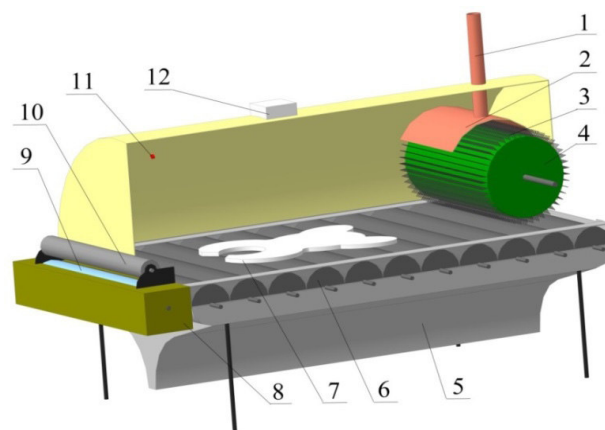


Рис. 1 – СВЧ установка с полуцилиндрическим резонатором для отделения волосяного покрова от шкуры кроликов в непрерывном режиме: 1 – пневмопровод; 2 – диэлектрический зонг; 3, 4 – щипальный барабан с колками; 5 – поддон со сливным отверстием; 6 – роликовый транспортер; 7 – крышка; 8 – ванна; 9 – валик; 10 – прижимной ролик; 11 – купол; 12 – СВЧ генераторы с магнетронами

удержания волосяного покрова в дерме кожи шкур кроликов, мездровая сторона которых увлажнена раствором поваренной соли в процессе передвижения через объемный резонатор сверхвысокочастотной установки. Поглощенная мездрой соль в ЭМП СВЧ создает такие условия для быстрого разрушения волосяных луковичек и освобождения волос.

Установка (рис. 1) с полуцилиндрическим резонатором, образованным куполом и роликовым транспортером, обеспечивает воздействие ЭМП СВЧ в процессе передвижения развернутой кожи кролика через полуцилиндрический резонатор.

Установка расположена горизонтально, а по торцам имеются щели для приема сырья с одного торца и выгрузки шкуры с другого конца. На боковой поверхности резонатора расположены СВЧ генераторы. Впереди резонатора имеется ванна с солевым раствором, где расположен вращающийся валик с впитывающим покрытием. Это позволяет намочить шкуру со стороны мездры рассолом. Далее шкура с помощью роликового транспортера попадает под щипальный барабан с колками. Ощипанный пух высасывается вытяжным вентилятором. Шкура без меха удаляется через щель полуцилиндрического резонатора. Под роликовым транспортером имеется емкость со сливным отверстием, откуда вытекает расплавленный мездровый

жир. Щипальный барабан и ролики транспортера выполнены из диэлектрического материала, например, из фторопласта. При нахождении шкуры в ЭМП СВЧ происходит разрушение волосяных луковичек, ослабление силы удержания волосяного покрова и освобождение волос от намоченной рассолом мездры. С помощью щипального барабана пух легко обрывается у самого корня.

При падении электромагнитной волны на сырье, она отражается, преломляется и огибается от встречных препятствий, т. е. происходит дифракция. Поэтому для определения влияния роликовых транспортеров на структуру электромагнитного поля методом Фурье определена дифракция плоской волны от цилиндрического ролика [11, 12, 13, 14].

Цилиндрический ролик (рис. 1), обеспечивающий транспортирование шкуры, является стенкой полуцилиндрического резонатора [15, 16, 17]. Представим ролик как идеально проводящий круговой цилиндр. Известно, что цилиндрические ролики малого диаметра ($a/\lambda < 0,1$, где a – диаметр роликов; λ – длина волны) рассеивают энергию практически изотропно по всему объему полуцилиндрического резонатора. В связи с тем, что использовать ролики диаметром менее 1,2 см не технологично, рекомендуем для транспортирования шкур использовать цилиндрические ролики диаметром 2,5...3,6 см, т. е. когда отношение $a/\lambda = (0,2...0,3)$. Тогда возникающую неравномерность нагрева можно компенсировать за счет перемещения сырья вращающимися роликами с определенной скоростью.

Вычислим предельно допустимую мощность $P_{уд}$, передаваемую в резонатор. Максимальная амплитуда напряженности электрического поля E_{max} не должна превышать половины напряженности электрического поля, при которой наступает пробой среды, заполняющий резонатор радиусом r . Для воздуха при нормальном атмосферном давлении пробивная напряженность составляет 30 кВ/см [15].

$$P_{уд} = \frac{E_{max}^2 \cdot \pi \cdot r^2}{480 \cdot \pi} \cdot \frac{1}{2} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda_0}{2 \cdot r}\right)^2} = \frac{E_{max}^2 \cdot r^2}{960} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda_0}{2 \cdot r}\right)^2}, \quad (1)$$

где λ_0 – критическая длина волны, см; r – радиус полуцилиндрического резонатора, см.

Если принять, что $\lambda_0 / 2r = 0,7$, то максимальная удельная мощность, переносимая через единичное сечение полуцилиндрического резонатора,

$$P_{уд.дон} = \frac{15^2}{960} \cdot \sqrt{0,3} = 133 \text{ кВт} / \text{см}^2. \quad (2)$$

Но в данном объеме резонатора с помощью маломощных магнетронов можно обеспечить напряженность электрического поля не более 1 кВ/см. В этом случае удельная мощность, переносимая через единичное сечение полуцилиндрического резонатора,

$$P_{уд.дон} = \frac{1}{960} \cdot \sqrt{0,3} = 600 \text{ Вт} / \text{см}^2. \quad (3)$$

По результатам теоретических и экспериментальных исследований разработана номограмма (рис. 2), позволяющая согласовать режимные параметры с критериями оценки качества собранного волосяного покрова. Номограмма позволяет определить необходимую дозу воздействия ЭМП СВЧ, удельную мощность генератора, напряженность электрического поля, температуру нагрева, концентрацию рассола, в зависимости от исходной бактериальной обсемененности сырья (ОМЧ), а затем определить производительность установки.

В первом квадранте приведена теоретическая зависимость температуры нагрева кожи при различной напряженности электрического поля при продолжительности воздействия 60 с. График характеризует влияние неравномерности распределения электрического поля на температуру нагрева сырья.

Во втором квадранте представлена динамика нагрева кожи при разных напряженностях электрического поля по результатам теоретических исследований. В третьем и четвертом квадрантах изображены теоретические зависимости температуры нагрева кожи от дозы воздействия ЭМП СВЧ и энергетической дозы соответственно. В пятом квадранте по результатам экспериментальных исследований микробиологических параметров волосяного покрова построены графики, позволяющие оценить степень снижения общего микробного числа в зависимости от дозы воздействия. В шестом квадранте приведен график, характеризующий зависимость продолжительности отделения волосяного покрова от кожи шкур кроликов породы белый великан при дозе воздействия 400 Вт·ч/кг от концентрации рассола.

При движении шкуры кролика через полуцилиндрический резонатор одновременно с ослаблением силы удерживания волосяного покрова происходит его обеззараживание. Это подтверждают результаты микробиологических исследований волосяного покрова. Исследова-

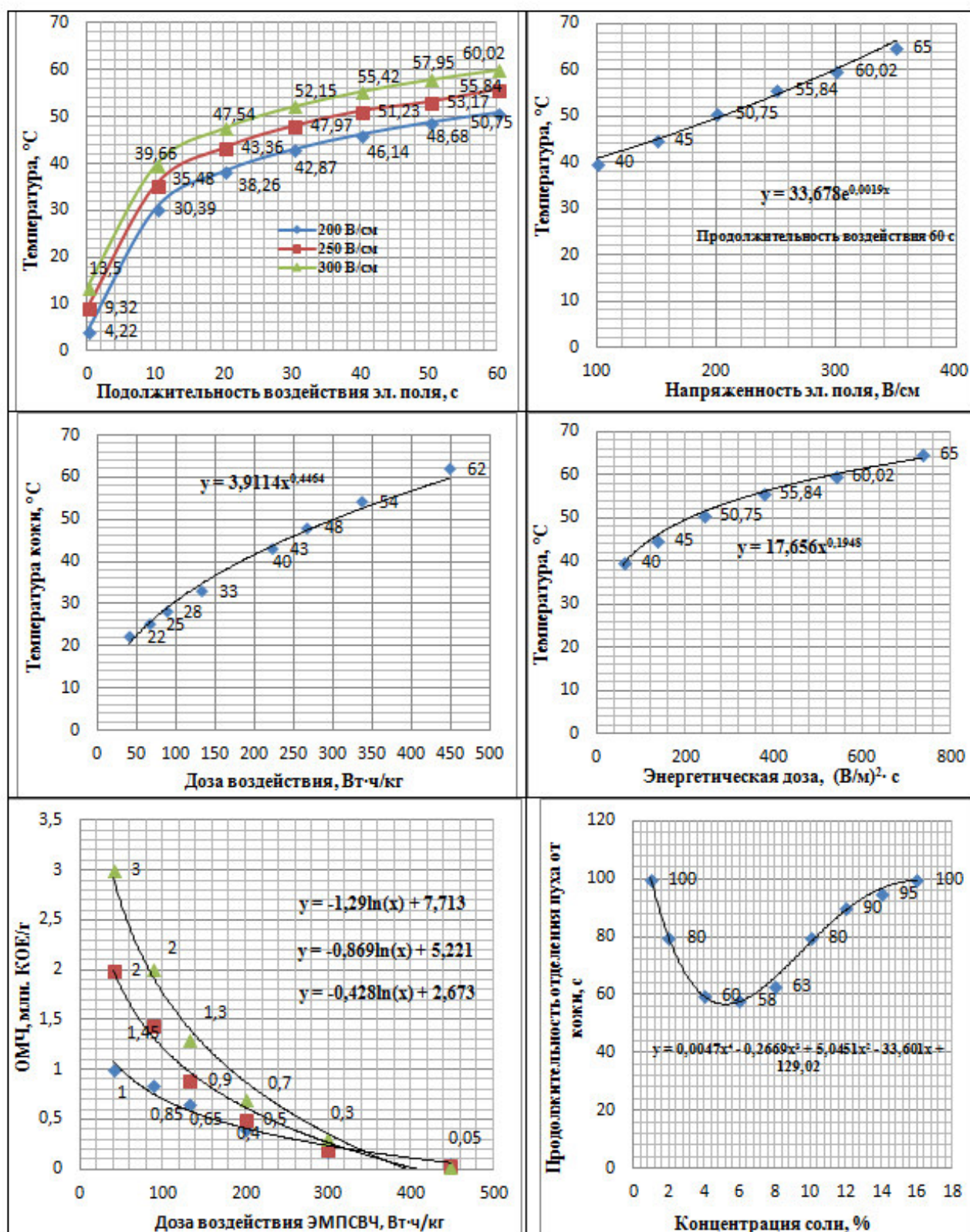


Рис. 2 – Номограмма для согласования режимных параметров с критериями оценки качества волосяного покрова

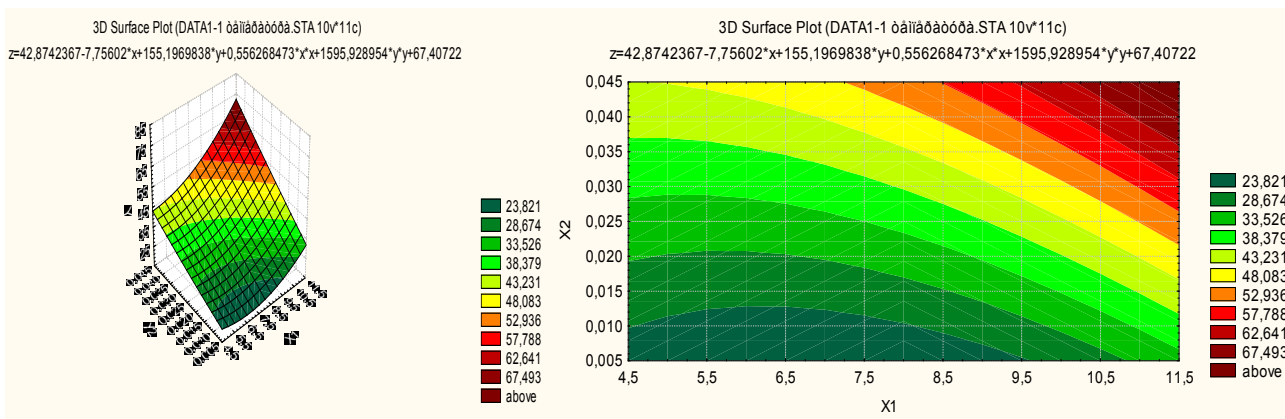


Рис. 3 – Поверхность отклика и двухмерные сечения в изолиниях трехфакторной модели изменения температуры шкуры кролика в ЭМПСВЧ

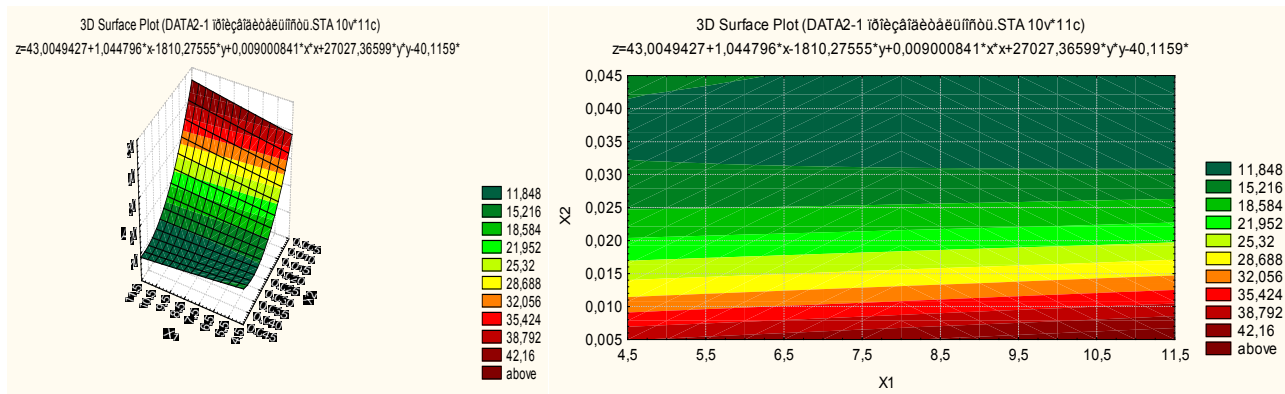


Рис. 4 – Поверхность отклика и двухмерные сечения в изолиниях трехфакторной модели изменения производительности СВЧ установки

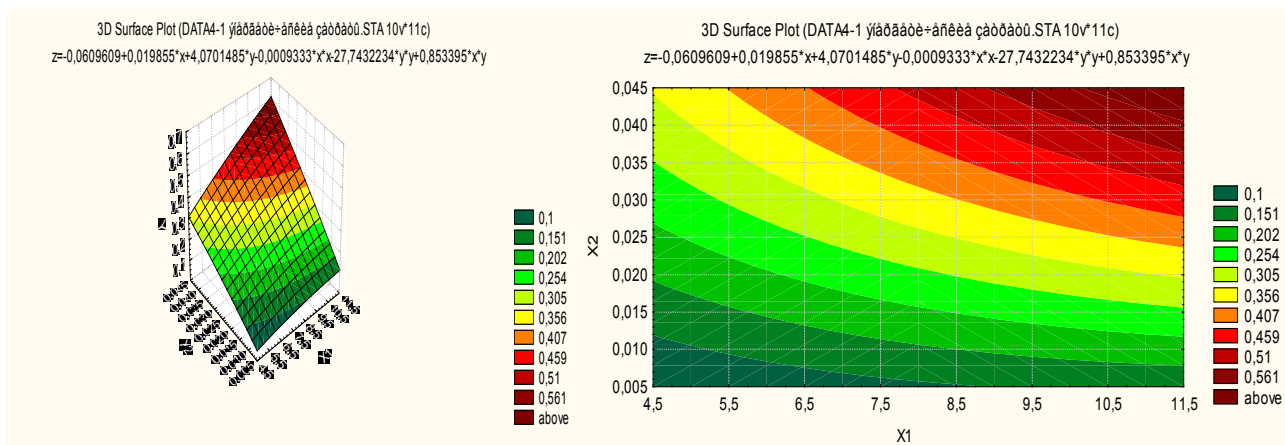


Рис. 5 – Поверхность отклика и двухмерные сечения в изолиниях трехфакторной модели удельных энергетических затрат на процесс сбора пуха со шкуры кролика

но 3 образца пуха с разной исходной обсемененностью в 4-кратной повторности. Исходное общее микробное число в первой пробе $3 \cdot 10^6$ КОЕ/г, во второй – $2 \cdot 10^6$ КОЕ/г, в третьей – $1 \cdot 10^6$ КОЕ/г. Все образцы обрабатывали в ЭМПСВЧ при различной дозе. Общее микробное число, согласно результатам исследований проб пуха, с увеличением дозы воздействия снижается. За-

висимость микробиологической обсемененности пуха от дозы воздействия ЭМПСВЧ на шкуру кролика приведена на рис. 3 (пятый квадрант номограммы). На основе регрессионных зависимостей определены рациональные режимы работы СВЧ установки. Для этого использовали матрицу планирования 3-факторного активного эксперимента типа 2^3 . В качестве основных фак-

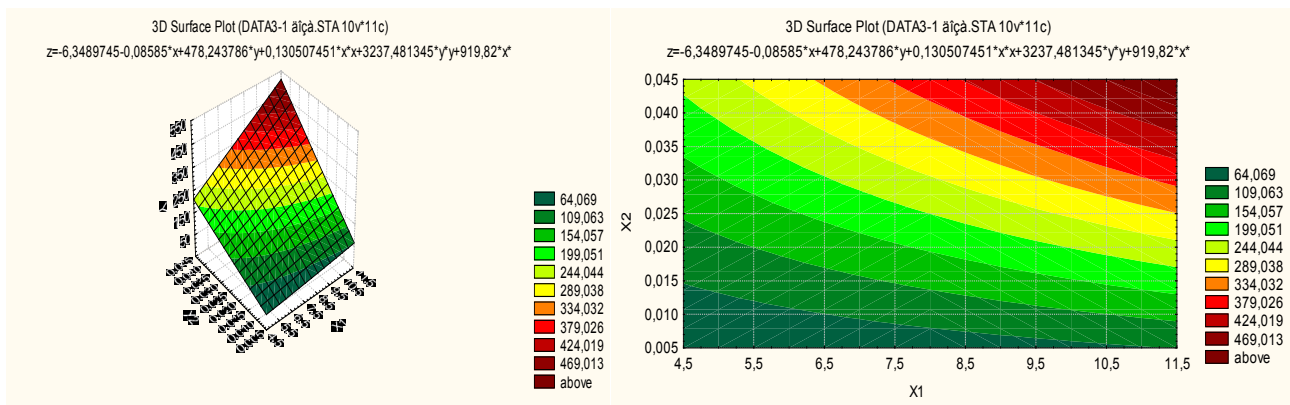


Рис. 6 – Поверхность отклика и двухмерные сечения в изолиниях трехфакторной модели дозы воздействия ЭМП СВЧ на шкуру кролика

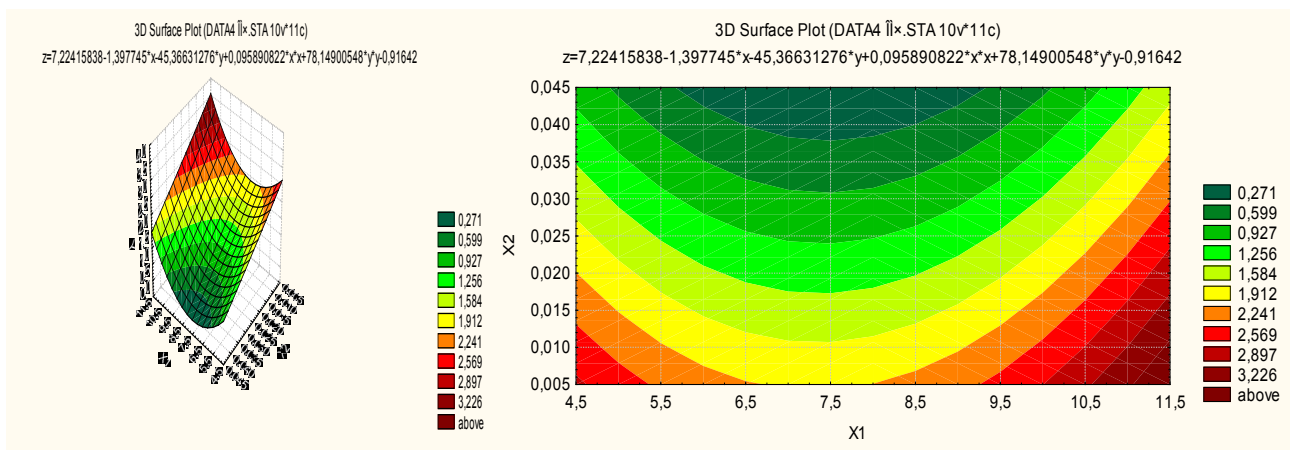


Рис. 7 – Поверхность отклика и двухмерные сечения в изолиниях трехфакторной модели изменения ОМЧ в пухе шкуры кролика

торов, влияющих на технологический процесс отделения пуха от шкуры, были выбраны: удельная мощность СВЧ генераторов $P_{уд}$, Вт/г (x_1); продолжительность воздействия ЭМП СВЧ τ , ч (x_2); концентрация солевого раствора n (x_3). Выбор интервалов изменения факторов обусловлен технологическими условиями ослабления силы удерживания волосяного покрова в коже шкуры, конструктивными параметрами СВЧ установки, обеспечивающими эффективную напряженность электрического поля и максимальную собственную добротность резонатора.

Критериями оптимизации являются:

Y_1 – температура в коже шкуры (T , °C);

Y_2 – производительность СВЧ установки (Q , кг/ч);

Y_3 – доза воздействия ЭМП СВЧ (D , Вт·ч/кг);

Y_4 – удельные энергетические затраты на технологический процесс отделения волосяного покрова от кожи шкур кроликов, (W , кВт·ч/кг);

Y_5 – общее микробное число в собранном пухе, (ОМЧ, 10^6 КОЕ/г).

С помощью программы «Statistic V8.0» построены поверхности отклика и их двумерные сечения в изолиниях, получены уравнения регрессии при концентрации рассола 5 %, адекватно описывающие технологический процесс под влиянием исследуемых факторов (рис. 3 - 7).

$$T = 42,87 - 7,76 \cdot x_1 + 155,2 \cdot x_2 + 0,56 \cdot x_1^2 + 1595,9 \cdot x_2^2 + 67,41 \cdot x_1 \cdot x_2 \quad (4)$$

$$Q = 43,01 + 1,05 \cdot x_1 - 1810,28 \cdot x_2 + 0,0098 \cdot x_1^2 + 27027,37 \cdot x_2^2 - 40,12 \cdot x_1 \cdot x_2 \quad (5)$$

$$\Xi = -0,061 + 0,0198 \cdot x_1 + 4,071 \cdot x_2 - 0,000931 \cdot x_1^2 - 27,74 \cdot x_2^2 + 0,851 \cdot x_1 \cdot x_2 \quad (6)$$

$$D = -6,35 - 0,086 \cdot x_1 + 478,25 \cdot x_2 + 0,131 \cdot x_1^2 + 3237,48 \cdot x_2^2 + 919,82 \cdot x_1 \cdot x_2 \quad (7)$$

$$\text{ОМЧ} = 7,224 - 1,4 \cdot x_1 - 45,37 \cdot x_2 + 0,096 \cdot x_1^2 + 78,15 \cdot x_2^2 - 0,92 \cdot x_1 \cdot x_2 \quad (8)$$

Из анализа уравнений выявлены такие режимы работы установки, которые обеспечивают минимальные удельные энергетические затраты на процесс отделения пуха от кожи и максимум снижения микробиологической обсе-

Таблица

Технические характеристики разработанной СВЧ установки

Количество магнетронов, шт.	3
Потребляемая мощность трех СВЧ генераторов, кВт	3,6
Производительность установки, (кг/ч) / (шт./ч)	12 / 40
Мощность электродвигателя щипального барабана, кВт	0,25
Мощность электродвигателя транспортера, кВт	0,25
Мощность пылесоса, кВт	0,4
Потребляемая мощность СВЧ установки, кВт	4,5
Удельные энергетические затраты, кВт·ч/кг	0,375
Габаритные размеры, м	1,2x1,0x2,15

менности сырья. Технические характеристики разработанной и изготовленной СВЧ установки для отделения волосяного покрова от шкуры кроликов приведены в таблице.

При увеличении количества магнетронов увеличивается производительность установки, а удельные энергетические затраты снижаются, так как мощности электродвигателей барабана, транспортера и пылесоса не изменяются.

Выводы

Комплексная оценка технологических параметров процесса отделения волосяного покрова от кожи шкуры кролика в СВЧ установке показала, что при дозе воздействия ЭМП СВЧ не менее 180 Вт·ч/кг микробиологическая обсемененность волосяного покрова снижается до предельно допустимого уровня: с 2 млн КОЕ/г до 500 КОЕ/г.

При удельных энергетических затратах на технологический процесс сбора пуха от шкуры кроликов 0,36 кВт·ч/кг производительность установки с четырьмя генераторами в полукруглом резонаторе составляет 16 кг/ч (53 шт./ч), а кожа нагревается до 40...50 °С.

Разработанная установка обеспечивает в процессе воздействия ЭМП СВЧ на шкуры кроликов ослабление силы удержания волосяного покрова в коже, мездровая сторона которой вымочена рассолом с концентрацией 5...8 %, до 80 %.

Годовой экономический эффект от применения СВЧ установки для сбора волосяного покрова со шкуры кроликов составляет примерно 187 тыс. руб., а рентабельность – 39 %.

Библиографический список:

1. Жданкин, Г.В. Разработка сверхвысокочастотной установки с передвижными резонаторами / Г.В. Жданкин, Г.В. Новикова, О.В. Михайлова // Вестник НГИЭИ. - 2017. - № 2 (69). - С. 61 - 71.

2. Жданкин, Г.В. Разработка сверхвысокочастотной установки для термообработки непищевых боенских отходов / Г.В. Жданкин, Г.В. Новикова // Пермский аграрный Вестник. - 2017. - № 4 (20). - С. 54 - 64.

3. Новикова, Г.В. Резонаторы, обеспечивающие термообработку сырья в поточном режиме / Г.В. Новикова, М.В. Белова // Естественные и технические науки. - 2015. - № 6. - С. 504 - 507.

4. Чурсин, В.Н. Влияние низкотемпературной обработки сырья на структуру дермы / В.Н. Чурсин, О.В. Дормидонтова // Кожевенно-обувная промышленность. - 2004. - № 2. - С. 40 - 41.

5. Шамин, Е.А. Анализ условий функционирования установки для отделения меха от шкурок кроликов / Е.А. Шамин, Б.Г. Зиганшин, Г.В. Новикова // Вестник НГИЭИ. - 2017. - № 8 (75). - С. 41 - 47.

6. Технологии переработки мехового сырья кроликов / Е.А. Шамин, Г.В. Новикова, Б.Г. Зиганшин, Е.Л. Белов // Вестник Казанского ГАУ. - 2017. - № 3 (45). - С. 61 - 67.

7. <http://www.findpatent.ru/patent/3/35319.html>.

8. <http://www.studopedia.org>2-72583.html>.

9. Белова, М.В. Определение продолжительности переработки сырья в электромагнитном поле сверхвысокой частоты / М.В. Белова, Г.В. Новикова, О.В. Михайлова // Естественные и технические науки. - 2015. - № 6. - С. 510 - 513.

10. Белова, М.В. Конструктивные особенности резонаторов сверхвысокочастотных установок для термообработки сырья в поточном режиме / М.В. Белова // Вестник Казанского ГАУ. - 2015. - № 4 (38). - С. 31 - 37.

11. Дробахин, О.О. Резонансные свойства аксиально-симметричных микроволновых резонаторов с коническими элементами / О.О. Дробахин, П.И. Заболотный, Е.Н. Привалов // Радиопизика и радиоастрономия. - 2009. - Том 1, № 4. - С. 433 - 441.

12. Аналитическое решение внутренней краевой задачи электродинамики для рабочей камеры бытовых СВЧ печей при многощелевом способе возбуждения электромагнитного поля / В.А. Коломейцев [и др.] // Вопросы электротехнологии. - 2014. - № 3 (4). - С. 27 - 33.

13. Коломейцев, В.А. Микроволновые установки с равномерным объемным нагревом. Часть 2 / В.А. Коломейцев, В.В. Комаров. – Саратов: СГТУ, 2006. – 233 с.

14. Drobakhin, O.O. Open-ended waveguide cutoff resonators for monitoring dielectrics parameters of gases / O.O. Drobakhin, Y.N. Privalov, D.Y. Saltykov // *Telecommun. Radio Eng.* – 2013. - Vol. 72, №. 7. - P. 627–640.

15. Стрекалов, А.В. Электромагнитные поля

и волны / А.В. Стрекалов, Ю.А. Стрекалов. – М.: ИОИР: ИНФРА-М, 2014. – 375 с.

16. Makimoto, M. Microwave resonators for wireless communication / M. Makimoto, S. Yamashita // *Theory, design and application.* – Berlin: Springer – Verlag, 2001. – 162 p.

17. Harrington, R.F. Time-harmonic electromagnetic fields / R.F. Harrington. – New York: Wiley, 2001. – 480 p.

PARAMETER RESEARCH OF THE MICROWAVE INSTALLATION FOR SEPARATION OF HAIR FROM RABBIT SKINS

Shamin E.A.¹, Belova M.V.¹, Vieru T.P.²

*¹SBEI HE Nizhny Novgorod University of Engineering and Economics
606340. Nizhny Novgorod region., Knyaginino v., Oktyabrskaya st., 22. E-mail: evg.shamin4@gmail.com*

*²FSBEI HE Chuvash State Agricultural Academy,
428003, Cheboksary, K-Marx st., 29.*

Key words: microwave installation, semicylindrical resonator, rabbit skins, hair weakening, brine, nomogram for parameter matching.

The purpose of this work is to improve the quality of rabbit wool when separating it from the rabbit skin by improving the technology and microwave installations. The main task of the research is the design, development and research in the production conditions of a microwave unit, which ensures the separation of wool from rabbit skins in a continuous mode. Theoretical studies were carried out on the basis of analysis of electrophysical parameters of multicomponent materials as well as with application of mathematical tools and the theory of the electromagnetic field of ultrahigh frequency (EMFUHF). The electrodynamic characteristics of the system were substantiated by calculating the distribution of the electromagnetic field in the developed resonators in the transient mode using the CST Microwave Studio program. Microwave installation provides soaking of fleshings of unfolded rabbit skins in the brine and its movement with a roller conveyor through a semicylindrical resonator, located horizontally, which has gaps at its ends. An integrated assessment of technological parameters of the process of separating the hair from the skin in the microwave installation led to the conclusion that a decrease of microbiological content from 2 million cfu / g to 500 cfu / g (MAL) is possible with a dose of EMFUHF at least 180 W · h / kg. With specific energy costs for the technological process of separating wool from the rabbit skin of 0.36 kWh / kg, the capacity of the installation with four generators in a semi-cylindrical resonator is 16 kg / h (53 pcs / h), and the skin is heated to 40 ... 50 ° C. During the impact of EMFUHF on rabbit skins, the developed installation provides a weakening of skin hair cover, the fleshing side of which is soaked with a brine with a concentration of 5 ... 8% up to 80%. Annual economic benefit from the use of microwave equipment for separating wool from the rabbit skin is about 187 thousand rubles. with a profitability of 39%.

Bibliography

- 1. Zhdankin, G.V. Development of an ultrahigh-frequency installation with mobile resonators / G.V. Zhdankin, G.V. Novikova, O.V. Mikhailova // Vestnik of Nizhny Novgorod University of Engineering and Economics. - 2017. - No. 2 (69). - P. 61 - 71.*
- 2. Zhdankin, G.V. Development of a microwave installation for heat treatment of non-food slaughter wastes / G.V. Zhdankin, G.V. Novikova // Perm Agrarian Vestnik. - 2017. - No. 4 (20). - P. 54 - 64.*
- 3. Novikova, G.V. Resonators providing heat treatment of raw materials in a flow mode / G.V. Novikova, M.V. Belova // Natural and technical sciences. - 2015. - No. 6. - P. 504 - 507.*
- 4. Chursin, V.N. Influence of low-temperature processing of raw materials on skin structure / V.N. Chursin, O.V. Dormidontova // the Leather-shoe industry. - 2004. - No. 2. - P. 40 - 41.*
- 5. Shamin, E.A. Analysis of operating conditions for separation of wool from rabbit skins / E.A. Shamin, B.G. Ziganshin, G.V. Novikova // Vestnik of Nizhny Novgorod University of Engineering and Economics. - 2017. - No. 8 (75). - P. 41 - 47.*
- 6. Technologies for processing rabbit fur raw materials / E.A. Shamin, G.V. Novikova, B.G. Ziganshin, E.L. Belov // Vestnik of Kazan SAU. - 2017. - No. 3 (45). - P. 61 - 67.*
- 7. <http://www.findpatent.ru/patent/3/35319.html>.*
- 8. <http://www.studopedia.org/2-72583.html>.*
- 9. Belova, M.V. Specification of duration of raw material processing in electromagnetic field of ultrahigh frequency / M.V. Belova, G.V. Novikova, O.V. Mikhailova // Natural and technical sciences. - 2015. - No. 6. - P. 510-513.*
- 10. Belova, M.V. Design features of resonators of ultrahigh-frequency installations for heat treatment of raw materials in a flow mode / M.V. Belova // Vestnik of Kazan SAU. - 2015. - No. 4 (38). - P. 31-37.*
- 11. Drobakhin, O.O. Resonance properties of axially symmetric microwave cavities with cone-shaped elements / O.O. Drobakhin, P.I. Zabolotny, E.N. Privalov // Radiophysics and Radio Astronomy. - 2009. - Volume 1, No. 4. - P. 433 - 441.*
- 12. Analytical solution of internal problem of electrodynamics for the working chamber of household microwave ovens with a multi-gap method of electromagnetic field excitation / V.A. Kolomeitsev [et al.] // Issues of electrotechnology. - 2014. - No. 3 (4). - P. 27 - 33.*
- 13. Kolomeitsev, V.A. Microwave installations with even volumetric heating. Part 2 / V.A. Kolomeitsev, V.V. Komarov. - Saratov: SSTU, 2006. - 233 p.*
- 14. Drobakhin, O.O. Open-ended waveguide cutoff resonators for monitoring dielectrics parameters of gases / O.O. Drobakhin, Y.N. Privalov, D.Y. Saltykov // Telecommun. Radio Eng. - 2013. - Vol. 72, no. 7. P. 627-640.*
- 15. Strekalov, A.V. Electromagnetic fields and waves / A.V. Strekalov, Yu.A. Strekalov. - Moscow: Publishing house: INFRA-M, 2014. - 375 p.*
- 16. Makimoto, M. Microwave resonators for wireless communication / M. Makimoto, S. Yamashita // Theory, design and application. - Berlin: Springer - Verlag, 2001. - 162 p.*
- 17. Harrington, R.F. Time-harmonic electromagnetic fields / R.F. Harrington. - New York: Wiley, 2001. - 480 p.*