

4. Buzoverov S.Yu., Lobanov V.I. Tekhnologiya i oborudovanie elevatornoy promyshlennosti: uchebnoe posobie. – Barnaul: RIO AGAU, 2013. – 85 s.

5. Pat. № 174380. Bunker dlya otvolazhivaniya zerna / Rossiyskaya Federatsiya MPK V65D 88/00 (2006.01) / Buzoverov S.Yu., Balabov A.A., Lobanov V.I.; zayavitel i

patentoobladatel Balabov A.A. – № 2017112559; zayavl. 12.04.2017; opubl. 11.10.2017. Byul. № 29.

6. Zolotarev S.M. Proektirovanie mukomolnykh, krupyanykh i kombikormovykh zavodov. – M.: Kolos, 1976. – 285 s.

7. <http://www.sibpatent.ru/patent/SU1291506>, 23.02.87. (Data obrashcheniya 11.03.2017).



УДК 636.934

Е.А. Шамин, Г.В. Новикова, О.В. Михайлова  
Ye.A. Shamin, G.V. Novikova, O.V. Mikhaylova

## УСТАНОВКА ДЛЯ ОТДЕЛЕНИЯ ПУХА ОТ ШКУРЫ КРОЛИКОВ В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ СВЕРХВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

### INSTALLATION FOR RABBIT WOOL SEPARATION IN ELECTROMAGNETIC FIELD OF ULTRA-HIGH FREQUENCY

**Ключевые слова:** микроволновая установка, отделение пуха от шкуры кроликов, щипальный барабан колками, роликовый транспортер, ванна для солевого раствора.

Во многих фермерских хозяйствах затрудняются выделывать шкуру кроликов и поэтому их утилизируют. Известно, что выделывание шкуры включает в себя процессы квашения, пикелевания, дубления и жирования. При этих процессах используют солевой раствор, но передержка в такой смеси может привести к опадению волокон пуха. Основываясь на этом опыте, разработана технология отделения пуха от кожи шкуры кролика, предусматривающая ослабления силы удерживаемости волокон пуха в коже за счет избирательного диэлектрического нагрева шкуры, мездровая сторона которой намочена рассолом. Методика исследования включает анализ электрофизических параметров кожи, жира и пуха; обоснование конфигурации и размеров объемного резонатора; выбор мощности СВЧ-генератора; обоснование режимов воздействия электромагнитного поля сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ) на сырье. Установка для отделения пуха от шкуры кроликов в ЭМП СВЧ состоит из неферромагнитного поддона со сливным отверстием для сбора жира. Над поддоном установлен роликовый транспортер, закрытый полуцилиндрическим неферромагнитным куполом, имеющим щели для приема сырья с одного торца и выгрузки шкуры – с другого. Купол и роликовый транспортер образуют резонатор. СВЧ-генераторы расположены на боковой поверхности купола, внутри которого имеется горизонтально расположенный диэлектрический щипальный барабан с колками, над которым установлен диэлектрический зонтик с пневмопроводом. В торцах полуцилиндрического купола имеются щели, впереди одной из них расположена ванна с валиком, впитывающим покрытие, над которым имеется прижимной ролик. Технология сбора пуха реализу-

ется установкой, обеспечивающей ослабление силы удерживаемости волокон пуха в коже за счет избирательного диэлектрического нагрева и втирания с мездровой стороны, раствором поваренной соли. Снижение микробиологической обсемененности волосяного покрова с 2 млн КОЕ/г до 500 КОЕ/г (ГДУ) возможно при дозе воздействия ЭМП СВЧ не менее 180 Вт·ч/кг. При удельных энергетических затратах на технологический процесс сбора пуха от шкуры кроликов 0,28 кВт·ч/кг, производительность установки с тремя генераторами в полуцилиндрическом резонаторе составит 16 кг/ч (53 шт/ч), а кожа нагреется до 38–50°C.

**Keywords:** microwave installation, rabbit wool separation from the skins, spiked pulling drum, roller conveyor, salt solution bath.

Many farms find it difficult to curry rabbit skins, and so they dispose of them. Currying includes the processes of fermentation, pickling, tannage and greasing. These processes use salt solution, but overexposure may lead to wool fiber fall-off. Based on this experience, the technology of rabbit wool separation from the skins was developed; the technology involves wool attachment force weakening by selective dielectric heating of skin; the inner side is wetted by salt solution. The research methodology includes the analysis of electro-physical parameters of skin, grease and wool; the rationale for the configuration and dimensions of the cavity resonator; selection of the UHF generator output; a study of the modes of the electromagnetic field of ultra-high frequency (UHF-EMF) action on raw materials. The installation for rabbit wool separation in electromagnetic field of ultra-high frequency consists of non-ferromagnetic drip pan with a drain hole for grease collection. Above the drip pan, there is a roller conveyor covered by non-ferromagnetic semi-cylindrical dome having slits for receiving raw material at one end and unloading the skins from the other end. The dome

and roller conveyor form the cavity resonator. The microwave oscillators are located on the lateral surface of the dome; inside of which there is a horizontal dielectric spiked pulling drum with a dielectric umbrella with the pneumatic conduit installed above. At the ends of the dome there are slits; in front of one of them there is a bath with cushion of absorbing coating, and a pressure roller above. The technology of wool collection is implemented by the installation which weakens the strength of wool attachment by the selective dielectric

heating and rubbing in salt solution into the inner side. Reduction of microbiological contamination of wool from 2 million CFU g to 500 CFU g is possible under UHF-EMF exposure not less than 180 Wh kg. Given the specific energy consumption for the technological process of rabbit wool collection is 0.28 kWh kg, the efficiency of the installation with three oscillators in the resonator is 16 kg h (53 skins per hour); a skin is heated up to 38...50°C.

**Шамин Евгений Анатольевич**, к.э.н., доцент, Нижегородский государственный инженерно-экономический университет. E-mail: evg.shamin4@gmail.ru.

**Новикова Галина Владимировна**, д.т.н., проф., Нижегородский государственный инженерно-экономический университет. E-mail: NovikovaGalinaV@yandex.ru.

**Михайлова Ольга Валентиновна**, д.т.н., доцент, Нижегородский государственный инженерно-экономический университет. E-mail: ds17823@yandex.ru.

**Shamin Yevgeniy Anatolyevich**, Cand. Econ. Sci., Assoc. Prof., Nizhniy Novgorod State Engineering-Economic University. E-mail: evg.shamin4@gmail.ru.

**Novikova Galina Vladimirovna**, Dr. Tech. Sci., Prof., Nizhniy Novgorod State Engineering-Economic University. E-mail: NovikovaGalinaV@yandex.ru.

**Mikhaylova Olga Valentinovna**, Dr. Tech. Sci., Assoc. Prof., Nizhniy Novgorod State Engineering-Economic University. E-mail: ds17823@yandex.ru.

### Введение

В связи с тем, что очень низкий сбыт высушенных шкур в большинстве фермерских кролиководческих хозяйствах шкуры кроликов с густым мехом после съемки сразу утилизируют или направляют в цеха по производству белковых кормов [1]. Поэтому для фермерских кролиководческих хозяйств нами предлагается технология, ориентированная на отделении пуха от кожи и использование пуха как ценное сырье.

Известен станок для стрижки шкур нутрии раскаленной проволокой [2]. Имеется старинный способ снятия пуха со шкурок кроликов [3], предусматривающий предварительное увлажнение теплым раствором поваренной соли за счет втирания в шкурки с мездры их стороны. При этом пух легко обрывается с помощью щипальной машины. Итак, известны способы снятия пуха путем стрижки шкурок или путем выщипывания волокон, которые достаточно трудоемкие.

**Целью** работы является разработка микроволновой технологии и установки для ослабления силы удерживаемости пуха в коже и отделения его от шкуры кроликов.

**Объектом** исследования является технологические процессы ослабления силы удерживаемости волокон пуха в коже за счет избирательного диэлектрического нагрева шкуры кроликов, вымоченной со стороны мездры рассолом, вычесывания сбора пуха.

### Методика исследований

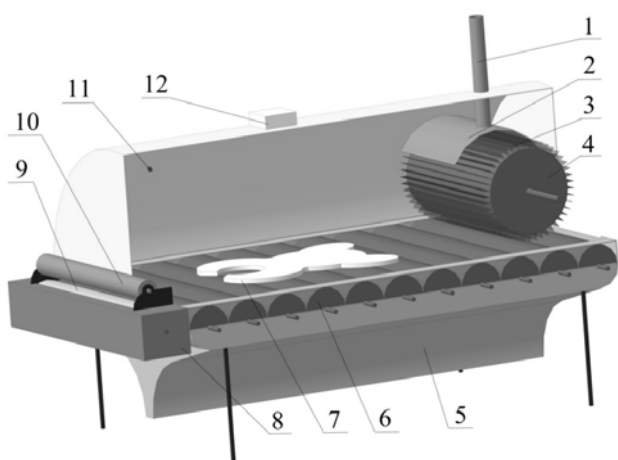
Методика разработки микроволновой установки для реализации технологического процесса

отделения пуха от шкуры кроликов включает следующую последовательность: составление операционно-технологической схемы; исследование электрофизических параметров кожи, жира и пуха; обоснование конфигурации и размеров объемного резонатора; выбор мощности СВЧ-генератора; обоснование режимов воздействия ЭМП-СВЧ на сырье; определение скорости и температуры нагрева кожи; разработка технологической схемы микроволновой установки; выбор комплектующего оборудования и средств контроля [5-7].

### Результаты и их обсуждение

Предлагаемая нами технология сбора пуха происходит в процессе передвижения шкуры кроликов, увлажненной раствором поваренной соли, через полуцилиндрический резонатор СВЧ-установки. Принцип действия установки для отделения волосяного покрова от шкуры кроликов в ЭМП-СВЧ основан на обеспечении ослабления силы удерживаемости пуха в коже в процессе избирательного диэлектрического нагрева [3] и вымачивания мездры с соевым раствором, вычесывание волокон пуха и пневмотранспортирования. Установка для отделения пуха от шкуры кроликов в ЭМП-СВЧ выполнена следующим образом (рис. 1). На монтажный каркас установлен неферромагнитный поддон 5, на который вмонтирован неферромагнитный роликовый транспортер 6, закрытый полуцилиндрическим неферромагнитным куполом 11. Купол и роликовый транспортер образуют полуцилиндрический резонатор, имеющих по торцам щели, размером менее чем четверть длины волны, предназначенные для подачи

исходных шкур в объемный резонатор и для выгрузки отработанной кожи. На поверхности купола равномерно расположены СВЧ-генераторы 12. Внутри резонатора установлены диэлектрический щипальный барабан 4 с колками 3, прижатыми к роликовому транспортеру. Над диэлектрическим щипальным барабаном установлен диэлектрический зонтик 2, способствующий отсосу пуха с помощью вытяжного вентилятора через пневмопровод 1. Впереди роликового транспортера 6 установлена ванна 8 для солевого раствора, внутри которой находится валик 9 с впитывающим покрытием. Над валиком 9 прижимной ролик 10.



**Рис. 1. Установка для отделения пуха от шкуры кроликов в ЭМПСВЧ:**

- 1 – пневмопровод; 2 – диэлектрический зонтик, обеспечивающий отсос пуха; 3, 4 – щипальный барабан колками из диэлектрического материала;**
- 5 – неферромагнитный поддон для сбора жира и мездры; имеющий сливное отверстие;**
- 6 – роликовый транспортер из неферромагнитного материала; 7 – крышка над передаточными механизмами; 8 – ванна для солевого раствора;**
- 9 – валик впитывающим покрытием; 10 – прижимной ролик; 11 – полуцилиндрический неферромагнитный купол, имеющий щели для приема сырья с одного торца и выгрузки шкуры с другого торца;**
- 12 – СВЧ-генераторы с маломощными магнетронами с воздушным охлаждением**

*Технологический процесс.* Залить рассол в ванну 8. Включить электродвигатель привода роликового транспортера 6, вытяжной вентилятор для отсоса пуха, электродвигатель привода щипального барабана 4. Шкуру кролика разрезать по длине и развернуть по ширине, направить пухом вверх между валиком 9 и прижимным роликом 10 так, чтобы мездровая сторона шкуры соприкасалась с впитывающим покрытием валика. При этом

мездровая сторона шкуры вымачивается рассолом, что разрушает волосные фолликулы (капсулы из кожи, внутри которых располагаются корни волос). Далее шкура перемещается на роликовый транспортер, после чего нужно включить СВЧ-генераторы. В процессе перемещения в полуцилиндрическом резонаторе шкура избирательно подвергается воздействию ЭМПСВЧ. При этом сила удерживаемости волос в коже ослабляется за счет существенной разницы диэлектрических характеристик волос, фолликулы, дермы и т.п., а также солевого раствора, который также нагревается. Необходимо учесть, что крепость волокон на различных топографических участках кожи неодинакова. Шкура с ослабленной силой удерживаемости волос в коже затягивается под диэлектрический щипальный барабан, где пух вычесывается с помощью колков 3, вытяжным вентилятором высасывается через пневмопровод 1 в специальный циклон-разгрузитель. В процессе передвижения с мездровой стороны шкуры растапливается жир и вытекает рассол, все это сливается через щели между роликами в поддон 5. Отработанная шкура выталкивается с роликового транспортера из резонатора через выгрузную щель в накопительную тару. Технологический процесс непрерывный, при этом экологически безопасная плотность потока мощности не должна превышать  $25 \text{ мВт/м}^2$  при 8-часовой работе установки. Если щели для подачи сырья и выгрузки отходов менее чем четверть длины волны (ограничивается толщиной кожи), то при правильном расположении прижимного валика у приемной щели предельно допустимый уровень плотности потока мощности выдерживается. К тому же электромагнитное излучение через щель гасится в солевом растворе и повышает его температуру. По окончании технологического процесса выключить СВЧ-генераторы 12, остановить электродвигатели роликового транспортера 6 и валика 9, щипального барабана 4, вытяжного вентилятора. Ширина роликового транспортера должна быть больше, чем ширина развернутой шкуры кролика. Размеры полуцилиндрического резонатора должны быть согласованы с длиной волны, особенно диаметр купола. Длина колонок 3 должна обеспечить вычесывание пуха с кожи. Производительность установки зависит от количества СВЧ-генераторов, вида шкур, концентрации солевого раствора.

*Для обоснования режимов работы необходимо воспользовались матрицей планирования 3-фак-*

торного активного эксперимента типа  $2^3$ . В качестве основных факторов, влияющих на технологический процесс отделения пуха от шкуры, были выбраны: удельная мощность СВЧ-генераторов  $P_{уд}$ , Вт/г ( $x_1$ ); продолжительность воздействия ЭМП СВЧ  $t$ , ч ( $x_2$ ); концентрация солевого раствора  $n$  ( $x_3$ ). Выбор интервалов изменения факторов обусловлен технологическими условиями ослабления силы удерживаемости волосяного покрова в коже шкуры, конструктивными параметрами СВЧ-установки, обеспечивающими эффективную напряженность электрического поля и максимальную собственную добротность резонатора. Выбранные факторы были совместимы и не коррелированы между собой, а пределы их изменения принимались равными:

$$(x_1) 5,33 \leq P_{уд} \leq 10,67 \text{ Вт/г};$$

$$(x_2) 0,5 \leq t \leq 2,5 \text{ мин.}; \quad (x_3) 2 \leq n \leq 4 \text{ г/мл.}$$

Критериями оптимизации являются:

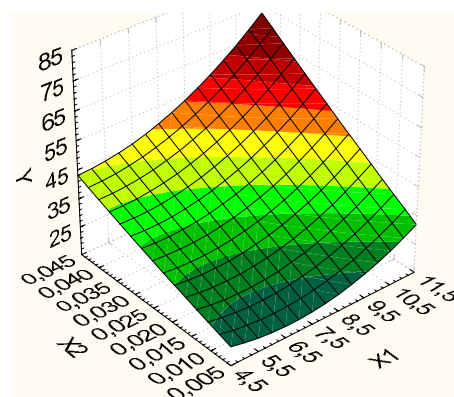
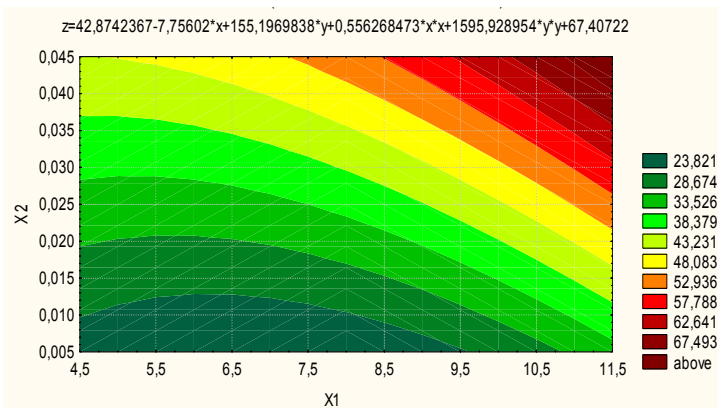
- $Y_1$  – температура в коже шкуры ( $T$ , °C);
- $Y_2$  – производительность СВЧ-установки ( $Q$ , кг/ч);
- $Y_3$  – доза воздействия ЭМП СВЧ ( $D$ , Вт·ч/кг);
- $Y_4$  – удельные энергетические затраты на технологический процесс отделения волосяного покрова от кожи шкур кроликов ( $W$ , кВт·ч/кг);
- $Y_5$  – микробиологическая обсемененность собранного пуха (общее микробное число, ОМЧ, КОЕ/г).

Регрессионные модели технологического процесса отделения волосяного покрова от кожи шкур кроликов в кодированных единицах при  $x_3 = 0$  (3 г/мл.) приведены ниже. Уравнения регрессии адекватно описывают технологический процесс под влиянием исследуемых факторов. Пользуясь программой «StatisticV8.0», построены поверхности отклика и их двумерные сечения в изолиниях (рис. 2-5).

Таблица 1

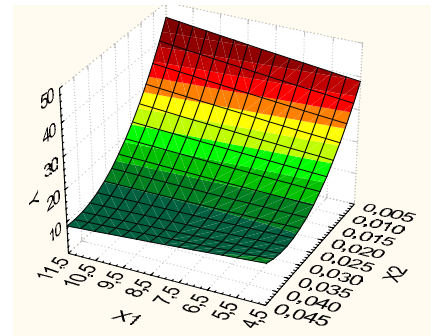
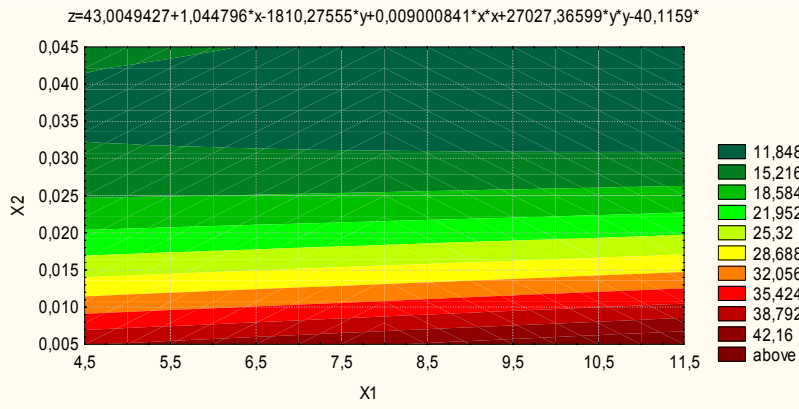
**Матрица активного планирования эксперимента типа  $2^3$  для оптимизации технологических параметров СВЧ-установки для отделения волосяного покрова шкуры кролика**

Варьируемые параметры								
мощность СВЧ-генераторов, кВт	удельная мощность генератора, Вт/г		продолжительность обработки, т			концентрация соли, г/мл		потребляемая мощность установки, кВт
	$P_{ген.}$	$X_1$	$P_{уд}$	$X_2$	Мин.	ч	$X_3$	
3,2	+	10,67	+	2,5	0,042	+	4	5,7
3,2	+	10,67	-	0,5	0,0083	-	2	5,7
1,6	-	5,33	+	2,5	0,042	-	2	3,3
1,6	-	5,33	-	0,5	0,0083	+	4	3,3
2,4	0	8	0	1,5	0,025	0	3	4,5
1,6	-	5,33	0	1,5	0,025	0	3	3,3
3,2	+	10,67	0	1,5	0,025	0	3	5,7
2,4	0	8	-	0,5	0,0083	0	3	4,5
2,4	0	8	+	2,5	0,042	0	3	4,5
2,4	0	8	0	1,5	0,025	-	2	4,5
2,4	0	8	0	1,5	0,025	+	4	4,5

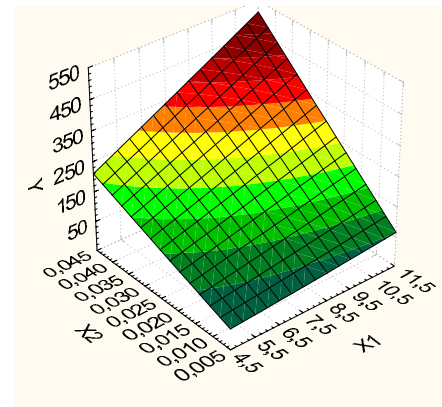
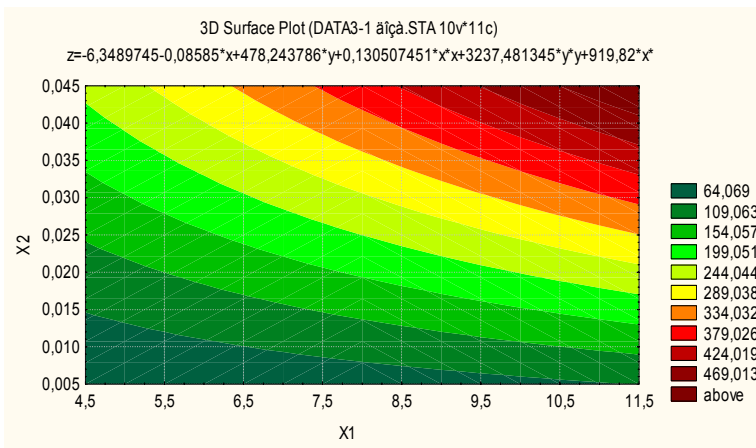


**Рис. 2. Поверхность отклика и двумерные сечения в изолиниях трехфакторной модели изменения температуры шкуры кролика в ЭМП СВЧ при концентрации раствора 3 г/мл.**

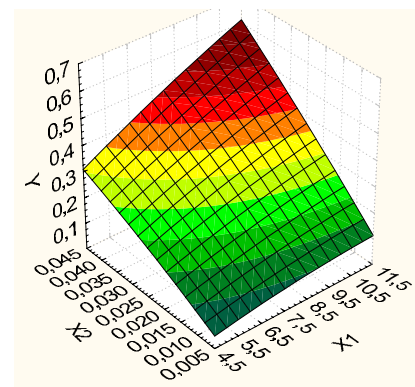
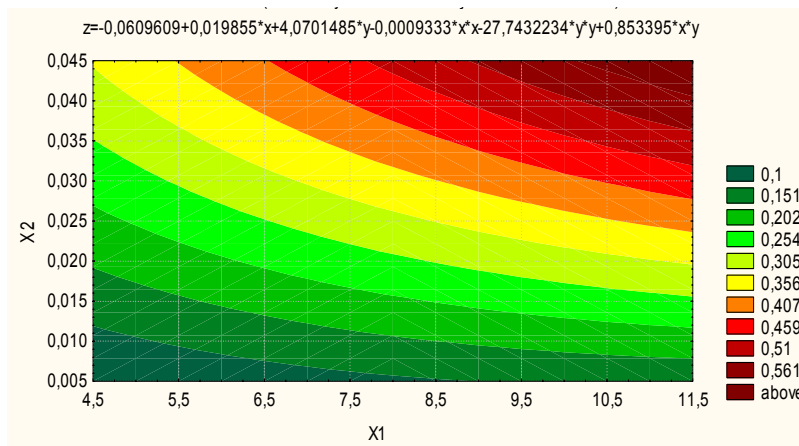
$$T = 42,87 - 7,76 \cdot x_1 + 155,2 \cdot x_2 + 0,56 \cdot x_1^2 + 1595,93 \cdot x_2^2 + 67,41 \cdot x_1 \cdot x_2$$



**Рис. 3. Поверхность отклика и двумерные сечения в изолиниях трехфакторной модели изменения производительности СВЧ-установки при концентрации рассола 3 г/мл.**  
 $Q=43,01+1,05 \cdot x_1-1810,28 x_2+0,0098 \cdot x_1^2+27027,37 x_2^2-40,12 x_1 \cdot x_2$



**Рис. 4. Поверхность отклика и двумерные сечения в изолиниях трехфакторной модели дозы воздействия ЭМП СВЧ на шкуру кролика при концентрации рассола 3 г/мл.**  
 $D=-6,35-0,086 \cdot x_1+478,25 x_2+0,131 \cdot x_1^2+3237,48 x_2^2+919,82 \cdot x_1 \cdot x_2$



**Рис. 5. Поверхность отклика и двумерные сечения в изолиниях трехфакторной модели удельных энергетических затрат на процесс сбора пуха со шкуры кролика при концентрации рассола 3 г/мл.**  
 $\Theta=-0,061+0,0198 \cdot x_1+4,071 x_2-0,000931 \cdot x_1^2-27,74 x_2^2+0,851 x_1 \cdot x_2$

Технические характеристики разработанной СВЧ-установки

Количество магнетронов, шт.	3
Потребляемая мощность трех СВЧ-генераторов, кВт	3,6
Производительность установки, кг/ч; шт/ч	6; 20
Мощность электродвигателя щипального барабана, кВт	0,25
Мощность электродвигателя роликового транспортера, кВт	0,25
Мощность пылесоса, кВт	0,4
Потребляемая мощность СВЧ-установки, кВт	4,5
Удельные энергетические затраты, кВт·ч/кг	0,28
Габаритные размеры, м	1,1,0x1,0x1,5

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 0,28 кВт·ч/кг производительность установки с тремя генераторами в полцилиндрическом резонаторе составит 16 кг/ч (53 шт/ч), а кожа нагреется до 38-50°C.

Технические характеристики изготовленной СВЧ-установки для отделения волосяного покрова от шкуры кроликов приведены в таблице 2.

### Заключение

Технология сбора пуха реализуется установкой, обеспечивающей ослабление силы удерживаемости волокон пуха в коже за счет избирательного диэлектрического нагрева и втирания в шкурки, с мездровой стороны, раствором поваренной соли. Установка обеспечивает передвижение развернутой кожи кролика с помощью роликового транспортера через полцилиндрический резонатор, имеющий по торцам щели. На боковой поверхности резонатора расположены СВЧ-генераторы. Впереди резонатора имеется ванна с солевым раствором, где расположен вращающийся валик с впитывающим покрытием. Это позволит намочить шкуру со стороны мездры

с солевым раствором. От намоченной солевым раствором кожи пух легко обрывается у самого корня с помощью щипального барабана с колками. Ощипанный пух высасывается вытяжным вентилятором.

### Библиографический список

1. Балакиров Н.А., Тинаева Е.А. Кролиководство. – М.: Колос, 2007. – 232 с.
2. А.с. 22190. Машины для стрижки шкур раскаленной проволокой / И.С. Петрович, Ф.Д. Гришин. – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/2/22190.htm>.
3. Пат. № 40499. Способ снятия пуха со шкур кроликов и зайцев для фетрового производства / Юденич Г.А. – 1932.
4. Рогов И.А., Адаменко В.Я., Некрутман С.В. и др. Электрофизические, оптические и акустические характеристики пищевых продуктов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 288 с.
5. Шамин Е.А., Зиганшин Б.Г., Новикова Г.В., Шаронова Т.В. Анализ условий функционирования установки для отделения меха от шкур кроликов // Вестник НГИЭИ. – Княгинино: ГБОУ ВО НГИЭУ, 2017. – № 8 (75). – С. 41-47.
6. Шамин Е.А., Зиганшин Б.Г., Новикова Г.В. Разработка сверхвысокочастотной установки с цилиндрическими резонаторами для сушки пушно-мехового сырья в непрерывном режиме // Вестник НГИЭИ. – Княгинино: ГБОУ ВО НГИЭУ, 2017. – № 9 (76). – С. 57-64.
7. Шамин Е.А., Белова М.В. Анализ возможности ослабления удерживаемости пуха в коже тушки кроликов воздействием ЭМП СВЧ // Междунар. науч.-практ.

конф. «Инновационные направления развития энергетики АПК». – Ижевск: ФГБОУ ВО «Ижевская ГСХА», 2017. – С. 100-104.

#### References

1. Balakirov N.A., Tinaeva E.A. Krolikovodstvo. – М.: Kolos, 2007. – 232 s.

2. A.S. 22190. Mashiny dlya strizhki shkur raskalenoй provolokoy. I.S. Petrochev,

3. Patent № 40499. Sposob snyatiya pukha so shkurok krolikov i zaytsev dlya fetrovogo proizvodstva. G.A. Yudenich. 1932 g.

4. Rogov I.A., Adamenko V.Ya., Nekrutman S.V. i dr. Elektrofizicheskie, opticheskie i akusticheskie kharakteristiki pishchevykh produktov. – М.: Legkaya i pishhevaya promyshlennost, 1981. – 288 s.

5. Shamin E.A., Ziganshin B.G., Novikova G.V., Sharonova T.V. Analiz usloviy funktsionirovaniya ustanovki dlya otdeleniya mekha ot shkurok krolikov // Vestnik NGIEI. – Knyaginino: GBOU VO NGIEU, 2017. – № 8 (75). – S. 41-47.

6. Shamin E.A., Ziganshin B.G., Novikova G.V. Razrabotka sverkhvysokochastotnoy ustanovki s tsilindricheskimi rezonatorami dlya sushki pushno-mekhovogo syrya v nepreryvnom rezhime // Vestnik NGIEI. – Knyaginino: GBOU VO NGIEU, 2017. – № 9 (76). – S. 57-64.

7. Shamin E.A., Belova M.V. Analiz vozmozhnosti oslableniya uderzhivaemosti pukha v kozhe tushki krolikov vozdeystviem EMPSVCh // Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Innovatsionnye napravleniya razvitiya energetiki АПК» – Izhevsk: FГБОУ ВО «Izhevskaya GSKhA», 2017. – S. 100-104.

