содержания животных контролировать и анализировать производственный процесс с целью максимальной отдачи при минимальных затратах. Анализ получаемых данных состояния молочного стада позволяет автоматически определять экономическую целесообразность каждой коровы исходя из результата решения компромиссной задачи «затраты-прибыль».

Список использованной литературы

1. Казакевич П. П., Тимошенко В. Н., Музыка А. А. Технологическая концепция «умной» молочной фермы. – Жодино, 2021. – 245 с.

2. Кирсанов В.В. Направления развития искусственного интеллекта в биомашинных системах для животноводства // Агроинженерия. – 2025. – № 27(3). – С. 15–22. – DOI: 10.26897/2687-1149-2025-3-15-22.

3. Трофимец Г.О., Азиева З.И. Цифровизация в сфере АПК: вызовы и перспективы // Прикладные экономические исследования. – 2025. – № 3. – С. 200-205. – DOI: 10.47576/2949-1908.2025.3.3.026.

4. Яблокова А.А., Калитина В.В., Титовская Н.В., Амбросенко Н.Д., Пушкарева Т.П. Цифровые решения для автоматизации процессов управления животноводческими хозяйствами // Информатика. Экономика. Управление. – 2024. – № 2. – С. 301–316. – DOI: 10.47813/2782-5280-2024-3-2-0301-0316.

УДК 637.115:637.116.2

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫХОДА МОЛОКА ИЗ СФИНКТЕРА СОСКА ПРИ МАШИННОМ ДОЕНИИ КОРОВ

Д.А. Григорьев, канд. техн. наук, доцент,
К.В. Король, старший преподаватель
Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация: Рассмотрено изменение расхода молока через сосковый канал в зависимости от уровня вакуума, параметров пульсации и объёма молока в цистерне соска. Получены зависимости, позволяющие выбирать рациональный режим доения, который обеспечивает интенсивное извлечение молока без избыточного вакуумного воздействия.

Abstract: The variation in milk flow through the teat canal was examined as a function of vacuum level, pulsation parameters, and the volume of milk in the teat cistern. The obtained dependencies allow choosing a rational milking regime that ensures intensive milk extraction without excessive vacuum exposure.

Ключевые слова: машинное доение, скорость молокоотдачи, уровень вакуума, параметры пульсации, сосковый канал.

Keywords: machine milking, milk flow rate, vacuum level, pulsation parameters, teat canal.

Введение

Машинное доение должно обеспечивать интенсивное извлечение молока при минимальном отрицательном воздействии вакуума на соски и вымя коровы. Обоснование параметров работы доильного аппарата требует комплексного учёта физиологии молокоотдачи, гидравлических закономерностей движения молока, а также действия вакуума в течение пульсационного цикла [1].

Основная часть

Цель работы – теоретически обосновать изменение расхода молока из сфинктера соска под действием вакуумметрического и внутривыменного давлений. В качестве основных регулируемых факторов рассматриваются длительность такта сосания, параметры фаз пульсации и количество молока, находящееся в цистерне соска.

Процесс истечения молока рассмотрен как нестационарное течение жидкости через сосковый канал переменного сечения.

Расход молока зависит от площади живого сечения канала, перепада давлений, гидростатического напора и гидравлического сопротивления движению жидкости:

$$Q = \mu S\sqrt{2gH} \qquad (1)$$

где: Q – расход молока, м^3/с; μ – коэффициент расхода; S – текущее живое сечение соскового канала, м^2; g – ускорение свободного падения, м/с^2; H – напор, создаваемый разностью давлений и высотой молочного столба, м.

Напор и площадь живого сечения S изменяются в течение такта сосания: в начале они возрастают, затем достигают максимального значения и уменьшается при завершении молокоотдачи [2].

Для характеристики процесса использовались максимальный Q_{max}, средний $Q_{ср}$ и минимальный Q_{min} расходы молока. Такой подход позволяет проследить изменение интенсивности молокоотдачи от раскрытия соскового канала до его закрытия.

Продолжительность такта сосания изменяется до 0,8 с. При сопоставлении режимов пульсации учитываются нормативные интервалы продолжительности фазы А – 110…160 мс и фазы В – 425…525 мс. В расчётном варианте длительности фаз составляют соответственно 140 мс для фазы А и 480 мс для фазы В.

Для оценки влияния запаса молока в цистерне соска рассматривались четыре расчётных объёма: 520, 620, 720 и 820·10^{-6} м^3. Увеличение

объёма молока в цистерне изменяет продолжительность участка интенсивного истечения и характер снижения расхода к завершению такта сосания. В начале воздействия вакуума происходит раскрытие сфинктера соска, вследствие чего площадь живого сечения увеличивается и расход возрастает. После достижения максимальной степени раскрытия формируется зона максимальной молокоотдачи.

При дальнейшем протекании такта сосания расход молока снижается вследствие уменьшения объёма молока в цистерне соска, изменения напора и снижения эффективности вакуумного воздействия. Следовательно, увеличение длительности такта сосания должно ограничиваться физиологическими возможностями соска и реальной интенсивностью молокоотдачи [3].

Расчётные данные описывают изменение Q_{max}, среднего расхода и Q_{min} в зависимости от времени. Максимальные значения расхода достигаются при наличии достаточного объёма молока в цистерне соска. При уменьшении его объёма до $520 \cdot 10^{-6}$ м^3 стадия снижения молочного потока проявляется быстрее, тогда как при $820 \cdot 10^{-6}$ м^3 участок интенсивного истечения сохраняется дольше.

Полученные зависимости доказывают, что для повышения физиологичности машинного доения важно регулировать не только величину вакуума, но и продолжительность его действия. Наиболее рациональным является режим, при котором вакуум обеспечивает раскрытие соскового канала и устойчивое истечение молока, но не сохраняется избыточно долго после заметного снижения интенсивности молочного потока.

Заключение

Разработанная математическая модель позволяет описать изменение расхода молока из сфинктера соска в течение такта сосания с выделением его максимального Q_{max}, среднего $Q_{ср}$ и минимального Q_{min} значений.

Основными факторами, определяющими интенсивность молокоотдачи, являются перепад давлений, площадь живого сечения соскового канала, продолжительность такта сосания и объём молока в цистерне соска.

При расчётных объёмах молока в диапазоне (520–820) $\cdot 10^{-6}$ м^3 увеличение его запаса в цистерне способствует более длительному сохранению участка интенсивного истечения жидкости.

Рациональными параметрами пульсационного режима являются продолжительность фазы А в пределах 110–160 мс и фазы В — в пределах 425–525 мс; в расчётном варианте моделирования они составляют 140 и 480 мс соответственно.

Список используемой литературы

1. Establishing the influence of technical and technological parameters of milking equipment on the efficiency of machine milking / E. Aliiev [et al.] // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. -2022. - February 24. - P. 44-55.

2. Моделирование процесса молоковыведения в системе сосок – доильный стакан [Текст] / Д. А. Григорьев [и др.] // Агропанорама. - 2024. - N 1. - С. 7-11.

3. Григорьев, Д. А. Уравнение равновесного потока жидкости в системе сосок - доильный стакан [Текст] / Д. А. Григорьев, А. М. Кравцов // Агропанорама. - 2023. - N 5. - С. 2-6.

УДК 631.15:636

СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЖИВОТНЫХ

А.В. Китун, д-р техн. наук, профессор,
А.А. Романович, канд. техн. наук, доцент,
С.А. Костюкевич, канд. с.-х. наук, доцент,
Г.А. Гаврилик, студент АМФ

Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь
ktmg@bsatu.by

Аннотация. Система контроля физиологического состояния животных (желудочные болюсы) выводит биологические закономерности, позволяющие определять режим кормления, связь с надоями, сделать время кормления более удобным, комфортным, что отражается на здоровье и продуктивности животных.

Abstract. Animal physiological monitoring systems (gastric boluses) identify biological patterns that allow us to determine how feeding regimens relate to milk yield, making feeding times more convenient and comfortable, which impacts animal health and productivity.

Ключевые слова: системы контроля, желудочные болюсы, коровы, кормление.

Keywords: control systems, gastric boluses, cows, feeding.

Введение

Базовым элементом любых систем управления производства молока служат устройства автоматической идентификации (распознавания) каждой отдельной коровы [2]. Применяются различные