

УДК 637.116

## ИССЛЕДОВАНИЕ УСИЛИЯ, РАЗВИВАЕМОГО СОСКОМ ВЫМЕНИ КОРОВЫ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ЕГО ДИАМЕТРА

Чехунов О.А., к.т.н., доцент  
(ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, г. Белгород, Россия)

*В статье представлено описание устройства и результаты испытаний усилия, оказываемого соском при изменении его диаметра.*

Специалистам в области машинного доения коров известно, что слабое место серийно выпускаемых доильных аппаратов – их сосковая резина, изменение механических характеристик которой ведет к нарушению, а иногда и к полному прекращению процесса извлечения молока. Наползание доильных стаканов на соски вымени, что приводит к перекрытию канала между цистерной вымени и полостью соска и, как следствие, к холостому доению. Отрицательно влияют на доение и ударные воздействия на соски, возникающие в результате цикловых пульсаций сосковой резины. В процессе доения корова испытывает вначале ударную нагрузку на сосок, потом сжатие его резиной, что приводит к постепенному ороговению соска и появлению на его поверхности трещин. Еще один недостаток доильных аппаратов – образование в подсосковых камерах аэрозолей, способствующих проникновению патогенных микробов в полости молочных цистерн вымени животных.

Для исключения этих недостатков нами разработан доильный аппарат, включающий однокамерные доильные стаканы с пневмоклапанами, обеспечивающими периодический выпуск атмосферного воздуха в подсосковую камеру, двухполупериодный пульсатор и коллектор с двумя регуляторами вакуума, каждый из которых объединяет два диаметрально противоположных доильных стакана [1].

Для обеспечения работоспособности доильных аппаратов с однокамерными доильными важно знать значение силы трения, возникающей между соском и стенкой стакана. Теоретически ее можно найти по выражению:

$$F_{тр} = F_y \cdot f_{тр}, \quad (1)$$

где  $F_y$  – усилие, развиваемое соском, Н;  $f_{тр}$  – коэффициент трения материала доильного стакана по соску.

Для нахождения величины силы трения опытным путем, мы определяли закономерность изменения величины усилия воздействия соска вымени коровы в трех точках (у основания, посередине и на расстоянии 5 мм от окончания соска) от величины разрежения в подсосковом пространстве доильного стакана определяли. Для этого была разработана и изготовлена экспериментальная

установка для измерения усилия воздействия соска на стенку однокамерного доильного стакана от величины разрежения в подсосковом пространстве (рисунок 1) [2].

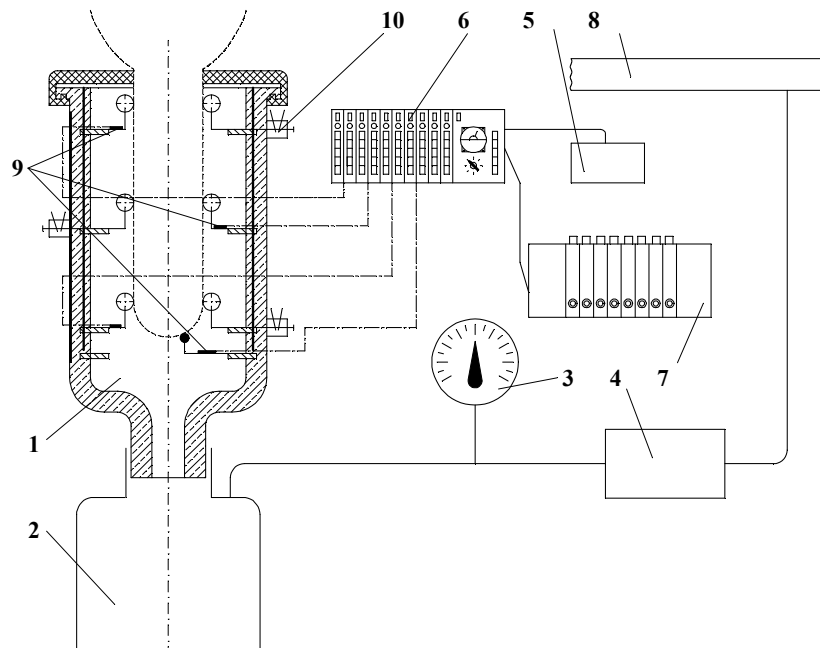


Рисунок 1 – Схема экспериментального устройства для измерения усилия воздействия соска на жесткую стенку в зависимости от величины разрежения в подсосковом пространстве доильного стакана: 1 – специальный доильный стакан; 2 – емкость для сбора молока; 3 – вакуумметр; 4 – регулятор вакуума; 5 – блок питания; 6 – тензоусилитель; 7 – регистрирующее устройство; 8 – вакуумпровод; 9 – тензорезисторы; 10 – механизм перемещения

Устройство для измерения усилия, оказываемого соском, выполнено в виде специального однокамерного доильного стакана 1, съемной емкости для сбора молока 2, вакуумметра 3, регулятора вакуума 4, блока питания 5, тензоусилителя 6, регистрирующего устройства 7, вакуумпровода 8, тензорезисторов 9 и механизма перемещения 10. Доильный стакан выполнен однокамерным, с механизмом для измерения усилия, оказываемого соском на жесткую стенку при изменении его диаметра, состоящего из трех аналогичных узлов с возможностью измерения усилия, оказываемого соском в трех точках (у основания, посередине и у окончания соска). Каждый узел механизма выполнен в виде кольца с прорезями, механизма перемещения кольца в корпусе доильного стакана и измерительной части. Последняя выполнена в виде рычагов с выступами и тензоэлементами, шарнирно закрепленными в корпусе доильного стакана, кронштейнами с отверстиями и опорными колесами. Механизм перемещения выполнен в виде корпуса, штока, подпружиненной пружины и жестко закрепленного с кольцом, стопорных рычагов с отверстиями, между которыми установлены пружина и ограничитель хода.

Исследования проводили следующим образом. После надевания специального доильного стакана 1 на сосок вымени животного, регулятором

вакуума 4 плавно изменяли вакуумметрическое давление в подсосковой камере доильного стакана (в пределах от 5 до 55 кПа, с шагом 5 кПа) с точностью  $\approx \pm 0,5$  кПа. Измерения усилия воздействия соска на жесткую стенку проводили с трехкратной повторностью по каждому соску вымени в трех точках: у основания, посередине и у окончания соска с точностью измерений  $\approx \pm 0,09$  Н. Сигнал с тензорезисторов регистрировали на регистрирующем устройстве 7. Для усиления сигналов использовали многоканальный шлейфовый тензоусилитель 6 с блоком питания 5. Одновременно регистрировали величину вакуумметрического давления в подсосковом пространстве доильного стакана вакуумметром 3.

После обработки результатов исследований зависимости изменения усилия воздействия соска на жесткую стенку от величины разрежения в подсосковом пространстве доильного стакана нахождение величины силы трения между соском и стенкой однокамерного доильного стакана для различных начальных диаметров сосков вымени вели по выражению (1).

В результате проведенных исследований согласно описанной выше методики был получен ряд значений усилия воздействия соска на жесткую стенку от величины разрежения в подсосковом пространстве доильного стакана. Проверку однородности полученной выборки проверяли по критерию Кохрена.

Графическая интерпретация зависимости изменения усилия воздействия соска на жесткую стенку однокамерного доильного стакана от величины разрежения в подсосковом пространстве для трех точек (у основания, посередине и у окончания соска) представлена на рисунке 2.

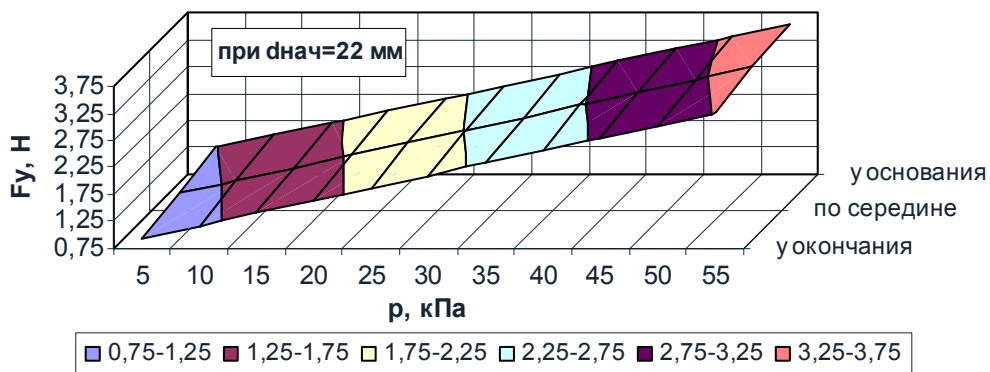


Рисунок 2 – Зависимость усилия воздействия соска на жесткую стенку от величины разрежения в подсосковом пространстве доильного стакана при начальном диаметре соска 22 мм

В результате обработки данных исследований установлено, что искомая зависимость достаточно полно описывается линейным уравнением вида:

$$\begin{aligned}
 \text{у основания соска: } & Y=0,0000457 \cdot x+1,0199; \\
 \text{по середине соска: } & Y=0,0002048 \cdot x+1,1572; \\
 \text{у окончания соска: } & Y=0,0000507 \cdot x+0,1572.
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

где  $Y$  – усилие, развиваемое соском от величины разрежения в подсосковом пространстве доильного стакана, Н;  $x$  – вакуумметрическое давление, Па.

Подставив полученные уравнения в выражение (1), получаем экспериментальные зависимости изменения силы трения между соском и стенкой однокамерного стакана от величины разрежения в подсосковом пространстве доильного стакана. Графическая интерпретация представлена на рисунке 3.

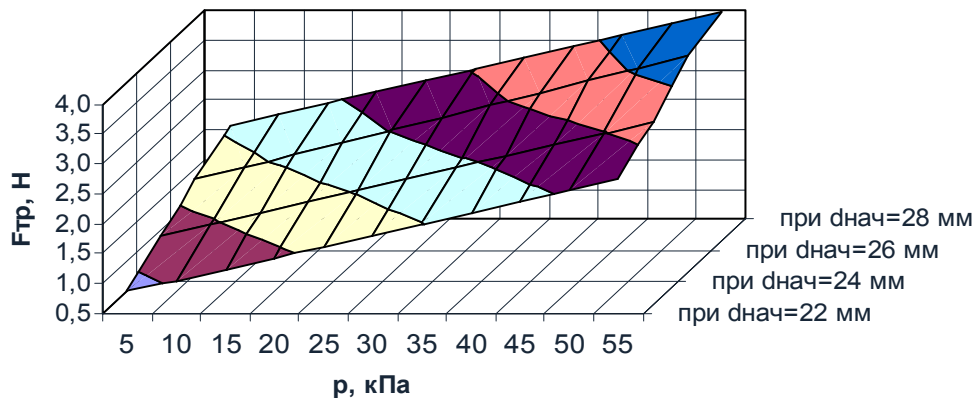


Рисунок 3 – Зависимость изменения силы трения между соском и стенкой однокамерного доильного стакана от величины разрежения в подсосковом пространстве

Теоретическую зависимость изменения силы трения между соском и стенкой однокамерного доильного стакана можно найти по выражению [3]:

$$F_{mp} = \frac{\pi d_c l_c f_{mp} [(1 - \mu_2) r_{02}^2 (p_{вн} + p) r_2^2 + (1 + \mu_2) r_k^2 r_2^2 (p_{вн} + p) - U_2 E_2 (r_k^2 - r_2) r_{02}] (3)}{(1 - \mu_2) r_{02}^2 r_k^2 + (1 + \mu_2) r_k^2 r_2^2}$$

где  $d_c$  – диаметр соска, м;  $l_c$  – длина соска, м;  $\mu_2$  – эмпирический коэффициент поперечной деформации соска;  $r_{02}$  – элементарный радиус соска, м;  $p_{вн}$  – внутрисосковое давление, Па;  $p$  – вакуумметрическое давление в стакане, Па;  $r_2$  – радиус соскового канала, м;  $r_k$  – контактный радиус между соском вымени и однокамерным доильным стаканом, м;  $U_2$  – радиальное перемещение соска, м;  $E_2$  – эмпирический переменный модуль упругости, Н/м<sup>2</sup>.

Оценку достоверности сходимости теоретических и экспериментальных данных зависимости силы трения между соском и стенкой однокамерного доильного стакана проводили по критерию Фишера. Методом дисперсионного анализа по критерию Фишера проверялась адекватность теоретических и экспериментальных моделей, а также сравнивались экспериментальные зависимости, характеризующие изменение силы трения между соском и стенкой однокамерного доильного стакана от величины вакуумметрического давления в подсосковом пространстве для различных начальных диаметров

сосков вымени. Так величина силы трения при изменении вакуумметрического давления в подсосковом пространстве доильного стакана от 5 до 55 кПа для сосков с начальным диаметром 22 мм изменяется в пределах от 0,85 до 2,7 Н.

Установлено, что различие между экспериментальными зависимостями силы трения соска по стенке однокамерного доильного стакана достоверно. Фактические значения  $F$  – критерия Фишера при сравнении смежных уравнений, а также соответствующих в различных группах превышало табличное значение, равное 2,71. Одновременно было доказано, что теоретические и экспериментальные модели адекватны. При табличном значении  $F_{05}$  – критерия Фишера равном 2,71, фактическое значение находилось в интервале 1,11...2,50. Это свидетельствует о достоверности нашего теоретического предположения о зависимости трения соска по стенке доильного стакана при различных значениях вакуумметрического давления в подсосковом пространстве стакана.

### Список литературы

1. Патент 2250605 RU, МКИ 7 А 01J 5/04. Доильный аппарат / Ужик В.Ф., Чехунов О.А., Скляр А.И., Ужик О.В., Борозенцев В.И. – 2004110091/17; Заявлено – 02.04.2004; Опубл. 27.04.2005. Бюл. № 12.
2. Патент 2284691 RU, МКИ 7 А 01J 7/00. Устройство для измерения усилия, оказываемого соском при изменении его диаметра / Ужик В.Ф., Чехунов О.А. – 2005100590/12; Заявлено 11.01.2005; Опубл. 10.10.2006 Бюл. N 28.
3. Ужик В.Ф. Аналитическое обоснование конструктивно-режимных параметров доильного аппарата с однокамерными доильными стаканами [Текст] / В.Ф. Ужик, О.А. Чехунов // Бюллетень научных работ. Выпуск 5. Белгород. – Издательство Бел ГСХА, 2006. С. 138 – 143.

### Abstract

#### **Research efforts developed by the nipple of the udder of the cow when changing the diameter**

O. Chehunov

*The article presents the description of the device and the test results of the efforts exerted by the nipple while changing the diameter.*

### Анотація

#### **Дослідження зусилля, розвиваємого соском вимені корови при зміні його діаметра**

Чехунов О.А.

*У статті представлено опис пристрою і результати випробувань зусилля, що чиниться соском при зміні його діаметра.*