

## ЭЛЕМЕНТЫ ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВЫМЕНИ КОРОВ

*Ерошов А.И., Колончук М.В., Колончук В.М.,  
Люднышев В.А., Романович А.А. (БГАТУ)*

*Освещаются вопросы теории функционирования элементов вымени. Обосновывается необходимость ультразвукового сканирования вымени в процессе доения и управления доением путем воздействия на воздушную подушку молочной цистерны.*

### **Введение**

Реализация генетического потенциала молочной продуктивности коров в значительной степени зависит от техники и технологии доения. По принципу доения и параметрам ручной способ является более адекватным, но в то же время физически тяжелым, поэтому в последние годы в технологию молочного скотоводства стало интенсивно внедряться машинное доение. Во всех современных серийных вакуумных доильных машинах практически отсутствуют основные параметры – оптимальная сила давления при сжатии сосков, а также оптимальная частота сжатия сосков. Отсутствие этих параметров не позволяет обеспечить полноценное включение механизмов рефлекса молокоотдачи и особенно механизмов, стимулирующих процесс молокообразования. Важным недостатком вакуумных доильных машин являются резкие рывки под влиянием высокого вакуума в момент перехода от такта отдыха к такту сосания. Такие вакуумные рывки вызывают неприятное, подчас болезненное ощущение, на которые коровы реагируют либо торможением рефлекса молокоотдачи, либо сбрасывают доильные стаканы ногами. Важным дефектом вакуумных доильных машин является то, что они вызывают значительное количество заболеваний вымени маститом, главным образом по причине «холостого» доения.

Проводимая в настоящее время селекционная работа носит одностороннюю направленность – только в повышении молочной продуктивности, доводя ее до рекордных показателей. Функциональное состояние самого организма при таком уровне молочной продуктивности не учитывается. К сожалению, в литературе нет сведений о функциональном состоянии организмов коров-рекордисток ни в лактационном периоде, ни на протяжении всех лет лактации. Несмотря на сложность изучения закономерности секреции лактации молока в промежутке между доениями, в методическом плане выяснение этого вопроса важно для научного обоснования управления функцией лактации.

В результате сложилась ситуация, что молочную корову подбирают для доильной установки, а не наоборот. По этой причине в настоящее время считают, что важнейшими функциональными показателями для определения пригодности коров к машинному доению являются продолжительность доения и скорость молокоотдачи. Последняя в среднем должна быть равной 0,05 л/с. Коровы со средней скоростью до 0,015 л/с и длительностью доения более 6 мин для машинного доения не пригодны. Не пригодными к машинному доению относят также 3-5% тугодойных коров, которых выбраковывают. Сфинктеры сосков должны быть нетугодойными. Для машинного доения подходят лишь коровы, дающие из передних четвертей 45-55 % разового удоя молока. Если разница в продуктивности между передними и задними долями вымени составляет 10,-15,0 % и более, то такие коровы не пригодны для машинного доения.

Одной из причин сложившегося положения является то, что исследование взаимодействия доильных стаканов и четвертей вымени коров производилось внешним наблюдением с констатацией выходных параметров доения, последующей разработкой гипотез и их трактовкой. Литературные данные показывают, что вопрос о закономерности секреции молока в промежутке между доениями остается пока недостаточно выясненным, а полученные результаты носят противоречивый характер. Это можно объяснить разными методологическими решениями этого вопроса, а также трудностью его изучения морфологических и функцио-

нальных особенностей молочной железы. Так получилось, что физиология и анатомия не подпадают в разряд точных наук. Предмет, который они изучают, – живой организм – так сложен, и многообразен, что точно описать все его характеристики и закономерности до сих пор не представляется возможным. На протяжении веков физиология вымени коровы была лишь описательной наукой и практически не объясняла причин большинства явлений, происходящих в живом организме. Одним из условий решения этой проблемы является разработка физической модели вымени. В какой степени полезны модели? Они помогают в работе. Большинство специалистов пользуются моделями, чтобы выработать хорошую физическую интуицию, а также находить закономерности явлений.

Цель работы – описать математически природу функционирования вымени коровы в процессе доения.

### Основная часть

В результате постоянно протекающего процесса молокообразования молоко накапливается в вымени животного. Причем перед дойкой основная масса молока (до 80–90%) находится в альвеолах – мельчайших пузырьках, внутренняя поверхность которых выстлана слоем секреторных клеток. Молоко, накапливаемое в вымени, на протяжении какого-то промежутка между доениями распределяется в емкостной системе вымени на две фракции: в цистернальной емкости и в альвеолярном отделе вымени. После даже тщательного выдаивания в альвеолах и протоковой системе задерживается остаточное молоко.

При доении или сосании наносимые механические и термические воздействия на рецепторы сосков трансформируются в нервные импульсы, поступающие по афферентным нервам в спинной мозг, из которого обратно по эфферентным нервам импульсы поступают в молочную железу и вызывают рефлекторное расслабление гладких мышечных волокон протоковой системы и сфинктеров сосков. При этом молоко из протоков сбрасывается в молочные цистерны, тем самым освобождаются полости протоков для выхода молока из альвеол. Продолжительность первой нейро-рефлекторной фазы рефлекса молокоотдачи составляет 5–15 с. Сущность второй фазы рефлекса молокоотдачи (нейро-гормональная) состоит в том, что поступающие нервные импульсы в спинной мозг одновременно передаются в продолговатый, а затем они переходят на другие нейроны, по которым поступают в гипоталамус в паравентрикулярные и супраоптические ядра, образующие гормоны окситоцин и вазопрессин, накапливаемые в задней доле гипофиза. Поступающие сюда нервные импульсы по нервным волокнам секреторных нервных клеток вызывают выведение гормона окситоцина в кровь, которая доставляет его к молочной железе и здесь он вызывает сокращение миоэпителиальных клеток. При этом происходит изгнание молока из альвеол в протоковую систему, из которой оно выводится процессом доения или сосания. Если прекратить доение, то внутреннее давление в вымени повышается. В результате этого образование молока постепенно замедляется, пока не прекратится совсем.

Работу альвеолы можно представить в виде поршня (рис. 1). За промежуток времени  $\tau$  поршень переместится на расстояние  $u\tau$ . При этом сила  $F$  совершит работу  $A = F u \tau$ . Масса молока, вытекающей из альвеолы за время  $\tau$ , равна  $\rho S u \tau$ . Скорость истечения молока  $\vartheta$  определится из соотношения  $S u = s \vartheta$ . Изменение кинетической энергии молока за время  $\tau$  равно

$$\rho S u \tau (\vartheta^2 / 2 - u^2 / 2).$$

Это изменение энергии должно равняться работе силы  $F$

$$F u \tau = \rho S u \tau (\vartheta^2 / 2 - u^2 / 2)$$

Исключая отсюда  $u$ , находим  $\vartheta^2 = \frac{2F}{S\rho} \frac{1}{1 - s^2/S^2}$ . Если  $s \ll S$ , то  $\vartheta = \sqrt{2F/S\rho}$ .

Таким образом, скорость выделения молока из альвеол пропорциональна усилию, развиваемому миоэпителиальными клетками.

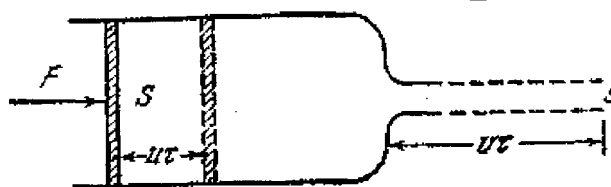


Рисунок 1 - Модель альвеолы

Поэтому физическая модель четверти вымени представлена одним вертикальным (молочной цистерной) радиуса  $R$  и большим числом горизонтальных цилиндров (альвеолами). В нижней части горизонтальные цилиндры соединены трубками небольшого сечения (протоками) с молочной цистерной. Горизонтальные цилиндры с одной стороны открыты и в них вставлены поршни (рис. 2).

Давление на дно молочной цистерны равно  $p = p_0 + \rho_m g h$ , где  $p_0$  – атмосферное давление,  $\rho_m$  – плотность молока,  $g$  – ускорение свободного падения. По закону Паскаля то же давление действует на нижний край поршня (альвеолы), находящегося в «горизонтальном» цилиндре. Суммарная сила давления молока на поршни радиусом  $r$  равна

$$n[p_0 + \rho_m g(h_0 - r)]\pi r^2 = p_0 \pi R^2$$

Чтобы поршень находился в равновесии, необходимо равенство этой силы силе атмосферного давления, действующей на поршень слева и равной  $p_0 \pi R^2$ . Отсюда

$$h_0 = \frac{p_0}{\rho g} \left[ \left( \frac{R}{r} \right)^2 \frac{1}{n} - 1 \right] + r$$

Скорость течения молока в соске постоянна по всему сечению в силу малой сжимаемости молока и неразрывности струи. Эта скорость равна  $v = \sqrt{2gH}$ . Скорость молока в цистернальной емкости мала и практически равна нулю, так как площадь цистернальной емкости во много раз больше площади сечения соска. Следовательно, на границе цистернальной емкости – сосок должен быть скачок давления  $p_1 - p_2$ . Работа сил давления вызывает изменение скорости от нуля до  $\sqrt{2gH}$ . На основании закона сохранения энергии

$$\Delta m v^2 / 2 = (p_1 - p_2) S \Delta h$$

где  $S$  – площадь сечения соска,  $\Delta h$  – высота малого элемента жидкости и  $\Delta m = \rho S \Delta h$  – масса этого элемента.

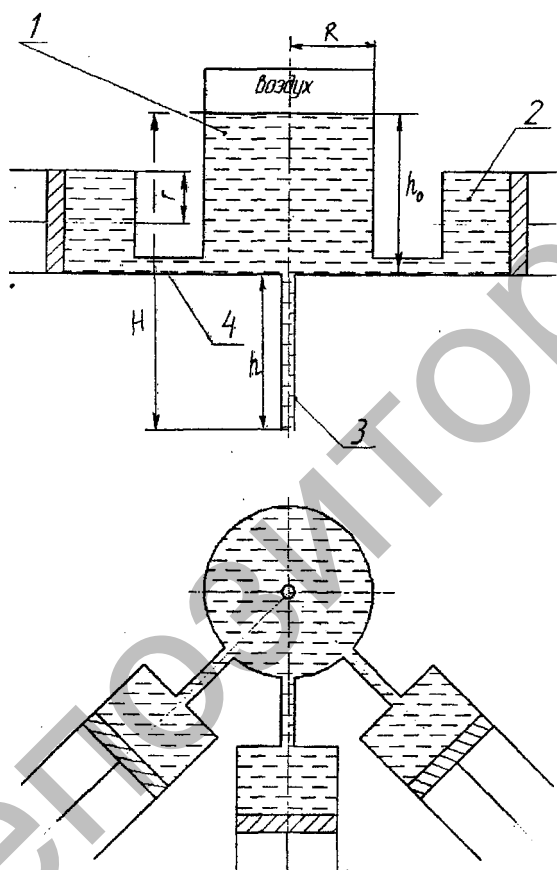


Рисунок 2 - Физическая модель вымени:  
1 – цистерна молочная; 2 – альвеола;  
3 – сосок; 4 – протока

Следовательно,  $\rho v^2 / 2 = p_1 - p_2 = \rho g H$ .

Из-за постоянства скорости течения давление в соске меняется по закону  $p = p_0 - \rho_m g(h - x)$ ,  $p_0$  – атмосферное давление, а  $x$  – расстояние, отсчитываемое от верхнего конца соска. Изменение давления по высоте изображено на рисунке 3.

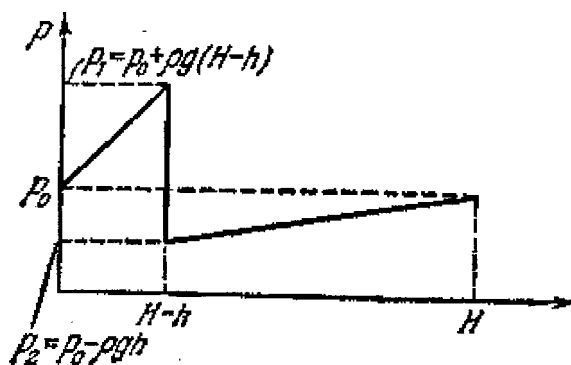


Рисунок 3 - Изменение давления молока по высоте молочной цистерны и соска вымени

### Заключение

Давление внутривыменное возрастает в связи со сжатием воздуха, находящегося в верхней части молочной цистерны, при ее заполнении молоком в период между дойками. Вывод воздуха из цистерны в период между дойками может интенсифицировать процесс молокообразования.

Для совершенствования доильных аппаратов необходимо знать численные значения показателей элементов вымени – параметров молочной цистерны, количества и размеры молочных протоков, пропускная способность венного кольца в различные моменты доения, стабильность вакуума в внутрисосковом пространстве и другие.

Необходимо ультразвуковое сканирование реальных процессов динамики взаимодействия доильных стаканов и сосков и вымени.

Разрежение в воздухопроводе во время всей дойки должно быть постоянным, так как его колебания могут привести к нарушению стереотипа и как следствие к торможению молокоотдачи. Это в свою очередь выразится в увеличении затрат времени на доение и в снижении продуктивности.

Управление процессами молокоотдачи коровы и ее доения возможно путем воздействия на воздушную подушку в верхней части молочной цистерны.

УДК 636.2.0384.085.2

## ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПИТАТЕЛЬНОСТИ ОСНОВНЫХ КОРМОВ И ПОТРЕБНОСТЬ В ИХ ОБМЕННОЙ ЭНЕРГИИ У ЛАКТИРУЮЩИХ ЖИВОТНЫХ

Ерошов А.И. (БГАТУ), Лапицкая Г.Н. (СПК «Узденский»)

*Оценка энергетической питательности кормов для лактирующих животных проведена на основе чистой энергии лактации (ЧЭЛ). В этой системе в качестве критерия оценки питательности кормов используется энергия образовавшегося из них молока.*

### Введение

Проблема составления рационов для высокопродуктивных животных, подходы к нормированию их кормления должны рассматриваться с точки зрения современности представлений об особенностях пищеварения у жвачных животных с целью эффективного использования энергии питательных веществ кормов.

Наиболее совершенной и физиологически обоснованной является система оценки кормов и нормирования кормления по обменной энергии. При переходе к оценке питательности кормов на основе обменной энергии важно определить каково ее абсолютное содержание в корме, а также рассчитать возможную структуру в каждом веществе и рационе в целом.

Высокопродуктивные животные, особенно лактирующие коровы, очень требовательны к высокому уровню кормления. Оценка энергетической питательности кормов и потреб-