

На правах рукописи



Клименко Денис Борисович

**РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ
ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВА ДЛЯ САНИТАРНОЙ
ОБРАБОТКИ ВЫМЕНИ КОРОВ ПЕРЕД ДОЕНИЕМ
НА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ДОИЛЬНОЙ УСТАНОВКЕ**

**Специальность 05.20.01 – технологии и средства механизации
сельского хозяйства**

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Мичуринск-наукоград РФ

2012

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Белгородская государственная сельскохозяйственная академия» (ФГБОУ ВПО «БелГСХА») на кафедре «Машин и оборудования в агробизнесе»

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Ужик Владимир Федорович

Официальные оппоненты: **Капустин Василий Петрович**, доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет» / кафедра «Автомобильная и аграрная техника», профессор
Хмыров Виктор Дмитриевич, кандидат технических наук, профессор ФГБОУ ВПО «Мичуринский государственный аграрный университет» / кафедра «Механизации производства и безопасности технологических процессов», профессор

Ведущая организация: Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт механизации животноводства Россельхозакадемии. (ГНУ ВНИИМЖ)

Защита состоится «22» марта 2012 года в 12⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета ДМ 220.041.03 в Федеральном государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Мичуринский государственный аграрный университет» по адресу: 393760, Тамбовская область, г. Мичуринск, ул. Интернациональная, д. 101.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета ФГБОУ ВПО МичГАУ, с авторефератом на сайте ФГБОУ ВПО МичГАУ www.mgau.ru.

Автореферат разослан « » февраля 2012 года.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные гербовой печатью просим направлять ученому секретарю диссертационного совета по адресу: 393760 Тамбовская область, г. Мичуринск, ул. Интернациональная, д. 101.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических наук, доцент

Н.В. Михеев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. За последние годы созданы эффективные доильные установки, обеспечивающие при доении в стойлах и в специализированных доильных залах поточную технологию доения коров и первичной обработки молока. Однако они не обеспечивают выполнение операций преддоильной стимуляции вымени коров и санитарной обработки их вымени, необходимость которых обусловлена требованиями не только сохранения, но и повышения продуктивности, которая тем выше, чем полнее опорожняется вымя коровы во время доения. Степень опорожнения молочной железы зависит от качества стимуляции рефлекса молокоотдачи, без которого наиболее ценная альвеолярная порция молока не может быть извлечена из вымени.

Опытные дояры, стимулируя молокоотдачу подмыванием вымени теплой водой и массажем, добиваются хорошего припуска коровой альвеолярной порции молока, но на стимулирование молокоотдачи операторами затрачивается много времени, что снижает производительность их труда.

Одним из методов подготовки коров к доению и получения чистого в бактериальном отношении, молока является механизированный массаж и подмывание вымени теплой водой с использованием устройств для санитарной обработки вымени перед доением, так как подмывание вымени коров из общего ведра повышает опасность переноса инфекции от одной коровы к другой.

В связи с вышеизложенным возникла необходимость создания такой машины, которая могла бы вызывать устойчивый рефлекс молокоотдачи и обеспечивать качественную очистку вымени от загрязнений, способствуя получению молока с наименьшим содержанием микроорганизмов и механических загрязнений и повысить производительность труда операторов.

Цель исследования. Повышение эффективности процесса доения коров, качества очистки вымени, а также увеличение производительности труда оператора путем разработки и обоснования параметров устройства для санитарной обработки вымени коров перед доением.

Объект исследования. Процесс санитарной обработки вымени коров перед доением и техническое средство его обеспечения.

Предмет исследования. Закономерности взаимодействия устройства для санитарной обработки с выменем коровы перед доением в зависимости от: параметров ворса, усилия воздействия ворса, частоты вращения щетки, продолжительности воздействия устройства.

Методика исследования. В процессе теоретических исследований использовались методы математического анализа, теоретической механики, сопротивления материалов, математического и компьютерного моделирования.

Экспериментальные исследования проводили в соответствии с общепринятыми методами планирования многофакторного эксперимента с использованием действующих ГОСТов и ОСТов разработанных методик и лабораторных исследований с применением измерительных приборов и оборудования, лабораторных установок.

Научная новизна работы

- разработано устройство для санитарной обработки вымени коров перед доением;
- предложена методика воздействия экспериментального устройства на поверхность вымени коровы перед доением;
- разработана математическая модель рабочего процесса устройства для санитарной обработки вымени коров перед доением;
- установлены закономерности изменения затрачиваемой мощности привода щеток экспериментального устройства в зависимости от частоты вращения щеток и величины деформации ворса.

Практическую значимость представляют:

- конструктивно – технологическая схема автоматизированной доильной установки, обладающей новизной (патент № 2244417);
- результаты теоретических и экспериментальных исследований по обоснованию параметров устройства для санитарной обработки вымени коров перед доением.

Реализация результатов исследований. На основе результатов проведенных исследований изготовлена опытная партия устройств для санитарной обработки вымени коров перед доением в количестве 4 шт. Разработанные устройства с положительным эффектом внедрены в хозяйствах Белгородской области (ЗАО «РусАгроПравда» и ООО «РусьАгро»).

Апробация. Материалы исследований и разработок были доложены и одобрены на международных научно-производственных конференциях (Белгород 2002, 2003, 2004, 2005; Подольск, ВНИИМЖ, 2004; Харків, ХНТУСГ імені Петра Василенка 2006; Москва МЭСХ 2007).

Публикации. Основные положения диссертации отражены в 7 печатных работах, в том числе 1 работа в издании ВАК РФ, 1 патент № 2244417.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов и предложений, списка использованной литературы и приложений. Работа изложена на 143 страницах машинописного текста, включая список литературы из 149 наименований (в том числе на 5 иностранных языках), содержит 83 рисунка, 5 таблиц, 24 приложения.

На защиту выносятся следующие научные положения:

- конструктивно-технологическая схема устройства для санитарной обработки вымени коров;
- теоретические положения по обоснованию параметров устройства с учетом влияния физико-механических и технологических свойств ворса на процесс обмыва вымени позволяющие вызвать интенсивный рефлекс молокоотдачи;
- результаты экспериментальных исследований и испытаний в производственных условиях, позволяющие определить оптимальные параметры устройства для санитарной обработки вымени коров перед доением.

Во введении представлена краткая характеристика состояния вопроса, обоснована актуальность темы исследований и основных научных положений, выносимых на защиту.

В первой главе “Состояние изучаемого вопроса” представлен анализ известных результатов исследований и известных технических решений, их систематизация и классификация.

Значительный вклад в развитие научных концепций повышения эффективности машинного доения коров сделан такими известными учеными, как Антроповский Н.М., Асманкин Е.М., Вальдман И.К., Велиток И.Г., Гарькавый Ф.Л., Зеленцов А.И., Карташов Л.П., Кормановский Л.П., Королев В.Ф., Краснов И.Н., Макаровская З.М., Морозов Н.М., Огородников П.И., Савран В.П., Скоркин В.К., Соловьев С.А., Ужик В.Ф., Цой Ю.А. и др.

Анализ результатов исследований и известных конструкций устройств для санитарной обработки вымени перед доением и устройств, оказывающих стимулирующее воздействие на вымя во время доения, показал, что до настоящего времени нет устройств, способных обеспечить оптимальный режим санитарной обработки вымени перед доением и стимуляцию молочной железы на автоматизированных доильных установках.

Одним из перспективных направлений в создании устройств для санитарной обработки вымени коров на автоматизированных системах доения является разработка конструкции устройства состоящего из двух вращающихся навстречу друг к другу щеток, которые взаимодействуют с выменем и сосками.

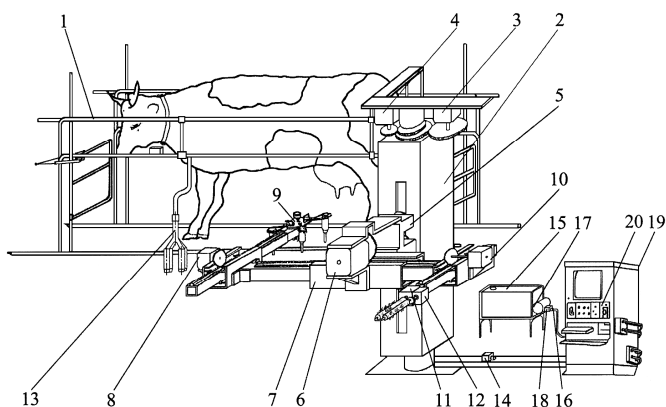
На основе анализа литературных данных и известных технических решений были сформулированы **задачи исследований:**

- обосновать основные направления в совершенствовании устройств для санитарной обработки вымени коров перед доением;
- разработать конструктивно – технологическую схему устройства для санитарной обработки вымени коров перед доением ;
- теоретически и экспериментально обосновать параметры рабочего процесса устройств для санитарной обработки вымени коров перед доением;
- изучить влияние разработанного устройства для санитарной обработки вымени коров перед доением на функциональные свойства вымени;
- провести производственные испытания экспериментального устройства для санитарной обработки вымени коров и дать обоснование экономической эффективности предложенного устройства.

Во второй главе “Теоретическое обоснование конструктивно-технологических параметров автоматизированной доильной установки ” приведено описание, рабочий процесс разработанного устройства и рассмотрен рабочий процесс устройства для санитарной обработки вымени коров перед доением на автоматизированной доильной установке.

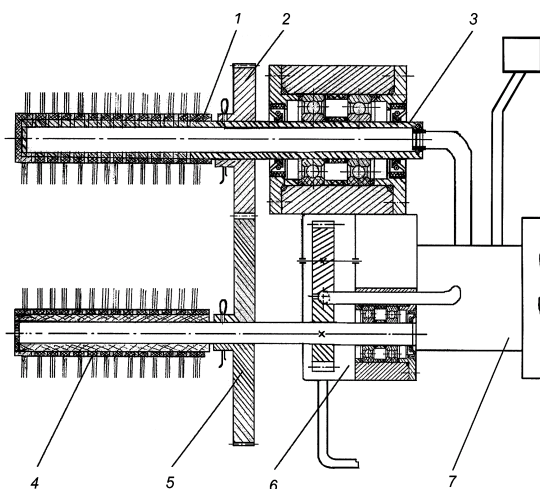
При разработке устройства для санитарной обработки вымени коров перед доением на автоматизированной доильной установке учитывали необходимость вызова интенсивного рефлекса молокоотдачи, снижения общего числа бактерий и получения молока при условии щадящего воздействия ворса щетки на вымя животного.

Схема автоматизированной доильной установки и схема устройства для санитарной обработки вымени коров перед доением представлены на (рис.1) и (рис.2).



1-доильный бокс; 2-подвижное основание; 3-механизм поворота; 4-механизм вертикального перемещения; 5-каровка; 6-механизм поперечного перемещения; 7-балка; 8,10-механизмы продольного перемещения; 9-доильный манипулятор; 11-манипулятор массажа вымени; 12-устройство для санитарной обработки вымени; 13-устройство промывки; 14-двухсекционный переключатель; 15-резервуар; 16-трубопровод; 17- электромагнитный клапан; 18- насос; 19- система управления; 20- ЭВМ.

Рисунок 1 - Автоматизированная доильная установка



1; 4-массажные щетки, 2;5-шестерни, 3-полый вал,6-гидромотор, 7-кронштейн.

Рисунок 2 – Устройство для санитарной обработки вымени коров перед доением автоматизированной доильной установки

При санитарной обработке вымени во избежание механического повреждения поверхности вымени или болевого воздействия ворса на них необходимо учитывать параметры ворса. Расчет усилия воздействия ворса на поверхность вымени проводили по известным формулам Эйлера для определения усилия из курса сопротивления материалов.

Если осевая нагрузка P (при прижатии к вымени) не превышает критическое значение, то ворс остается прямым и претерпевает только осевое сжатие. При постепенном увеличении P можно достигнуть значения $P_{кр1}$, при котором стержень (рис.3) теряет устойчивость:

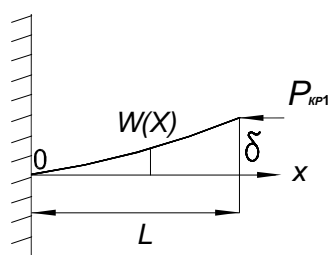


Рисунок 3 – Равновесие ворса под действием критической силы

$$P_{кр1} = \frac{\pi^3 E d^4}{256 L^2},$$

(1)

где E – модуль упругости материала ворса, H/m^2 ; L – длина ворса; m , d – диаметр ворса, m .

Задаваясь критической силой $P_{кр1}$, значение которой принимаем равным не больше силы, способной вызвать болевое ощущение у животного, из уравнения (1) определим максимально допустимый диаметр ворса d_1 для данного условия его деформации:

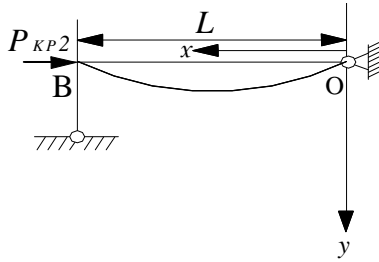


Рисунок 4 – Равновесие ворса под действием критической силы

$$d_1 = \sqrt[4]{\frac{256P_{кр1}L^2}{\pi^3 E}}. \quad (2)$$

Рассмотрим случай для стержня у которого свободный конец имеет шарнирно подвижную опору (рис.4). Критическое усилие для данного случая, при котором ворс теряет устойчивость, будет иметь вид:

$$P_{кр2} = \frac{2\pi^3 E d_2^4}{64L^2}. \quad (3)$$

Теперь, как и в предыдущем случае, задаваясь предельно допустимым значением $P_{кр2}$, из уравнения (3) определим значение диаметра ворса d_2 :

$$d_2 = \sqrt[4]{\frac{32P_{кр2}L^2}{\pi^3 E}}. \quad (4)$$

Как следует из описания работы устройства для санитарной обработки вымени, очистка поверхности осуществляется путем счесывания загрязнений ворсом. Поэтому представляется важным определить усилие, развиваемое ворсом при взаимодействии с обрабатываемой поверхностью (рис. 5) которое:

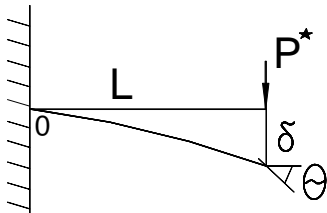


Рисунок 5 - Нагружение ворса изгибающей силой

$$P^* = \frac{3\delta E \pi d^4}{64L^3}, \quad (5)$$

где P^* - сила сопротивления изгибу одного ворса щетки, Н.

Это усилие во многом зависит не только от жесткости и геометрических параметров ворса, но и от траектории движения конца ворса (рис. 6).

Для анализа зависимости положения конца ворса от угла φ ($x_i(\varphi)$) (рис. 7) сделаем следующие допущения:

- 1 Ворс закреплен на барабане жестко.
- 2 Изгиб ворса при изменении угла φ $\varphi_n \geq \varphi \geq 0$ имеет форму параболы.
- 3 При изменении угла φ ($\varphi_n \geq \varphi \geq \varphi_k$) ворс является частью параболы от x_φ до x_i , длина которой равна l .
- φ_k - угол при котором парабола вырождается в линию состоящую из двух составных: участка в виде параболы и прямолинейного участка, где конец ворса скользит по поверхности вымени.

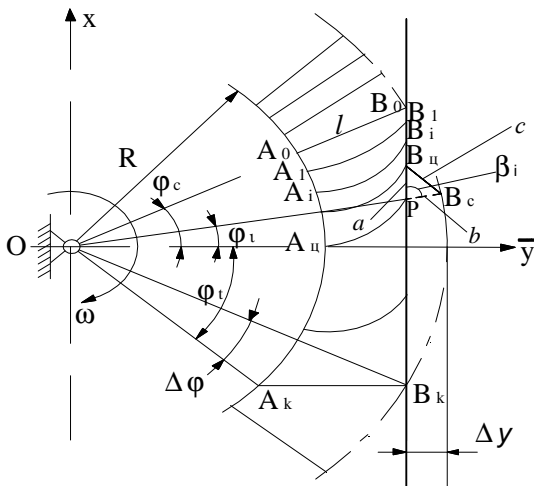


Рисунок 6 Движение ворса по поверхности вымени

- 4 При изменении угла φ ($\varphi_k \geq \varphi \geq 0$) ворс представляет часть параболы длиной l^* и прямолинейный участок Δl .

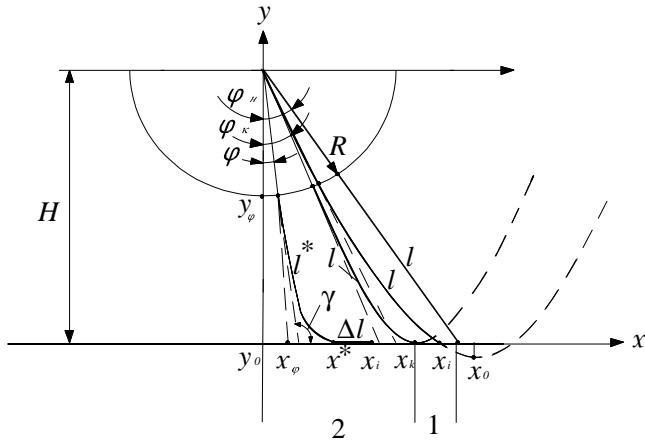


Рисунок 7 Движение ворса по поверхности вымени коровы

В зависимости от длины ворса l , радиуса барабана R и расстояния от центра вращения барабана до очищаемой поверхности и возможно 2 варианта:

1 Соотношение размеров таково, что центр параболы (x_0, y_0) будет находиться ниже прямой $y = 0$ (зона 1);

2 Соотношение размеров таково, что с изменением угла φ центр параболы достигнет прямой $y = 0$ в точке $x = x_k$ и с дальнейшим изменением угла φ парабола выродится в

участок параболы с центром в точке $x = x_*$ и прямолинейный участок Δl .

Критическая точка однозначно может быть определена при решении трансцендентного уравнения: $2l = P_k \left[\text{ctg} \varphi_k \sqrt{1 + \text{ctg}^2 \varphi_k} + \text{Arsh}(\text{ctg} \varphi_k) \right]$, (6)

где: l – длина ворса, м; P_k – фокальный параметр; x_k – абсцисса центра параболы; φ_k – критический угол когда центр параболы достигает прямой $y = 0$, град.

С учетом условия жесткого закрепления ворса на барабане для закрепления

имеем: $P_k = \frac{2y_{\varphi_k}}{\text{ctg}^2 \varphi_k}$, $x_k = x_{\varphi_k} + P_k \text{ctg} \varphi_k$, (7)

где $x_{\varphi_k} = R \sin \varphi_k$, $y_k = H - R \cos \varphi_k$,

где R – радиус барабана, м; H – расстояние от центра барабана до очищаемой поверхности, м.

уравнение (6) приобретает следующий вид:

$$\frac{l \text{ctg} \varphi_k}{y_{\varphi_k}} - \text{ctg} \varphi_k \sqrt{1 + \text{ctg}^2 \varphi_k} + \text{Arsh}(\text{ctg} \varphi_k) = 0. \quad (8)$$

Уравнение (8) довольно просто решается численными методами. В случае однозначного определения $x = x_k$ координаты конца ворса на поверхности вымени определяются из следующих соотношений уравнения (7):

$$\left. \begin{aligned} x_{\varphi_k} &= R \sin \varphi_k \\ y_{\varphi_k} &= H - R \cos \varphi_k \\ P_k &= \frac{2y_{\varphi_k}}{\text{ctg}^2 \varphi_k} \\ x_k &= x_{\varphi_k} + P_k \text{ctg} \varphi_k \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

В том случае, когда центр параболы находится на прямой $y = 0$ необходимо определить дополнительный параметр y_0 по уравнению:

$$l \text{ctg}^2 \varphi - (y_{\varphi} + y_0) \left[2y_0 \sqrt{1 + (2y_0)^2} + \text{Arsh}(2y_0) + \text{ctg} \varphi \sqrt{1 + \text{ctg}^2 \varphi} + \text{Arsh}(\text{ctg} \varphi) \right] = 0,$$

$$\text{где } x_{\varphi} = R \sin \varphi, \quad y_{\varphi} = H - R \cos \varphi, \quad (10)$$

а положение конца ворса по уравнению:

$$\left. \begin{aligned} P &= \frac{2(y_\varphi + y_0)}{\operatorname{ctg}^2 \varphi} \\ x_0 &= x_\varphi + P \operatorname{ctg} \varphi \\ x_i &= \sqrt{2y_0 P} + x_0 \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Если центр параболы достигает прямой $y = 0$ при $0 < \varphi < \varphi_n$. В данном случае уравнение (8) имеет решение при $\varphi = \varphi_k$ $0 < \varphi \leq \varphi_n$ и в первом приближении можно принять, что исследуемый участок можно разделить на два участка: (линейный и часть параболы). В этом случае наше решение определяется выражениями:

при: $\varphi_k \leq \varphi \leq \varphi_n$

$$\left. \begin{aligned} l \operatorname{ctg}^2 \varphi - (y_\varphi + y_0) \left[2y_0 \sqrt{1 + (2y_0)^2} + \operatorname{Arsh}(2y_0) + \operatorname{ctg} \varphi \sqrt{1 + \operatorname{ctg}^2 \varphi} + \operatorname{Arsh}(\operatorname{ctg} \varphi) \right] &= 0 \\ P &= \frac{2(y_\varphi + y_0)}{\operatorname{ctg}^2 \varphi} \\ x_0 &= x_\varphi + P \operatorname{ctg} \varphi \\ x_i &= \sqrt{2y_0 P} + x_0 \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

при: $0 < \varphi \leq \varphi_k$

$$\left. \begin{aligned} l^* &= \frac{H - R \cos \varphi}{\operatorname{ctg}^2 \varphi} \left[\operatorname{ctg} \varphi \sqrt{1 + (\operatorname{ctg} \varphi)^2} + \operatorname{Arsh}(\operatorname{ctg} \varphi) \right] \\ P^* &= \frac{2y_\varphi}{\operatorname{ctg}^2 \varphi} \\ x^* &= x_\varphi + P^* \operatorname{ctg} \varphi \\ x_i &= x^* + \Delta l = x^* + (l - l^*) \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

где: Δl – прямолинейный участок, м.

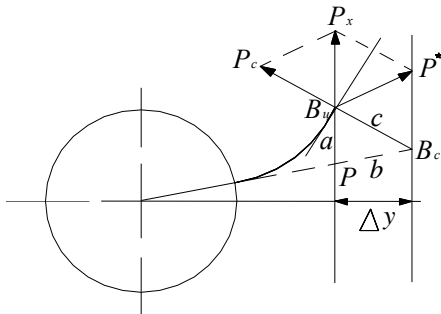


Рисунок 8 – Условие равновесия сил

Для оценки общего интегрального усилия одного ворса, возникающего в зоне контакта ворса щетки и поверхности вымени (рис. 8):

$$P_{c.ин} = P^* \int_{\varphi_n}^{\varphi_k} \frac{c}{b} d\varphi, \quad (14)$$

где: $\frac{c}{b} = \frac{B_y B_c}{P B_c} = \sqrt{\left[\frac{\cos \varphi [x_i - (R+l) \sin \varphi]}{(R+l)(\cos \varphi - 1) + \Delta y} \right]^2 + \cos^2 \varphi}, \quad (15)$

необходимо вычислить интеграл:

$$J = \int_{\varphi_n}^{\varphi_k} \frac{c}{b} d\varphi. \quad (16)$$

Значение интеграла (16) фактически является поправочным коэффициентом K , при определении потребной мощности привода устройства для санитарной обработки вымени коров.

$$J = K,$$

Интегрирование величины (16) численным методом показало, что для предлагаемой конструкции в инженерных расчетах с достаточной точностью можно воспользоваться упрощенным выражением для K : $K = 1,96 - 0,05 h$ при $0 < h \leq 30$

где h – расстояние между барабаном и соском вымени, мм.

Отсюда вытекает, что интегральное усилие воздействия одного ворса имеет вид:

$$P_{с.ин} = K P^* \quad (17)$$

С учетом вышеизложенного, необходимая мощность $N_{ПОТР}$ привода устройства должна определяться с учетом интегрального усилия создаваемой щеткой, угловой скорости, радиуса щетки, а также необходимого числа ворса $i_{общ}$:

$$i_{общ} = \frac{3,6 \cdot 10^4 Bn_{пер}}{d \frac{v_{щ}}{v_{д.н.в.}} k_p k_\beta^2 (1 + k_\beta^1) \arccos(1 - \frac{\Delta l_0}{R})}, \quad (18)$$

где $Bn_{пер}$ – коэффициент перекрытия ворсом щетки очищаемой поверхности; d – диаметр ворса, м; $v_{д.н.в.}$ – скорость движения щетки по вымени, м/с; $v_{щ}$ – окружная скорость щетки, м/с; k_p – коэффициент равномерности распределения ворса на поверхности щетки; k_β^1 – коэффициент приведения угла входа к углу выхода; k_β^2 – коэффициент отношения центральных углов; R – радиус щетки по ворсу, выраженный в тех же единицах, что радиальная деформация ворса щетки, м; Δl_0 – перемещение щетки относительно обрабатываемой поверхности до рабочего положения, м.

и выражается уравнением:
$$N_{ПОТР} = \frac{m P_{с.ин} r \omega \cdot i_{общ}}{\eta} \quad (19)$$

где: η – КПД привода; m – количество щеток, шт; r – радиус щетки, м; ω – частота вращения щетки, c^{-1} ; $i_{общ}$ – общее число ворса, шт.

В третьей главе “Программа и методика экспериментальных исследований работы устройства для санитарной обработки вымени коров перед доением” дано описание лабораторных установок и методики проведения опытов.

В задачу экспериментальных исследований устройства для санитарной обработки вымени коров перед доением на автоматизированной доильной установке входила проверка теоретических положений и оптимизация параметров экспериментального устройства. В соответствии с поставленной задачей работа выполнялись по следующей программе:

- определение прочности связи навоза с кожным покровом вымени коровы на отрыв и сдвиг;
- определение болевого порога соска вымени коровы;
- определение упругих свойств ворса при осевой сжимающей нагрузке без фиксации точки приложения и сохранения направления силы;
- определение упругих свойств ворса при осевой сжимающей нагрузке с фиксацией точки приложения и сохранении направления силы;
- определение силы сопротивления изгибу ворса от величины деформации;
- определения положения конца ворса в зависимости от угла поворота щетки для проведения численного эксперимента и определения интегрального усилия воздействия;
- определение потребляемой мощности привода устройства для санитарной обработки вымени коров перед доением;
- оптимизация параметров устройства для санитарной обработки вымени;

Для проведения экспериментальных исследований были разработаны специальные методики на основе методов планирования многофакторного эксперимента.

Испытания работы устройства для санитарной обработки вымени коров доильной установки проводили с использованием тензометрического оборудования. Для этого были разработаны стенды и лабораторные установки. Обработку результатов исследований вели с использованием ПЭВМ методом вариационной статистики, а также регрессионного и корреляционного анализа.

В четвертой главе “Результаты экспериментальных исследований устройства для санитарной обработки вымени коров автоматизированной доильной установки” приведены:

— результаты исследований прочности связи навоза и кожного покрова вымени коровы на отрыв и сдвиг. В результате проведения эксперимента установлено, что искомая зависимость достаточно точно описывается уравнениями:

на отрыв

$$Y_1 = 27,81425 - 4,27291X_1 - 0,15478X_2, \quad (20)$$

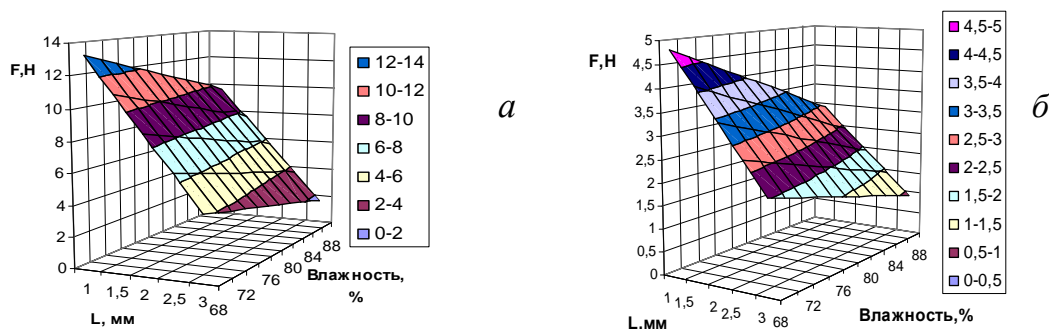
на сдвиг

$$Y_2 = 10,93 - 1,204X_1 - 0,075X_2, \quad (21)$$

где Y_1 – усилие отрыва, необходимое для разрушения связи между кожным покровом и слоем навоза, Н; Y_2 – усилие сдвига, необходимое для разрушения связи между кожным покровом и слоем навоза, Н. X_1 – толщина слоя навоза, мм; X_2 – влажность слоя навоза, %

Коэффициент корреляции для приведенных уравнений равен соответственно 0,999277 и 0,99581088.

Исследованиями установлено, что с увеличением толщины слоя навоза уменьшается разрушающее усилие. Уменьшается усилие и при изменении направления разрушающей силы. Так, при увеличении толщины навоза от 1 до 3 мм (площадь контакта $S = 19,63 \text{ см}^2$ и влажность навоза $75 \pm 5\%$), необходимое усилие разрушения связи при отрыве уменьшается от 13,27 до 4,22 Н., и на сдвиг – от 4,83 до 2,02 Н. Графическое отображение данных зависимостей представлено на (рис. 9).



а - на отрыв; б - на сдвиг

Рисунок 9-Зависимость прочности связи навоза и кожного покрова вымени коровы

— результаты исследований по определению болевого порога соска вымени коровы. В результате обработки полученных экспериментальных данных установлено, что при величине нагружения поверхности вымени коровы контактной частью стержня давлением $P = 0,207 \text{ Н/мм}^2$, корова не проявляла беспокойства, а при

превышении установленного давления - наблюдалось возбужденное состояние у животного.

— результаты исследований упругих свойств ворса при осевой сжимающей нагрузке без фиксации точки приложения и сохранения направления силы. В результате проведения эксперимента установлено, что зависимость критического усилия осевого сжатия ворса от его диаметра и длины, при котором теряется его устойчивость достаточно, точно описывается уравнением вида:

$$Y = 0,411946 - 94,8405X_1 + 878,2108X_2 + 3480,729X_1^2 - 110455X_1X_2 + 1288525X_2^2, \quad (22)$$

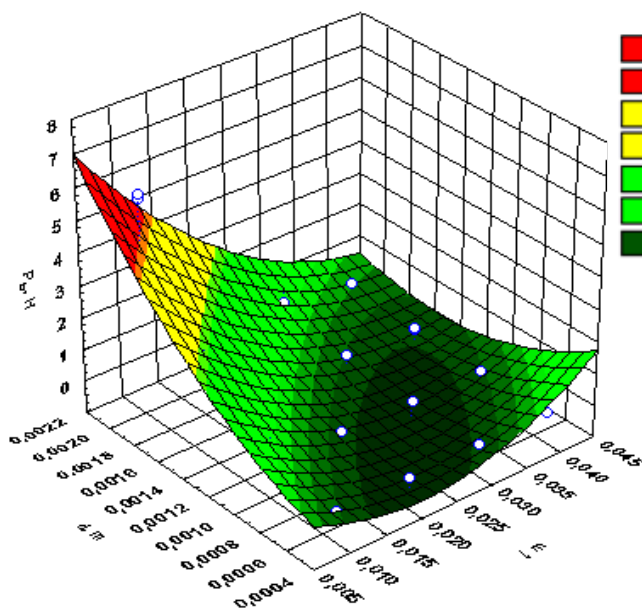


Рисунок 10 - Зависимость критического усилия осевого сжатия ворса, при котором теряется его устойчивость, от диаметра и длины ворса

где Y - усилие осевого сжатия ворса, H ; X_1 - длина ворса, m ; X_2 - диаметр ворса, m .

Графическое отображение данной зависимости представлено на (рис. 10). Коэффициент корреляции для приведенного уравнения равен 0,9255. Доказано, что теоретические и экспериментальные модели адекватны. При табличном значении F_{05} - критерия Фишера равном 2,2 фактическое значение для всех измерений не превышало 1,04. Эти данные подтверждают правильность нашего теоретического положения, характеризующего зависимость критического осевого усилия сжатия от параметров ворса. Из

этого следует, что критическим усилием, способным вызвать потерю устойчивости ворса, выполненного, например, из полиэтилена ($E = 300 \text{ МПа}$) диаметром 1 мм и длиной 30 мм, будет усилие, равное 0,0409 Н.

— результаты исследований упругих свойств ворса при осевой сжимающей нагрузке с фиксацией точки приложения и сохранении направления силы. В результате проведения эксперимента установлено, что зависимость критического усилия осевого сжатия ворса от его диаметра и длины, при котором теряется его устойчивость достаточно точно описывается уравнением вида:

$$Y = 3,427458 - 777,672X_1 + 7098,683X_2 + 28491,67X_1^2 - 900851X_1X_2 + 10504833X_2^2, \quad (23)$$

где Y - усилие осевого сжатия ворса, H ; X_1 - длина ворса, m ; X_2 - диаметр ворса, m .

Графическое отображение данной зависимости представлено на (рис. 11).

Коэффициент корреляции для приведенного уравнения равен 0,92337.

Доказано, что теоретические и экспериментальные модели адекватны. При табличном значении F_{05} – критерия Фишера равном 2,20 фактическое значение для всех измерений не превышало 1,11. Эти данные подтверждают правильность нашего теоретического положения, характеризующего зависимость критического осевого усилия сжатия от параметров ворса. Из этого следует, что критическим усилием, способным вызвать потерю устойчивости ворса, выполненного, например, из полиэтилена ($E = 300 \text{ МПа}$) диаметром 1 мм и длиной 30 мм, будет усилие, равное 0,318 Н.

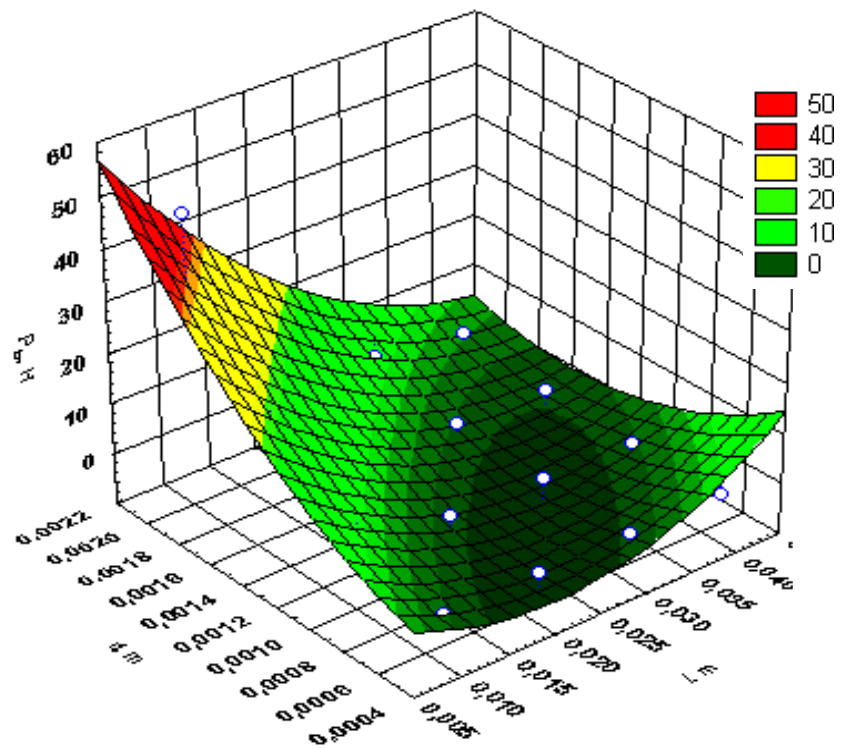


Рисунок 11 - Зависимость критического усилия осевого сжатия ворса, при котором теряется его устойчивость, от диаметра и длины ворса

— результаты исследований по определению характера зависимости силы сопротивления изгибу ворса от величины деформации. Установлено, что зависимость сопротивления изгибу ворса от величины деформации для различных его диаметра и длины достаточно точно описывается уравнением вида:

1. Для длины ворса 10 мм:

$$Y = 2,2673 - 329,3993X_1 - 4536,587X_2 + 101,6539X_1^2 + 458240,5X_1X_2 + 1815390X_2^2 \quad (24)$$

2. Для длины ворса 20 мм:

$$Y = 0,2952 - 39,8956X_1 - 595,51X_2 - 183,734X_1^2 + 57250,38X_1X_2 + 238708X_2^2 \quad (25)$$

3. Для длины ворса 30 мм:

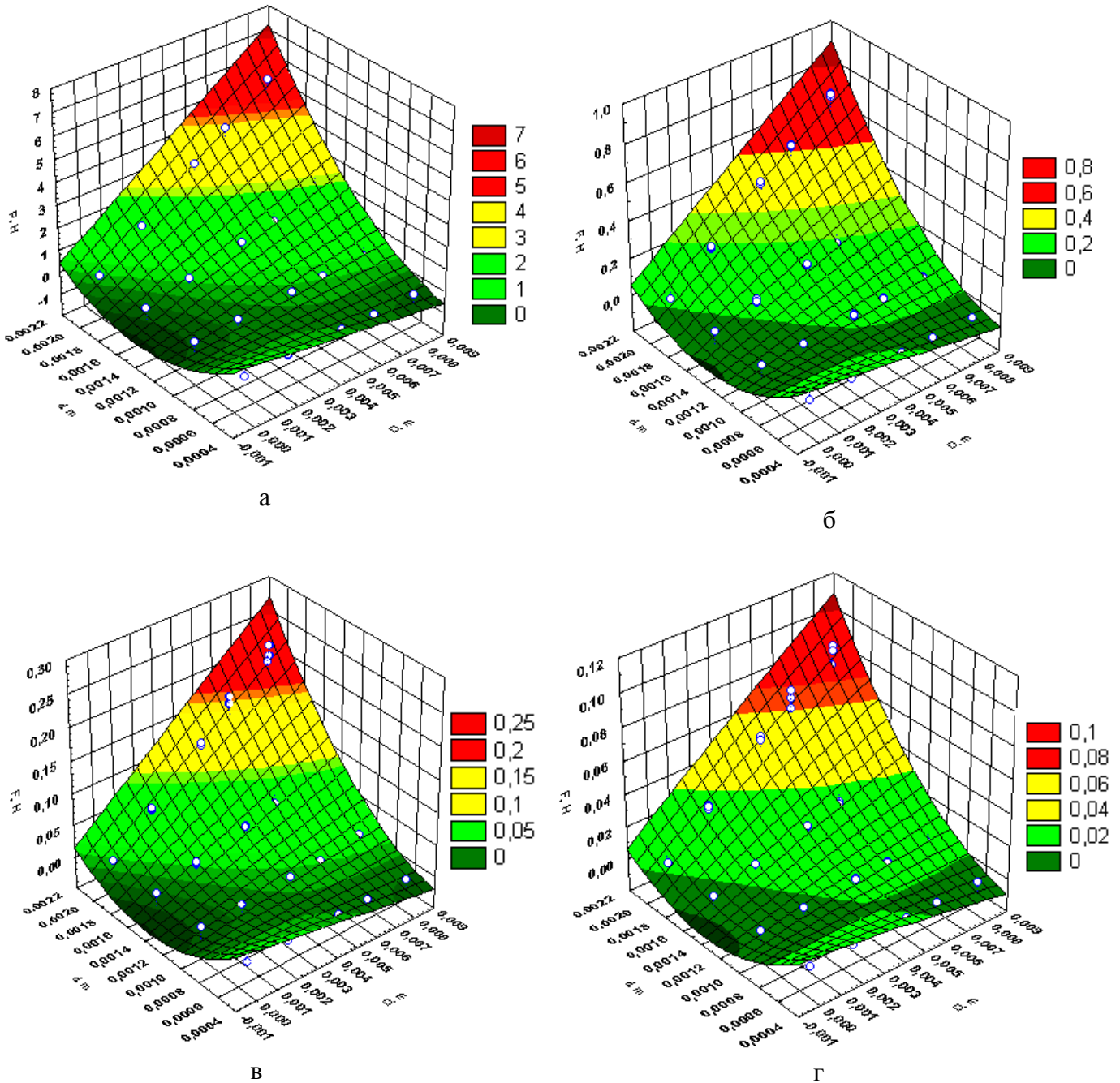
$$Y = 0,08615 - 12,1787X_1 - 172,808X_2 - 15,3733X_1^2 + 17188,24X_1X_2 + 69111X_2^2 \quad (26)$$

4. Для длины ворса 40 мм:

$$Y = 0,03343 - 4,35284X_1 - 68,3897X_2 - 68,802X_1^2 + 6870,861X_1X_2 + 27685,33X_2^2 \quad (27)$$

где Y - сопротивление изгибу от величины деформации ворса, Н. X_1 - деформация ворса, м. X_2 - диаметр ворса, м.

Графическое отображение данных зависимостей представлено на (рис.12)



а - $L=10$ мм; б - $L=20$ мм; в - $L=30$ мм; г - $L=40$ мм.

Рисунок 12 - Зависимость сопротивления ворса изгибу от величины деформации для длины ворса

0,972...0,978. Доказано, что теоретические и экспериментальные модели адекватны. При табличном значении F_{05} – критерия Фишера равном 1,99 фактическое значение для всех измерений не превышало 1,35. Эти данные подтверждают правильность нашего теоретического положения, характеризующего зависимость сопротивления изгибу от параметров ворса. Установлено, что с уменьшением длины ворса при одновременном увеличении его диаметра, сопротивление изгибу возрастает. Так, при изгибе ворса выполненного из полиэтилена ($E= 300$ МПа) диаметром 1 мм и длиной 30 мм, сопротивление изгибу будет равно 0,01353 Н, а ворса диаметром 2 мм, длиной 10 мм и той же деформации – 5, 652 Н.

— результаты исследований численного эксперимента и интегрального усилия воздействия в зависимости от положения конца ворса. Установлено, что

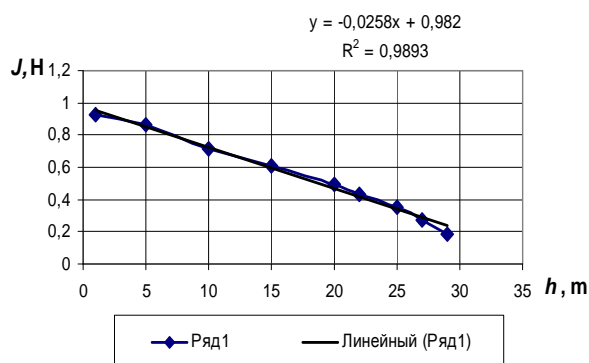


Рисунок 13 - Интегральное усилие воздействия ворса щетки на вымя

А для определения угла поворота барабана φ фиксировалось положение конца ворса относительно перпендикуляра из центра барабана на плоскость соска (для случая $R = 10$ мм, $l = 30$ мм, $\Delta y = 10$), $1^\circ < \varphi \leq 25^\circ$ (рис.14). Теоретическая модель для данного случая имеет вид:

$$Y = 0,9018X + 1,8019, \quad (29)$$

Уравнение регрессии для экспериментальных данных имеет вид:

$$Y = 0,898X + 1,7396. \quad (30)$$

где Y – положение конца ворса $x_i, \text{мм}$; X – угол поворота $\varphi_i, \text{град}$.

Доказано, что теоретические и экспериментальные модели адекватны. При табличном значении F_{05} – критерия Фишера равном 1,85 фактическое значение для всех измерений не превышало 1,61. Это свидетельствует о достоверности представления функции зависимости положения конца ворса от угла поворота барабана теоретической моделью в виде линейного уравнения.

— результаты исследований потребной мощности привода устройства для санитарной обработки вымени коров перед доением. В результате обработки данных исследований установлено, что зависимость потребной мощности привода устройства от деформации ворса (h) и частоты вращения щеток (рис. 15) достаточно точно описывается выражением вида:

$$Y = 11,08 + 47222449X_1 - 732,659X_2, \quad (31)$$

где Y - потребная мощность привода, Вт; X_1 – частота вращения; с^{-1} ; X_2 – деформация ворса, м.

регрессионное уравнение относительного усилия воздействия, определяемого интегралом J (14) в зависимости от расстояния между барабаном и соском вымени аппроксимируется уравнением первого порядка (рис. 13).

$$J = f(h) = 0,982 - 0,0258 h \quad (28)$$

$$0 < h \leq 30$$

где h - расстояние между барабаном и поверхность вымени, мм.

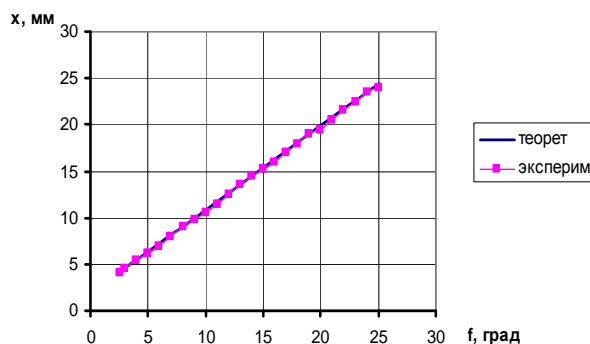


Рисунок 14 - Абсцисса конца ворса в зависимости от угла поворота барабана

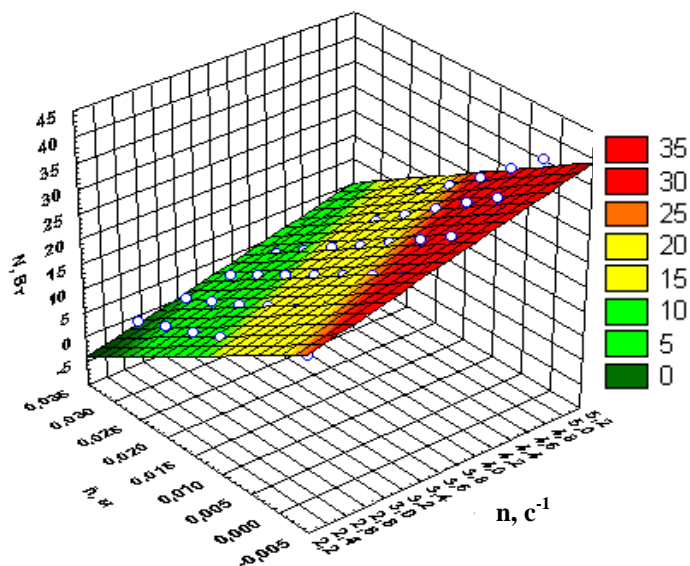


Рисунок 15 - Потребная мощность привода устройства для санитарной обработки вымени коров

Доказано, что теоретическая и экспериментальная модели адекватны. При табличном значении F_{05} – критерия Фишера равном 1,4885 фактическое значение для всех измерений не превышало 1,0028. Эти данные подтверждают правильность нашего теоретического положения, характеризующего зависимость потребной мощности привода устройства от величины

деформации ворса и частоты вращения барабана. Так, при отсутствии контакта между щеткой и упорной пластиной при ($h = 0$) мм. и частоте вращения ($2,5 \text{ c}^{-1}$) потребная мощность привода равная ($N = 4,6 \text{ Вт}$), а при величине деформации ворса ($h = 25 \text{ мм}$) и той же частоте вращения потребная мощность привода возрастает до ($N = 16,8 \text{ Вт}$).

— результаты исследований по оптимизации параметров устройства для санитарной обработки вымени коров. В результате проведенного факторного эксперимента получены уравнения регрессии для четырех факторов по двум параметрам оптимизации: интенсивность доения и бактериальная обсемененность. В окончательном виде, после исключения несущественных коэффициентов регрессии, уравнения имеют следующий вид:

$$Y_1 = 2,31208 + 0,0383X_1 + 0,0429X_2 + 0,0579X_3 + 0,0692X_4 + 0,0275X_1 X_2 - 0,0337 X_1 X_4 - 0,0308 X_2 X_4 - 0,0333X_3 X_4 - 0,0483 X_1 X_2 X_3 + 0,0321 X_1 X_3 X_4 + 0,0304 X_1 X_2 X_3 X_4, \quad (32)$$

$$Y_2 = 11,18542 + 0,0404X_1 + 0,0738X_2 - 0,1867X_3 + 0,2950X_4 + 0,0533 X_1 X_3 - 0,0392 X_1 X_4 + 0,0458 X_2 X_3 - 0,0350 X_2 X_4 - 0,1846 X_3 X_4 - 0,1323 X_2 X_3 X_4, \quad (33)$$

где Y_1 – интенсивность доения, кг / мин.; Y_2 – бактериальная обсемененность, тыс. колон.

При проверке коэффициентов уравнения регрессии по критерию Кохрена установлена их однородность. Адекватность уравнений регрессии проверяли по критерию Фишера. Анализ данных показывает, что гипотеза об адекватности принимается. Уравнения регрессии исследовались на оптимум. В результате получены оптимальные значения факторов: диаметр ворса $X_1 = 0,63 \cdot 10^{-3}$ м; усилие воздействия $X_2 = 3,38 \text{ Н}$; частота вращения $X_3 = 4,866 \text{ c}^{-1}$; продолжительность $X_4 = 40 \text{ с}$.

В пятой главе «Производственные испытания устройства для санитарной обработки вымени коров и оценка экономической эффективности» приведены результаты сравнительных испытаний экспериментального устройства для санитарной обработки вымени коров и пистолета УД 380.040 для обмыва вымени.

Оценка качества обработки вымени пистолетом производилась по бактериальной обсемененности поверхности вымени и параметрам доения, с помощью

тензометрического оборудования выполненного на базе доильного оборудования АДУ - 1.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Анализ результатов исследований, а также анализ и систематизация известных технических решений свидетельствуют о том, что одно из перспективных направлений в создании устройства для санитарной обработки вымени перед доением – создание устройств в виде цилиндрических щеток (патент № 2444417).

2. Экспериментальными исследованиями установлено, что для площади контакта $S = 19,63 \text{ см}^2$ при увеличении толщины навоза от 1 до 3 мм, усилие разрушения связи на отрыв уменьшается с 13,27 до 4,22 Н., а так же и на сдвиг - от 4,83 до 2,02 Н при влажности $75 \pm 5\%$.

3. Результаты исследований по определению болевого порога сосков вымени коровы свидетельствуют, что при нагружения сосков контактной частью стержня давлением $P = 0,207 \text{ Н/мм}^2$, животные не проявляли беспокойство, а превышение установленного давления на сосок приводило животных в беспокойное состояние .

4. Анализ результатов исследований упругих свойств ворса показал, что потеря устойчивости ворса наблюдается при более высоком значении осевой сжимающей нагрузки и для случая фиксации точки приложения сжимающей силы, чем для случая, когда сохранялось только направление силы. Так для ворса диаметром 1 мм и длиной 30 мм при фиксации точки приложения сил это усилие составляет 0,318 Н, а при отсутствии фиксации 0,0409 Н.

5. Установлено, что сопротивление изгибу ворса зависит от величины деформации, а также от его диаметра и длины. С уменьшением длины ворса при одновременном увеличении его диаметра и деформации, сопротивление изгибу возрастает. Так, при прогибе ворса 8 мм выполненного из полиэтилена ($E = 300 \text{ МПа}$) диаметром 1 мм и длиной 30 мм сопротивление изгибу будет равно 0,01353 Н, а ворса диаметром 2 мм и длиной 10 мм и прогибом 8 мм сопротивление будет равно 5,652 Н.

6. Получена: математическая модель, позволяющая определить абсциссу конца ворса в зависимости от угла поворота барабана, а также регрессионная зависимость, учитывающая относительное интегральное воздействия ворса щетки на поверхность вымени.

На основе интегральной оценки усилия воздействия ворса на поверхность вымени, получен поправочный коэффициент, позволяющий оценивать мощность на привод в зависимости от расстояния щетки до вымени.

7. Теоретически установлено, что очистка поверхности вымени будет достигаться лишь тогда, когда ворс щетки перекрывает любой участок очищаемой поверхности. Для получения требуемого качества очистки вымени число ворса в пучке должно быть в пределах 71 – 74 шт. на площади 8 мм^2 .

8. Результаты исследований показывают, что при увеличении деформации $h = 25 \text{ мм}$ ворса, выполненного из полиэтилена ($E = 300 \text{ МПа}$) диаметром 1 мм, длиной 30 мм и частоте вращения $2,5 \text{ с}^{-1}$ потребная мощность привода составляет $N = 16,8 \text{ Вт}$.

9. Для вызова интенсивного рефлекса молокоотдачи и обеспечения максимальной очистки вымени, оптимальными параметрами для экспериментального устройства необходимо считать: диаметр прутка $0,63 \cdot 10^{-3}$ м, усилие воздействия $3,38$ Н, частота вращения $4,866$ с⁻¹, продолжительность санитарной обработки вымени экспериментальным устройством 40 сек.

10. Для экспериментального устройства характерна более высокая пиковая интенсивность молоковыведения по вымени, равная $2,91$ кг/мин, против $2,29$ кг/мин при обмыве вымени. Помимо этого отмечено более короткое – $35,12$ с. против $50,28$ с. время до пиковой интенсивности молокоотдачи у экспериментального устройства. Вследствие этого, у экспериментального устройства более полная выдоенность за 1 и 3 минуты. Выше и средняя интенсивность молоковыведения. Она составляет при использовании экспериментального устройства $1,63$ кг/мин, а для обмыва из пистолета – $1,37$ кг/мин. Полнота выдаивания при использовании экспериментальным устройством составляет $97,88\%$, а при использовании пистолета $96,02\%$. Показатели бактериальной обсемененности при обмыве экспериментальным устройством составляют $10,43$ тыс. колоний, а из пистолета – $11,63$ тыс. колоний. Годовой эффект по приведенным затратам на 140 голов составляет $20000,7$ рублей. В расчете на одну корову эта сумма составляет $142,8$ рубля.

Годовой экономический эффект экспериментального устройства с учетом приведенных затрат и роста молочной продуктивности животных, в расчете на 140 голов, составляет $205500,7$ рублей, а на одну корову – $1467,8$ рублей. Таким образом, внедряемое устройство, обладает высокими эксплуатационными и экономическими показателями. Внедрение экспериментальных устройств в ряде хозяйств Белгородской области позволило получить экономический эффект свыше 35 тысяч рублей в год.

Список работ, опубликованных по теме диссертации:

Публикации в изданиях рекомендованных ВАК

1. Клименко, Д. Б. Определение мощности привода устройства для обработки вымени коров перед доением / Д. Б. Клименко // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 2007. – № 6. – с. 9-10.

Публикации в сборниках научных трудов и материалах конференций

2. Клименко, Д. Б. Подготовительные операции перед доением. / В. Ф. Ужик, Д.Б. Клименко // Проблемы сельскохозяйственного производства на современном этапе и пути их решения / Материалы VI международной научно - производственной конференции. – Ч. II: Механизация. Экономика. Блок социальных наук. – Белгород, 2002. – Издательство Белгородской ГСХА. с.28 - 29.

3. Клименко, Д. Б. К обоснованию разработки устройства для санитарной обработки вымени коров. / В. Ф. Ужик, Д.Б. Клименко // Проблемы сельскохозяйственного производства на современном этапе и пути их решения / Материалы VII международной научно - производственной конференции. – Ч. II: Механизация. Экономика. Блок социальных наук. – Белгород, 2003. – Издательство Белгородской ГСХА. с.27 – 28.

4. Клименко, Д. Б. Устройство для санитарной обработки вымени коров. / В.Ф. Ужик, Д.Б. Клименко // Проблемы сельскохозяйственного производства на современном этапе и пути их решения / Материалы VIII международной научно-технической конференции. – Ч. II: Механизация, экономика, Блок социальных наук. – Белгород, 2004. – Издательство Белгородской ГСХА. – с. 128 – 129.

5. Клименко, Д. Б. Создание автоматизированных систем доения / В.Ф. Ужик, Д.Б. Клименко // Научно-технический прогресс в животноводстве: перспективная система машин – основа реализации стратегии машинно-технологического обеспечения животноводства на период до 2010 г.: сб. науч. трудов. Том 13. Часть 2. ВНИИМЖ. – Подольск, 2004. С. 203 – 209.

6. Клименко, Д. Б. Устройство для санитарной обработки вымени коров / В.Ф.Ужик, Д.Б. Клименко // Вдосконалення технологій та обладнання виробництва продукції тваринництва / Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка Випуск 48. – Харків, 2006. С. 39 – 40.

Патентные документы

7. Пат. № 2244417 Российская Федерация, МКИ А 01 J 5/00. Автоматизированная доильная установка / Ужик В.Ф., Слободюк А.П., Свиридов А.Г., Клименко Д.Б.; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Белгородская государственная сельскохозяйственная академия». – № 2003110504; заявл. 11.04.2003; опубл. 20.01.2005, Бюл. № 2. – 17 с.

Клименко Денис Борисович

**РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ
ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВА ДЛЯ САНИТАРНОЙ
ОБРАБОТКИ ВЫМЕНИ КОРОВ ПЕРЕД ДОЕНИЕМ
НА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ДОИЛЬНОЙ УСТАНОВКЕ**

Специальность 05.20.01 – технологии и средства
механизации сельского хозяйства

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

формат 60×84 ¹/₁₆. Печ. л. 1.2.

Подписано в печать ____.

Заказ № 187. Тираж 120 экз.

Типография БелГСХА
308503, п. Майский Белгородской области.