

Дифференцированный учет молока при доении в молокопровод*

© 2019. А.А. Рылов¹, П.А. Савиных^{1,2}, В.Н. Шулятьев¹

¹ФГБОУ ВО «Вятская государственная сельскохозяйственная академия», г. Киров, Российская Федерация,

²ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», г. Киров, Российская Федерация

Статья посвящена теоретическому и экспериментальному обоснованию технической возможности дифференцированного учета молока при доении в молокопровод. Экспериментальные исследования выполнены в 2017...2018 гг. в коровнике на 200 голов одного из предприятий Кировской области. Продолжительность доения в зависимости от интенсивности молокоотдачи разбита на три этапа: начальный, основной и заключительный. Выполнен теоретический анализ процесса истечения молока из соска вымени коровы. Получены аналитические выражения для определения текущего расхода молока во время доения. Исследованы и проанализированы в течение всего процесса извлечения молока вакуумный режим в подсосковых камерах двухтактного доильного аппарата и интегральные графики удоя при доении коров в молокопровод. Выявлена слабая взаимосвязь ($R^2 = 0,06...0,15$) между текущим удоем и соответствующим ему разрежением в подсосковой камере доильного стакана во время доения. Весьма тесная взаимосвязь ($R^2 = 0,95$) между удоем и продолжительностью извлечения молока подтверждает возможность дифференцированного учета удоя путем измерения действительного времени извлечения молока во время каждого рабочего цикла. Разработаны математические модели алгоритма функционирования устройств дифференцированного учета молока во время доения. Дифференцированный учет молока во время доения технически может быть осуществлен путем добавления в устройство почетвертного контроля интенсивности молокоотдачи блоков измерения времени действительного извлечения молока в течение каждого рабочего цикла, расчета и индикации удоя. Использование доильных аппаратов с функцией дифференцированного учета выдоенного молока позволит повысить срок продуктивного использования животных, количество и качество выдоенного молока.

Ключевые слова: разрежение, доильный аппарат, коллектор, подсосковая камера, почетвертной удой, сосание, сосковая резина, такт, цикл

Для цитирования: Рылов А.А., Савиных П.А., Шулятьев В.Н. Дифференцированный учет молока при доении в молокопровод. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019; 20(1):68-75. DOI: 10.30766/2072-9081.20.1.68-75.

The differentiated milk recording when milking into the milk line

© 2019. A.A. Rylov¹, P.A. Savinykh^{1,2}, V.N. Shulyatyev¹

¹Vyatka State Agricultural Academy, Kirov, Russian Federation,

²Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Kirov, Russian Federation

The article is devoted to theoretical and experimental substantiation of technical capability of the differentiated recording of milk when milking into the milk line. The pilot studies were carried out in 2017 ... 2018 in the cowshed for 200 heads of one of the enterprises of the Kirov region. Milking duration depending on intensity of milk secretion was divided into three stages: initial, main and final. The theoretical analysis of the process of milk secretion from an udder nipple of a cow was made. Analytical expressions for definition of the current flow rate of milk were received during milking. The vacuum mode in under-mamillary chambers of the duple milking machine and integrated schedules of milk yield were studied and analyzed during the whole process of milking into the milk line. The weak interrelation between the current milk yield and corresponding vacuum in the under-mamillary chamber of a teat cup was revealed during milking ($R^2 = 0.06...0.15$). Very close interrelation ($R^2 = 0.95$) between milk yield and duration of milk secretion confirmed a possibility of differentiated recording of milk yield by measurement of the real time of milk outflow during each working cycle. Mathematical models of an algorithm of functioning of devices of the differentiated recording of milk have been developed during milking. Differentiated milk recording during milking can be technically carried out by addition into the device of udder on-quarters milking monitoring of milk secretion intensity the blocks of measurement of time of the real milk flow during each working cycle, calculation and indication of milk yield. Use of milking machines with function of differentiated recording of the milk yield will allow to increase the duration of productive use of animals, quantity and quality of the milk yield.

Key words: vacuum, milking apparatus, collector, under-mamillary chamber, udder on-quarters milking, sucking, teat cup liner, phase, cycle

For citation: Rylov A.A., Savinykh P.A., Shulyatyev V.N. The differentiated milk recording when milking into the milk line. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2019; 20(1):68-75. (In Russ.). DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.1.68-75.

*Авторы заявляют об отсутствии финансирования.

Дифференцированный учет выдоенного молока позволяет оператору во время доения оперативно по удою в четвертях вымени контролировать физиологическое состояние каждой особи и минимизировать негативное влияние сухого доения. В настоящее время для удовлетворения объективной потребности в дифференцированном учёте молока непосредственно во время доения, как правило, теоретически обосновываются [1, 2], экспериментально исследуются [3, 4], разрабатываются и патентуются [5, 6, 7] технические средства, реализующие объемный принцип измерения удою.

Цель исследований – теоретическое и экспериментальное обоснование технической возможности дифференцированного учета выдоенного молока на базе доильного аппарата, снабженного устройством почетвертного контроля интенсивности молокоотдачи.

Материал и методы. Экспериментальные исследования выполнены в 2017...2018 гг. в типовом коровнике на 200 голов привязного содержания с молокопроводом в одном из хозяйств Кировской области. Средний годовой удою на корову на момент проведения экспериментов составлял 7100 л. Измерения продолжительности доения, величины удою, вакуумного режима выполняли во время дневной дойки. В опытах использован доильный аппарат с устройством почетвертного контроля интенсивности молокоотдачи [8]. Измерения разрежения в подсосковой камере доильного стакана и в молокопроводе выполнены с помощью вакуум-тестера «Тензор-7». В расчетах использованы средние показатели разрежения в подсосковой камере за цикл. Удою фиксировали с интервалом в 12 с посредством молокомера ВАКАТО МК5.

Результаты и их обсуждение. Физиологический процесс молокоотдачи коров и функционирование доильных аппаратов обуславливают нестационарный режим движения молока. По мнению профессора В.М. Ульянова [9], продолжительность нестационарного движения молока на выходе из соска не превышает 1,5% от длительности такта сосания, поэтому можно считать, что с момента открытия молоковыводящего канала наступает стационарный режим движения. Измерение интенсивности молокоотдачи непосредственно на выходе из соска внутри сосковой резины

осуществить технически сложно и экономически нецелесообразно, поскольку сосковая резина является расходным материалом с максимальным сроком использования шесть месяцев. Рациональнее использовать участок за пределами сосковой резины на входе в коллектор, где установлен датчик [8] устройства почетвертного контроля интенсивности молокоотдачи. Расстояние от сфинктера выводного канала до датчика относительно невелико, поэтому на участке сфинктер-коллектор движение потока молока подчиняется общим законам течения капельной жидкости. Из условия неразрывного движения потока однородной жидкости в пределах продолжительности каждого такта сосания следует, что

$$Q_{сф,i} = Q_i,$$

где $Q_{сф,i}$ и Q_i – соответственно текущие расходы молока на выходе из соска вымени и на входе в коллектор (расчетное сечение), м³/с.

Наличие молока в цистерне вымени, избыточное в ней давление, сопротивление сфинктера и разрежение в подсосковой камере доильного стакана определяют в совокупности текущий расход молока. Процесс истечения молока из соска (рис. 1) с момента открытия сфинктера в такте сосания аналогичен истечению жидкости через отверстие (насадок). Текущий расход молока из соска вымени может быть определен по выражению:

$$Q_i = \mu f \sqrt{2gH_i},$$

где Q_i – текущий расход молока, м³/с; μ – коэффициент расхода; f – площадь выводного канала соска, м²; H_i – текущий напор, м.

Боковые стенки соска вымени на расстоянии менее трех линейных размеров диаметра отверстия выводного канала оказывают влияние на степень сжатия струи, при этом коэффициент расхода возрастает¹.

Геометрические размеры (рис. 1) соска вымени коровы отвечают требованиям цилиндрического насадка $l = (2...3)d$, но не соответствуют условию совершенного сжатия $e = 5,97 \text{ мм} < 3d = 8,31 \text{ мм}$. Усредненные размеры соска вымени коровы равны: $d = 2,77 \text{ мм}$ – диаметр отверстия выводного канала; $l = 8,5 \text{ мм}$ – длина выводного канала; e – расстояние по периметру от отверстия до внутренней стенки соска, мм; $D = 14,7 \text{ мм}$ – внутренний диаметр соска [10].

¹Сборник задач по машиностроительной гидравлике: Учеб. пособие для машиностроительных вузов / Д.А. Бугаев, З.А. Калмыкова, Л.Г. Подвидз и др. / под ред. И.И. Куколевского. 4-е изд., перераб. М.: Машиностроение, 1981. 464 с

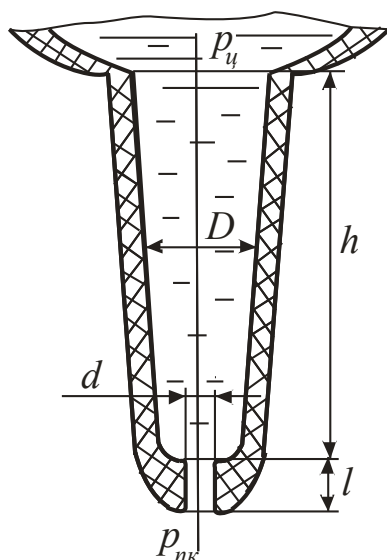


Рис. 1. Схема истечения молока из соска
Fig. 1. The scheme of milk secretion from a nipple

Результаты анализа усредненных геометрических параметров соска вымени коровы свидетельствуют о необходимости корректировки коэффициента расхода молока из соска вымени коровы с учетом несовершенного сжатия. Коэффициент расхода с учетом несовершенного сжатия может быть определен по выражению²:

$$\mu = \mu_{\text{нес.}} = \mu_c \left[1 + 0,64 \left(\frac{f}{F} \right)^2 \right],$$

где $\mu_c = 0,82$ – коэффициент расхода через внешний цилиндрический насадок при совершенном сжатии; F – смоченная площадь стенки, в которой расположено отверстие, м².

Текущий напор истечения равен

$$H_i = \frac{p_{\text{нк},i} - p_{c,i} + p_{u,i}}{\rho_m g} + h_i,$$

где $p_{\text{нк},i}$ – текущее разрежение в подсосковой камере, Па; $p_{c,i}$ – текущее сопротивление сфинктера, Па; $p_{u,i}$ – текущее избыточное цистернальное давление, Па; ρ_m – плотность молока, кг/м³; h_i – текущий уровень молока в цистерне соска вымени коровы, м.

С учетом вышеизложенного текущий расход молока будет равен

$$Q_i = \mu_c \left[1 + 0,64 \left(\frac{f}{F} \right)^2 \right] \cdot f \sqrt{\frac{2}{\rho_m} (p_{\text{нк},i} - p_{c,i} + p_{u,i} + \rho_m g h_i)}. \quad (1)$$

Удой молока из соска одной любой четверти за один рабочий цикл может быть определен по выражению:

$$\Delta V_i = Q_i \Delta t_i, \quad (2)$$

где Δt_i – текущая действительная продолжительность истечения молока из соска вымени коровы в течение такта сосания в рабочем цикле, с.

Интенсивность молокоотдачи каждой особи характеризуется кривой молокоотдачи [11], следовательно продолжительность истечения молока Δt_i из соска вымени коровы в течение доения в рабочих циклах будет изменяться. Умножив и разделив правую часть уравнения (2) на время рабочего цикла t_u , получим

$$\Delta V_i = Q_i \frac{\Delta t_i}{t_u} t_u. \quad (3)$$

Физический смысл отношения

$$\frac{\Delta t_i}{t_u} = K_i$$

представляет собой относительное время действительного поступления молока за время каждого рабочего цикла, т.е. действительную долю (кратность) времени извлечения молока за время такта сосания в рабочем цикле. Кратность рабочего цикла K_i определяется путем измерения времени действительного истечения молока в измеряемом сечении. В двухтактных доильных аппаратах кратность рабочего цикла K_i изменяется за время доения в диапазоне от нуля до максимального значения, равного значению доли такта сосания в рабочем цикле.

²Андреевская А.В., Кремкарий И.Н., Панова М.В. Задачник по гидравлике. Изд. второе перераб. М.: Энергия, 1970. 424 с.

Разовый удой отдельной четверти равен сумме дискретных расходов за n рабочих циклов

$$V_j = \sum_1^{n_i} K_i Q_i t_{\text{ц}}, \quad (4)$$

где V_j – объёмное количество выдоенного молока отдельной четверти, м^3 .

Число рабочих циклов n_i равно

$$n_i = \frac{T_i}{t_{\text{ц}}},$$

где T_i – продолжительность доения данной четверти, с.

Общий удой от всех четвертей равен

$$V = \sum_1^4 V_j = \sum_1^4 \sum_1^{n_i} K_i Q_i t_{\text{ц}}. \quad (5)$$

Относительные длительности этапов (рис. 2) в среднем по результатам исследований [12] составляют: начальный – 5...10%; основной – 60...70%; заключительный –

20...30%. Начальный, основной и заключительный этапы доения визуально разделены изменением углов наклона ансамблей интегральных удоев на границах этапов. Аппроксимации интегральных графиков удоя коров линейными моделями указывают на наличие весьма тесной связи между удоем и продолжительностью доения на каждом этапе и на всей продолжительности в целом. Например, между удоем и всей продолжительностью доения коэффициент детерминизации составил $R^2 = 0,95$.

Тангенсы углов наклона трендов удоя на каждом этапе представляют собой коэффициенты пропорциональности в соответствующих линейных моделях. Тренд изменения разрежения (рис. 2) в подсосковой камере характеризуется снижением на начальном и первой части основного этапов машинного доения, возрастанием во второй части основного и заключительного этапов, т.е. изменяется зеркально кривой молокоотдачи данной особи.

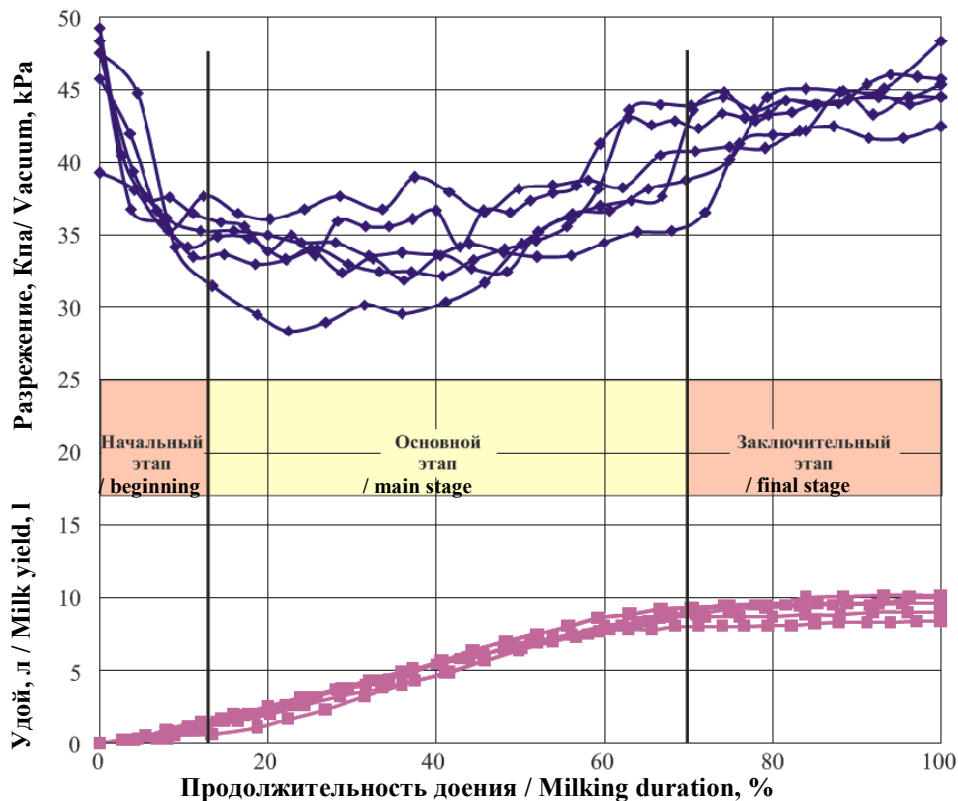


Рис. 2. Влияние продолжительности доения на интегральный удой и величину разрежения в подсосковой камере коллектора

Fig. 2. Influence of milking duration on an integrated milk yield and vacuum intensity in the under-mamillary chamber of the collector

Коэффициенты детерминации взаимосвязи ($R^2 = 0,06...0,15$) между удоем за 12 с и соответствующему ему корню квадратному средней величины разрежения в подсосковых камерах, аппроксимируемых уравнениями первого порядка на всех трех этапах машинного доения, свидетельствуют о слабой их взаимосвязи.

В результате биологической адаптации каждой особи во время машинного доения к режимным параметрам конкретной доильной установки величина удоя за цикл определяется в основном действительной продолжительностью извлечения молока в течение рабочего цикла, а величина разрежения в подсосковой камере в современных доильных установках практически не влияет на текущую величину расхода, т.е. $Q_i \approx \text{const}$. Вследствие этого отпадает необходимость измерения разрежения в подсосковых камерах во время доения с целью определения текущего расхода Q_i для каждого рабочего цикла. Текущий расход Q_i , характеризующий усредненный результат взаимодействия биологических параметров особи (коровы) и вакуумной системы конкретной доильной установки, следует определять в соответствии с величиной разрежения в молокопроводе, усредненными показателями потерь давления на открытие сфинктера канала соска, транспортировку молока и избыточного цистериального

давления в вымени коровы. С учетом обобщений выражение (1) примет вид:

$$Q_i = \mu_c \left[1 + 0,64 \left(\frac{f}{F} \right)^2 \right] f \sqrt{\frac{2}{\rho_m} (p_m - p_c + p_u)}, \quad (6)$$

где p_m – величина разрежения в молокопроводе, Па; $p_c = 33000$ Па [13] – усредненное значение сопротивления сфинктера канала соска совместно с затратами энергии на транспортировку молока; $p_u = 1100$ Па [13] – усредненная величина избыточного цистериального давления.

Расчетные данные и экспериментальные измерения удоя (рис. 3) подтверждают техническую возможность определения дифференцированного учета молока от коровы путем определения времени действительного истечения молока из четверти вымени. Кратность K_i , определенная расчетным путем из выражения (4), изменяется за время доения от нуля до максимального значения $K_{max} = 51,4\%$ и укладывается в диапазон соотношения тактов (60:40). Кратности K_i , рассчитанной по уравнению (4), присуща высокая неравномерность на протяжении основного этапа доения. Такая неравномерность не соответствует истинной величине относительной продолжительности молокоотдачи в данные моменты времени, так как колебания кратности обусловлены в большей степени технологией регистрации выдоенного молока молокомером МК5.

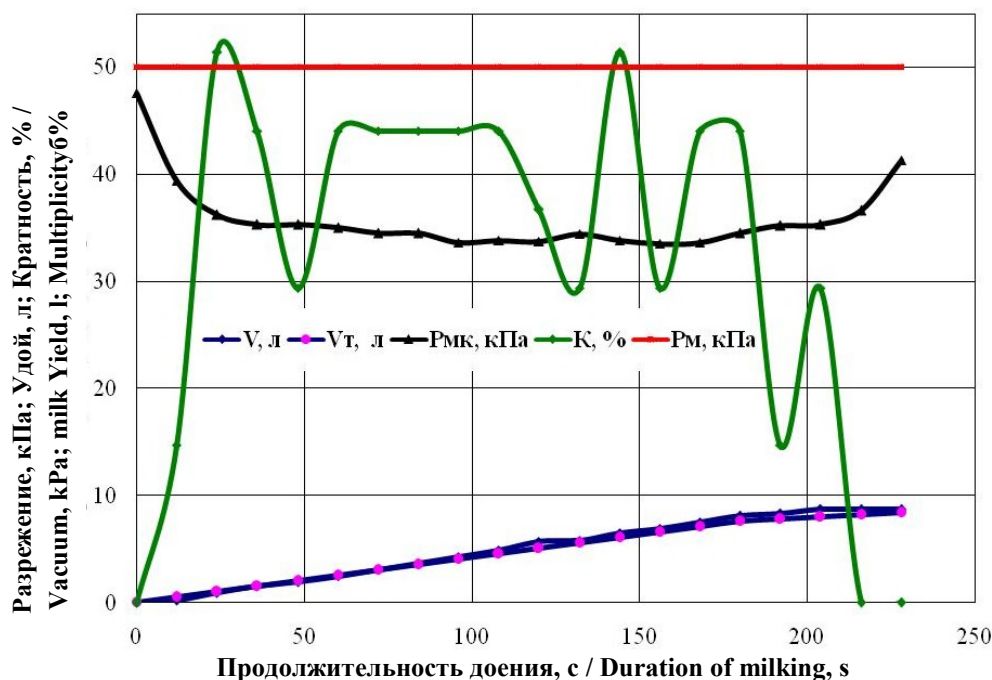


Рис. 3. Изменение показателей режима извлечения молока во время доения
Fig. 3. Change of indexes of the mode of extraction of milk during milking

Молокомер расположен в конце молоко-выводящей линии «вымя-доильный стакан-коллектор-молочный шланг». Сам молокомер снабжен накапливающей ёмкостью для отделения воздушной составляющей потока, поэтому в мензурку молокомера молоко поступает с запаздыванием по времени и дискретными порциями.

Начальный этап, как правило, при условии в полном объеме выполнения подготовительных операций имеет малую (10...15 с) продолжительность [14], поэтому теоретический удой V_T (рис. 3) определен расчетами по выражениям (5) и (6), исходя из среднего значения кратности K для основного и начального этапов машинного доения и отдельно для заключительного (при использовании текущих значений кратности K_i ; результаты фактического и теоретического удоев полностью совпадут).

Заключение. Расчеты показали, а экспериментальные данные подтвердили принципиальную и техническую возможность

выполнения дифференцированного учета удоя путем измерения продолжительности поступления молока в течение каждого такта сосания от каждой четверти вымени каждой особи. Технически дифференцированный учет удоев может быть реализован путем использования дополнительных блоков измерения действительной продолжительности извлечения молока с интенсивностью выше критической (50 мл/мин), расчета и индикации удоев, интегрированных в устройство почетвертного контроля интенсивности молокоотдачи. Использование доильных аппаратов с функцией дифференцированного учета выдоенного молока позволит определять пригодность коров к машинному доению, минимизировать влияние сухого доения, упростить трудоемкую процедуру контрольных доек, а, в конечном счете, сохранить здоровье, повысить срок продуктивного использования животных, количество и качество выдоенного молока.

Список литературы

1. Исинтиев Т.И. Обеспечение регулирования режимов работы доильного аппарата // Вестник ВНИИМЖ. 2012. №2(6). С. 62-66. Режим доступа: <http://www.vniimzh.ru/images/material/Magazines/n6.pdf>.
2. Кирсанов В.В., Максудов А.А. Тенденции совершенствования технических средств учета индивидуального надоя молока // Техника в сельском хозяйстве. 1998. №3. С. 19.
3. 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. Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_23857064_89654672.pdf.
4. Павкин Д.Ю., Кирсанов В.В. Результаты экспериментальных исследований по совершенствованию счетчика-датчика общего и почетвертного надоя молока // Вестник ВНИИМЖ. 2017. № 4 (28). С. 48-52. Режим доступа: <http://www.vniimzh.ru/images/material/Magazines/n28.pdf>.
5. Способ индивидуального учета молока с автоматической коррекцией погрешности определения удоя и устройство для его осуществления: пат. №2044472 РФ / Ю.А. Цой; А.И. Зеленцов; В.В. Кирсанов; А.А. Герасенков (РФ). №5046954/15; Заявлено 09.04.1992; Опубликовано 27.09.1995, Бюл. №38, 2 с. Режим доступа: http://www1.fips.ru/fips_servl/fips_servlet?DB=RUPAT&rn=5212&DocNumber=2044472&TypeFile=html.
6. Способ измерения расхода молока и устройство для его осуществления: пат. 2093982 РФ / Тильман Хефельмайр; Якоб Майер Юн (ДЕ). №5011377/02; заявл. 26.03.1992; опубл. 27.10.1997, Бюл. №37, 11 с. Режим доступа: http://www1.fips.ru/fips_servl/fips_servlet?DB=RUPAT&rn=3095&DocNumber=2093982&TypeFile=html.
7. Устройство для учета молока в молокопроводах животноводческих ферм: пат. № 2444182 РФ / Ф.Г. Марьяхин; А.И. Учеваткин; Б.П. Коршунов; А.Б. Коршунов; В.С. Коптев; А.В. Власов (РФ). № 2010123688/13; заявл. 10.06.10; опубл. 10.03.12, Бюл. № 7, 1 с. Режим доступа: http://www1.fips.ru/fips_servl/fips_servlet?DB=RUPAT&rn=5748&DocNumber=2444182&TypeFile=html.
8. Доильный аппарат: пат. на полезную модель №154881 РФ / А.А. Рылов, В.Н. Шулятьев, И.Г. Конопельцев (РФ). №2015113650/13; заявл. 13.04.15; опубл. 10.09.15, Бюл. №25, 2 с. Режим доступа: http://www1.fips.ru/fips_servl/fips_servlet?DB=RUPM&rn=2113&DocNumber=154881&TypeFile=html.
9. Ульянов В.М. Вопросы теории машинного доения. Рязань, 2006. 112 с.
10. Андрианов Е.А., Андрианов А.М., Андрианов А.А. Совершенствование доильных аппаратов непрерывного действия // Вестник Воронежского ГАУ. 2013. №4 (39). С. 84-94. Режим доступа: http://vestnik.vsau.ru/wp-content/uploads/2014/12/2013_4-39.pdf.
11. Соловьев С.А., Карташов Л.П. Исполнительные механизмы системы «человек-машина-животное». Екатеринбург: УрОРАН, 2001. 179 с.
12. Шулятьев В.Н., Рылов А.А. Машинное доение коров (Привязное содержание): монография, Киров: ООО ЛОБАНЬ, 2017. 198 с.

13. Кирсанов В.В. Структурно-технологическое обоснование эффективности построения и функционирования доильного оборудования. Княгинино: НГИЭИ, 2012. 396 с.

14. Шулятьев В.Н., Рылов А.А., Сайтов А.В. Исследование вакуумного режима процесса извлечения молока двухтактными доильными аппаратами в верхний молокопровод при привязном содержании // Улучшение эксплуатационных показателей сельскохозяйственной энергетики: Матер. X-й Междунар. науч.- практ. конф. «Наука-Технология-Ресурсосбережение». Киров: Вятская ГСХА, 2017. Вып. 18. С. 315-319.

Поступила: 23.10.2018

Принята к публикации: 12.02.2019

Сведения об авторах:

Рылов Александр Аркадьевич, кандидат техн. наук, доцент кафедры технологического и энергетического оборудования ФГБОУ ВО "Вятская государственная сельскохозяйственная академия", Октябрьский пр-кт, 133, г. Киров, Российская Федерация, 610017, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8431-1521>**, e-mail: k-consultant@yandex.ru,

Савиных Петр Алексеевич, доктор техн. наук, главный научный сотрудник, зав. лабораторией механизации животноводства ФГБНУ "Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого", ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: priemnaaya@fancsv.ru, профессор кафедры технологического и энергетического оборудования ФГБОУ ВО "Вятская государственная сельскохозяйственная академия", Октябрьский просп., 133, г. Киров, Российская Федерация, 610017, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5668-8479>**, e-mail: Peter.savinyh@mail.ru,

Шулятьев Валерий Николаевич, доктор техн. наук, профессор кафедры технологического и энергетического оборудования, ФГБОУ ВО "Вятская государственная сельскохозяйственная академия", Октябрьский пр-кт, 133, г. Киров, Российская Федерация, 610017, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5668-8479>**, e-mail: Shulyatev.Valeriy@mail.ru.

References

1. Isintiev T.I. *Obespechenie regulirovaniya rezhimov raboty do-il'nogo apparata*. [Ensuring regulation of operating modes of the milking machine]. *Vestnik VNIIMZh*. 2012. no. 2(6). pp. 62-66. (In Russ.). URL: <http://www.vniimzh.ru/images/material/Magazines/n6.pdf>

2. Kirsanov V.V., Maksutov A.A. *Tendentsii sovershenstvovaniya tekhnicheskikh sredstv ucheta individual'nogo nadoya moloka*. [Trends of improvement of technical means for individual milk recording]. *Tekhnika v sel'skom khozyaystve*. 1998. no. 3. pp. 19. (In Russ.).

3. Tsoy Yu.A., Kirsanov V.V., Pavkin D.Yu. *Razrabotka schetchika individual'nykh nadoev moloka udovletvoryayushchego trebovaniyam mezhduna-rodnoy organizatsii ICAR*. [Development of the counter of individual milk yield meeting the requirements of the international organization ICAR]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. 2015. no. 7. pp. 21-23. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_23857064_89654672.pdf.

4. Pavkin D.Yu., Kirsanov V.V. *Rezultaty eksperimental'nykh i-sledovaniy po sovershenstvovaniyu schetchika-datchika obshchego i pochetvertnogo nadoya moloka*. [Results of pilot studies on improvement of the counter sensor of the general and separately on quarters milk yield]. *Vestnik VNIIMZh*. 2017. no. 4 (28). pp. 48-52. (In Russ.). URL: <http://www.vniimzh.ru/images/material/Magazines/n28.pdf>.

5. Tsoy Yu.A., Zelentsov A.I., Kirsanov V.V., Gerasenkov A.A. *Sposob individual'nogo ucheta moloka s avtomaticheskoy korrektsiey pogreshnosti opredeleniya udoya i ustroystvo dlya ego osushchestvleniya*. [A way of individual recording of milk with automatic correction of an error of milk yield definition and the device for its implementation]. Patent RF, no. 2044472, 1995. (In Russ.). URL: [at:http://www1.fips.ru/fips_servl/fips_servlet?DB=RUPAT&rn=5212&DocNumber=2044472&TypeFile=html](http://www1.fips.ru/fips_servl/fips_servlet?DB=RUPAT&rn=5212&DocNumber=2044472&TypeFile=html).

6. Til'man Khefel'mayr; Yakob Mayer *Yun Sposob izmereniya raskhoda moloka i ustroystvo dlya ego osushchestvleniya*. [A way of measurement of flow rate of milk and the device for its implementation: patent]. Patent RF, no. 2093982, 1997. (In Russ.). URL: http://www1.fips.ru/fips_servl/fips_servlet?DB=RUPAT&rn=3095&DocNumber=2093982&TypeFile=html.

7. Mar'yakhin F.G., Uchevatkin A.I., Korshunov B.P., Korshunov A.B., Koptev V.S., Vlasov A.V. *Ustroystvo dlya ucheta moloka v molokoprovodakh zhivotnovodcheskikh ferm*. [The device for milk recording in milk line of livestock farms: patent]. Patent RF. № 2444182, 2012. (In Russ.). URL: http://www1.fips.ru/fips_servl/fips_servlet?DB=RUPAT&rn=5748&DocNumber=2444182&TypeFile=html.

8. Rylov A.A., Shulyat'ev V.N., Konopeltsev I.G. *Doil'nyy apparat*. [Milking machine]. Patent RF. no.154881, 2015. (In Russ.). URL: http://www1.fips.ru/fips_servl/fips_servlet?DB=RUPM&rn=2113&DocNumber=154881&TypeFile=html.

9. Ul'yanov V.M. *Voprosy teorii mashinnogo doeniya. Ryazan'*. [Questions of the theory of machine milking]. 2006. 112 p. (In Russ.).

10. Andrianov E.A., Andrianov A.M., Andrianov A.A. *Sovershenstvovanie doil'nykh apparatov nepreryvnogo deystviya*. [Operating mechanism of continuous action]. *Vestnik Voronezhskogo GAU*. 2013. no. 4 (39). pp. 84-94. (In Russ.). URL: http://vestnik.vsau.ru/wp-content/uploads/2014/12/2013_4-39.pdf.
11. Solov'ev S.A., Kartashov L.P. *Iсполnitel'nye mekhanizmy sistemy «chelovek-mashina-zhivotnoe»*. [Operating mechanism of the «person-car-animal» system]. Ekaterinburg: *UrORAN*, 2001. 179 p. (In Russ.).
12. Shulyat'ev V.N., Rylov A.A. *Mashinnoe doenie korov (Privyaznoe sodержanie): monografiya*. [Machine milking of cows (Tie-up housing): monograph]. Kirov: *ООО LOBAN"*. 2017. 198 p. (In Russ.).
13. Kirsanov V.V. *Strukturno-tekhnologicheskoe obosnovanie effektivnosti postroeniya i funktsionirovaniya doil'nogo oborudovaniya*. [Structural and technological substantiation of efficiency of construction and functioning of the milking equipment]. Knyaginino: *NGIEI*, 2012. 396 p. (In Russ.).
14. Shulyat'ev V.N., Rylov A.A., Saitov A.V. *Issledovanie vakuumnogo rezhima protsessa izvlecheniya moloka dvukhtaktnymi doil'nymi apparatami v verkhniy molokoprovod pri privyaznom sodержanii*. [A research of a vacuum mode of the process of milk extraction by duple milking machines in the top milk line at tie-up housing]. *Uluchshenie ekspluatatsionnykh pokazateley sel'skokhozyaystvennoy energetiki: Mater. Kh-y Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.- «Nauka-Tekhnologiya-Resursosberezhenie»*. [Improvement of operational indicators of an agricultural power engineering: Proceedings of the 10 International scientific and practical Science-Technology- Resource-saving conference]. Kirov: *Vyatskaya GSKhA*, 2017. Iss. 18. pp. 315-319. (In Russ.).

Received: 23.10.2018

Accepted for publication: 12.02.2019

Information about the authors:

Alexander A. Rylov, Ph.D. (Engineering), associate professor in cathedra of technological and energetic tools Vyatka State Agricultural Academy, Russia, Kirov, Oktyabrsky Avenue, 133,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8431-1521>, e-mail: k-consultant@yandex.ru,

Peter A. Savinykh, Dr.Sci. (Engineering), chief researcher, head of the laboratory of mechanization of livestock production Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky Kirov, Russia, Lenin St., 166a, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, professor in cathedra of technological and energetic tools Vyatka State Agricultural Academy, Russia, Kirov, Oktyabrsky Avenue, 133,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5668-8479>, e-mail: Peter.savinyh@mail.ru,

Valery N. Shulyatiev, Dr.Sci. (Engineering), professor in cathedra of technological and energetic tools Vyatka State Agricultural Academy, Russia, Kirov, Oktyabrsky Avenue, 133,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5686-863X>, e-mail: Shulyatev.Valeriy@mail.ru.