

штифтовым высевальным аппаратом, оказалась выше, чем у растений, посеянных сеялкой ССНП-16 с катушечно-желобчатым высевальным аппаратом на 14-19 %.

Заключение. В результате проведенных полевых исследований выявлено, что экспериментальная сеялка соответствует агротехническим требованиям. Применение экспериментальной сеялки с катушечно-штифтовым высевальным аппаратом позволяет повысить качество посева зерновых культур по сравнению с сеялкой ССНП-16 и увеличить урожайность.

Библиографический список

1. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М. : Агропромиздат, 1985. – 343 с.
2. Исследование процесса дозирования семян селекционной сеялки с дисково-ленточным высевальным аппаратом : отчет о НИР (промежут.) / рук. Петров А. М. ; исполн. Зелева Н. В., Васильев С. А., Сыркин В. А. – Кинель, 2013. – 72 с. – № ГР Р 01.201177655.
3. Крючин, Н. П. Оценка качества работы дисково-щеточного высевального пневматической селекционной сеялки в полевых условиях / Н. П. Крючин, С. В. Вдовкин, П. В. Крючин // Аграрная наука в XXI веке: проблемы и перспективы : мат. V Всероссийской научно-практической конференции. – Саратов : Саратовский ГАУ, 2011. – С. 136-139.
4. Крючин, Н. П. Сравнительная оценка результатов полевых исследований экспериментальной пневматической сеялки и сеялки СН-16 / Н. П. Крючин, А. Н. Андреев // Сб. науч. тр. научно-практической конференции. – Самара : Самарская ГСХА, 1999. – С. 175-178.
5. Пат. №2473200. РФ. Высевальный аппарат / Петров А. М., Сыркин В. А., Васильев С. А. [и др.]. – №2011122286/13 ; заявл. 01.06.2011 ; опубл. 27.01.13, Бюл. №3. – 7 с.
6. Повышение эффективности работы посевных машин и комплексов путем разработки высевального аппарата точного посева с электронным управлением : отчет о НИР (промежут.) ; рук. Петров А. М. ; исполн. Зелева Н. В., Васильев С. А., Сыркин В. А. – Кинель, 2013. – 72 с. – № ГР 01.201177655.
7. Сыркин, В. А. Обоснование конструктивно-технологической схемы катушечно-штифтового высевального аппарата / В. А. Сыркин, А. М. Петров, С. А. Васильев // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2011. – №3 – С. 44-46.
8. Сыркин, В. А. Обоснование подачи катушечно-штифтовым высевальным аппаратом / В. А. Сыркин // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – №3 – С. 49-52.

DOI 10.12737/

УДК 631:362.7

СНИЖЕНИЕ УДЕЛЬНЫХ ЗАТРАТ ЭНЕРГИИ НА СУШКУ ЗЕРНА В УСТАНОВКЕ КОНТАКТНОГО ТИПА

Сутягин Сергей Алексеевич, канд. техн. наук, доцент кафедры «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности», ФГБОУ ВО Ульяновская ГСХА.

432017, г. Ульяновск, бул. Новый Венец, д. 1.

E-mail: sergeysut@mail.ru.

Курдюмов Владимир Иванович, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности», ФГБОУ ВО Ульяновская ГСХА.

432017, г. Ульяновск, бул. Новый Венец, д. 1.

E-mail: vik@ugsha.ru.

Павлушин Андрей Александрович, д-р техн. наук, проф. кафедры «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности», ФГБОУ ВО Ульяновская ГСХА.

432017, г. Ульяновск, бул. Новый Венец, д. 1.

E-mail: andrejpavlu@mail.ru.

Долгов Владимир Иванович, аспирант кафедры «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности», ФГБОУ ВО Ульяновская ГСХА.

432017, г. Ульяновск, бул. Новый Венец, д. 1.

E-mail: sergeysut@mail.ru.

Ключевые слова: сушка, зерно, энергосбережение, установка, контактный, тип.

Цель исследований – разработка, научное обоснование и внедрение в производство предназначенных для небольших предприятий энергосберегающих, экологически безопасных технических средств сушки зерна, соответствующих требованиям современного российского аграрного производства. Используемые в настоящее время в технологиях сушки зерна установки несовершенны. Поэтому разработка, научное обоснование и внедрение в производство энергосберегающих, экологически безопасных установок для сушки зерна, соответствующих требованиям современного российского аграрного производства, является актуальной и важной научно-технической задачей, имеющей существенное значение для развития страны. Для решения указанной задачи предлагается использовать

установку контактного типа для сушки зерна, которая разработана в соответствии с описанием к патенту РФ № 147016. Для объективной оценки проводимых исследований в качестве критерия оптимизации приняли удельные затраты энергии на 1 кг испаренной влаги $q_{\text{уд}}$, кДж/кг_{влаги}. В качестве основных независимых факторов процесса были приняты: x_1 ($t_{\text{гр}}$) – средняя температура греющей пластины, °С; x_2 (τ) – время обработки зерна в установке, с. Исследование установки для сушки зерна проводили на зерне ячменя сорта Лакомба. После обработки результатов проведенных экспериментов было получено уравнение регрессии в натуральных и кодированных значениях выбранных независимых факторов, которое характеризует влияние этих факторов на критерий оптимизации. После получения математических моделей процесса сушки выполнили их анализ с помощью двумерных сечений. В результате анализа выявлено, что минимальные удельные затраты энергии на процесс сушки зерна 4322,1 кДж/кг_{влаги} достигаются при следующих оптимальных значениях независимых факторов процесса сушки: $t_{\text{гр}} = 70$ °С, $\tau = 40$ с. При этом сходимость теоретических и экспериментально полученных результатов исследований была не менее 94%. В результате теоретических и экспериментальных исследований разработанной установки выявлено, что при оптимальных значениях независимых факторов удельные затраты энергии в предлагаемой установке контактного типа в 1,3 раза меньше по сравнению с серийно выпускаемыми промышленностью установками для сушки зерна, в частности, с установкой АСТ-1.

Используемые в настоящее время в технологиях сушки зерна установки несовершенны. Зерносушилки, предназначенные для небольших фермерских хозяйств, имеют высокую стоимость, которая превышает 1,5 млн. руб., высокие удельные затраты энергии – свыше 6 МДж/кг_{влаги}, не обеспечивают требуемое качество готового продукта, не соответствуют экологическим требованиям и имеют высокую металлоемкость – свыше 1500 кг·ч/т. Поэтому для небольших зернопроизводящих и зерноперерабатывающих предприятий перспективными являются миниустановки, имеющие сравнительно небольшую потребляемую мощность, высокоэкономичные, экологически безопасные, простые в эксплуатации и техническом обслуживании, способные выполнять несколько технологических операций, а главное – обладающие относительно невысокой стоимостью.

Цель исследований – разработка, научное обоснование и внедрение в производство предназначенных для небольших предприятий энергосберегающих, экологически безопасных технических средств сушки зерна, соответствующих требованиям современного российского аграрного производства [1, 2, 3].

Задача исследований – разработать экологически безопасную установку для сушки зерна, определить ее оптимальные конструктивные параметры и режимы работы, которые обеспечивают требуемое качество готового продукта при минимальных затратах энергии на сушку.

Материалы и методы исследований. Использование наиболее распространенного в серийных сушилках конвективного способа подвода теплоты к зерну не является безальтернативным направлением их развития из-за энергозатратности, низкой экологичности процесса и невозможности по техническим причинам обеспечить требуемое качество готового продукта. Для решения указанной задачи мы предлагаем использовать энергосберегающую установку для сушки зерна (рис. 1) [4, 5, 6].

Установка для сушки зерна содержит кожух 1, поверхность которого покрыта слоем теплоизолирующего материала 2, загрузочный бункер 3, выгрузное окно 4, установленный внутри кожуха транспортирующий рабочий орган 5, нагревательные элементы 6, а также воздуховод 7 и вентилятор 8. Кожух 1 выполнен прямоугольного сечения. Транспортирующий рабочий орган 5 выполнен в виде бесконечной цепи со скребками. Скребки выполнены в виде прямоугольных пластин, с нижней стороны которых на равном расстоянии друг от друга выполнены прорезы прямоугольной формы. Ширина прорезей превышает максимальный размер зерна, а высота прорезей превышает толщину зерна. Прорезы соседних скребков выполнены со смещением относительно друг друга.

Внутри кожуха горизонтально установлена пластина 9, с нижней стороны которой установлены нагревательные элементы 6. Верхняя ветвь цепи со скребками опирается на пластину 9. Воздуховод 7 установлен над пластиной 9 на равном расстоянии от загрузочного бункера 3 и выгрузного окна 4.

Установка работает следующим образом. Включают нагревательные элементы 6. После достижения необходимой температуры пластины 9 подают зерно в загрузочный бункер 3, откуда оно поступает на пластину 9, по которой перемещается транспортирующим рабочим органом 5 к выгрузному окну 4. Контакт с нагретой поверхностью пластины 9, зерно также нагревается, теряет излишки влаги, которые выдуваются вентилятором 8 через воздуховод 7 и выгрузное окно 4. Сухое зерно удаляется из устройства через выгрузное окно 4. Требуемую температуру нагрева зерна обеспечивают при перемещении зерна верхней ветвью цепи со скребками с заданной скоростью по пластине 9. В свою очередь, заданную температуру нагрева пластины 9 обеспечивают расположенные с ее нижней стороны нагревательные элементы 6 [7, 8, 9, 10].

Скребки цепи равномерно захватывают зерно из загрузочного бункера 3 и перемещают его по пластине 9 слоем, толщина которого близка к максимальному размеру единичного зерна. При движении в

направлении выгрузного окна 4 зерно одновременно поворачивается вокруг своей оси. За счет этого оно равномерно нагревается, и из него испаряется влага. Покрытие кожуха 1 слоем теплоизолирующего материала 2 обеспечивает сохранение теплоты внутри кожуха 1, за счет чего происходит снижение удельных затрат энергии на сушку [11, 12, 13].

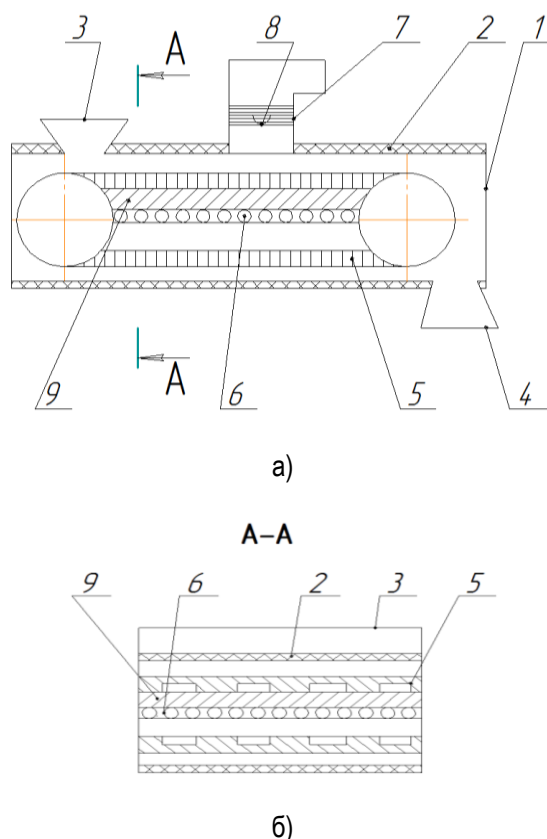


Рис. 1. Установка контактного типа для сушки зерна:
а) вид сбоку; б) разрез по А-А (обозначения в тексте)

В разработанной установке зерно необходимо перемещать в единичном слое. С учетом обеспечения заданной пропускной способности установки ширина скребков, м, транспортирующего рабочего органа [1]

$$B = Q / (k \gamma \psi v l), \quad (1)$$

где Q – пропускная способность установки, кг/с; k – геометрический коэффициент, характеризующий отношение высоты скребков транспортирующего рабочего органа к длине зерна, изменяется от 1,1 до 1,5; γ – насыпная плотность зерна, кг/м³; ψ – коэффициент заполнения межскребкового пространства; v – скорость движения транспортирующего рабочего органа, м/с; l – длина зерна, м.

При заданной пропускной способности установки и известных физико-механических свойствах зерна, используя уравнение (1), можно определить оптимальную скорость движения транспортирующего рабочего органа.

Скорость движения скребкового транспортирующего рабочего органа влияет на время пребывания зерна в установке. Изменяя скорость движения транспортирующего рабочего органа в заданных пределах, можно при заданной постоянной температуре греющей пластины контролировать температуру нагрева зерна и разовый влагосъём.

Мощность, Вт, требуемая на привод транспортирующего рабочего органа:

$$N_{II} = N_3 + N_{TP} + N_P, \quad (2)$$

где N_3 – мощность, необходимая для забора зерна из загрузочного бункера, Вт; N_{TP} – мощность, требуемая для транспортирования зерна по греющей поверхности, Вт; N_P – мощность, затрачиваемая на выгрузку зерна, Вт.

Выполнив соответствующие подстановки, окончательно получаем:

$$N_{II} = k_{N_3} [1 + (F_T + F_{II})v L_T / a_c] + [1 / (1 + A(F_T + F_{II})v L_T / a_c)] + 1, \quad (3)$$

где k_{N_3} – коэффициент пропорциональности; F_T – сила сопротивления перемещению зерна по греющей поверхности, Н; $F_{и}$ – сила инерции зерна, перемещаемого скребком, Н; L_r – длина греющей пластины, м; a_c – расстояние между скребками, м; A – коэффициент, учитывающий влияние на затраты энергии конструкции выгрузного устройства.

Используя уравнение (3), можно, регулируя конструктивно-режимные параметры транспортирующего рабочего органа, снизить мощность, требуемую на привод транспортирующего рабочего с учетом обеспечения требуемого качества зерна.

Результаты исследований. Лабораторная установка контактного типа для сушки зерна разработана в соответствии с описанием к патенту РФ № 147016 (рис. 2) [7].

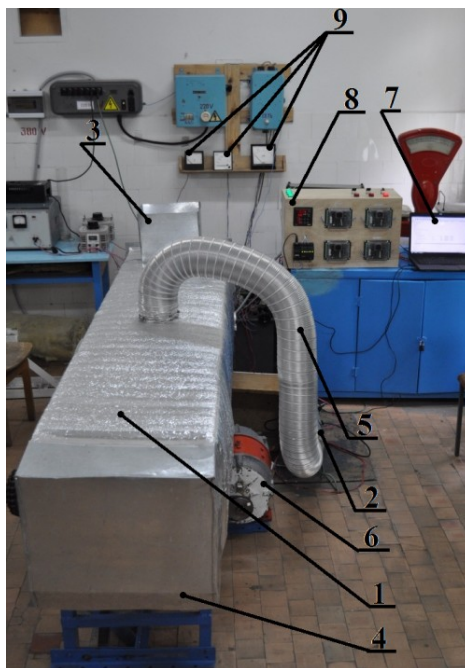


Рис. 2. Лабораторная установка для сушки зерна:

- 1 – кожух; 2 – электрокалорифер; 3 – загрузочный бункер; 4 – выгрузное окно; 5 – воздуховод; 6 – электродвигатель; 7 – персональный компьютер; 8 – блок автоматического управления температурным режимом; 9 – контрольно-измерительная аппаратура

В результате исследований выявлено, что при загрузке влажного зерна в рабочую камеру установки изначально достигнутая температура греющей пластины быстро снижается на 15...20°C. Поэтому при прохождении через установку зерно успевает нагреться только до 28...30°C. При этом влажность зерна снижается всего на 1...1,5%. Следовательно, при начальной влажности зерна, превышающей 15...16%, для его доведения до сухого состояния (до влажности 13...14%) необходимы повторные циклы сушки зерна, что требует дополнительных затрат энергии.

Для достижения требуемого качества сушки зерна и снижения затрат энергии необходимо поддерживать температуру греющей пластины в установке постоянной. С целью повышения качества сушки зерна и снижения затрат энергии разработан блок автоматического управления температурным режимом (рис. 3). Главная задача этого блока – при резком снижении температуры греющей пластины $t_{гр}$ быстро увеличить мощность нагревательных элементов для обеспечения стабильности $t_{гр}$ и всего процесса сушки зерна в целом.

Использование блока автоматического управления температурным режимом позволяет поддерживать заданную температуру греющей пластины в пределах $\pm 1^\circ\text{C}$. Поэтому при загрузке зерна в рабочую камеру установки работа блока обеспечивает быстрый нагрев зерна до требуемой температуры (35...38°C), поддерживая ее во все время цикла сушки. Это дает возможность снизить за один цикл влажность зерна на 3...3,5%, а удельные затраты энергии – на 20...25%.

Для объективной оценки проводимых исследований в качестве критерия оптимизации приняли удельные затраты энергии на 1 кг испаренной влаги $q_{уд}$, кДж/кг_{влаги}. С использованием метода формализации априорной информации [2], а также с учетом требований к факторам (управляемость, однородность и отсутствие корреляции между ними), нами были выбраны основные независимые факторы процесса сушки зерна в разработанной установке, которые оказывают наибольшее влияние на критерий оптимизации: x_1 ($t_{гр}$) –

средняя температура греющей пластины; $x_2(\tau)$ – время обработки зерна в установке. Диапазоны варьирования факторов выявили на основе изучения ранее выполненных исследований по сушке зерна, поисковых опытов, а также, исходя из конструктивных особенностей исследуемой установки. Среднюю температуру греющей пластины в установке варьировали в пределах 40...80°C, а время обработки зерна изменяли от 40 до 60 с.

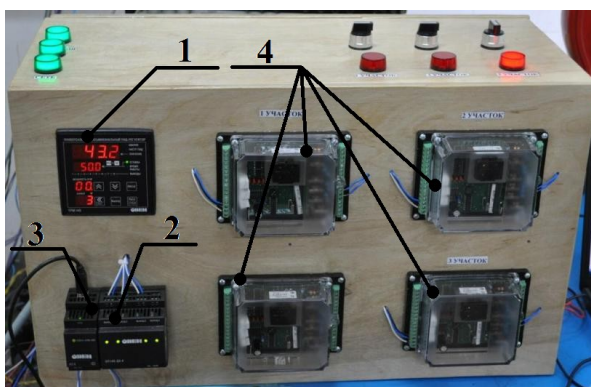


Рис. 3. Блок автоматического управления температурным режимом:
1 – регулятор TPM-148; 2 – блок питания; 3 – преобразователь интерфейса; 4 – блок управления симисторами и тиристорами

Критерии оптимизации при сушке зерна определялись в следующей последовательности:

Общая потребляемая мощность, Вт, на процесс сушки зерна, включая мощность, затраченную на доведение до заданной температуры греющей пластины в установке,

$$N_{\Sigma} = N_1 + N_2 + N_{II} + N_B, \quad (4)$$

где N_1 , N_2 , – мощность, потребляемая первым и вторым участками греющей поверхности установки соответственно, Вт; N_B – мощность, затрачиваемая вентилятором, Вт.

Масса испарившейся влаги, кг,

$$\Delta m = m_3 (\omega_n - \omega_k) / (100 - \omega_k), \quad (5)$$

где m_3 – масса влажного зерна, кг; ω_n – начальная влажность зерна, %; ω_k – конечная влажность зерна, %.

Удельные затраты теплоты на 1 кг испаренной влаги, кДж/кг_{влаги},

$$q_{уд} = N_{\Sigma} \tau / (100 \Delta m). \quad (6)$$

Установку для сушки зерна исследовали на зерне ячменя сорта Лакомба (рис. 3).

Результаты лабораторных исследований были обработаны с помощью программы STATISTICA 6.1. После обработки результатов проведенных экспериментов было получено уравнение регрессии в натуральных значениях выбранных независимых факторов, которое характеризует влияние этих факторов на критерий оптимизации:

$$q_{уд} = 3070,23 + 8,71 t_{гр} + 36,28 \tau - 0,03 t_{гр}^2 - 0,16 t_{гр} \tau - 0,11 \tau^2, \quad (7)$$

где $q_{уд}$ – удельные затраты энергии, кДж/кг_{влаги}; $t_{гр}$ – средняя температура греющей поверхности, °C; τ – время обработки зерна в установке, с.



Рис. 3. Исследование установки для сушки зерна:
а) рабочая камера после загрузки зерна; б) перемещение зерна скребками в рабочей камере
Уравнение (7) в кодированных значениях факторов принимает следующий вид:

$$Y = 4321,88 - 33,01 x_1 + 309,04 x_2 - 19,6 x_1^2 - 69,55 x_1 x_2 - 33,83 x_2^2, \quad (8)$$

где Y – удельные затраты энергии, кДж/кг_{влаги}.

Анализ уравнений (7) и (8) показывает, что наибольшее влияние на удельные затраты энергии среди линейных и нелинейных членов оказывает время обработки зерна, причем его увеличение приводит к увеличению параметра оптимизации. Средняя температура греющей поверхности на критерий оптимизации оказывает меньшее влияние, причем при ее увеличении q_{y0} увеличиваются. После получения математических моделей процесса сушки и построения поверхности отклика был выполнен ее анализ методом двухмерных сечений. Двухмерное сечение поверхности отклика, характеризующее влияние температуры греющей поверхности и времени сушки зерна на удельные затраты энергии, представлено на рисунке 4.

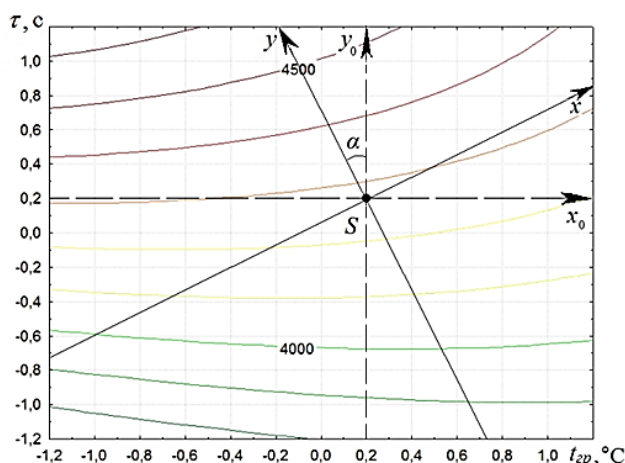


Рис. 4. Двухмерное сечение, характеризующее влияние t_{dp} и τ на q_{y0}

В результате анализа двухмерного сечения поверхности отклика выявлено, что минимальные удельные затраты энергии на процесс сушки зерна 4322,1 кДж/кг_{влаги} достигаются при следующих оптимальных значениях независимых факторов процесса сушки: $t_{dp} = 70^\circ\text{C}$, $\tau = 40$ с. При этом сходимость теоретических и экспериментально полученных результатов исследований была не менее 94%.

Заключение. Таким образом, в результате теоретических и экспериментальных исследований разработанной установки контактного типа при сушке зерна влажностью 16...18% выявлено, что при оптимальных значениях независимых факторов ($t_{dp} = 70^\circ\text{C}$, $\tau = 40$ с) влажность зерна за один проход снижается до 13...14%, а удельные затраты энергии составляют 4322,1 кДж/кг_{влаги}, что в 1,3 раза меньше по сравнению с серийно выпускаемыми промышленностью установками для сушки зерна, в частности, с установкой АСТ-1.

Библиографический список

1. Курдюмов, В. И. Тепловая обработка зерна в установках контактного типа : монография / В. И. Курдюмов, Г. В. Карпенко, А. А. Павлушин, С. А. Сулягин. – Ульяновск : Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия им. П. А. Столыпина, 2013. – 290 с.
2. Курдюмов, В. И. Сравнительный анализ установок для сушки зерна / А. А. Павлушин, С. А. Сулягин, Е. Н. Прошкин. / Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения : мат. VI Международной научно-практической конференции. – 2015. – С. 179-181.
3. Курдюмов, В. И. Теоретические аспекты распределения теплоты в установке контактного типа при сушке зерна / А. А. Павлушин, С. А. Сулягин // Инновации в сельском хозяйстве. – М. : ФГБНУ ВИЭСХ. – 2015. – № 2. – С. 159-161.
4. Курдюмов, В. И. Повышение качества сушки зерна в установке контактного типа / А. А. Павлушин, С. А. Сулягин // Инновации в сельском хозяйстве. – М. : ФГБНУ ВИЭСХ. – 2015. – № 3. – С. 79-81.
5. Курдюмов, В. И. Обеззараживание зерна в установке контактного типа / А. А. Павлушин, С. А. Сулягин / Аграрная наука как основа продовольственной безопасности региона : мат. 66-й Международной научно-практической конференции. – Рязань, РГАТУ им П. А. Костычева. – 2015. – С. 181-183.
6. Курдюмов, В. И. Механико-технологическое обоснование и разработка энергосберегающих средств механизации тепловой обработки зерна / А. А. Павлушин, С. А. Сулягин, П. С. Агеев [Электронный ресурс] // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2015. – Т. 13. – С. 3561-3565. – URL: <https://e-koncept.ru/o-jurnale.html>.
7. Пат. № 2446886 Российская Федерация, МПК F26B 17/04. Устройство для сушки зерна / Курдюмов В. И., Павлушин А. А., Сулягин С. А. – № 2015100624/06; опубл. 10.04.2012, Бюл. № 10.
8. Пат. №96466 Российская Федерация, МПК F26B 17/04. Устройство для сушки зерна / Курдюмов В. И., Павлушин А. А. № 2013136257/06 ; опубл. 10.08.2010, Бюл. № 22.
9. Пат. № 96467 Российская Федерация, МПК F26B 17/04. Устройство для сушки зерна / Курдюмов В. И., Павлушин А. А., Сулягин С. А. – опубл. 10.08.2010, Бюл. № 22.

10. Пат. № 96468 Российская Федерация, МПК F26B 17/04. Устройство для сушки зерна / Курдюмов В. И., Павлушин А. А., Сулягин С. А. – опубл. 10.08.2010, Бюл. № 22.
11. Пат. № 99130 Российская Федерация, МПК F26B 17/04. Устройство для сушки зерна / Курдюмов В. И., Павлушин А. А., Сулягин С. А. – опубл. 10.11.2010, Бюл. № 31.
12. Пат. № 92603 Российская Федерация, МПК F26B 17/04. Устройство для сушки зерна / Курдюмов В. И., Павлушин А. А., Сулягин С. А. – № 2013136257/06 ; опубл. 27.03.2010, Бюл. № 19.
13. Пат. № 147016 Российская Федерация, МПК F26B 17/04. Устройство для сушки зерна / Курдюмов В. И., Сулягин С. А., Байкиев Р. Ш. – № 2015100624/06 ; опубл. 27.10.2014, Бюл. № 30.

DOI 10.12737

УДК 338.436:636.2.034.003.13 (470.325)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УСТРОЙСТВА ДЛЯ КОМБИНИРОВАННОГО МАССАЖА ВЫМЕНИ НЕТЕЛЕЙ

Курочкин Анатолий Алексеевич, д-р техн. наук, проф. кафедры «Пищевые производства», ФГБОУ ВО Пензенский ГТУ.

440061, г. Пенза, ул. Герцена, 44.

E-mail: anatolii_kuro@mail.ru

Ключевые слова: комбинированный, массаж, дренажное, отверстие, пульсатор, модель, давление.

Цель исследований – обоснование актуального направления в совершенствовании средств механизации подготовки нетелей к лактации. Экспериментальные исследования устройства для пневмомассажа вымени нетелей (УПВН) однокамерного типа выполнены с помощью специально разработанного лабораторного стенда, включающего вакуумную линию доильной установки, искусственное вымя и регистрирующе-записывающую аппаратуру. Реализация эксперимента с матрицей почти D-оптимального плана типа V^n и статистическая обработка его результатов позволили получить уравнения второго порядка, описывающие зависимость величины давления (вакуума) в массажном колоколе в тактах массажа и разгрузки от свободного объема колокола, частоты работы пульсатора, а также диаметров дренажного отверстия и входного патрубка колокола. Анализ полученных данных показывает, что конструкция УПВН имеет принципиальный недостаток, связанный с наличием дренажного отверстия в колоколе. Это отверстие не позволяет обеспечить необходимый интервал изменения давления воздуха в массажном колоколе в тактах массажа и разгрузки. В качестве выводов в выполненной работе можно рекомендовать исключение из конструктивно-технологической схемы УПВН дренажного отверстия в колоколе, а также увеличение амплитуды изменения давления в колоколе при тактах массажа и разгрузки. При этом в такте разгрузки следует отказаться от остаточного вакуума и заменить его атмосферным давлением. Физиологически обоснованное воздействие на молочную железу нетелей может быть реализовано с помощью массажного устройства, в котором имеется возможность раздельного регулирования интенсивности пневматической и механической составляющих массажа.

Одним из наиболее эффективных способов подготовки коров-первотелок к лактации является массаж их вымени в нетельном периоде жизни. Многочисленные исследования свидетельствуют о том, что такое воздействие на молочную железу животных в последние 2-3 месяца перед их отелом обеспечивает интенсификацию роста и развития вымени, а также упрощает приучение коров-первотелок к машинному доению [1-3, 8].

Установлено, что наиболее эффективно применение устройств, обеспечивающих выполнение комбинированного (пневмомеханического) массажа.

Теоретическими и экспериментальными исследованиями доказано, что пневматическая составляющая комбинированного массажа положительно влияет в первую очередь на приучение коров-первотелок к машинному доению и физиологические свойства молокоотдачи животных, в то время как механический массаж вымени нетелей оказывает существенное влияние на рост и развитие их молочной железы.

При этом синергетический эффект пневмомеханического массажа проявляется в повышении продуктивности животных за счет лучшего развития молочной железы животных и снижении риска заболевания маститом коров-первотелок в начальный период применения доильных аппаратов. Соотношение между интенсивностью воздействия на вымя нетели того или иного вида массажа зависит от конструктивных особенностей средств механизации этого процесса, поэтому весьма актуальной задачей в научном и практическом плане является обоснование направления в совершенствовании массажных устройств [4, 5].

Логично, что при разработке таких устройств за основу следует принимать, в первую очередь, оборудование, уже выпускающееся промышленными предприятиями. К такому оборудованию, в первую очередь,