

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАТРАТ ЭНЕРГИИ НА ЭВАКУАЦИЮ МОЛОКА ИЗ ДОИЛЬНОГО СТАКАНА С УЧЕТОМ ДИАМЕТРА МОЛОЧНОЙ ТРУБКИ

С.Н. Бондарев,

аспирант каф. технологий и механизации животноводства БГАТУ

А.В. Китун,

зав. каф. технологий и механизации животноводства БГАТУ, докт. техн. наук, профессор

В.И. Передня,

гл. науч. сотр. РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», докт. техн. наук, профессор

В статье рассмотрен вопрос определения затрат энергии на эвакуацию молока из доильного стакана с учетом диаметра молочной трубки.

Ключевые слова: сосковая резина, вакуум, молочная трубка, молокоотдача, доильный аппарат, коллектор, затраты энергии.

The article considers energy consumption for the evacuation of milk from the milking cup taking into account the diameter of the milk tube.

Keywords: teat cup liner, vacuum, milk tube, milk delivery, milking machine, collector, energy consumption.

Введение

Важнейшим показателем, определяющим рентабельность производства молока, являются затраты энергии на его получение. Несмотря на высокие количественные показатели отечественной молочной отрасли, она имеет высокие удельные затраты и низкую продуктивность. Энергозатраты на получение отечественного молока составляют порядка 90 кВт·ч/т, что в 1,2 – 2,0 раза больше, чем у лучших мировых производителей. Также средняя продолжительность лактационного долголетия животного составляет 3 года вместо 5-6 лет, необходимых для снижения удельных затрат [1, 2].

Одним из возможных путей решения данных проблем является исключение обратного тока молока в сосок вымени животного во время доения.

В процессе машинного доения при максимальной молокоотдаче животного и при малом внутреннем диаметре молочной трубки, в момент разжатия стенок сосковой резины выдоенное молоко обратным током ударяет в сосок вымени животного. В результате происходит возвратно-поступательное движение молока в молочной трубке [3, с. 86], вследствие чего требуется больше времени для эвакуации молока из доильного стакана в коллектор, в течение которого будет работать доильная установка, что приведет к увеличению затрат энергии на доение животного и энергоемкости процесса машинного доения в целом. Также при обратном токе молока в сосок вымени животного происходит проникновение болезнетворных бактерий в цистерну соска, что может привести к заболеваемости животного маститом, снижению его молочной продуктивности и лактационного долголетия.

Целью работы является теоретическое обоснование затрат энергии на эвакуацию молока из молочной трубки с учетом ее диаметра, обеспечивающего полную эвакуацию молока из доильного стакана.

Основная часть

Определим затраты энергии на эвакуацию молока из молочной трубки с учетом ее конструктивных параметров:

$$N = \frac{\rho \cdot v_3^2 \cdot V_{\text{м.т.}}}{t}, \quad (1)$$

где ρ – плотность молока, кг/м³;

$V_{\text{м.т.}}$ – объем молочной трубки, м³;

v_3 – скорость движения молока на выходе из молочной трубки, м/с;

t – время, затрачиваемое на эвакуацию молока, с.

Откуда объем молочной трубки определим по формуле:

$$V_{\text{м.т.}} = S_{\text{м.т.}} \cdot l_{\text{м.т.}}, \quad (2)$$

где $S_{\text{м.т.}}$ – площадь молочной трубки в поперечном сечении, м²;

$l_{\text{м.т.}}$ – длина молочной трубки, м.

Так как внутренний диаметр молочной трубки имеет круглое сечение, то его площадь также можно определить по формуле:

$$S_{\text{м.т.}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{м.т.}}^2}{4}, \quad (3)$$

где $d_{\text{м.т.}}$ – диаметр молочной трубки, м.

Также определим пропускную площадь молочной трубки с учетом молокоотдачи животного:

$$S_{\text{м.т.}} = \frac{Q \cdot v_3}{\rho \cdot g \cdot l_{\text{м.т.}}}, \quad (4)$$

где Q – величина молокоотдачи животного, кг/с;
 g – ускорение свободного падения, м/с².

Так как левые части уравнений (3) и (4) равны, то приравняв их и выразив значение диаметра молочной трубки, получим:

$$d_{\text{м.т.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q \cdot v_3}{\rho \cdot l_{\text{м.т.}} \cdot g \cdot \pi}}. \quad (5)$$

При доении, молоко из сосковой цистерны, через канал соска вымени животного поступает в подсосковую камеру доильного стакана. Так как в подсосковой камере вакуумметрическое давление, а в соске вымени животного избыточное и, соответственно, выдаивание молока происходит за счет разности давлений, то в таком случае формула по определению скорости потока молока на выходе из канала соска (сечение 1 – 1, рис. 1), примет вид [4, с. 20]:

$$v_1 = \varphi \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho}}, \quad (6)$$

где Δp – разность давлений между сосковой цистерной вымени и подсосковой камерой доильного стакана, Па;

φ – коэффициент скорости потока молока.

Коэффициент скорости потока молока определим по формуле [5]:

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \xi_1}}, \quad (7)$$

где α – коэффициент Кориолиса;

ξ_1 – коэффициент местных гидравлических сопротивлений канала соска.

Разность давлений между сосковой цистерной

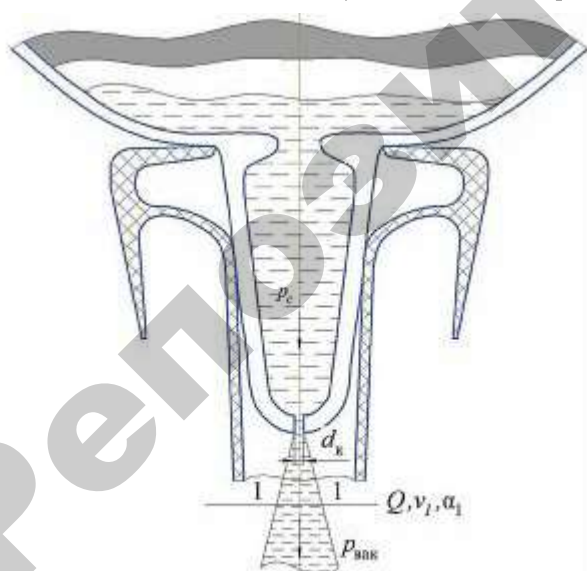


Рис. 1. Схема к определению скорости потока молока на выходе из соска при доении

вымени и подсосковой камерой доильного стакана определим по формуле:

$$\Delta p = p_c - p_{\text{вак}}, \quad (8)$$

где p_c – внутривыменное давление молока во время доения, Па;

$p_{\text{вак}}$ – величина вакуума в подсосковой камере доильного стакана, Па.

Подставив значения формул (7) и (8) в выражение (6), получим конечную формулу для определения скорости потока молока на выходе из соска вымени животного:

$$v_1 = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \xi_1}} \cdot \sqrt{\frac{2(p_c - p_{\text{вак}})}{\rho}}. \quad (9)$$

Определив скорость молока на выходе из соска вымени животного, интенсивность молокоотдачи определим как расход жидкости через отверстие:

$$Q = S_k \cdot v_1 \cdot \rho = \frac{S_k \cdot \rho}{\sqrt{\alpha + \xi_1}} \cdot \sqrt{\frac{2(p_c - p_{\text{вак}})}{\rho}}. \quad (10)$$

Откуда площадь канала соска вымени животного, через которое происходит выдаивание молока из соска, определим по формуле:

$$S_k = \frac{\pi \cdot d_k^2}{4}. \quad (11)$$

Подставив значение формулы (11) в формулу (10), получим конечную формулу по определению интенсивности молокоотдачи животного в процессе доения:

$$Q = \frac{\rho \cdot \pi \cdot d_k^2}{4 \sqrt{\alpha + \xi_1}} \cdot \sqrt{\frac{2(p_c - p_{\text{вак}})}{\rho}}. \quad (12)$$

Определим скорость потока молока на выходе из молочной трубки в коллектор (сечение 3–3, рис. 2) с учетом местных сопротивлений:

$$v_3 = v_1 \cdot \xi_2 \cdot \xi_3, \quad (13)$$

где ξ_2 – коэффициент местных сопротивлений, учитывающий сужение диаметра при переходе от сосковой резины к молочной трубке;

ξ_3 – коэффициент местных сопротивлений, учитывающий расширение диаметра при переходе от молочной трубки к коллектору.

Так как переход сосковой резины в молочную трубку имеет форму конического сужения, то коэффициент местных сопротивлений определим как для короткого конфузора [6]:

$$\xi_2 = k_{\alpha 1} \cdot \left(\frac{1}{\left(\frac{d_{\text{вх}}}{d_{\text{с.р.}}} \right)^2} - 1 \right), \quad (14)$$

где $k_{\alpha 1}$ – коэффициент смягчения при постепенном сужении диаметра, определяемый аналитически;

$d_{\text{с.р.}}$ – диаметр сосковой резины, м;

$d_{\text{вх}}$ – диаметр входа в молочную трубку, м.

При выходе молочной трубки в коллектор происходит коническое расширение диаметра (сечение 3-3, рис. 2), в таком случае коэффициент местных сопротивлений определим как для короткого диффузора [6]:

$$\xi_3 = k_{a2} \cdot \left(\frac{d_{\text{кол}2}}{d_{\text{кол}1}} - 1 \right)^2, \quad (15)$$

где k_{a2} – коэффициент смягчения при постепенном расширении диаметра, определяемый аналитически;

$d_{\text{кол}2}$ – диаметр выходного патрубка коллектора, м;

$d_{\text{кол}1}$ – диаметр входного патрубка коллектора, м.

Подставив значения формул (9), (14) и (15) в выражение (13), получим:

$$v_3 = \sqrt{\left(\frac{2(p_c - p_{\text{вак}})}{\rho \cdot (\alpha + \xi_1)} \right)} \cdot k_{a1} \cdot \left(\frac{1}{(d_{\text{вх}} / d_{\text{с.р.}})^2} - 1 \right) \cdot k_{a2} \cdot \left(\frac{d_{\text{кол}2}}{d_{\text{кол}1}} - 1 \right)^2 \quad (16)$$

Определив скорость молока на выходе из молочной трубки, а также величину молокоотдачи животного, подставим определенные значения в формулу (5) и получим итоговую формулу по определению внутреннего диаметра молочной трубки с учетом величины молокоотдачи животного:

$$d_{\text{м.т.}} = \sqrt{\frac{\left(\frac{2 \cdot d_k^2 (p_c - p_{\text{вак}})}{(\alpha + \xi_1)} \right) \cdot k_{a1} \cdot k_{a2}}{\rho \cdot l_{\text{м.т.}} \cdot g}} \cdot \left(\frac{1}{(d_{\text{вх}} / d_{\text{с.р.}})^2} - 1 \right) \cdot \left(\frac{d_{\text{кол}2}}{d_{\text{кол}1}} - 1 \right) \quad (17)$$

Решая совместно равенства (1), (2), (3), (16), (17), получим итоговую формулу по определению затрат энергии на эвакуацию молока из молочной трубки:

$$N = \left(\frac{\pi \cdot d_k^2 (p_c - p_{\text{вак}})^2}{\rho \cdot t \cdot g \cdot (\alpha + \xi_1)^2} \right) \cdot k_{a1}^3 \cdot \left(\frac{1}{(d_{\text{вх}} / d_{\text{с.р.}})^2} - 1 \right)^6 \cdot k_{a2}^3 \cdot \left(\frac{d_{\text{кол}2}}{d_{\text{кол}1}} - 1 \right)^6 \quad (18)$$

Заключение

1. Установлено, что затраты энергии на эвакуацию молока из молочной трубки зависят от разности внутривыменного давления и давления в подсосковой камере доильного стакана, конструктивных параметров молочной трубки, а также от времени, за которое

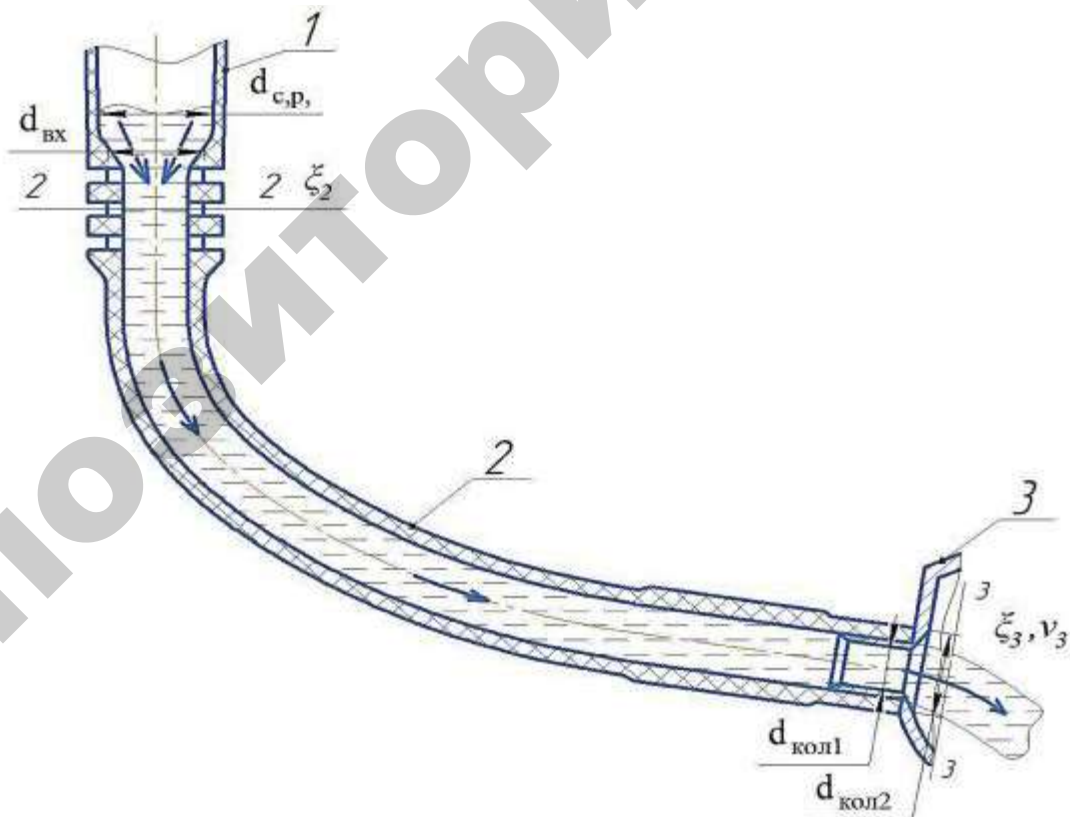


Рис. 2. Расчетная схема к определению диаметра молочной трубки доильного стакана:
1 – сосковая резина; 2 – молочная трубка; 3 – коллектор доильного аппарата

выдоенное молоко эвакуируется в коллектор.

2. Диаметр молочной трубки (формула 17) зависит от разности внутривыменного давления и давления в подсосковой камере доильного стакана, а также конструктивных параметров сосковой резины, молочной трубки и коллектора.

3. Результаты теоретических исследований позволяют сделать вывод о том, что предотвратить обратный ток молока в сосок вымени животного, а, соответственно, снизить затраты энергии на процесс доения и повысить лактационное долголетие животного возможно путем увеличения скорости эвакуации молока из доильного стакана.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Китиков, В.О. Стратегическое направление развития машинного доения коров / В.О. Китиков, А.Н. Леонов // Вести Национальной Академии наук Беларуси. Серия аграрных наук. – 2013. – №4. – С. 91–104.

2. Китиков, В.О. Научные основы создания технологического оборудования и физиологически-адаптирующего процесса машинного доения коров: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01 / В.О. Китиков. – Минск, 2015. – 412 с.

3. Исследование процесса гидродинамического движения газожидкостной смеси в замкнутом контуре «молочная железа – доильная машина – счетчик молока – молокопровод» системы «Ч–М–Ж–С» / В.А. Шахов [и др.] // Известия Оренбургского Государственного аграрного университета. – 2015. – №5. – С. 86–88.

4. Александров, Ю.Б. Расчет гидравлических систем: учеб. пособие / Ю.Б. Александров, В.А. Кузьмин, В.И. Панченко. – Казань: Казан. гос. технич. ун-т. – 2010. – 59 с.

5. Зезин, В.Г. Механика жидкости и газа: учеб. пособие / В.Г. Зезин. – Челябинск: ЮУрГУ. – 2016. – 250 с.

6. Калекин, А.А. Гидравлика и гидравлические машины: учеб. пос. / А.А. Калекин. – М.: Мир. – 2005. – 512 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 13.03.2019

УДК 629.114.2

ПОКАЗАТЕЛИ ТРАКТОРА «БЕЛАРУС» СО СДВОЕННЫМИ КОЛЕСАМИ ПРИ ПОВОРОТЕ

А.И. Бобровник,

зав. каф. «Гидропневмоавтоматика и гидропневмопривод» БНТУ, докт. техн. наук, профессор

Т.А. Варфоломеева,

ст. преподаватель каф. тракторов и автомобилей БГАТУ

В статье рассмотрены показатели колесного трактора со сдвоенными колесами при установке механизма управления сдвиганием колес при повороте, определены потери мощности на тангенциальную деформацию шин сдвоенных колес, параметры ходовой системы колесного трактора, предложены технические решения по снижению циркуляции мощности в сдвоенных колесах при повороте.

Ключевые слова: трактор «БЕЛАРУС», мощность, давление в шинах, почва, динамический радиус колеса, скорость движения, муфта, сдвоенные колеса.

The efficiency of a double wheeled tractor using disconnection mechanism while turning is outlined, power loss at the tangential deformation of double wheeled tires and the parameters of the driving system of the wheeled tractor are defined, technical solutions to reduce the power circulation of double wheels when turning are given in the article.

Keywords: tractor "BELARUS", tire pressure, peat soils, dynamic wheel radius, speed, support, double wheels.

Введение

В соответствии с Государственной программой развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016 – 2020 годы предусматривается совершенствование структуры посевных площадей в соответствии с зональными системами земледелия и повышение к концу 2020 года урожайности зерновых культур на 9 % к уровню 2015 года, производство зерна планируется в объеме не менее 10 млн тонн [1].

Для этого необходимо обеспечить хозяйства энергонасыщенными тракторами мощностью двигателя 250 и более л. с. (72,5 %), кормоуборочными комбайнами с мощностью двигателя 350 и более л. с. (53 %), широкозахватными почвообрабатывающими агрегатами.

Выполнение этих задач возможно за счет высокоэффективного использования современных сельскохозяйственных машинно-тракторных агрегатов