

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 637.11:637.115.6

<https://doi.org/10.26897/2687-1149-2024-1-25-30>**Эффективная мойка доильных аппаратов****Р.Ф. Филонов¹, Н.Г. Кожевникова², В.Н. Кравченко³**^{1,2,3} Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; г. Москва, Россия¹ filofr@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3872-4605>; AuthorID: 767650² energo-ngk@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3664-9456>; AuthorID: 346095³ k.v.n.72@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9799-2792>; AuthorID: 767650

Аннотация. Промывка и дезинфекция доильного оборудования необходимы для получения качественного молока. При промывке системы доения наиболее проблематичной, затратной и продолжительной является промывка доильных стаканов. С целью оптимизации системы промывки проведены аналитические исследования скорости движения воздушно-гидравлической смеси в доильном стакане. Авторами разработано промывочное устройство доильных аппаратов, включающее в себя подающую систему коллекторного типа для распределения моющего раствора в четыре конусообразные вращающиеся насадки с механически активной поверхностью произвольного вращения. Равномерная и объемная подача моющей жидкости на загрязненную поверхность сосковой резины осуществляется через конусные насадки, на поверхности которых расположены струйные распылители и щетинки, обеспечивающие фрикционную мойку. Коллекторная платформа с насадками позволяет подключать доильные стаканы без разборки доильного аппарата. С помощью электронного пульсатора и клапанным механизмом одностороннего действия можно неразборным методом одновременно промывать молочные шланги и коллектор доильного аппарата. Повышение интенсивности воздействия на внутренние стенки сосковой резины, наполнение подсосковой камеры доильных стаканов промывочной жидкостью и сокращение времени процесса мойки с локализацией циркуляции промывки доильных аппаратов значительно ускоряют дезинфекцию доильных аппаратов, сокращают время промывки как минимум в два раза и снижают расход концентрата пропорционально уменьшению времени промывки для мойки доильной установки.

Ключевые слова: доение, доильный аппарат, доильный стакан, дезинфекция, коллекторные насадки, распылители, пульсатор

Для цитирования: Филонов Р.Ф., Кожевникова Н.Г., Кравченко В.Н. Эффективная мойка доильных аппаратов // *Агроинженерия*. 2024. Т. 26, № 1. С. 25-30. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2024-1-25-30>

ORIGINAL ARTICLE

Efficient washing of milking units**R.F. Filonov¹, N.G. Kozhevnikova², V.N. Kravchenko³**^{1,2,3} Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; Moscow, Russia¹ filofr@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3872-4605>; AuthorID: 767650² energo-ngk@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3664-9456>; AuthorID: 346095³ k.v.n.72@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9799-2792>; AuthorID: 767650

Abstract. The cleaning and disinfection of milking equipment are extremely important for obtaining high-quality milk. When washing the milking system, the most problematic, costly, and time-consuming operation is to flush teat cups. To optimize the process, the authors carried out analytical studies of air-hydraulic mixture velocity in the teat cup. They have developed a washing device for milking unit, including a feeding system of collector type for distribution of a washing solution into four cone-shaped rotating nozzles with mechanically active surface of arbitrary rotation. The uniform and volumetric supply of the washing liquid to the contaminated surface of the teat cup rubber is carried out through the cone-shaped nozzles. On their surface, there are jet atomizers and bristles providing friction washing. The collector platform with nozzles allows teat cups to be connected without disassembling the milking unit. With the help of an electronic pulsator and a one-way valve mechanism it is possible to simultaneously wash milk hoses and the collector of the milking unit in a non-disassembling way.

Increasing the intensity of impact on the inner walls of the teat cup rubber, filling the suckling chamber of the teat cups with washing liquid and reducing the washing time with localizing the milking unit washing circulation. In addition, it significantly accelerates the disinfection of milking machines, reduces the washing time at least twice and reduces the consumption of detergents, proportional to the reduction of washing time, while washing the milking unit.

Keywords: milking, milking unit, teat cup, disinfection, collector nozzles, atomizers, pulsator

For citation: Filonov R.F., Kozhevnikova N.G., Kravchenko V.N. Efficient washing of milking units. *Agricultural Engineering (Moscow)*. 2024;26(1):25-30. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2024-1-25-30>

Введение

Процесс дезинфекции доильного оборудования чрезвычайно важен для получения качественного молока. Одним из факторов, ухудшающих качество молока, является ненадлежащая промывка доильной установки [1]. Качество товарного молока и молочной продукции определяется исходным качеством сырого молока, которое зависит от зоотехнических параметров, системы содержания животных и санитарно-гигиенического состояния оборудования доения [2].

Промывка доильного оборудования после доения и предварительная промывка до доения с учётом совокупности циклов определяют качество всех этапов проведения доения и первичной обработки. Основные принципы получения качественного продукта основываются на своевременном проведении дезинфекции оборудования доения в кратчайшие сроки и с наибольшей эффективностью¹.

Доильный аппарат – наиболее проблемный элемент в доильной установке. Множественные варианты систем очистки доильного оборудования различных типов, в том числе при использовании роботизированных систем, и их анализ по степени частоты после промывки определяют мойку доильных аппаратов как наиболее сложный и затратный процесс².

Для получения более качественной продукции при мойке доильного оборудования можно применить активные химические вещества, а можно активизировать процесс мойки посредством эффективного воздействия. Недостаточная дезинфекция участка от доильного аппарата до молокоприёмника-релизера в системе молокопроводящих путей влияет на качественные показатели промывки всей

системы. Возможность эффективного использования промывки для доильных аппаратов определяется установленным расходом моющих средств и режимом работы, минимизирующим затраты на выполнение технологического процесса. Недостатками существующих типов и систем промывки являются значительные затраты моющих средств, длительность технологического процесса циркуляционной мойки и высокие энергетические затраты. При этом значительная концентрация щелочных или кислотных моющих средств дезинфекции доильного оборудования создаёт экологическую нагрузку, особенно при использовании мобильных агрегатов доения без канализационного смыва и утилизации отработанного моющего раствора [3].

Повышение интенсивности воздействия на внутренние стенки сосковой резины, наполнение подсосковой камеры доильных стаканов промывочной жидкостью и сокращение времени проведения процесса мойки с локализацией циркуляции позволяют ускорить дезинфекцию доильных аппаратов, сократить время промывки и снизить расход концентрата, необходимого для мойки доильной установки².

Цель исследований: оптимизация систем промывки на основе аналитических исследований скорости движения воздушно-гидравлической смеси в доильном стакане.

Материалы и методы

Процесс промывки доильных стаканов рассмотрен на основе законов гидравлики. Утечка воздуха между соском и сосковой резиной влияет на изменение давления вакуума в доильном стакане. Утечки отрицательно влияют на процесс промывки при нахождении стаканов на моющих головках промывочного стенда. Баланс утечки воздуха в доильном стакане будет зависеть от геометрических параметров моющей головки и режима работы [4, 5]. Традиционные системы циркуляционной промывки используют стандартный вариант установления доильных стаканов на моющих коллекторах (рис. 1).

¹ Трухачев В.И., Капустин И.В., Будков В.И., Грицай Д.И. Технологическое и техническое обеспечение процессов машинного доения коров, обработки и переработки молока: учебное пособие. Санкт-Петербург, 2022. 304 с.

² Молокоприёмные и молокоперерабатывающие предприятия. Монография. / В.И. Трухачев, И.Н. Краснов, И.В. Капустин [и др.]. Ставрополь: Издательство «АГРУС», 2013. 312 с.

Наличие движущей силы для вращения промывочных головок обусловлено соответствием сочетания разнонаправленных струй с различной скоростью движения потоков. При этом направленность и сила поточного перемещения оцениваются коэффициентом сжатия (ε):

$$\varepsilon = \frac{F_1}{F_2} = \left(\frac{d_1}{d_2} \right)^2,$$

где F_1 и F_2 – площади сечений отверстий, m^2 ; d_1 и d_2 – диаметры соответствующих отверстий, m .

Для вращения головок под действием разнонаправленных струй необходимо возникновение реактивной силы, определить которую можно при использовании уравнения гидравлики на основе уравнения Бернулли:

$$\frac{\rho v^2}{2} + \rho gh + P = \text{const},$$

где $\frac{\rho v^2}{2}$ – динамическое давление, Pa ; ρgh – гидростатическое давление, Pa ; P – статическое давление, Pa ; ρ – плотность жидкости, kg/m^3 ; v – скорость движения жидкости, m/s ; g – ускорение свободного падения, m/s^2 .

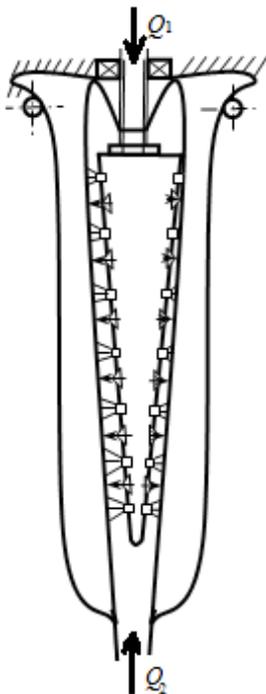


Рис. 1. Схема доильного стакана при промывке и самопроизвольном вращательном движении:

Q_1 – поток, входящий в моющую головку, m^3/s ;
 Q_2 – поток, подводящийся в коллекторный стакан моющей головки, m^3/s

Fig. 1. Diagram of the teat cup during washing and spontaneous rotational movement:

Q_1 – flow entering the spraying device, m^3/s ;
 Q_2 – flow entering the collector cup of the spraying device, m^3/s

С учётом постоянства скорости моеющей жидкости за счёт параметров работы центробежного насоса устойчивость потока не определяется расположением подающих отверстий.

Определить обоснование режимов при определении скорости потока можно посредством прерывистости поточных струй, используя пульсирующий режим подачи жидкости по одному из каналов. Сжатие сосковой резины в результате смены тактов также способствует эффективности промывки и вращательному движению моеющей головки.

Расчёт потерь напора (Δh_m , m) в местных сопротивлениях по длине шлангов круглого сечения определяется по формуле Дарси-Вейбаха:

$$\Delta h_m = \xi \frac{v^2}{2g},$$

где v – средняя скорость движения потока, m/s ; ξ – безразмерный коэффициент местного сопротивления.

Обоснование движущей силы определяет диаметр сечений шлангов верхнего и нижнего распределения, подающих моеющих растворов.

Повышение качества промывки в результате повышения интенсивности воздействия на внутренние стенки сосковой резины, наполнения подсосковой камеры доильных стаканов промывочной жидкостью и сокращения времени процесса мойки с локализацией циркуляции (на основании теоретических предположений) определило схему устройства для промывки доильных аппаратов [4].

Использовалась классическая схема циркуляционной промывки доильной установки, при которой моеющее воздействие происходит равномерно в течение всего периода мойки. Пульсирующие режимы за счёт воздушных пробок создают дополнительный эффект мойки, но при этом ухудшается вакуумный режим, дополнительно расходуется энергия для обеспечения вакуума^{1,2}. Незначительная протяженность молокопроводов классической схемы промывки снижает время воздействия моеющих растворов. Современные технологии уже сейчас идентифицируют молоко от различных производителей, а это порождает необходимость обеспечения индивидуальной характеристики продукта. В этой связи после каждой дойки целесообразна мойка с наименьшими затратами [5, 6].

Гидромеханическое воздействие на наиболее проблемные участки доильного оборудования (доильные стаканы) не увеличивает энергоёмкость процесса и при этом позволяет уменьшить как время процесса, так и расходы моеющего раствора [7, 8].

Результаты и их обсуждение

Разработанное промывочное устройство доильных аппаратов включает в себя подающую систему коллекторного типа для распределения моющего раствора в 4 конусообразные вращающиеся насадки с механически активной поверхностью произвольного вращения (рис. 2). Подача и отвод

моющей жидкости в режиме циркуляционной работы с активными рабочими коллекторными насадками регулируются клапанным механизмом, размещенным на подводящем патрубке коллектора доильного аппарата. При подаче обеспечивается полнообъемное наполнение подсосковых камер доильных стаканов и молочной камеры коллектора моющим раствором. Регулировка осуществляется электронным пульсатором, определяющим пульсирующую подачу моющей жидкости в доильные стаканы [7, 8].

К внутренним стенкам сосковой резины моющая жидкость подается сквозь рабочую поверхность насадок через струйные распылители. Дополнительное воздействие моющей жидкости на загрязненные участки сосковой резины обуславливается работой пульсирующего устройства 12 и насоса 11 с распределением потоков и вращающего воздействия на моющие головки вследствие неравномерной подачи воды в распределители, размещенные по конусной поверхности. Коллекторные насадки расположены асинхронно относительно основания помещенных для промывки доильных стаканов доильного аппарата.

Устройство для дезинфекции доильных аппаратов включает в себя коллекторную платформу 1 с внутренней полостью 2 для отвода моющей жидкости, соединенной посредством патрубков с системой циркуляции моющего раствора. На поверхности платформы имеются четыре конусные насадки 4 для подключения доильных стаканов и фиксирующие устройства 3 (зажимы) для герметичного крепления доильных стаканов. Равномерная и объемная подача моющей жидкости на загрязненную поверхность сосковой резины осуществляется через полые оси приводных валов конусных насадок. На конусной поверхности насадок рассредоточены струйные распылители 5 и имеются щетинки для фрикционной мойки. Коллекторная платформа с насадками расположена аналогично соскам вымени животного, что позволяет подключать доильные стаканы без разборки доильного аппарата. С помощью воздействия, управляемого частотой пульсации электронного пульсатора 12 и клапанным механизмом одностороннего действия, можно одновременно промывать неразборным методом молочные шланги и коллектор доильного аппарата. Подачу моющего раствора обеспечивает гидравлический насос центробежного типа 11. Предложенная конструкция позволяет установить ритмичность моющего и дезинфицирующего воздействия по всей внутренней поверхности сосковой резины с учетом надежности и отказов при промывке [8-10].

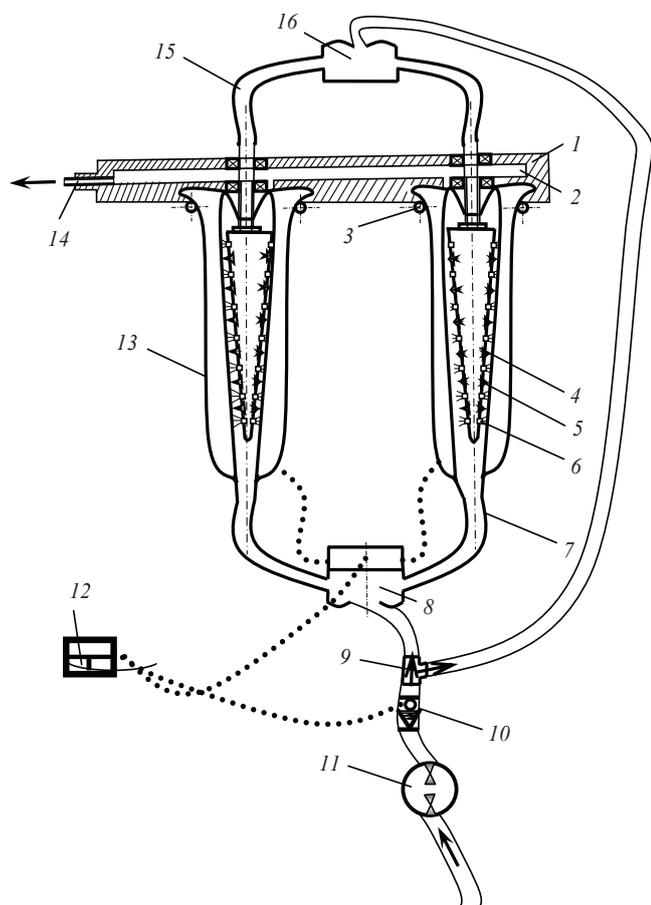


Рис. 2. Устройство для промывки доильных аппаратов с использованием самопроизвольного вращательного движения:

- 1 – коллекторная платформа; 2 – отводящая полость;
- 3 – зажимы; 4 – конусные насадки;
- 5 – струйные распылители; 6 – щётки;
- 7, 15 – молочные шланги;
- 8 – коллектор доильного аппарата;
- 9 – распределитель;
- 10 – клапан одностороннего действия;
- 11 – центробежный насос;
- 12 – электронный пульсатор; 13 – доильный стакан;
- 14 – подающий шланг; 16 – коллектор-распределитель

Fig. 2. Device for washing milking units using spontaneous rotational motion:

- 1 – collector platform; 2 – discharge cavity; 3 – clamps;
- 4 – cone nozzles; 5 – jet sprayers; 6 – brushes;
- 7, 15 – washing hoses; 8 – milking unit collector;
- 9 – distributor; 10 – one-way valve;
- 11 – centrifugal pump; 12 – electronic pulsator;
- 13 – teat cup; 14 – feeding hose; 16 – collector distributor

Доильные стаканы 13, находясь на вращающихся конусных насадках, приводимых во вращательное движение посредством полых приводных валов с размещенными внутри каналами, промываются с внутренней стороны сосковой резины и с внешней стороны потоками моющей жидкости разнонаправленного действия, создаваемыми насосом и распределяемыми по доильным стаканам с использованием молочных шлангов 7 и 15. Распределение потока моющей жидкости в конусные насадки обеспечивает коллектор-распределитель 16.

Выводы

1. Промывка доильного оборудования представляет собой сложный процесс, минимизация

затрат на который возможна или за счёт гидромеханического процесса воздействия, или с учётом улучшения химических составляющих моющих средств.

2. Увеличение разности давления в доильном стакане вызывает увеличение скорости движения потока между соском и сосковой резиной, и этот эффект определяет качество промывки сосковой резины.

3. Предложенный вариант (схема) станда для промывки и дезинфекции доильных аппаратов позволяет эффективно применять моющие средства и значительно сокращать процесс общей промывки доильного оборудования [7].

Список литературы

1. Кравченко В.Н., Мазаев Ю.В., Рябов А.С., Кирсанов В.В. Новые технологии дезинфекции молочного оборудования в животноводческих помещениях // Техника и технологии в животноводстве. 2022. № 2 (46). С. 81-85. <https://doi.org/10.51794/27132064-2022-2-81>
2. Kirsanov V.V., Izmaylov A.Y., Lobachevsky Y.P., Tareva O.A., Strebulyaev S.N., Filonov R.F. Models and algorithms of adaptive animal flow control in rotary milking parlors. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2019;67(6):1465-1484. <https://doi.org/10.11118/actaun201967061465>
3. Стенд для промывки доильных стаканов: Патент RU2636332 С1, МПК А01J 7/02 / В.В. Кирсанов, Р.Ф. Филонов, Н.Г. Кожевникова, С.С. Рузин; опубл. 22.11.2017 г. EDN: JRSDAP
4. Кирсанов В.В., Дорохов А.С., Иванов Ю.А. Графоаналитическая оценка функционирования локальных биотехнических систем в животноводстве // Агроинженерия. 2023. Т. 25, № 2 С. 4-9. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2023-2-4-9>
5. Кирсанов В.В., Павкин Д.Ю., Цимбал А.А. Результаты обработки экспериментальных данных с роботов доения по четвертям вымени // Инновации в сельском хозяйстве. 2015. № 4 (14). С. 122-128. EDN: VJKDKL
6. Устройство для промывки доильных аппаратов: Патент на полезную модель RU180325 U1, МПК А01J 7/02 / Р.Ф. Филонов, Н.Г. Кожевникова, В.Н. Кравченко; опубл. 15.02.2018. EDN: FQSIAO
7. Устройство для дезинфекции доильных аппаратов: Патент RU2786161 С1, МПК А01J 7/02 / Р.Ф. Филонов; опубл. 19.12.2022. EDN: UVRXJA
8. Филонов Р.Ф., Кравченко В.Н. Интенсификация промывки доильных аппаратов с использованием гидромеханических устройств // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 1(81). С. 113-117. EDN: TLMQZI
9. Филонов Р.Ф., Кожевникова Н.Г. Гидродинамическое обоснование процесса доения и промывки доильных аппаратов // Доклады ТСХА. 2019. Вып 291. Ч. 5. С. 335-339. URL: <http://elib.timacad.ru/dl/full/doklady-tsha-291-5-2019.pdf/view>
10. Маслов М.М., Крупин А.Е., Матвеев В.Ю., Миرون Е.Б. Оценка надёжности доильных установок на основании анализа их отказов // Агроинженерия. 2023. Т. 25, № 1. С. 23-27. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2023-1-23-27>

References

1. Kravchenko V.N., Mazaev Yu.V., Ryabov A.S., Kirsanov V.V. New technologies of disinfection of dairy equipment in livestock premises. *Equipment and Technologies in Livestock*. 2022;2:81-85. (In Rus.) <https://doi.org/10.51794/27132064-2022-2-81>
2. Kirsanov V.V., Izmaylov A.Y., Lobachevsky Y.P., Tareva O.A., Strebulyaev S.N., Filonov R.F. Models and algorithms of adaptive animal flow control in rotary milking parlors. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2019;67(6):1465-1484. <https://doi.org/10.11118/actaun201967061465>
3. Kirsanov V.V., Filonov R.F., Kozhevnikova N.G., Ruzin S.S. Bench for washing teat cups: Patent No. 2636332 Russian Federation IPC A01J 7/02, 2017. (In Rus.)
4. Kirsanov V.V., Dorokhov A.S., Ivanov Yu.A. Graph analytics of the performance of local biotechnical systems in animal husbandry. *Agricultural Engineering (Moscow)*. 2023;25(2):4-9. (In Rus.) <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2023-2-4-9>
5. Kirsanov V.V., Pavkin D.Yu., Tsimbal A.A. Results of processing experimental data from milking robots by udder quarters. *Innovatsii v Selskom Khozyaystve*. 2015;4:122-128. (In Rus.)
6. Filonov R.F., Kozhevnikova N.G., Kravchenko V.N. Device for washing milking machines: utility model patent No. 180325 Russian Federation, IPC A01J 7/02, 2018. (In Rus.)
7. Filonov R.F. Device for the disinfection of milking units: patent No. 2636332 Russian Federation IPC A01J 7/02. 2786161, 2012. (In Rus.)
8. Filonov R.F., Kravchenko V.N. Intensification of milking unit washing using hydraulic and mechanical devices. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2020;1(81):113-117. (In Rus.)
9. Filonov R.F., Kozhevnikova N.G. Hydrodynamic justification of the parameters of milking and milk unit washing. *Doklady TSKhA*. 2019;291(5):335-339. URL: <http://elib.timacad.ru/dl/full/doklady-tsha-291-5-2019.pdf/view> (In Rus.)
10. Maslov M.M., Krupin A.E., Matveev V.Yu., Mironov E.B. Evaluation of the reliability of milking machines based on the analysis of their failures. *Agricultural Engineering (Moscow)*. 2023;25(1):23-27. (In Rus.) <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2023-1-23-27>

Информация об авторах

Филонов Роман Федорович¹, канд. техн. наук, доцент;
filofr@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3872-4605>;
AuthorID: 767650

Кожевникова Наталья Георгиевна², канд. техн. наук, доцент;
energo-ngk@rgau-msha.ru;
<https://orcid.org/0000-0002-3664-9456>; AuthorID: 346095

Кравченко Владимир Николаевич³, канд. техн. наук, доцент;
k.v.n.72@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9799-2792>;
AuthorID: 767650

^{1,2,3} Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Российская
Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

Вклад авторов

Р.Ф. Филонов – научное руководство, формулирование основных направлений исследования, формулирование общих выводов

Н.Г. Кожевникова – формулирование общих выводов, анализ литературы, обработка результатов исследования

В.Н. Кравченко – обработка результатов исследования, подготовка рукописи

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов и несут ответственность за плагиат

Статья поступила 17.11.2023; после рецензирования и доработки 19.01.2024; принята к публикации 19.01.2024

Author Information

Roman F. Filonov¹, CSc (Eng), Associate Professor;
filofr@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3872-4605>;
AuthorID: 767650

Natalya G. Kozhevnikova², CSc (Eng), Associate Professor;
energo-ngk@rgau-msha.ru;
<https://orcid.org/0000-0002-3664-9456>; AuthorID: 346095

Vladimir N. Kravchenko³, CSc (Eng), Associate Professor;
k.v.n.72@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9799-2792>;
AuthorID: 767650

^{1,2,3} Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation

Author Contribution

R.F. Filonov – research supervision, research administration, general conclusions

N.G. Kozhevnikova – general conclusions, literature review, data curation and formal analysis

V.N. Kravchenko – data curation and formal analysis, draft preparation

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article and bear equal responsibility for plagiarism

Received 17.11.2023; revised 19.01.2024; accepted 19.01.2024