

Исследование процессов в камере рабочего органа массажника при массаже вымени

Ю.А. Ушаков, д.т.н., профессор, Е.М. Асманкин, д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ; Т.И. Исинтаев, к.т.н., Н.С. Хасенов, ст. преподаватель, Костанайский ГУ; З.В. Макаровская, д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО Московский ППУ

Анализ социально-экономического потенциала товаропроизводителей животноводческой продукции показывает, что в целом их возможности как в России, так и в Республике Казахстан реализуются не в полной мере. Основная продукция молочного скотоводства — молоко. По оценке конкурентоспособности на текущее состояние продукция рентабельна, но слабо конкурентоспособна на внутренних и внешних рынках. Так, в РК в 2013–2015 гг. через перерабатывающие предприятия проходило не более 61% молока и 71% мяса от общего объёма их производства.

Из-за снижения производственных мощностей перерабатывающих предприятий и закупочных цен на молоко товаропроизводители вынуждены реализовывать сырьё на внутреннем рынке без первичной переработки: молока — 92% и мяса — 85%, что отрицательно сказывается на качестве выпускаемой продукции.

В особенности неудовлетворительные показатели свойственны личным подсобным хозяйствам населения, где преобладают экстенсивные формы организации труда, т.е. полунатуральный и малопродуктивный труд. В Казахстане 80% крупного рогатого скота находится в личных подсобных хозяйствах населения, поголовье коров в которых редко превышает 4–6 гол., товарность молока очень низкая [1–4]. В России основной объём снижения производства молока приходится также на хозяйства населения, наиболее уязвимо в социально-экономическом плане секторе производства данной продукции. В 2015 г. в хозяйствах населения РФ производство молока уменьшилось на 139 тыс. т, или на 2,3%, по сравнению с 2014 г. [5].

На текущий момент задача состоит в том, чтобы использовать имеющийся потенциал молочной отрасли в максимальной мере. Присоединение России и Казахстана к ВТО повысило требования к производственным процессам кормления, поения, уборки навоза, доения коров и переработки молока, что обуславливается, с одной стороны, необходимостью развития самой отрасли, с другой — улучшением качества производимой продукции, внедрением стандартов ИСО. Выпуск качественной продукции при рыночной экономике должен быть ориентирован на эффективное производство.

Резервом увеличения производства качественной животноводческой продукции является внедрение средств малой механизации в фермерских

(крестьянских) хозяйствах с поголовьем до 100 коров и в личных подворьях населения с поголовьем до 10 коров, которые в условиях реформирования фактически оказались не готовыми к новым организационно-технологическим условиям ведения молочного животноводства. Слабое техническое оснащение по этим категориям хозяйств привело к высоким затратам труда, которые составляют в РК более 12 чел/час на 1 л молока, тогда как в мировой практике этот показатель равен 0,8–1,5 чел/час [4]. В России затраты труда на производство молока превышают уровень развитых стран в 3–5 раз [6].

В связи с этим необходимо отметить, что разработка технических средств для формирования материально-технической базы фермерских (крестьянских) хозяйств и других формирований является актуальной проблемой в обеих странах. В силу исторически сложившихся условий по категориям товаропроизводителей, занимающихся производством молока, ещё не определена номенклатура машин и оборудования для механизации технологических процессов. Использование средств механизации молочного хозяйства на базе системы машин 1986–1995 гг. неэффективно для малых категорий товаропроизводителей, а нерациональное использование высокопроизводительного оборудования, снижающего затраты труда, приводит к удорожанию общего производства.

Одним из основных резервов повышения продуктивности молочного скотоводства является подготовка вымени нетелей. Для поддержания продуктивности коров на высоком уровне необходима качественная подготовка вымени коров перед доением. Обе эти операции можно обеспечить таким приёмом, как массаж вымени [7]. Механизация этого процесса позволит уменьшить затраты физического труда, повысить качество стимулирования молокоотдачи и повлечёт за собой полноценное развитие вымени для размещения больших объёмов молока.

Материал и методы исследования. Объектом исследования является процесс массажа вымени нетелей. Предметом исследования послужили зависимости производительности массажа от конструктивно-режимных параметров вакууммеханического массажёра.

Цель исследования — повышение продуктивности нетелей путём обоснования конструктивных и режимных параметров вакууммеханического массажёра вымени нетелей.

Достижению поставленной цели способствовало решение следующей задачи: определение основных теоретических зависимостей между конструктивными и режимными параметрами вакууммеханического массажёра.

Методическую основу исследования составили теория массажа и методы инженерных расчётов.

Результаты исследования. Работа любого типа массажника определяется характером воздействия его рабочего органа (РО) на вымя животного.

Пневмомассажный аппарат состоит из гофрированного усечённого колокола, имеющего рабочую камеру с переменным объёмом ΔV_k , ограниченную стенками и выменем, шланга длиной L_u и диаметром d_u для подачи переменного давления [8]. Рабочий орган массажника представляет собой резонатор с той особенностью, что его поверхность и поверхность вымени обладают упругостью, и возможна утечка давления вследствие неполной герметизации при стыковке колокола с телом животного. Это крайне нежелательное явление, приводящее к тому, что невозможно обеспечить заданные параметры процесса пневмомассажа.

Рассмотрим процесс передачи давления в камеру рабочего органа с учётом утечки при условии, что параметры соединительных шлангов и переходов обеспечивают полную передачу давления в абсолютно герметизированную камеру рабочего органа.

Если утечка происходит через отверстие площадью S_0 и диаметром d_0 , то камера рабочего органа с таким отверстием является акустическим резонатором с собственной частотой [9]:

$$f_{p1} = \frac{c^2}{2\pi} \sqrt{\frac{d_0}{V_{эфф}}} \quad (1)$$

Поэтому следовало бы написать для рабочего органа уравнение вида:

$$m\ddot{x} = S_u \Delta P - S_u \delta \frac{P}{2} |\dot{x}| \dot{x}, \quad (2)$$

где x – отклонение центра столба воздуха от положения равновесия, м;

ΔP – перепад давления от внешнего давления (P_1) до давления в камере рабочего органа (P), Па.

Однако при $d_0 \geq 10^{-3}$ м и $V_{эфф} \approx 10^{-3}$ м³, имеем $f_{p1} \geq 50$ Гц, а при очень малых отверстиях ($d_0 \leq 10^{-3}$ м) сопротивление отверстия настолько велико, что утечкой можно пренебречь. Поэтому при работе в диапазоне 0,5–5 Гц, представляющем практический интерес [9], инерционным членом уравнения вида (2) можно пренебречь, и уравнение для такого резонатора запишется в виде:

$$\frac{\gamma P_0 S_0}{V_{эфф}} x = P_{1,0} \sin \omega t - P, \quad (3)$$

где в левой части – изменение давления в камере рабочего органа вследствие наличия утечки с отверстием площадью S_0 , а в правой – разность между давлением, полностью передаваемым из источника в камеру рабочего органа при отсутствии утечки, и давлением в камере рабочего органа, которое является разностью между фактическим давлением в рабочем органе и атмосферным.

Поэтому для P можно записать:

$$P = \delta_0 \frac{P}{2} |\dot{x}| \dot{x}, \quad (4)$$

где \dot{x} – скорость истечения воздуха через отверстие утечки (или колебательная скорость), $\dot{x} = u$.

После дифференцирования по t из выражений (3) и (4) получаем систему уравнений:

$$\begin{cases} \delta_0 \frac{\rho}{2} \frac{dU|U|}{dt} + \gamma \frac{P_0 S_0}{V_{эфф}} U = \omega P_{0,1} \cos \omega t \\ \delta_0 \frac{\rho}{2} |U| U = P. \end{cases} \quad (5)$$

Аналитическую зависимость от обобщенного параметра θ , равного

$$\theta = \frac{S_0}{V_{эфф} \omega}, \quad (6)$$

можно получить приближённо для усреднённых значений U и P в системе уравнений (5), сведя его к алгебраическому виду:

$$\begin{cases} \frac{\pi}{2} \delta_0 \rho \overline{U_0^2} + 2\gamma P_0 \theta \overline{U_0} - 2\overline{P_1} = 0 \\ P = \frac{\pi}{4} \delta_0 \rho \overline{U_0^2}. \end{cases} \quad (7)$$

Решение системы уравнений (7) для U имеет вид:

$$\overline{U} = \frac{-2\gamma P_a \theta + \sqrt{(2\gamma P_a \theta)^2 + 4\delta_0 \rho P_{1,0} \pi}}{\pi \delta_0 \rho}, \quad (8)$$

Для двух предельных случаев имеем:

а) утечка мала, т.е.

$$\theta \ll \frac{\delta_0 \rho P_{1,0}}{2\gamma^2 P_a^2}. \quad (9)$$

Решение системы (7) в первом приближении имеет вид:

$$\begin{cases} \overline{U_0} = \sqrt{\frac{4P_{1,0}}{\pi \delta_0 \rho}} - \frac{4P_a}{\delta_0 \rho} \theta + \dots \end{cases} \quad (10)$$

$$\overline{P_0} = \overline{P_{1,0}} - P_a \sqrt{\frac{4P_{1,0}}{\pi \delta_0 \rho}} \theta + \dots,$$

б) утечка велика, т.е.

$$\theta \gg \frac{\delta_0 \rho P_{1,0}}{2\gamma^2 P_a^2}. \quad (11)$$

Решение системы (7) в первом приближении имеет вид:

$$\begin{cases} \overline{U_0} = \frac{\overline{P_{1,0}}}{4\gamma P_a \theta} + \dots \\ \overline{P_0} = \frac{\delta_0 \rho}{2(\gamma P_a)^2} \frac{\overline{P_{1,0}}}{\theta^2} + \dots \end{cases} \quad (12)$$

Таким образом, при малых значениях обобщённого параметра θ давление в камере рабочего

органа зависит от $P_{1,0}$ почти линейно и линейно убывает с ростом θ . При этом:

$$\frac{\overline{P_{1,0}} - \overline{P_0}}{\overline{P_{1,0}}} \ll 1, \quad (13)$$

т.е. давление в камере рабочего органа мало отличается от давления в ней при отсутствии утечки.

Выводы. Результаты решения указывают на то, что на утечку давления из камеры рабочего органа одинаково влияют уменьшение частоты, эффективного объёма камеры рабочего органа и увеличение площади отверстия утечки. Последнее требует уточнения, поскольку с изменением формы и размеров отверстия утечки одновременно изменяется и коэффициент трения δ_0 . Для уточнения зависимости δ_0 от S_0 отверстия утечки можно воспользоваться некоторыми данными, полученными для стационарных потоков [10], которые необходимо дополнить хозяйственными исследованиями.

Установленная зависимость от частоты f указывает на то, что если в камеру рабочего органа подвести переменное давление, в спектре которого

присутствуют высшие гармоники, что практически везде имеет место, то в результате утечки они окажутся в ещё большей степени представленными в спектре, вследствие большего понижения основной частоты.

Литература

1. Сельское хозяйство Республики Казахстан: статист. сб. / Государственный комитет Республики Казахстан по статистике и анализу. Алматы: Казинформцентр, 2002. 195 с.
2. Домохозяйства Республики Казахстан. Ч. 1. Статистический справочник / Под ред. А.А. Смаилова. Алматы, 2000. 299 с.
3. Сельское, лесное и рыбное хозяйство / Агентство Республики Казахстан по статистике. Серия 3. Алматы, 2002. С. 3–9.
4. Альсеитов Г.С., Исинтаев Т.И. Технологии и технические средства в молочном животноводстве региона Северного Казахстана. Аналитический обзор. Костанай, 2000. 37 с.
5. Министерство сельского хозяйства России. Официальный интернет-портал. [Электронный ресурс]. URL://http://www.mcs.ru/documents/document/v7_show/35606.133.htm.
6. Боташева Л.Х. Повышение эффективности производства молока на основе совершенствования племенной работы в скотоводстве. М., 2006. 199 с.
7. Карташов Л.П., Соловьёв С.А. Повышение надёжности системы «человек – машина – среда». Екатеринбург, 2000.
8. Атыханов А.К., Исинтаев Т.И., Хасенов Н.С. Заключение о выдаче инновационного патента на изобретение. Заявка № 2010/0235.1 от 25.02.2010 г.
9. Стретт Дж. Теория звука. 2-е изд. М., 1955.
10. Идельчик И.Е. Гидродинамические сопротивления. М., 1994.