

## ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ДОЕНИЯ ЖИВОТНЫХ

Аткешев О. А., Доровских В. И.

В работе представлены некоторые аспекты теоретических исследований биотехнической системы машина-животное при доении коров. С позиций системного подхода результат взаимодействия всех звеньев данной системы определяется параметрами доильного аппарата, свойствами вымени животных и характеристиками устройства управления. В качестве параметра, характеризующего работу доильного аппарата, принята его отсасывающая способность, которая в общем случае представляет собой скорость истечения молока в выводном канале соска животного. Для конкретного типа доильного аппарата данный параметр может быть определен на основе стендовых испытаний аппарата. Свойства вымени с точки зрения интенсивности молокоотдачи животного, можно оценить на основе эмпирической зависимости, определяющей связь рационального времени выдаивания коровы с ее разовым удоем. Полученное в результате исследований уравнение позволяет получить численное значение параметров доильного аппарата (рабочий вакуум и соотношение тактов), обеспечивающее рациональное время выдаивания животных с различными функциональными свойствами вымени.

**Ключевые слова:** биотехнический процесс, машинное доение, доильный аппарат, отсасывающая способность, интенсивность молоковыведения.

### Введение

Машинное доение коров является уникальным биотехническим процессом, в котором техническое устройство (доильный аппарат), взаимодействуя с живым организмом (коровой) обеспечивает вывод секретируемого в молочной железе животного молока. При этом наряду с техническим устройством (ТУ) и живым организмом (ЖО) данная биотехническая система должна включать и устройства управления (УУ) [1].

Для анализа взаимодействия элементов такой системы необходим метод формирования связей, позволяющий учитывать особенности действия каждой из ее частей. Важно отметить, что в процессе взаимодействия звеньев, описываемых детерминированными функциями (звенья ТУ и УУ), со звеном, имеющим неопределенную характеристику (звено Ж), вся биотехническая система становится неопределенной [1].

Многие исследователи, рассматривая подобные системы, пришли к однозначному выводу в части ее двух основных признаков: полноту априорной информации об объекте управления и сложность структурной схемы. Эти выводы особенно справедливы в отношении такой сложной биотехнической системы как машинное доение коров [2].

Следует отметить, что до настоящего времени некоторые показатели процесса доения коров полностью не изучены и не поддаются однозначной количественной оценки, а взаимосвязь между ними в ряде случаев плохо формализована. К таким показателям относятся в первую очередь параметры, определяющие качество процесса доения: отсасы-

вающая способность доильного аппарата, тугодойность животного, функция молокоотдачи.

В связи с этим алгоритм управления такой системой носит вероятностный характер, а результат ее функционирования не всегда позволяет адекватно оценивать и прогнозировать тот или иной технологический процесс. Например, анализ работы современных систем управления процессом доения коров, контролирующих такие его параметры как отсасывающая способность доильного аппарата, время доения животного и разовый удой показал, что они не способны обеспечивать своевременное выдаивание всех животных.

**Целью работы** является анализ взаимосвязи двух звеньев (доильный аппарат и животное) биотехнической системы машинного доения коров методами математического моделирования.

### Объекты и методы исследований

Объект исследования – математические зависимости, описывающие работу доильного аппарата и функционирование молочной железы коровы. Методы исследований основаны на применении аппарата математического моделирования в отношении известных эмпирических зависимостей, а также законов классической гидромеханики и термодинамики.

### Результаты и их обсуждение

Под отсасывающей способностью доильного аппарата принято понимать количество молока (в единицах массы или объема), которое способен вы-

водить доильный аппарат из организма животного в единицу времени (размерность кг/с или м<sup>3</sup>/с). Считается, что этот параметр характеризует в первую очередь систему «доильный аппарат - животное», так как расход молока ( $Q$ ) через выводной канал соска равен произведению сечения выводного канала соска на среднюю скорость истечения из него молока

$$Q = F \cdot V_{\text{ср}}, \quad (1)$$

где  $F$  – сечения выводного канала соска, м<sup>2</sup>;

$V_{\text{ср}}$  – средняя скорость истечения молока из соска, м/с.

Сечение выводного канала соска характеризует животное, а средняя скорость истечения молока из соска коровы определяется перепадом давлений в цистерне вымени и подсосковой камере доильного аппарата, а также относительной длительностью такта сосания, что показывает следующее уравнение

$$V = \tau \cdot \sqrt{\frac{2(P_B - P_{\Pi})}{\rho_M}}, \quad (2)$$

где  $P_B$  – давление в цистерне вымени коровы,

кПа;

$P_{\Pi}$  – давление в подсосковой камере

доильного аппарата, кПа;

$\rho_M$  – плотность молока, кг/м<sup>3</sup>;

$\tau$  – коэффициент, равный отношению периода

сосания к периоду пульсации. В свою очередь данный коэффициент может быть определен из выражения

$$\tau = \frac{t_1}{T_{\text{ц}}}, \quad (3)$$

где  $t_1$  – время такта сосания, с;

$T_{\text{ц}}$  – время цикла работы пульсатора

доильного аппарата, с.

Следует отметить, что в большинстве современных доильных аппаратов отношение периода сосания к периоду пульсации составляет 0,5–0,7 [2].

Из анализа уравнения (3) и результатов ряда исследований [2, 5, 6], согласно которым внутривыменное давление не оказывает существенного влияния на интенсивность молоковыведения у животного, следует, что при практических расчетах этим показателем можно пренебречь.

В связи с этим отсасывающую способность до-

ильного аппарата целесообразно оценивать некоторой энергетической характеристикой, физический смысл которой представляет средняя скорость истечения молока через выводной канал соска коровы, которую способен обеспечить доильный аппарат, работающий с заданными параметрами.

В связи с тем, что энергия подводимого к доильному аппарату пониженного давления (вакуума) расходуется не только на его работу, но и на эвакуацию молока из его рабочего объема, данный параметр может быть представлен в виде уравнения

$$E = \mu \cdot \tau \cdot \sqrt{\frac{2P_{\Pi}}{\rho}}, \quad (4)$$

где  $\mu$  – безразмерный коэффициент, определяемый

на основе стендовых испытаний конкретного типа доильного аппарата.

Задача определения сечения выводного канала соска коровы в процессе доения достаточно сложна, и ее решение предлагалось многочисленными исследованиями. Как один из вариантов такого решения может быть предположение о том, что сечение выводного канала соска связано с максимальной интенсивностью молоковыведения следующей зависимостью

$$F = \frac{Q_{\text{max}}}{E}, \quad (5)$$

где  $Q_{\text{max}}$  – максимальная интенсивность

молоковыведения, м<sup>3</sup>/с;

$E$  – параметр, позволяющий оценить

энергетическую характеристику отсасывающей способности доильного аппарата, м/с.

Рациональное время доения коровы с определенным удоем большинство ученых рекомендуют определять на основе данных, полученных эмпирическим способом. Одна из таких зависимостей представляет собой линейное уравнение вида [3]

$$T_{\text{рац}} = 3 + 0,2Q \quad (6)$$

где  $T_{\text{рац}}$  – рациональное время доения коровы с

удоем  $Q$  литров, мин.

Тогда средняя интенсивность молоковыведения (л/мин) животного составит

$$G_{\text{ср}} = \frac{Q}{3 + 0,2Q} \quad (7)$$

Или в другой размерности (м<sup>3</sup>/с) формулу (7) можно представить в виде

$$G_{\text{ср}} = \frac{Q \cdot 10^{-3}}{60 \cdot (3 + 0,2 \cdot Q)} \quad (8)$$

Учитывая, что максимальная интенсивность молоковыведения животного обычно примерно в

полтора раза больше среднего значения [4] и принимая, что максимальная интенсивность молоковыведения должна быть равна или меньше отсасывающей способности доильного аппарата получим

$$E \cdot F = \frac{Q \cdot 10^{-3}}{60 \cdot (3 + 0,2 \cdot Q)} \quad (9)$$

Выражение (9) можно представить и в другом виде, позволяющем оценить роль отдельных параметров машинного доения на его эффективность

$$\mu \cdot \tau \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot P_n}{\rho}} = \frac{Q \cdot 10^{-3}}{60 \cdot F \cdot (3 + 0,2 \cdot Q)} \quad (10)$$

### Список литературы

- [1] Карташов, Л. П. Машинное доение коров. – М.: Колос, 1982. – 301 с.
- [2] Коновалов, В. В. Механизация и автоматизация технологических процессов животноводства в вопросах и ответах: учеб. пособие / В. В. Коновалов, А. А. Курочкин, А. В. Поликанов. – Пенза: РИО ПГСХА, 2007. – 154 с.
- [3] Котенджи, Г. П. Подготовка нетелей к лактации / Г. П. Котенджи, А. А. Курочкин // Доклады ВАСХНИЛ. – 1987. – № 4. – С. 32–34.
- [4] Курочкин, А. А. Повышение эффективности подготовки нетелей к лактации за счет совершенствования процессов и средств механизации: дис. ... д-ра. техн. наук: 05.20.01 / Курочкин Анатолий Алексеевич. – Санкт-Петербург, 1993. – 321 с.
- [5] Курочкин, А. А. Дипломное проектирование по механизации переработки продукции животноводства. / А. А. Курочкин, В. М. Зимняков, В. В. Ляшенко, В. С. Парфенов, И. А. Спицын: Учебное пособие. – Пенза: Пензенская ГСХА, 1998. – 250 с.
- [6] Курочкин, А. А. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов перерабатывающих производств. / А. А. Курочкин, В. М. Зимняков. Под ред. А. А. Курочкина. – М.: КолосС, 2006. – 320 с.
- [7] Курочкин, А. А. Системный подход к разработке экструдера для термовакуумной обработки экструдата / А. А. Курочкин // Инновационная техника и технология. – 2014. – № 4. – С. 17–21.
- [8] Курочкин, А. А. Определение основных параметров вакуумной камеры модернизированного экструдера / А. А. Курочкин, Д. И. Фролов, П. К. Воронина // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 4 (32). – С. 172–177.
- [9] Курочкин, А. А. Теоретическое обоснование термовакуумного эффекта в рабочем процессе модернизированного экструдера / А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, Д. И. Фролов, П. К. Воронина // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 3. – С. 15–20.
- [10] Курочкин, А. А. Математическое моделирование пневмосистемы устройств для массажа вымени нетелей двухкамерного типа / А. А. Курочкин // Инновационная техника и технология. – 2016. – № 2. – С. 25–33.
- [11] Курочкин, А. А. Моделирование пневмосистемы устройств для массажа вымени нетелей однокамерного типа / А. А. Курочкин, Д. И. Фролов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 4. – С. 15–20.
- [12] Мусин, А. М. Животное как звено автоматизированной биотехнической системы / А. М. Мусин // Техника в сельском хозяйстве. – 1996. – № 2. С. 12–15.
- [13] Оборудование перерабатывающих производств / А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, В. М. Зимняков, П. К. Воронина. – М.: ИНФРА-М, 2015. – 363 с.
- [14] Ужик, О. В. Разработка и теоретическое обоснование технологий и технических средств для молочного скотоводства: дис. ... д-ра. техн. наук: 05.20.01 / Ужик Оксана Владимировна. – Белгород, 2014. – 388 с.
- [15] Цой, Ю. А. Процессы и оборудование доильно-молочных отделений животноводческих ферм. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2009. – 424 с.
- [16] Щербаков, С. И. Механизация животноводства в вопросах и ответах / С. И. Щербаков, В. В. Коновалов, А. А. Курочкин, В. В. Новиков. Самара, изд. «СамВен», 2007. – 140 с.
- [17] Douglas J. Reinemann, Graeme A. Mein, and Pamela L. Ruegg Evaluating Milking Machine Performance / University of Wisconsin–Madison, Milking Research and Instruction Lab Paper presented at the VII International Congress on Bovine Medicine, Oviedo, Asturias, Spain June 29–July 1, 2001.

### Выводы

Полученное уравнение позволяет определять параметры доильного аппарата (рабочий вакуум и соотношение тактов) для обеспечения рационального времени доения животных с различными функциональными свойствами вымени.

## WAYS TO IMPROVE THE MANAGEMENT OF MILKING ANIMALS

Atkeshev O. A., Dorovskih V. I.

The paper presents the results of mathematical modeling of pneumatic devices for a combined massage of the udder of heifers two-chamber type. In the first stage of theoretical studies the mathematical model of the process of the flow of air from the chamber with a constant volume through the hole with the same diameter. More sophisticated is the design the device to massage the udder of heifers includes a power pneumatic chamber with variable volume, which can be performed at the same time or separately with a massage bell and connect periodically or on a continuous basis through one or several calibrated holes. In this case, the device is in the form of a two-chamber design described by a more complex mathematical model. Thus, a principled approach to modeling of pneumatic devices for massage of the udder of heifers two-chamber type is to develop a mathematical apparatus, allowing to carry out theoretical research work is relatively simple is the design of devices and based on the synthesis of these dependencies to simulate the operation of more complex structures massage devices.

**Keywords:** *heifers, mammary gland, combination massage, power pneumatic chamber, massage bell, vacuum, pressure.*

## References

- [1] Kartashov, LP Machine milking cows.–M.: Kolos, 1982.– 301 p.
- [2] Konovalov, V. V. Mechanization and automation of technological processes of livestock in the questions and answers: Textbook. Benefit /V.V. Konovalov, A. A. Kurochkin, A. V. Polikanov.–Penza: RIO PGSKHA, 2007.– 154 p.
- [3] Katangi, G. P. Training heifers to lactation /Katangi, G. P., Kurochkin A. A. //Reports of agricultural Sciences.– 1987.–No. 4.–P. 32–34.
- [4] Kurochkin, A. A. Improving the efficiency of training heifers to lactation through improved processes and means of mechanization: dis...dr. tech. sciences: 05.20.01 / Kurochkin Anatoly Alekseevich.–Saint Petersburg, 1993.– 321 p.
- [5] Kurochkin, A. A. Diploma engineering for mechanization of processing of livestock products. / A. A. Kurochkin, V. M. Zimnyakov, V. V. Lyashenko, V. S. Parfenov, I. A. Spitsyn: a Training manual.–Penza: Penza state agricultural Academy, 1998.– 250 p.
- [6] Kurochkin, A. A. The Basics of calculating and designing machines and devices of food processing industry. /A. A. Kurochkin, V. M. Zimnyakov. Ed. by A. A. Kurochkin.–M.: Colossus, 2006.– 320 p.
- [7] Kurochkin, A. A. A systematic approach to the development of an extruder for thermal vacuum processing of the extrudate / A. A. Kurochkin //Innovative engineering and technology.– 2014.–No. 4.–P. 17–21.
- [8] Kurochkin, A. A. Determination of the basic parameters of the vacuum chamber upgraded extruder /A. A. Kurochkin, D. I. Frolov, P. K. Voronina //Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy.– 2015.–No. 4 (32).–P. 172–177.
- [9] Kurochkin, A. A. The theoretical justification for thermal vacuum effect in the working process of the upgraded extruder / A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova, D. I. Frolov, P. K. Voronina //Bulletin of the Samara State Agricultural Academy.– 2015.–No. 3.–P. 15–20.
- [10] Kurochkin, A. A. Mathematical modeling of the pneumatic device for massaging the udder of heifers dual-chamber type. /A. A. Kurochkin A. A. Kurochkin //Innovative engineering and technology.– 2016.–No. 2 (07).–P. 25–33.
- [11] Kurochkin, A. A. Modelling of pneumatic devices for massaging the udder of heifers single-chamber type /A. A. Kurochkin, D. I. Frolov //Bulletin of the Samara State Agricultural Academy.– 2016.– № 4.–P. 15–20.
- [12] Musin, A. M. Animal as a link in the automated biotechnology system /A. M. Musin //Technique in agriculture.– 1996.– № 2.–P. 12–15.
- [13] Kurochkin, A. A. Hardware processing industries / A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova, V. M. Zimnyakov, P. K. Voronina.–M.: INFRA-M, 2015.– 363 p.
- [14] Uzhik, O. V. Development and theoretical substantiation of technology and equipment for dairy cattle: dis... dr. tech. sciences: 05.20.01 / Uzhik Oksana Vladimirovna.–Belgorod, 2014.– 388 p.
- [15] Choi, Y. Processes and equipment milking and dairy cattle farms offices.–M.: GNU VIESH, 2009.– 424 p.
- [16] Shcherbakov, S. I. Mechanization of livestock in questions and answers /S. I. Shcherbakov, V. V. Konovalov, A. A. Kurochkin, V. V. Novikov. Samara, ed. «Samvit», 2007.– 140 p.
- [17] Douglas J. Reinemann, Graeme A. Mein, and Pamela L. Ruegg Evaluating Milking Machine Performance / University of Wisconsin–Madison, Milking Research and Instruction Lab Paper presented at the VII International Congress on Bovine Medicine, Oviedo, Asturias, Spain June 29–July 1, 2001.