

УДК 637.116

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВА ДЛЯ МАССАЖА ВЫМЕНИ НЕТЕЛЕЙ

Чехунов О.А., к.т.н., доцент, Макаренко А.Н., к.т.н., доцент,
Горбов Е.И., магистрант
(ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, г. Белгород, Россия)

В статье представлено описание и теоретическое обоснование конструктивно-режимных параметров устройства для массажа вымени нетелей.

Одно из перспективных направлений повышения молочной продуктивности коров – подготовка нетелей к лактации с использованием стимуляции их вымени во второй половине стельности. Для этого предложена конструкция устройства для массажа вымени содержащее чашеобразный колокол 1 (рисунок 1), состоящий из двух частей, выполненных с возможностью изменения длины колокола путем перемещения частей относительно друг друга по направляющей 2 [1]. Колокол содержит перегородку 4 с шарнирно установленным массажным элементом, разделяющую переднюю и заднюю доли вымени. Каждый из двух объемов колокола подсоединяется к вакуумпроводу 5 патрубками 6 и оборудован четырьмя массажными элементами сосков вымени 7. Корпус каждого из двух объемов колокола оборудован регуляторами давления 10. Колокол 1 также оборудован массажерами цистерны вымени 11.

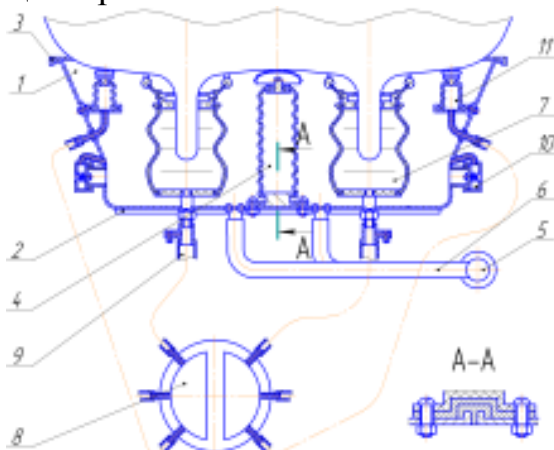


Рисунок 1 – Устройство для массажа вымени нетелей: 1 – массажный колокол; 2 – направляющая; 3 – эластичная прокладка; 4 – перегородка; 5 – вакуумпровод; 6, 9 – патрубки; 7 – массажный элемент сосков вымени; 8 – распределитель; 10 – регулятор; 11 – массажеры цистерны вымени

Устройство обеспечивает отдельный пневмомеханический массаж четвертей вымени, попеременное нажатие на доли, нажатие с последующим

оттягиванием, воздействие переменным вакуумом, воздействие на цистерну вымени и механическое воздействие на дно вымени. Конструкция устройства предусматривает изменение технологических параметров по месяцам стельности.

Для определения диаметра отверстия для откачки воздуха из массажного элемента сосков вымени исходим из того, что оттягивание вымени происходит в том случае, если обеспечивается удержание воронки данного узла на вымени. Уравнение для нахождения скорости изменения давления в полости воронки:

$$\frac{\partial p_{тек}}{\partial t} = \frac{p_{атм} \cdot v_{отк}}{V_{МЭ}}, \quad (1)$$

где $p_{тек}$ – текущее давление в полости массажного элемента сосков вымени, Па; t – время процесса, с; $p_{атм}$ – атмосферное давление, Па; $v_{отк}$ – расход воздуха при откачке, м³/с; $V_{МЭ}$ – объем полости массажного элемента, м³.

Расход откачиваемого воздуха из полости массажного элемента равен:

$$v_{отк} = \frac{\pi \cdot d_{пр}^4 (p_{тек} - p_{вак})}{128 \cdot \mu_{воз} \cdot l_{отв}}, \quad (2)$$

где $d_{пр}$ – приведенный диаметр отверстия для откачки воздуха, м; $\mu_{воз}$ – динамическая вязкость воздуха, Па·с; $l_{отв}$ – длина калиброванного отверстия, м; $p_{тек}$ – величина вакуумметрического давления, Па.

Преобразовав уравнение (1), с учетом (2), и проинтегрировав его, получим расчетное время присоединения массажной воронки к доле вымени:

$$t_{прис} = \int_{p_{атм}}^{p_{тек}} \frac{128 \cdot V_{МЭ} \cdot \mu_{воз} \cdot l_{отв} (p_{атм} - p_{прис})}{\pi \cdot d_{пр}^4 (p_{атм} - p_{вак})} \cdot \frac{\partial p_{тек}}{p_{тек} - p_{прис}}, \quad (3)$$

$$t_{прис} = \frac{128 \cdot V_{МЭ} \cdot \mu_{воз} \cdot l_{отв} (p_{атм} - p_{прис})}{\pi \cdot d_{пр}^4 \cdot p_{атм} (p_{атм} - p_{вак})} \cdot \ln \frac{p_{атм} - p_{прис}}{p_{тек} - p_{прис}}, \quad (4)$$

где $p_{прис}$ – давление присоединения воронки к вымени, Па; $p_{тек} \rightarrow p_{прис}$.

Отсюда, приведенный диаметр отверстия для откачки воздуха составит:

$$d_{пр} = \sqrt[4]{\frac{128 \cdot V_{МЭ} \cdot \mu_{воз} \cdot l_{отв} (p_{атм} - p_{прис}) \cdot \ln \frac{p_{атм} - p_{прис}}{p_{тек} - p_{прис}}}{\pi \cdot t_{прис} \cdot p_{атм} (p_{атм} - p_{вак})}}. \quad (5)$$

Усилия воздействия рабочих органов на вымя можно представить в виде:

$$F_{воз} = F_{сил} - F_{сопр}, \quad (6)$$

где $F_{сил}$ – сила, возникшая в сиффоне под воздействием вакуума, Н; $F_{сопр}$ – сила сопротивления перемещению (растяжению) сиффона, Н.

Связь между силой, возникающей в сиффоне, и вакуумом осуществляется посредством эффективной площади поперечного сечения сиффона [2]:

$$F_{сил} = p_{вак} \cdot s_{эф} = \frac{p_{вак} \cdot \pi \cdot (R_{нар} + R_{вн})^2}{4}, \quad (7)$$

где $s_{эф}$ – площадь поперечного сечения сиффона, м²; $R_{нар}$ – наружный радиус сиффона, м; $R_{вн}$ – внутренний радиус сиффона, м.

$$F_{сопр} = k \cdot x, \quad (8)$$

где k – жесткость сиффона, Н/м; x – перемещение, м.

Жесткость гофры определяется равенством:

$$k = \frac{E \cdot b^3}{2 \cdot n \cdot K_{\text{сил}} \cdot R_{\text{нар}}^2}, \quad (9)$$

где E – модуль упругости сальфона, Н/м²; b – толщина сальфона, м; n – число гофр; $K_{\text{сил}}$ – коэффициент, зависящий от относительной глубины гофр.

$$F_{\text{воз}} = \frac{p_{\text{вак}} \cdot \pi \cdot (R_{\text{нар}} + R_{\text{вн}})^2}{4} - \frac{E \cdot b^3 \cdot x}{2 \cdot n \cdot K_{\text{сил}} \cdot R_{\text{нар}}^2}. \quad (10)$$

Удержание устройства на вымени происходит за счет вакуумметрического давления в колоколе, которое должно удовлетворять требованию:

$$p_{\text{вак.кол}} = p_{\text{вак}} \cdot s_{\text{кол}} > G_y, \quad (11)$$

где $p_{\text{вак.кол}}$ – вакуумметрическое давление в колоколе, Па; $s_{\text{кол}}$ – эффективная площадь поперечного сечения колокола, м²; G_y – вес устройства, Н.

Для поддержания величины вакуума в колоколе предусмотрен регулятор. Для определения диаметра его впускного отверстия воспользуемся уравнением:

$$\frac{dp}{dt} = p_{\text{атм}} \frac{v_o - v_n}{V_k}, \quad (12)$$

где t – время процесса, сек; V_k – объем камеры, м³, v_n – расход при поступлении воздуха, м³/с; v_o – расход при откачивании воздуха, м³/с:

$$v_o = \frac{\pi \cdot d_1^4}{128 \cdot \mu_{\text{воз}} \cdot l_1} (p - p_{\text{вак.кол}}), \quad (13)$$

где d_1 , l_1 – соответственно диаметр и длина отверстия для откачивания воздуха, м; p – текущее значение вакуума в рабочей камере регулятора, Па.

Расход воздуха при поступлении воздуха равен:

$$v_n = \frac{\pi \cdot d_2^4}{128 \cdot \mu_{\text{воз}} \cdot l_2} (p_{\text{атм}} - p), \quad (14)$$

где d_2 – приведенный диаметр отверстия для поступления воздуха, м; l_2 – длина отверстия для поступления воздуха, м.

В установившемся режиме будет справедливо равенство:

$$v_o = v_n \quad (15)$$

После подстановки и преобразований получим:

$$d_3 = d_1^4 \sqrt[4]{\frac{128 \cdot V_k \cdot l_2 (p - p_{\text{вак.кол}})}{\pi \cdot t \cdot p_{\text{атм}} (p_{\text{атм}} - p)} \ln \frac{p_{\text{атм}} - p_{\text{вак.кол}}}{p - p_{\text{вак.кол}}}}, \quad (16)$$

Так как клапан жестко связан с центром мембраны, то ее прогиб будет равен величине перемещения клапана, необходимой для открытия впускного отверстия. Прогиб центра мембраны определяется выражением:

$$\omega_o = \frac{p_m \cdot R_m^4}{64 \cdot D}, \quad (17)$$

где ω_o – прогиб центра мембраны, м; p_m – среднее давление на мембрану, Па; R_m – радиус мембраны, м; D – цилиндрическая жесткость мембраны, Н/м.

Среднее давление на мембрану найдем как разность давлений:

$$p_m = p_{\text{атм}} - p_{\text{вак.кол}}, \quad (18)$$

Цилиндрическая жесткость мембраны находится по формуле:

$$D = \frac{E_m \cdot h_m^3}{12 \cdot (1 - \mu_1^2)}, \quad (19)$$

где E_m – модуль упругости материала мембраны, Н/м²; h_m – толщина мембраны, м; μ_1 – коэффициент Пуассона (зависит от способа крепления).

После преобразований получаем:

$$R_m = \sqrt[4]{\frac{64 \cdot \omega_0 \cdot E_m \cdot h_m^3}{12 \cdot (p_{атм} - p_{вак.кол}) \cdot (1 - \mu_1^2)}}. \quad (20)$$

Список литературы

1. Патент на полезную модель N. 116745 (RU) Устройство для массажа вымени нетелей. / Чехунов О.А. // Заяв. 20.12.2010; Опубл. 10.06.2012. Бюл. № 16.
2. Ужик В.Ф. Расчет конструктивных параметров устройства для массажа вымени нетелей [Текст] / В.Ф. Ужик, В.К. Скоркин, В.С. Лящев // Перспективная система машин – основа реализации стратегии машино-технологического обеспечения животноводства на период до 2010 г. // Сб. Науч. Тр. ВНИИМЖ. Том 13, ч.2. Подольск, 2004 г. с. 98 – 106.

Анотація

Теоретичне обґрунтування параметрів пристрою для масажу вимені нетелей

Чехунов О.А., Макаренко О.М., Горбов Є.І.

У статті представлено опис і теоретичне обґрунтування конструктивно-режимних параметрів пристрою для масажу вимені нетелей.

Abstract

Theoretical substantiation of the parameters of the device to massage the udder of cows

O. Chehunov, A. Makarenko, E. Gorbov

The article presents a description and theoretical substantiation constructive and regime parameters of the device to massage the udder of cows.