

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ АПК / FARM MACHINERY AND TECHNOLOGIES

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL PAPER

УДК 637.112

DOI: 10.26897/2687-1149-2020-4-15-20

КОНТРОЛЬ И УПРАВЛЕНИЕ ПРИ ПОЧЕТВЕРТНОМ МАШИННОМ ДОЕНИИ КОРОВ

КИРСАНОВ ВЛАДИМИР ВЯЧЕСЛАВОВИЧ, докт. техн. наук, профессор

E-mail: kirvv2014@mail.ru

ПАВКИН ДМИТРИЙ ЮРЬЕВИЧ, канд. техн. наук

E-mail: dimqaqa@mail.ru

РУЗИН СЕМЕН СЕРГЕЕВИЧ, младший научный сотрудник

E-mail: ruzin.s.s@yandex.ru

ТАРАСОВА ЕЛЕНА ИГОРЕВНА

E-mail: elenchik104@yandex.ru

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ; 109428, РФ, г. Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5

Рассмотрены проблемы контроля и управления при автоматизированном почетвертном машинном доении: возможность управления пульсирующим вакуумом по каждой четверти; необходимость стимулирующего режима и его продолжительность в каждом доильном стакане; выбор между режимом альтернативной пульсации и основным режимом при снижении скорости молокоотдачи по каждой четверти; определение интенсивности молоковыведения в четверти, при которой следует отключать доильный стакан от вакуума. Установлено, что переход на основной режим доения (частота пульсаций 60 мин⁻¹; соотношение тактов сосание/сжатие 70:30) осуществляется при минимальной средней стимулирующей скорости молокоотдачи, равной 0,2 кг/мин. У коров с низкой скоростью молокоотдачи или с заболеваниями сфинктера, сосков, переболевших маститом, перед запуском целесообразно ввести щадящий режим доения (60 мин⁻¹; 50:50), стимуляцию лучше не проводить. Рассмотрен алгоритм управления почетвертного доения и контроль этого процесса на примере кривых молокоотдачи и реперных точек перехода. Разработаны модели и получены зависимости, позволяющие определить параметры управления в характерных реперных точках почетвертных кривых молокоотдачи с целью уточнения алгоритмов управления процессами доения отдельных долей вымени в автоматизированных и роботизированных доильных аппаратах нового поколения.

Ключевые слова: доение, почетвертное доение, управление доением, контроль доения, молокоотдача, додаивание.

Формат цитирования: Кирсанов В.В., Павкин Д.Ю., Рузин С.С., Тарасова Е.И. Контроль и управление при почетвертном машинном доении коров // Агроинженерия. 2020. № 4(98). С. 15-20. DOI: 10.26897/2687-1149-2020-4-15-20.

MONITORING AND CONTROLLING MACHINE COW MILKING BY UDDER QUARTERS

VLADIMIR V. KIRSANOV, DSc (Eng), Professor

E-mail: kirvv2014@mail.ru

DMITRIY YU. PAVKIN, PhD (Eng)

E-mail: dimqaqa@mail.ru

SEMEN S. RUZIN, Junior Research Engineer

E-mail: ruzin.s.s@yandex.ru

YELENA I. TARASOVA

E-mail: elenchik104@yandex.ru

Federal Scientific Agroengineering Center VIM; 109428, 1st Institutskiy Proyezd Str, 5, Moscow, Russian Federation

The paper considers some problems associated with the control and monitoring of automated machine milking by udder quarters: controlling a pulsating vacuum for each udder quarter; the need for a stimulating mode and its duration in each teat cup; choosing between the alternative pulsation mode and the main mode with a decrease in the milk flow rate for each udder quarter; determination of the lactation intensity in the quarter at which the teat cup should be disconnected from the vacuum. It was found that the transition to the main milking mode (pulsation frequency of 60 min⁻¹; a ratio of sucking / squeezing cycles of 70:30) is carried out at a minimum average stimulating milk flow rate equal to 0.2 kg/min. For cows with a low milk flow rate

or with diseases of the sphincter and teats, or those previously suffering from mastitis, it is advisable to introduce a gentle milking mode before starting (60 min^{-1} ; 50:50) and not to stimulate them. A control algorithm for quarter milking and control of this process is exemplified by milk flow curves and reference points of transition. The authors have developed models and obtained relationships that make it possible to determine the control parameters at the characteristic reference points of the udder-quarter milk yield curves in order to clarify the algorithms for controlling the milking processes of individual udder lobes in automated and robotic milking machines of a new generation.

Key words: milking, udder-quarter milking, milking control, milking control, milk flow, milking.

For citation: Kirsanov V.V., Pavkin D. Yu., Ruzin S.S., Tarasova Ye.I. Monitoring and controlling machine cow milking by udder quarters // *Agricultural Engineering*, 2020; 4 (98): 15-20. (In Rus.). DOI: 10.26897/2687-1149-2020-4-15-20.

Введение. Создание роботизированных систем доения обусловило возможность перехода на почетвертное доение, когда каждая доля вымени обслуживается как отдельный биологический объект. Это в полной мере соответствует физиологическим особенностям и потребностям животных, поскольку доли вымени развиты неравномерно, как правило, быстрее выдаиваются передние доли, что приводит к их «сухому» доению в вакуумных доильных аппаратах [1]. При доении в роботах механическая рука имеет возможность поддерживать доильные стаканы в отключенном состоянии, по мере выдаивания отдельных четвертей вымени, а затем отводит доильный аппарат из-под вымени животного [2]. Аналогичный автоматизированный роботизированный доильный аппарат (манипулятор) разработан в лаборатории машинного доения ФНАЦ ВИМ, который позволяет независимо выдаивать отдельные четверти вымени животных, по очереди отключать доильные стаканы, которые удерживаются при помощи манипулятора, проводить контроль скорости молокоотдачи и учёт надоев по каждой четверти датчиками-счётчиками, отключать вакуум в доильных стаканах по мере выдаивания соответствующих четвертей вымени, осуществлять управляемый режим пульсирующего вакуума индивидуально по каждой четверти вымени и убирать доильные стаканы из-под вымени, не выводя коровы из доильного станка [3]. Данный манипулятор апробирован на учебной молочной ферме РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

Цель исследований – определить параметры управления процессом доения отдельных долей вымени в автоматизированном роботизированном доильном аппарате нового поколения.

Материал и методы. Анализ проблем физиологии лактирующих животных и особенностей реализации рефлекса молокоотдачи при использовании доильных аппаратов.

Контроль и управление автоматизированным почетвертным процессом доения требуют решения ряда вопросов: возможности управления пульсирующим вакуумом по каждой четверти; необходимости стимулирующего режима и его продолжительности в каждом доильном стакане; выбора между режимом альтернативной пульсации и основным режимом при снижении скорости молокоотдачи по каждой четверти; определении интенсивности молоковыведения в четверти, при которой следует отключать доильный стакан от вакуума.

Эти вопросы нужно изучать с учётом особенностей рефлекса молокоотдачи, протекающего в два этапа: нанесения раздражений механорецепторов сосков вымени и лёгкого массажа вымени с появлением припускковой реакции,

связанной с выделением гормона окситоцина, который вызывает сокращение альвеол железистой ткани вымени [4].

В существующих типах вакуумных доильных аппаратов преддоильная подготовка, как правило, заключается только в санитарной обработке сосков вымени, что не всегда способствует эффективной реализации рефлекса молокоотдачи [5]. В автоматизированных доильных аппаратах с электромагнитными пульсаторами осуществляется режим стимуляции посредством повышения частоты пульсации сосковой резины ($120 \dots 300 \text{ мин}^{-1}$), что, по мнению авторов, приводит к повышению скорости молокоотдачи и полноты выдаивания [6].

Согласно правилам машинного доения начало машинного додаивания обеспечивается скоростью молокоотдачи 400 гр/мин и отключением при 200 гр/мин . При этом контроль потока молока осуществляется потокомером по вымени в целом [7]. В системе управления доением «Стимул» в начале доения включается режим альтернативной пульсации (120 мин^{-1} ; соотношение тактов 50:50) по достижении скорости молокоотдачи 600 гр/мин , аналогичный режим включается при снижении скорости молокоотдачи до 600 гр/мин и продолжается до окончания доения (200 гр/мин) [8].

В случае почетвертного управления процессом доения возникает необходимость контроля потоков молока и управление пульсирующим вакуумом по каждой четверти вымени. При этом возникает неопределённость в управлении, предположим: в одной четверти поток молока достиг после стимуляции требуемой скорости молокоотдачи ($600:4 = 150 \text{ гр/мин}$) и требуется переход на режим основного доения, а в другой четверти не достиг этого показателя, аналогичным образом при снижении скорости молокоотдачи до порогового значения. Требуется ли продолжение проведения указанных операций по другим четвертям, или можно этот процесс прекратить, полагая, что если рефлекс запущен по одной четверти, то в силу общей кровеносной системы гормон окситоцин «срабатывает» и в других четвертях. С другой стороны, если четверть переболела маститом и имеет пониженную секреторную способность, то можно и не дожидаться достижения требуемой интенсивности молокоотдачи в реперной точке перехода от стимуляции к основному доению. Что делать? Прекратить режим доения по доле по истечении 75 сек от начала стимуляции и отключить от вакуума доильный стакан? Или продолжать доение в щадящем режиме с соотношением тактов сосания/сжатия 50:50? Эти вопросы требуют математического и алгоритмического обоснования. Так же известно, что существуют коровы с низкой скоростью молокоотдачи ($1,0 \dots 1,2 \text{ кг/мин}$) – тугодойные, имеющие высокую

продолжительность доения (12-16 мин) и высокие удои. В таком случае режим доения может протекать с соотношением тактов (60:40 или 50:50) и частотой 60 мин⁻¹, так как стимуляция в этом случае малоэффективна.

Результаты исследований. Для обоснования управляемых параметров в реперных точках рассмотрим почетвертные кривые скорости молокоотдачи, полагая при этом, что их максимальные параметры варьируют в определенных пределах и коррелируют с соответствующими параметрами общих кривых молокоотдачи лактирующих животных, имеющих максимальные скорости молокоотдачи (4...5 кг/мин) и тугодойных коров (1,0...1,2 кг/мин).

Для моделирования процессов управления в почетвертном аппарате рассмотрим соответствующие кривые скорости молокоотдачи по четвертям (рис. 1) [9].

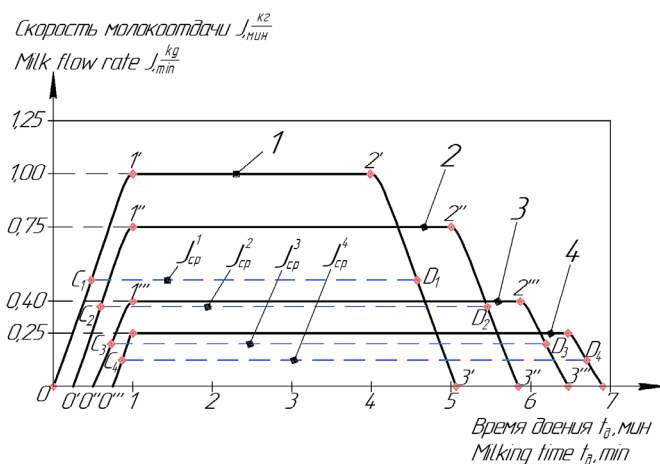


Рис. 1. Почетвертные кривые молокоотдачи коров:

- 1 – с высокой скоростью молокоотдачи (4...5 л/мин по вымени в целом);
- 2 – со средневысокой скоростью молокоотдачи (3 л/мин);
- 3 – с нормальной скоростью молокоотдачи (2,0 л/мин);
- 4 – с низкой скоростью молокоотдачи (1,0 л/мин);
- 1'; 2'; 3' – реперные точки молокоотдачи;
- C1...C4 – переход со стимулирующего режима на основной;
- D1...D4 – начало машинного додаивания

Fig. 1. Udder-quarter curves of cow's milk flow rate:

- 1 – with a high milk flow rate (4...5 l/min for the udder as a whole);
- 2 – with an average high milk flow rate (3 l/min);
- 3 – with a normal milk flow rate (2.0 l/min);
- 4 – with a low milk flow rate (1.0 l/min);
- 1'; 2'; 3' – reference points of milk yield;
- C1...C4 – transition from the stimulating mode to the main one;
- D1...D4 – the beginning point of machine finish milking.

$$\left\{ \begin{aligned} J_{cp}^1 &= \frac{J_1^{max}}{k}, \\ J_{cp}^2 &= \frac{J_2^{max}}{k}, \\ J_{cp}^3 &= \frac{J_3^{max}}{k}, \\ J_{cp}^4 &= \frac{J_4^{max}}{k}. \end{aligned} \right. \quad (1)$$

где $J_{cp}^1 \dots J_{cp}^4$ – средние скорости молокоотдачи по четвертям вымени; k – коэффициент, учитывающий соотношение J_n^{max} / J_p^n , в расчётах можно принять $k = 1,8 \dots 2,0$.

Обозначим реперные точки (1'; 2'; 3'), расположив их в характерных местах перехода кривой молокоотдачи.

Участок (0'; 1') характеризует «разгон» кривой молокоотдачи в начале процесса доения, участок (1'; 2') соответствует установившемуся периоду доения с постоянной скоростью молокоотдачи. И заключительный период (2'; 3') – окончание процесса доения.

На участке (0'; 1') требуется выделить точку, в которой необходимо переключить режим со стимулирующего на основной. Обозначим данную реперную точку «C₁» на первой кривой, соответствующие точки можно выделить и на других кривых (C₂, C₃, C₄). Предположим, что точки (C₁...C₄) совпадают со значениями ($J_{cp}^1 \dots J_{cp}^4$). Тогда интенсивность молокоотдачи в точках (C₁...C₄) будет определяться по аналогии (1).

$$J_{(C_1 \dots C_4)} = J_{cp}^1; J_{cp}^2; J_{cp}^3; J_{cp}^4. \quad (2)$$

Введём понятие средней стимулирующей скорости молокоотдачи, соответствующей точке перехода в основной режим:

$$J_{cp}^{ст} = \frac{J_{cp}^1 + J_{cp}^2 + J_{cp}^3 + J_{cp}^4}{4}, \quad (3)$$

или

$$J_{cp}^{ст} = \left(\frac{J_1^{max}}{k} + \frac{J_2^{max}}{k} + \frac{J_3^{max}}{k} + \frac{J_4^{max}}{k} \right) / 4. \quad (4)$$

Подставляем соответствующие значения J_n^{max} и k , запишем:

$$J_{cp}^{ст} = \left(\frac{1}{2} + \frac{0,75}{2} + \frac{0,4}{2} + \frac{0,25}{2} \right) / 4 = 0,3 \text{ кг/мин.}$$

Средняя стимулирующая скорость молокоотдачи $J_{cp}^{ст} \approx 300$ гр/мин.

В то же время у тугодойных коров с низкой скоростью молокоотдачи данное значение может быть не достигнуто ($J_4^{max} = 0,25$ кг/мин), как видно на рисунке 1.

Очевидно, в этом случае переключение на режим основного доения в точке «C₄» должно произойти при $J_{cp}^{ст} = 0,125$ гр/мин, получается параметр $J_{cp}^{ст}$ явно завышен.

Для этого введём понятие минимальной средней стимулирующей скорости молокоотдачи, при которой будет осуществляться переход на основной режим (60 мин⁻¹; 70:30)

$$J_{cp, min}^{ст} = \frac{J_{cp}^{ст} + J_{cp}^{min}}{2} = \frac{0,125 + 0,3}{2} \approx 0,2 \text{ кг/мин.}$$

Данный параметр точнее соответствует высокой variability показателей скорости молокоотдачи по отдельным четвертям вымени животного. При этом важно понимать, что режим стимуляции будет протекать одномоментно во всех четвертях и отключится по сигналу, когда по одной из долей вымени будет достигнут данный показатель. Это позволит исключить перебои в работе почетвертных пульсаторов, когда в одних четвертях уже идёт основной режим, а в других только начинается стимуляция. Очевидно, что это неправильно с физиологической точки зрения, ведь управление процессом доения ведётся из единого центра: гипоталамус-гипофиз-гормон окситоцин-система кровоснабжения.

Система циркуляции крови позволяет синхронно увеличивать концентрацию окситоцина в каждой четверти. И если в одной из четвертей достигнут порог перехода к основному доению, то он будет достигаться и в других (лишняя стимуляция может даже мешать).

В случае, когда не достигается средняя стимулирующая скорость молокоотдачи (300 гр/мин) у коров с низкой скоростью 0,25 кг/мин (около 1 кг/мин по вымени в целом) целесообразно ввести щадящий режим доения (60 мин⁻¹; соотношение 50:50). Этот режим может также распространяться и на четверти с заболеваниями сфинктера, сосков, переболевших маститом, у коров перед запуском и др.

Очевидно, что в последнем случае стимуляция четверти не эффективна и во избежание травмирования сфинктера лучше не проводить.

Вышеперечисленные способы, использующие ускоренное сжатие сосковой резины, относящиеся к системам механической стимуляции, наиболее распространены в доильных аппаратах. Вместе с тем существуют и другие способы стимуляции: воздействие низкочастотным лазерным светодиодом, устанавливаемым в головке доильного стакана, электромагнитным полем и другие [10]. Эти способы не рассматриваются в данной статье.

Для обоснования додаивающих режимов в доильных стаканах обозначим характерные реперные точки перехода $D_1...D_4$ на кривых молокоотдачи (рис. 1) на участках кривых (2'-3'; 2''-3''; ...). При этом будем полагать, что в каждой четверти вымени, после отключения соответствующего доильного стакана, контрольный «ручной додой» не должен превышать 100 мл, а продолжительность додаивания не должна превышать 30 секунд, по условию привыкания животного к данному режиму.

Рассмотрим нисходящий участок кривой молокоотдачи с небольшим допущением линейности (рис. 2).

Интенсивность молокоотдачи начала машинного додаивания в реперных точках $D_1...D_4$ можно определить по выражению:

$$\begin{cases} J_M^{D_1} = \Delta t_{D_1} \cdot \operatorname{tg} \varphi_1, \\ J_M^{D_2} = \Delta t_{D_2} \cdot \operatorname{tg} \varphi_2, \\ J_M^{D_3} = \Delta t_{D_3} \cdot \operatorname{tg} \varphi_3, \\ J_M^{D_4} = \Delta t_{D_4} \cdot \operatorname{tg} \varphi_4. \end{cases} \quad (5)$$

По аналогии с выражением (3) вычислим среднюю интенсивность молокоотдачи в начале машинного додаивания:

$$J_{\text{cp}}^{D_1...D_4} = \frac{J_M^{D_1} + J_M^{D_2} + J_M^{D_3} + J_M^{D_4}}{4}. \quad (6)$$

Здесь возможны два варианта:

1. Средняя интенсивность молокоотдачи в начале додаивания равна средней интенсивности $J_{\text{cp}}^{\text{ст}}$ окончания режима стимуляции, то есть $J_{\text{cp}}^{D_1...D_4} \approx J_{\text{cp}}^{\text{ст}} = 0,3$ кг/мин (точки $D_1...D_4$ совпадают с точками $C_1...C_4$).

2. Управление по времени процессом додаивания ($\Delta t_{\text{до}} \leq 30$ сек), во избежание излишнего приучения животных к данному режиму. При этом данный режим желательно начать как можно раньше на участке (2'-3'), чтобы не допустить наползания доильных стаканов и механического

сдерживания извлечения молока из соответствующих долей вымени коровы.

Для этого необходимо определить углы наклона нисходящих ветвей кривых молокоотдачи ($J_1...J_4$). Это можно выполнить с помощью соответствующих датчиков скорости молочного потока и вычисления мгновенной скорости молокоотдачи [11].

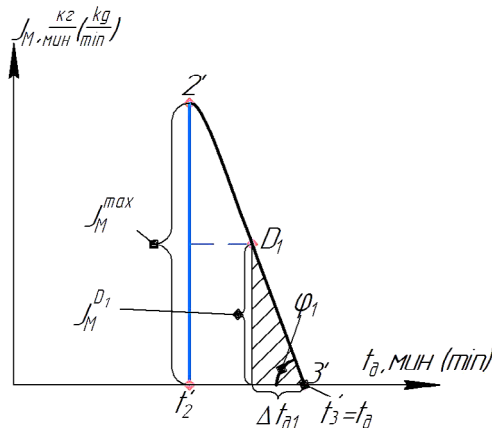


Рис. 2 Нисходящая часть кривой молокоотдачи

Fig. 2 Downward part of the milk flow curve

Рассмотрим треугольник $Z' 3' t_2$ (рис. 2):

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{J_M^{\max}}{t_3 - t_2}, \quad (7)$$

где $t_3 = t_{\text{д}}$ – время доения коровы, мин; t_2 – время доения, соответствующее окончанию периода действия установленного режима доения, мин.

С наибольшим допущением примем величину скорости молокоотдачи в точке, равную J_M^{\max} .

Тогда «крутизну» соответствующих нисходящих участков можно определить по выражению:

$$\begin{cases} \operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{J_{M_1}^{\max}}{t_3^1 - t_2^1}, \\ \operatorname{tg} \varphi_2 = \frac{J_{M_2}^{\max}}{t_3^2 - t_2^2}, \\ \operatorname{tg} \varphi_3 = \frac{J_{M_3}^{\max}}{t_3^3 - t_2^3}, \\ \operatorname{tg} \varphi_4 = \frac{J_{M_4}^{\max}}{t_3^4 - t_2^4}. \end{cases} \quad (8)$$

Вычислим величину $t_{\text{д.ср}}$, которая будет обобщённой характеристикой нисходящей ветви кривой молокоотдачи (2'-3')

$$\operatorname{tg} \varphi_{\text{cp}} = \frac{\operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi_2 + \operatorname{tg} \varphi_3 + \operatorname{tg} \varphi_4}{4}. \quad (9)$$

Тогда

$$J_M^{\text{cp}} = \Delta t_{\text{д.ср}} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{\text{cp}}, \quad (10)$$

где J_M^{cp} – средняя интенсивность начала машинного додаивания, кг/мин; $\Delta t_{\text{д.ср}} \leq 30$ сек – средняя продолжительность машинного додаивания на исходной четверти ($t_{\text{д.ср}} \leq 30$ сек).

При этом требуется выполнить условие:

$$\begin{cases} (t_d - t_2) \geq \Delta t_{д.ср} \rightarrow \Delta t_{д.ср} = 30 \text{ сек,} \\ (t_d - t_2) < \Delta t_{д.ср} \rightarrow \Delta t_{д.ср} = (t_d - t_2). \end{cases} \quad (11)$$

Первое условие характерно для животных с нормальной и низкой скоростью молокоотдачи, а второе для животных с высокой скоростью, у которых продолжительность нисходящей ветви молокоотдачи ≤ 30 сек.

Библиографический список

1. Гарькавый Ф.Л. Оценка вымени и молокоотдачи коров молочных и молочно-мясных пород. М.: Колос, 1970. 39 с.
2. Кормановский Л.П., Цой Ю.А., Кирсанов В.В., Никитин Е.А., Рузин С.С. Приоритетные направления роботизации процессов на молочных фермах // Техника и оборудование для села. 2017. № 12. С. 24-27.
3. Манипулятор доильной установки с управляемым режимом доения по четвертям вымени коровы: патент № 2715859 Российская Федерация, МПК А01J 7/00 (2006.01) / Д.Ю. Павкин, В.В. Кирсанов, А.С. Дорохов, Я.П. Лобачевский, С.С. Рузин, Ю.А. Цой, Д.В. Шилин, В.Е. Любимов, А.В. Чирков; заявл. 19.03.2019; опубл. 03.03.2020, Бюл. № 7.
4. Аверкиев А.А., Баловнева Е.Г. Предпосылки разработки модели механической стимуляции рефлекса молокоотдачи коров // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012. № 1 (33). С. 86-89.
5. Карташов Л.П., Куранов Ю.Ф. Машинное доение коров. М.: Высшая школа, 1980. 223 с.
6. Цой Ю.А., Мишуров Н.П., Кирсанов В.В., Зеленцов А.И. Тенденции развития доильного оборудования за рубежом. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2000. 76 с.
7. Правила машинного доения коров. М.: Агропромиздат, 1989. 39 с.
8. Седов А.М. Компьютерная система управления доением «Стимул» для модернизации доильных залов типа «Елочка» // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2018. № 3(31). С. 169-179.
9. Кирсанов В.В., Павкин Д.Ю., Цымбал А.А. Результаты экспериментальных данных с роботов доения по четвертям вымени // Инновации в сельском хозяйстве. 2015. № 4(14). С. 122-128.
10. Устройство для стимуляции рефлекса молокоотдачи, профилактики и лечения мастита у коров: патент № 2216931 Российская Федерация, МПК А01J 5/013 (2000.01) / В.В. Безотосный, В.С. Петухов, Н.П. Проничев; заявл. 20.12.2001; опубл. 27.11.2003, Бюл. № 33.
11. Цой Ю.А., Кирсанов В.В., Павкин Д.Ю. Разработка счётчика индивидуальных надоев молока, удовлетворяющего требованиям международной организации ICAR // Техника и оборудование для села. 2015. № 7. С. 21-23.

Выводы

Разработанные модели и полученные зависимости позволяют определить параметры управления в характерных реперных точках почётвертных кривых молокоотдачи для разработки уточнённых алгоритмов управления процессами доения отдельных долей вымени в автоматизированных и роботизированных доильных аппаратах нового поколения.

References

1. Gar'kaviy F.L. Otsenka vymeni i molokootdachi korov molochnyh i molochno-myasnyh porod [Assessment of the udder and milk flow of dairy and dairy-meat cows]. Moscow, Kolos, 1970: 39 (In Rus.).
2. Kormanovskiy L.P., Tsoy Yu.A., Kirsanov V.V., Nikitin E.A., Ruzin S.S. Prioritetnye napravleniya robotizatsii processov na molochnyh fermah [Priority areas for the robotization of processes on dairy farms]. *Tehnika i oborudovaniya dlya sela*, 2017; 12: 24-27. (In Rus)
3. Pavkin D.Yu., Kirsanov V.V., Dorokhov A.S., Lobachevskiy Ya.P., Ruzin S.S., Tsoy Yu.A., Shilin D.V., Lyubimov V.E., Chirkov A.V. Manipulyator doil'noy ustanovki s upravlyаемым rezhimom doeniya po chetvertiyam vymeni korovy [Milking machine manipulator with a controlled milking mode by the quarters of the cow udder]: Patent № 2715859 Russian Federation, IPC A01J 7/00(2006.01), 2019. (In Rus.)
4. Averkiev A.A., Balovneva E.G. Predposylki razrabotki modeli mehanicheskoy stimulyatsii refleksa molokootdachi korov [Prerequisites for the development of a model for mechanical stimulation of the milk flow reflex in cows]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2012; 1 (33): 86-89. (In Rus.)
5. Kartashov L.P., Kuranov Yu.F. Mashinnoye doenie korov [Machine milking of cows]. Moscow, Vysshaya shkola, 1980: 223. (In Rus.)
6. Tsoy Yu.A., Mishurov N.P., Kirsanov V.V., Zelentsov A.I. Tendentsii razvitiya doil'nogo oborudovaniya za rubezhom [International trends of milking equipment development]. Moscow, FGNU "Rosinformagroteh", 2000: 76. (In Rus.)
7. Pravila mashinnogo doeniya korov [Rules of machine milking of cows]. Moscow, Agropromizdat, 1989: 39. (In Rus.)
8. Sedov A.M. Komp'yuternaya sistema upravleniya doeniem "Stimul" dlya modernizatsii doil'nyh zalov tipa "Yelochka" [Computer-based control milking system "Stimul" for the modernization of milking parlors of a "Herringbone" type]. *Vestnik Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mehanizatsii zhivotnovodstva*, 2018; 3(31): 169-179. (In Rus.)
9. Kirsanov V.V., Pavkin D.Yu., Tsymbal A.A. Rezul'taty eksperimental'nykh dannykh s robotov doeniya po chetvertiyam vymeni [Experimental results of using milking robots by the udder quarters]. *Innovatsii v sel'skom khozyaistve*, 2015; 4(14): 122-128. (In Rus.)
10. Bezotosniy V.V., Petukhov V.S., Pronichev N.P. Ustroystvo dlya stimuljatsii refleksa molokootdachi, profilaktiki i lecheniya mastita u korov [A device for stimulating the reflex of milk flow, prevention and treatment of mastitis in cows]: Patent No. 2216931 Russian Federation, IPC. A01J 5/013 (2000.01), 2003. (In Rus.)

11. Tsoy Yu.A., Kirsanov V.V., Pavkin D.Yu. Razrabotki shchetchika individual'nykh nadoyev moloka, udovletvoryayushhego trebovaniyam mezhdunarodnoy organizatsii ICAR [Development of an individual milk yield counter that meets the requirements of the International organization ICAR]. *Tehnika i oborudovanie dlya sela*, 2015; 7: 21-23. (In Rus.)

Критерии авторства

Кирсанов В.В., Павкин Д.Ю., Рузин С.С., Тарасова Е.И. выполнили теоретические исследования, на основании полученных результатов провели обобщение и написали рукопись. Кирсанов В.В., Павкин Д.Ю., Рузин С.С., Тарасова Е.И. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила 08.05.2020

Опубликована 31.08.2020

Contribution

V.V. Kirsanov, D. Yu. Pavkin, S.S. Ruzin, Ye.I. Tarasova performed theoretical studies, and based on the results obtained, generalized the results and wrote a manuscript. V.V. Kirsanov, D.Yu. Pavkin, S.S. Ruzin, Ye.I. Tarasova have equal author's rights and bearequal responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received on May 8, 2020

Published 31.08.2020

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ АПК / FARM MACHINERY AND TECHNOLOGIES

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL PAPER

УДК 330:636.084.74

DOI: 10.26897/2687-1149-2020-4-20-25

НАСТРОЙКА АВТОМАТИЧЕСКОГО КОРМОВОГО ВАГОНА НА ЗАДАННУЮ НОРМУ ВЫДАЧИ

КУПРЕЕНКО АЛЕКСЕЙ ИВАНОВИЧ, докт. техн. наук, доцент

E-mail: kupreenkoai@mail.ru

ИСАЕВ ХАФИЗ МУБАРИЗ-ОГЛЫ, канд. экон. наук, доцент

E-mail: haf-is@mail.ru

МИХАЙЛИЧЕНКО СТАНИСЛАВ МИХАЙЛОВИЧ, ассистент

E-mail: S.M. Mikhailichenko@yandex.ru

Брянский государственный аграрный университет; 243365, Российская Федерация, Брянская обл., Выгоничский р-н, с. Кокино, ул. Советская, 2а

Для реализации технологии кормления КРС полнорационными кормосмесями применяются автоматические системы кормления, функцию раздачи в которых, как правило, выполняет кормовой вагон. Опыт эксплуатации данных устройств в КФХ «Лопотов А.Н.» Псковской области показал, что кормовые вагоны в автоматическом режиме работы практически не используются из-за неравномерного поедания кормосмеси животными по фронту кормления. В связи с этим предложена конструкция автоматического кормового вагона с системой контроля остатков кормосмеси на кормовом столе, обеспечивающей выдачу заданной нормы кормосмеси. Целью исследования являлась разработка методики, позволяющей осуществить настройку автоматического кормового вагона на заданную норму выдачи кормосмеси. Норма выдачи регулируется изменением скорости движения продольного транспортёра при помощи частотного преобразователя. С целью упрощения расчётов предложен параметр «фронт кормления, вдоль которого вся кормосмесь равномерно выдаётся из бункера кормового вагона». Получена зависимость данного параметра от частоты тока электропривода продольного транспортёра. Согласно разработанной методике установка требуемой частоты тока должна осуществляться в автоматическом режиме. При составлении программы кормления оператор для известного фронта кормления вводит только соответствующее значение предложенного параметра «фронт кормления...», а блок управления автоматически устанавливает необходимую частоту тока, обеспечивая тем самым требуемую норму выдачи.

Ключевые слова: кормление КРС, норма выдачи корма, автоматический кормовой вагон, частотный преобразователь.

Формат цитирования: Купреенко А.И., Исаев Х.М., Михайличенко С.М. Настройка автоматического кормового вагона на заданную норму выдачи // Агроинженерия. 2020. № 4 (98). С. 20-25. DOI: 10.26897/2687-1149-2020-4-20-25.