

ТЕХНОЛОГИИ, СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Научная статья

УДК 338.436:636.2.034.003.13 (470.325)

doi:

**ОБОСНОВАНИЕ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА
УСТРОЙСТВА ДЛЯ МАССАЖА ВЫМЕНИ НЕТЕЛЕЙ**

Анатолий Алексеевич Курочкин¹, Дмитрий Иванович Фролов²

^{1, 2} Пензенский государственный технологический университет, Пенза, Россия

¹anatolii_kuro@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3824-4364>

²surr@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9166-1132>

Цель исследований – обоснование параметров пневматической составляющей рабочего процесса устройства для массажа вымени нетелей. Рассмотрена проблема повышения эффективности подготовки нетелей к лактации. Обоснована конструктивно-технологическая схема модернизированного устройства для комбинированного массажа вымени нетелей, позволяющего регулировать интенсивность пневматической составляющей массажного воздействия на ткани молочной железы животного. На основе полученной диаграммы изменения давления в колоколе и массажном элементе устройства (присоске) проведен общий анализ рабочего процесса массажных устройств, работающих по двухкамерной схеме. Предложено техническое решение, позволяющее устранить недостатки прототипа за счет более рациональной диаграммы изменения давления в массажном колоколе и его исполнительном механизме – массажном элементе. К положительной стороне модернизированной конструктивно-технологической схемы массажного устройства можно отнести возможность раздельного регулирования интенсивности пневматической и механической составляющих массажа, что позволяет получить два технологических режима работы устройства с целью подготовки нетелей к лактации в различные периоды их стельности. Первый режим реализуется при установке в дне массажного колокола сменной вставки диаметром 3,0 мм и выкрученном регулировочном винте в распределителе воздуха, второй – при использовании вставки диаметром 1,5 мм и максимальном вкручивании регулировочного винта. Такая модернизация позволила упростить регулирование давления воздуха (вакуума) в колоколе массажного устройства и его исполнительном механизме – массажном элементе. Разработанное устройство обеспечивает регулируемые параметры пневматической составляющей массажа для колокола и элемента, соответственно, в интервалах 10-17 и 19-28 кПа, что хорошо согласуется с требованиями к технологическому процессу подготовки нетелей к лактации.

Ключевые слова: нетель, молочная железа, массажное устройство, конструктивно-технологическая схема, комбинированный массаж, вакуум, пульсатор.

Для цитирования: Курочкин А. А., Фролов Д. И. Обоснование пневматической составляющей рабочего процесса устройства для массажа вымени нетелей // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. №4. С. 48–54. doi:

TECHNOLOGY, MEANS OF MECHANIZATION AND POWER EQUIPMENT IN AGRICULTURE

Original article

**ANALYSIS OF MASSAGE DEVICE OPERATION ON THE BASIS OF PNEUMATIC
ELEMENTS FOR HEIFER UDDER**

Anatoly A. Kurochkin¹, Dmitry I. Frolov²

^{1, 2}Penza State Technological University, Penza, Russia

¹anatolii_kuro@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3824-4364>

²surr@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9166-1132>

The study purpose is substantiation of working parameters of air-driven elements of a massage device for a heifer udder. The article considers the problem of improving the effectiveness of preparing heifers for lactation. The workable and process operational diagram of a modernized device for a combined massage of a heifer udder which allows regulating the intensity of the pneumatic component of a massage effect on the breast tissue of an animal, is substantiated. Based on the obtained diagram of pressure changes in the bell and the massaging element (sucker) of the device, a general analysis of the working process of massaging devices operating according to a two-chamber scheme is carried out. A technical solution is proposed that allows eliminating the shortcomings of the prototype due to a more rational diagram of pressure changes in a massaging bell and its executive mechanism – the massaging element. To a positive result of a modernized workable and process operational diagram of a massaging device can be referred the possibility of separate regulation of intensity of the pneumatic and mechanical components of a massage, which allows to get two technological modes of operation of a device in order to prepare heifers for lactation in different periods of calving. The first mode is realized when a replaceable insert with a diameter of 3.0 mm is installed onto the bottom of a massaging bell and an unbolted adjustment screw in the air distributor, and the second mode is realized when an insert with the diameter of 1.5 mm is used and the adjustment screw is twisted in as tight as possible. This modernization made it possible to simplify the regulation of air pressure (vacuum) in the bell of the massaging device and its executive mechanism – a massaging element. The developed device provides adjustable parameters of the pneumatic component of a massage for the bell and an element, respectively, in intervals of 10-17 and 19-28 kPa, which is in good agreement with the requirements for the operational process of preparing heifers for lactation.

Keywords: heifers, udder, massaging device, workable and operational diagram, combined massage, vacuum, pulse controller.

For citation: Kurochkin, A. A. & Frolov, D. I. (2021). Analysis of massage device operation on the basis of pneumatic elements for heifer udder. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi sel'skohoziastvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 4, 48–54 (In Russ.). doi: [10.26907/2542-0410.2021.4.48-54](#)

Подготовка нетелей к лактации относится к одному из наиболее важных технологических приемов повышения продуктивности коров-первотелок. Она служит для приучения животных к машинному доению в период их лактации и предусматривает массаж вымени нетелей за 2-3 месяца до их отела с помощью специальных технических средств [1, 2, 6, 7]. При этом, несмотря на многочисленные работы, выполненные за последние 40-45 лет в части изыскания рациональных технологических и технических параметров устройств для массажа молочной железы нетелей, результатов, приемлемых для реального производства, не получено. В связи с этим исследования, направленные на решение данной проблемы все еще остаются актуальными как для науки, так и для производства. В настоящее время стало очевидным, что наиболее существенное противоречие разработанных ранее массажных устройств заложено в их конструктивно-технологической схеме. Проявляется это в первую очередь в том, что стремление к решению базовых задач технологии – облегчить адаптацию организма животного к доильному аппарату и интенсифицировать рост и развитие молочной железы животных, привело к значительному усложнению конструкции технических средств, а также существенно повысило трудоемкость технологического процесса и требования к обслуживающему персоналу. Рациональным подходом в решении этой проблемы, является применение массажных устройств с комбинированным пневмомеханическим принципом воздействия на вымя нетели. При этом в идеальном случае параметры пневматического и механического массажа должны достаточно просто регулироваться, а молочная железа животных после окончания массажа легко восстанавливать свой штатный физиологический статус [4, 5].

С точки зрения такого подхода в качестве объекта модернизации может быть рассмотрен агрегат для пневмомассажа вымени нетелей АПМ-1-Ф, до недавнего времени выпускавшийся промышленностью серийно. При этом следует учитывать не только сильные стороны его конструкции, но и очевидные недостатки, которые в основном относятся к его исполнительному механизму, непосредственно взаимодействующему с молочной железой животного – устройству для пневмомассажа вымени нетелей (УПВН).

Устройство представляет собой жесткую конструкцию в виде полусферы (колокола), размеры и форма которой учитывают конфигурацию молочной железы. Внутри полусферы смонтирована

полиэтиленовая подпружиненная решетка. Полость полусферы посредством шланга связана с пульсатором, который, в свою очередь, с помощью магистрального шланга подключается к вакуумной системе агрегата [3]. Механическое воздействие устройства на вымя животного осуществляется с помощью подпружиненной пластмассовой решетки с выступами, которой снабжены два типоразмера (из трех) колокола, различающихся по объему полости. В днище полусферы выполнено дренажное отверстие диаметром 1,5 мм, которое прикрывается оператором в момент установки колокола на вымя животного, а в последующем обеспечивает необходимое значение вакуума в УПВН.

Очевидные недостатки УПВН проявляются в процессе анализа диаграммы изменения давления в его массажном колоколе и включают незначительную амплитуду изменения рабочего вакуума (5-7 кПа), а также отсутствие полноценной разгрузки вымени животного от действия вакуума по причине того, что в колоколе на протяжении всего рабочего цикла давление воздуха не восстанавливается до значения атмосферного [4].

Следует особо отметить, что второй недостаток для данной конструктивно-технологической схемы УПВН является неустранимым, так как остаточный вакуум служит для удержания колокола на вымени животного в такте разгрузки. Таким образом, такт разгрузки не является полноценным с точки зрения восстановления нормального кровообращения в тканях вымени животного и для данной конструкции какие-либо приемлемые решения по устранению этого недостатка практически отсутствуют.

Замена остаточного вакуума в массажном колоколе на атмосферное давление в такте разгрузки возможна в конструктивно-технологической схеме, при которой два колокола, или их аналоги, изменяют давление в противофазе. В настоящее время разработаны и запатентованы несколько конструкций двухкамерных устройств для комбинированного массажа вымени нетелей, которые могут быть приняты за базу для дальнейшей их модернизации [4-7].

Цель исследований – обоснование параметров пневматической составляющей рабочего процесса устройства для массажа вымени нетелей.

Задачи исследований – анализ пневматического воздействия на вымя животных путем изучения диаграммы изменения давления в рабочих органах двухкамерного массажного устройства.

Материалы и методы исследований. Объект исследований – модернизированное устройство для комбинированного (пневмомеханического) массажа нетелей двухкамерного типа. Реализованные в исследованиях методы позволили получить диаграмму изменения давления в массажном колоколе и присоске устройства. Исследования выполнены на базе экспериментальной установки, в составе которой искусственное вымя коровы, вакуумная система доильной установки, измерительная и записывающая аппаратура. Регулирование величины рабочего давления (вакуума) осуществлялось с помощью вакуум-регулятора АДМ 08.010.

Преобразование давления воздуха в массажном устройстве в электрические сигналы и их запись осуществляли с помощью схемы, приведенной на рисунке 1.

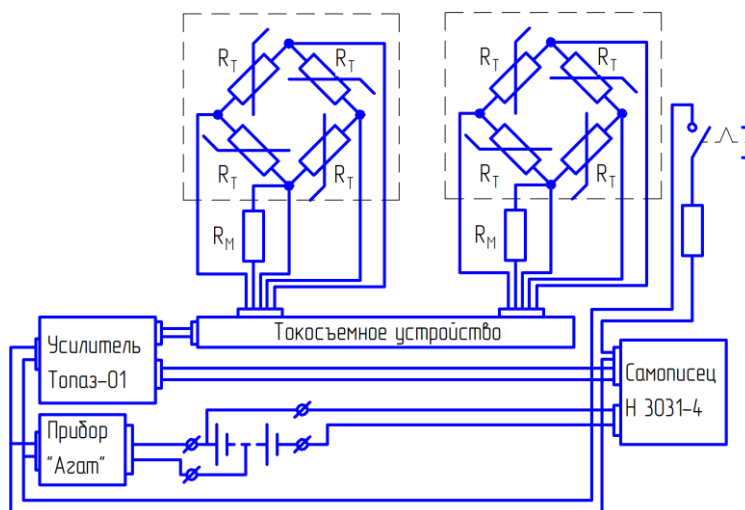


Рис. 1. Схема преобразования давления воздуха в массажном устройстве в электрические сигналы

Результаты исследований. Для проведения исследований было изготовлено массажное устройство, конструктивно-технологическая схема которого представлена на рисунке 2. Устройство снабжено распределителем золотникового типа, позволяющим обеспечить отдельное (независимое) регулирование интенсивности пневматического массажа вымени нетелей с помощью массажного колокола, а также механического воздействия на молочную железу за счет и массажного элемента. В качестве прототипа устройства было взято техническое средство для реализации способа подготовки нетелей к отелу, защищенного авторским свидетельством на изобретение [4]. В конструкцию этого массажного устройства внесены следующие изменения:

1. Исключен регулировочный винт, ограничивающий перемещение поршня распределителя в его верхнем положении.

2. Вместо двух калиброванных отверстий в дне массажного колокола предусмотрено использование двух сменных вставок диаметром 1,5 и 3,0 мм. Такая модернизация позволила упростить регулирование давления воздуха (вакуума) в колоколе массажного устройства и его исполнительном механизме – массажном элементе. При этом устройство может настраиваться на работу в одном из двух режимов: повышенного и пониженного вакуума. Первый режим реализуется в случае установки сменной вставки диаметром 3,0 мм и при выкрученном регулировочном винте, второй – при наличии в дне колокола вставки диаметром 1,5 мм и максимальном вкручивании регулировочного винта.

Основой устройства является массажный колокол 1 (рис. 2), снабженный резиновым уплотнителем 2 и силовой пневмокамерой 14. В камеру встроен шток, на конце которого закреплен массажный элемент 3, выполненный в виде резинового кольца.

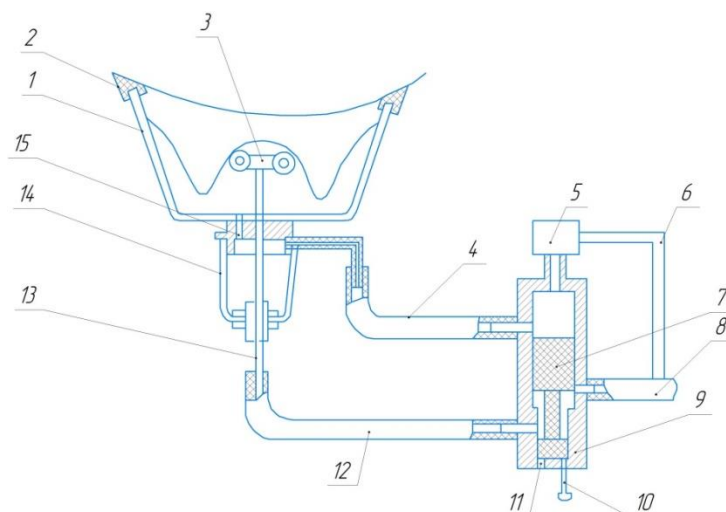


Рис. 2. Конструктивно-технологическая схема массажного устройства:

- 1 – массажный колокол; 2 – уплотнитель; 3 – массажный элемент; 4, 6, 8, 12 – соединительные шланги;
 5 – пульсатор; 7 – поршень распределителя; 9 – распределитель; 10 – регулировочный винт;
 11 – калиброванное отверстие распределителя; 13 – полый шток; 14 – силовая пневмокамера; 15 – отверстие

В дне массажного колокола выполнено отверстие 15, соединяющее полости колокола и силовой камеры. В отверстии имеется возможность фиксирования одной из двух сменных вставок с диаметром отверстий 1,5 и 3,0 мм. Распределитель имеет по два входных и выходных патрубка. Один из входных патрубков соединен с пульсатором 5, а другой с помощью шланга 8 и магистрального шланга – с вакуум-проводом. Верхний выходной патрубок распределителя с помощью шланга 4 соединен с силовой пневмокамерой, а посредством нижнего патрубка с помощью шланга 12 и полого штока 13 воздух подается и отсасывается из массажного элемента массажного устройства. Пульсатор 5 служит для преобразования постоянного по величине пониженного давления (вакуума) в переменное. Внутри распределителя под действием переменного давления, создаваемого пульсатором, перемещается фигурный поршень 7. Ход поршня до крайнего нижнего положения может регулироваться посредством винта 10, а подача воздуха в массажный элемент при верхнем расположении поршня обеспечивается за счет отверстия 15 с соответствующей вставкой.

Рабочий процесс массажного устройства осуществляется следующим образом. С помощью пульсатора 5 в верхней части распределителя образуется пониженное давление, поршень 7 перемещается в верхнее положение, в результате чего в полости силовой пневмокамеры 14 с помощью шланга 4 образуется вакуум. При этом в массажном колоколе за счет отверстия 15 давление воздуха также понижается. Силовая камера под действием вакуума сжимается и перемещает

штوك 13 с массажным элементом 3 вверх. В кольцевом пространстве массажного элемента за счет калиброванного отверстия 11, шланга 12, а также полого штока 13 давление воздуха повышается до атмосферного. Таким образом, в части молочной железы животного, ограниченной массажным колоколом, осуществляется пневмомассаж, а другая ее часть, на которую воздействует массажный элемент, подвергается механическому массажу.

В следующем рабочем цикле массажного устройства в верхнюю часть его распределителя с помощью пульсатора подается воздух, и поршень перемещается в нижнее положение. При этом в полости силовой камеры давление воздуха повышается до атмосферного. Камера восстанавливает свою первоначальную форму, а полый шток 13 с массажным элементом перемещается вниз. Из силовой камеры воздух посредством отверстия вставки поступает в массажный колокол. В этот момент массажный колокол удерживается на вымени животного за счет массажного элемента, в кольцевом пространстве которого за счет полого штока 13, шланга 12 и вакуум-провода создается пониженное давление (вакуум). Величина вакуума в массажном элементе зависит от степени перекрытия отверстия в штуцере распределителя и регулируется вкручиванием или выкручиванием регулировочного винта 10. Сменные вставки с отверстиями диаметром 1,5 и 3,0 мм позволяют перераспределять давление в силовой пневмокамере и в полости массажного колокола. Увеличение интенсивности механического массажа достигается путем установки вставки с меньшим диаметром отверстия. Это приводит к снижению скорости откачивания воздуха из массажного колокола, давление воздуха в нем будет превышать этот параметр в силовой пневмокамере. Данный режим работы устройства соответствует относительно высокой интенсивности механического массажа и низкой – пневматического массажа. Установка сменной вставки с большим диаметром позволяет перевести работу массажного устройства в режим усиленного пневматического массажа и менее интенсивного механического.

На рисунке 3 представлена диаграмма изменения давления в модернизированном массажном устройстве, которая свидетельствует о возможности изменения регулируемых параметров пневматического воздействия на вымя нетели, как в массажном колоколе, так и в массажном элементе (присоске).

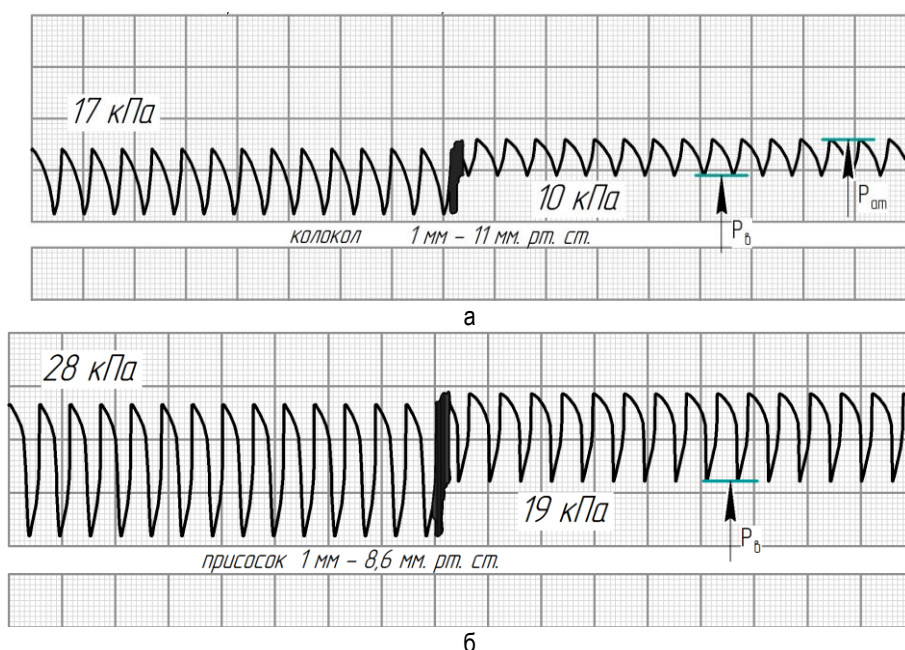


Рис. 3. Диаграмма изменения давления в массажном устройстве:

а – в массажном колоколе; б – в массажном элементе

В массажном колоколе при замене сменной вставки с диаметром отверстия 3,0 мм (левая часть диаграммы) на диаметр 1,5 мм (правая часть диаграммы) можно уменьшить величину вакуума, действующего на ткани вымени, с 17 до 10 кПа. Более щадящий режим работы массажного устройства позволяет в такте разгрузки повышать давление до величины атмосферного, тогда как в первом режиме в полости колокола сохраняется небольшой вакуум – примерно 3 кПа. Приведенное соотношение давлений характерно и для силовой камеры, что позволяет сделать вывод о возможности регулирования интенсивности механической составляющей массажа при работе модернизированного устройства.

Величина вакуума в массажном элементе (присоске) регулируется вкручиванием регулировочного винта 10 (левая часть соответствующей диаграммы) и его выкручиванием (правая часть). Полное выкручивание регулировочного винта позволяет снизить величину вакуума в массажном элементе (присоске) с 28 до 19 кПа. При этом более интенсивный режим характеризуется тем, что в период разгрузки в массажном элементе сохраняется незначительный вакуум – примерно 2 кПа.

Следует отметить, что более высокий вакуум в присоске по сравнению с массажным колоколом объясняется необходимостью удержания массажного устройства на вымени животного в цикле разгрузки, когда в колоколе давление повышается до величины, соответствующей атмосферному. Теоретически снижение вакуумной нагрузки на участок молочной железы нетели, взаимодействующий с массажным элементом, возможно в случае меньшей массы устройства или увеличения площади контакта рабочей поверхности массажного элемента с выменем. При этом целесообразность этих вариантов неочевидна, так как механическая составляющая массажного устройства обеспечивает восстановление нормального кровообращения на этой, относительно небольшой, части молочной железы животного.

Заключение. Конструктивно-технологическая схема модернизированного массажного устройства позволяет устранить недостатки, присущие образцу, принятому за прототип. Достижение этой цели основано на рациональной диаграмме изменения давления в массажном колоколе и его исполнительном механизме – массажном элементе. Применение устройства позволяет обеспечить значения регулируемых параметров пневматической составляющей массажа для колокола и элемента, соответственно, в пределах 10-17 кПа и 19-28 кПа, что хорошо согласуется с требованиями к технологическому процессу подготовки нетелей к лактации.

Список источников

1. Андрианов Е. А., Андрианов А. М., Андрианов А. А. и др. Адаптация первотелок к машинному доению и качество молока в связи с массажем вымени нетелей в период подготовки их к лактации // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2012. № 1. С. 36–38.
2. Емельянов Д. Г., Каюмов Р. Р., Сафиуллин Н. А. Эффективность подготовки нетелей к лактации // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2013. Т. 215. С. 114–118.
3. Жужа С. В. Механизация процесса массажа вымени нетелей в условиях современных комплексов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 1984.
4. Курочкин А. А. Экспериментальные исследования устройства для массажа вымени нетелей двухкамерного типа // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2017. № 2(34). С. 70–74.
5. Курочкин А. А., Зимняков В. М., Фролов Д. И. Методика технико-экономической оценки технологии подготовки нетелей к лактации // Вестник НГИЭИ. 2018. № 7(86). С. 39–48.
6. Ужик О. В. Разработка и теоретическое обоснование технологий и технических средств для молочного скотоводства: дис. ... д-ра. техн. наук. Белгород, 2014.
7. Ужик В. Ф., Чехунов О. А. Обоснование устройства для массажа вымени нетелей // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2018. № 2(18). С. 51–66.

References

1. Andrianov, E. A., Andrianov, A. M. & Andrianov, A. A. et al. (2012). Adaptation of first calving heifers to machine milking and milk quality due to massage of heifer udder during their preparation for lactation. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Vestnik of Voronezh State Agrarian University)*, 1, 36–38 (in Russ.).
2. Yemelyanov, D. G., Kayumov, R. R. & Safiullin, N. A. (2013). The effectiveness of preparing heifers for lactation. *UcheniezapiskiKazanskoigosudarstvennoiakademiiiveterinarnomediciniimeni N. E. Bauman (Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman)*, 215, 114–118 (in Russ.).
3. Zhuzha, S. V. (1984). Automation of a process of massage of a heifer udder under the conditions of modern complexes. *Extended abstract of candidate's thesis*. Moscow (in Russ.).
4. Kurochkin, A. A. (2017). Experimental studies of a device for massaging a heifer udder by a two-chamber type. *Vestnik Riazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. Pe. A. Kostycheva (Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P. A. Kostycheva)*, 2(34), 70–74 (in Russ.).
5. Kurochkin, A. A., Zimnyakov, V. M. & Frolov, D. I. (2018). Methodology of technical and economic assessment of a mode of preparing heifers for lactation. *Vestnik NGIEI (Bulletin NGIEI)*, 7(86), 39–48 (in Russ.).
6. Uzhik, O. V. (2014). Development and theoretical justification of technologies and technical means for dairy cattle breeding. *Doctor's thesis*. Belgorod (in Russ.).
7. Uzhik, V. F. & Chekhov, O. A. (2018). Justification of the device for massaging a heifer udder. *Innovacii v APK: problemy i perspektivy (Innovations in Agricultural Complex: problems and perspectives)*, 2(18), 51–66 (in Russ.).

Информация об авторах

А. А. Курочкин – доктор технических наук, профессор;
Д. И. Фролов – кандидат технических наук, доцент.

Information about the authors

A. A. Kurochkin – Doctor of Technical Sciences, Professor;
D. I. Frolov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 25.08.2021; одобрена после рецензирования 21.09.2021; принята к публикации 18.10.2021.

The article was submitted 25.08.2021; approved after reviewing 21.09.2021; accepted for publication 18.10.2021.