Обоснование технологических схем и параметров роботизированных доильных залов

Семен Сергеевич Рузин¹,
аспирант, младший научный сотрудник
Федор Евгеньевич Владимиров¹,
аспирант, младший научный сотрудник;

Сергей Сергеевич Юрочка¹,
аспирант, младший научный сотрудник
Глеб Александрович Довгерд²,
студент-магистр

¹Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация;

²Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), Москва, Российская Федерация

Реферат. Создание компактных роботизированных манипуляторов доения предполагает их использование не только в одноместных постах роботизированного доения (монобокс), но и в доильных залах типа «Параллель» или «Карусель» вместимостью до 120 голов при одновременном доении. (*Цель исследования*) Обосновать технологические схемы доильных залов и варианты их использования на животноводческих фермах различной вместимости. (*Материалы и методы*) Изучили опыт организации системы машинного и роботизированного доения крупного рогатого скота в Российской Федерации и зарубежных странах, лидирующих по уровню производства молока. Проанализировали ассортимент машин для молочного животноводства. По результатам имитационного моделирования в среде *Any Logic* предложили концепции систем роботизированного доения. Сравнили пропускную способность при выполнении операций доения роботизированными типами доильных установок и стандартных систем, обслуживаемых оператором. (*Результаты и обсуждение*) Провели расчеты и дали сравнительную оценку продолжительности циклов обслуживания животных в автоматизированных и роботизированных доильных залах различной конфигурации: «Веер», «Елочка», «Параллель». Для снижения капиталоемкости роботизированных установок, повышения уровня поточности выполнения технологических операций, сокращения времени на обслуживание животных предложили систему роботизированной санации животных при входе в доильный зал. Доказали, что внедрение предложенной конфигурации роботизированных доильных залов позволит снизить капиталоемкость оборудования по сравнению однобоковыми моделями роботизированных постов доения. Отметим преимущества подобных систем: общую инфраструктуру компонентной базы (молокопроводы, молокоприемники, автомат промывки и др.) и исключение разделения на отдельные потоки. (*Выводы*) Выявили оптимальное соотношение количества доильных постов и санпунктов – 13:1. Доказали, что оно обеспечивает максимальную производительность труда роботизированного доильного зала. По результатам теоретических расчетов определили, что предлагаемые схемы роботизации доильных залов превышают производительность существующих одноместных роботизированных постов доения.

Ключевые слова: молочная ферма, доильный зал, роботизация доения, роботизированная санация животных.

■ **Для цитирования:** Рузин С.С., Владимиров Ф.Е., Юрочка С.С., Довгерд Г.А. Обоснование технологических схем и параметров роботизированных доильных залов // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2020. Т. 14. №3. С. 20-26. DOI 10.22314/2073-7599-2020-14-3-20-26.

Justification of Technological Schemes and Parameters of Robotic Milking Parlors

Semen S. Ruzin¹,
junior researcher, postgraduate student;
Fedor E. Vladimirov¹,
junior researcher, postgraduate student;

Sergey S. Yurochka¹,
junior researcher, postgraduate student;
Gleb A. Dovgerd²,
postgraduate student

¹Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation;

²Moscow aviation Institute (national research University), Moscow, Russian Federation

Abstract. The creation of compact robotic milking manipulators involves their use not only in single-box robotic milking stations (monobox), but also in milking parlors such as “Parallel” or “Carousel” with a capacity of up to simultaneously milking 120

heads. (*Research purpose*) To substantiate milking parlors technological schemes and options for their use on livestock farms of various capacities. (*Materials and methods*) The authors studied the organizing experience of machine and robot milking system for cattle in the Russian Federation and foreign countries, leading in milk production. They analyzed the assortment of machines for dairy farming. Based on the results of simulation in the Any Logic software, they proposed the concepts of robotic milking systems. They compared the throughput when performing milking service operations with robotic types of milking machines and standard systems operated by the manipulator. (*Results and discussion*) The authors performed calculations and gave a comparative assessment of the duration of the service cycles for animals in automated and robotic milking parlors of various configurations: “Fan”, “Herring-bone”, “Parallel”. To reduce the capital intensity of robotic facilities, to increase the level of production process execution accuracy, to reduce the time required to service animals, a robotic animal sanitation system was proposed at the entrance to the milking parlor. The authors proved that the introduction of the proposed configuration of robotic milking parlors would reduce the capital intensity of equipment in comparison with single-box models of robotic milking stations. They noted the advantages of such systems: the general infrastructure of the component base (milk pipelines, milk receivers, automatic rinsing, etc.) and was not separated by different streams. (*Conclusions*) The authors revealed the optimal ratio of the number of milking posts and medical stations – 13:1. It was proved that it provided maximum labor productivity for a robotic milking parlor. According to the results of theoretical calculations, it was determined that the proposed robotics schemes for milking parlors exceed the productivity of existing single-box robotic milking stations.

Keywords: dairy farm, milking parlor, robotic milking, robotic sanitation of animals.

For citation: Ruzin S.S., Vladimirov F.E., Yurochka S.S., Dovgerd G.A. Obosnovanie tekhnologicheskikh skhem i parametrov robotizirovannykh doil'nykh zalov [Justification of technological schemes and parameters of robotic milking parlors]. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2020. Vol. 14. N3. 20-26 (In Russian). DOI 10.22314/2073-7599-2020-14-3-20-26.

Создание компактных роботизированных манипуляторов доения предполагает их использование не только в монобоксах, но и в доильных залах. Примером тому стала разработанная фирмой *GEA Farm* (Германия) роботизированная доильная установка «Карусель», где роботизированный доильный модуль установлен в секционной перегородке каждого доильного стойла [1-6].

Есть и другие варианты и технологические схемы роботизированных доильных залов. Например, компания *Lemmer-Fullwood* предлагает концепцию доильного зала с 10 роботами, установленными параллельно в виде полукольца [7-9]. Такие доильные установки в свое время были разработаны в СССР и имели форму веера. Из теории поточно-технологических линий известно, что многопоточный конвейер имеет большую пропускную способность, чем однопоточный. Доильная установка «Карусель» представляет собой однопоточный конвейер. Ее пропускная способность определяется продолжительностью впуска животных, окружной скоростью вращения платформы и числом станкомест [10-12]. Все эти параметры в автоматизированных и роботизированных карусельных установках должны быть согласованы. Решающее значение имеет продолжительность доения одной коровы. Если животное тугодойное, то скорость конвейера замедляется или даже приостанавливается, а в отдельных случаях корова перенаправляется на второй круг [13]. В многопоточных доильных установках параллельно-проходного типа продолжительность доения будет влиять только на эффективность отдельно взятого станка. Чем выше удельная производительность, тем меньше потребуется станков. Этот

показатель может достигать 7,5-8 гол./ч, но в установках типа «Елочка» и «Карусель» он не превышает 4-4,5 голов на один станок [14-16].

С целью оптимизации параметров роботизированных залов необходимо провести обоснование и исследование технологических схем и вариантов их использования на фермах различной вместимости.

Учитывая наметившуюся тенденцию к роботизации молочных ферм, необходимо проанализировать возможные пути оптимизации капиталоемкости при строительстве и вводе в эксплуатацию, эффективно-го обслуживания животных, полагая, что распространение монобоксных моделей доильных роботов для крупных ферм не эффективно по сравнению с традиционными доильными залами.

К тому же потенциал существующих технологий позволяет роботизировать доильные залы любой конфигурации, расположив в них параллельно проходные станки и забетонировав траншею, а на входе установить роботизированный станок для очистки вымени. Объединенные таким образом роботизированные станки могут иметь общую инфраструктуру и компонентную базу (молокопроводы, молокоприемники, автомат промывки и др.), что позволит в целом снизить капитаемость роботизации многоместного доильного зала [17-20].

Цель исследования – обосновать технологические схемы доильных залов и варианты их использования на животноводческих фермах различной вместимости.

Методы и материалы. Схемы автоматизированных доильных установок с последовательным впуском-выпуском животных определяются прежде все-

го удобством их обслуживания оператором: или он переходит от одного станка к другому («Елочка»), или станки перемещаются мимо него («Карусель»).

Мы изучили опыт организации системы машинного и роботизированного доения крупного рогатого скота в Российской Федерации и зарубежных странах, лидирующих по уровню производства молока. Проанализировали ассортимент машин для молочного животноводства, а также результаты имитационного моделирования в среде *Any Logic*. Сравнили пропускную способность при выполнении операций доения роботизированными типами доильных установок и стандартных систем, обслуживаемых оператором.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Предлагаемые схемы роботизированных доильных залов отличаются от стандартных тем, что роботы не перемещаются, и коровы могут добровольно посещать пост доения, заходить в параллельные станки для самообслуживания животных (рисунок).

Схемы этих установок отличаются от известных систем независимым впуском-выпуском животных в каждый доильный станок. В этой связи следует ожидать повышение пропускной способности по сравнению с традиционными «Каруселью», «Параллелью» или «Елочкой», где происходит последовательное заполнение станков и обслуживание животных оператором.

Продолжительность цикла обслуживания в традиционных групповых станках типа «Елочка» определяется по зависимости:

$$t_{\text{ци}}^{\text{EA}} = t_{\text{вп.-вып.}}^{\text{EA}} + t_{p_0} \cdot n + t_{\text{gn}}, \quad (1)$$

где $t_{\text{вп.-вып.}}^{\text{EA}}$ – продолжительность впуска-выпуска в групповой станок на автоматизированной установке «Елочка»;

t_{p_0} – продолжительность выполнения ручных операций оператором на 1 корову, мин;

t_{gn} – время ожидания выдаивания последней коровы (5-7 мин),

n – число мест доения в групповом станке.

Существует вероятность, что в n -ом цикле выпуск животных будет «тормозить» тугодойная корова, а не обязательно крайняя. Но в целом для сравнительной оценки эта формула вполне приемлема.

Таким образом, производительность автоматизированных доильных установок типа «Елочка» определяется из выражения:

$$Q_{\text{oy}}^{\text{EA}} = \frac{60}{t_{\text{ци}}^{\text{EA}}}. \quad (2)$$

Аналогичным образом можно вычислить пропускную способность автоматизированной доильной установки «Параллель», с той лишь разницей, что продолжительность цикла группового обслуживания ко-

Рис. Технологические схемы роботизированных доильных залов

a – «Веер»; b – «Елочка»; c – «Параллель»

1 – пост санации вымени обслуживаемых животных, 2 – автоматический манипулятор для очистки сосков вымени, 3 – роботизированный пост доения с автоматическим манипулятором, 4 – автоматический манипулятор доения, 5 – накопитель

Fig. Technological schemes of robotic milking parlors
 a – "Fan"; b – "Herring-bone"; c – "Parallel"

1 – sanitation post of the serviced animals udder, 2 – automatic manipulator for cleaning the udder nipples, 3 – robotic milking post with an automatic manipulator, 4 – automatic milking manipulator, 5 – storage

ров будет короче из-за одновременного выпуска и меньшего числа переходов:

$$Q_{\text{дya}}^{\text{II}} = \frac{60}{t_{\text{yi}}^{\text{II}}} \quad (3)$$

Производительность автоматизированной «Карусели» определяют по формуле:

$$Q_{\text{дya}}^{\text{K}} = \frac{60 \cdot n_{\text{CT}}}{\tau_{\text{об}}}, \quad (4)$$

$\tau_{\text{об}}$ – продолжительность одного оборота платформы, мин;

n_{CT} – число постов доения в доильной установке.

Рассмотрим аналогичные показатели роботизированных систем доения (рисунк).

Необходимо определить продолжительность цикла обслуживания каждого индивидуального станка, поскольку он может быть занят независимо от других. Для схемы роботизированной «Елочка» будем иметь:

$$t_{\text{цi}}^{\text{EP}} = t_{\text{вп-вып}}^{\text{EP}} + t_{\text{p}} + t_{\text{g}}, \quad (5)$$

где $t_{\text{вп-вып}}^{\text{EP}}$ – среднее время продолжительности выпуска-выпуска коров в индивидуальный станок, мин;

t_{p} – продолжительность подготовки вымени (обмыв) роботом и подключение доильных стаканов, мин;

t_{g} – время выдаивания коровы (5-7 мин).

Чтобы сравнить продолжительность циклов обслуживания для получения сопоставимых результатов, рассмотрим выражение (5) аналогично выражению (1) для n станков:

$$t_{\text{цi}}^{\text{EP}} = t_{\text{вп-вып}}^{\text{EP}} \cdot n + t_{\text{p}} + t_{\text{d}}. \quad (6)$$

Можно предположить, что величины группового выпуска-выпуска в выражении (1) и в выражении (6) будут практически одинаковы:

$$t_{\text{вп-вып}}^{\text{EP}} \cdot n = t_{\text{вп-вып}}^{\text{EA}} \quad (7)$$

То есть суммарный выпуск-выпуск в n роботизированных станках будет мало отличаться от аналогичного показателя на автоматизированной «Елочке».

А вот второй член уравнения (1) – $t_{\text{p}} \cdot n$ – будет отличаться от аналогичного выражения t_{p} в роботизированных станках в n раз: в автоматизированном варианте один оператор n раз выполняет операции подготовки вымени, а в роботизированных станках эти операции одновременно выполняют n роботов.

Следует заметить, что робот выполняет операцию 30-60 с, а человек – 10-15 с. При этом не осуществляется качественная стимуляция рефлекса молокоотда-

чи, и возможны связанные с холостым доением маститы.

Даже если принять максимальные оценки t_{p} , то и в том и другом случае уже на 4-м станке произойдет выравнивание, а начиная с 5-го станка в работах коровы начнут доиться раньше, чем в традиционной «Елочке» в соответствующих станках. Соответственно, цикл обслуживания животных в автоматизированном групповом станке затянется по сравнению с роботизированными индивидуальными станками.

Введем коэффициент k , показывающий соотношение продолжительности выполнения ручных операций оператором-роботом:

$$k = \frac{t_{\text{p}}}{t_{\text{p0}}}. \quad (8)$$

Подставим данное выражения в формулу (1):

$$t_{\text{цi}}^{\text{EP}} = t_{\text{вп-вып}}^{\text{EP}} + t_{\text{p0}} \cdot n + t_{\text{d}}. \quad (9)$$

Сравним полученные выражения с $t_{\text{цi}}^{\text{EP}}$ из (6).

Вычислим разность продолжительности групповых циклов обслуживания:

$$\Delta t_{\text{цi}}^{\text{E}} = t_{\text{цi}}^{\text{EA}} - t_{\text{цi}}^{\text{EP}} = t_{\text{gn}} - (t_{\text{вп-вып}}^{\text{EP}} \cdot n + k t_{\text{p0}} + t_{\text{g}}). \quad (10)$$

Учитывая выражение (7) и равенство t_{gn} и t_{g} , получим:

$$\Delta t_{\text{цi}}^{\text{E}} = t_{\text{p0}} \cdot (n - k). \quad (11)$$

Данное выражение показывает, насколько длиннее цикл обслуживания в групповом станке автоматизированной «Елочка» по сравнению с аналогичным показателем в n роботизированных индивидуальных станках.

В качестве примера расчета возьмем $t_{\text{p0}} = 60$ с;

$$n = 8; k = \frac{t_{\text{p}}}{t_{\text{p0}}} = \frac{60}{15} = 4.$$

Тогда получим:

$$\Delta t_{\text{цi}}^{\text{E}} = 15 \cdot (8 - 4) = 60 \text{ с}. \quad (12)$$

При сокращении до 30 с времени выполнения роботом замещающих ручных операций $k = 2$, тогда:

$$t_{\text{цi}}^{\text{E}} = 15(8 - 2) = 90 \text{ с}. \quad (13)$$

Если увеличить число мест доения до $n = 12$, то разница между роботизированными и автоматизированными доильными залами также будет возрастать:

$$t_{\text{цi}}^{\text{E}} = 15(12 - 2) = 150 \text{ с}. \quad (14)$$

Для двухсторонних залов показатели в выражении

ях (12), (13) и (14) удвоятся.

Таким образом, следует ожидать роста производительности труда на 20-25% в роботизированных доильных залах по сравнению с автоматизированными.

Что касается сравнения с роботизированной и автоматизированной «Каруселью», то здесь не следует ожидать каких-либо изменений. Поскольку сохраняются последовательный выпуск животных и продолжительность выдаивания, то параметр останется практически неизменным:

$$\begin{cases} \tau_{od}^{KA} = t_p + t_g \\ \tau_{ob}^{KP} = t_p + t_g = k \cdot t_{po} + t_g = 2t_{po} + t_g \end{cases} \quad (15)$$

Увеличение производительности t_p по сравнению с t_{po} даже в 2-3 раза (до 45 с) будет мало существенным по сравнению с продолжительностью оборота платформы $\tau = 15$ мин.

Поэтому пропускная способность роботизированной карусели практически не изменится по сравнению с автоматизированной (при равном числе станков-мест соответственно).

Однако капитализация роботизированных мест доения до 60 и 80 по сравнению с автоматизированными возрастет кратно и сделает такую технологию малодоступной.

Очевидно, нужно искать альтернативные решения (рисунк). На входе предложенных установок целесообразно установить роботизированные санпункты для очистки вымени и сосков (или только сосков). Это позволит исключить скопление животных в направлении освобожденного доильного станка, а также уменьшить параметр t_p , что, как видим, сильно влияет на продолжительность цикла обслуживания животных.

Представим продолжительность подготовки вымени в работе в виде двух составляющих:

$$t_p = t_p^{пв} + t_p^{dc} \quad (16)$$

где $t_p^{пв}$ – продолжительность подготовки вымени (очистки сосков), с;

t_p^{dc} – продолжительность подключения доильных стаканов, с.

В одних роботах эти операции выполняются одновременно с надеванием стаканов (*GEA Farm*), в других раздельно (*Leli*). В любом случае это удлиняет продолжительность цикла их обслуживания на величину $\Delta t = 20-30$ с.

В роботизированных залах эту операцию можно делать в специальном станке – роботизированном санпункте. Возможно, это не сильно повлияет на пропускную способность, но точно позволит сократить капиталоемкость доильных роботов, когда на каждой руке устанавливается механизм со щетками, к тому же существенно позволит снизить неопределенность

животных с заходом в освободившихся доильный станок. Кроме того, санпункт может быть совмещен с селекционными воротами, которые могут быть установлены на входе в доильный зал для реализации определенных схем обслуживания (кормление перед доением, отбраковка больных маститом коров, животных перед запуском и др.)

Производительность такого роботизированного санпункта можно определить из выражения:

$$Q_{c.n}^p = \frac{60}{t_{ц}^{cn}}, \quad (17)$$

где $t_{ц}^{cn}$ – продолжительность цикла обслуживания одной коровы в роботизированном санпункте:

$$t_{ц}^{cn} = t_{вп-вып}^{cn} + t_{п.в.}^{cn}, \quad (18)$$

где $t_{вп-вып}^{cn}$ – продолжительность выпуска-выпуска животного в станок (5-7 с);

$t_{п.в.}^{cn}$ – продолжительность очистки сосков вымени (15-20 с).

Число роботизированных доильных станков, обслуживаемых одним санпунктом, равно:

$$n_{cm}^p = \frac{Q_{cn}^p}{Q_{d.cm}^p}, \quad (19)$$

где $Q_{d.cm}^p$ – производительность одного роботизированного доильного станка:

$$Q_{d.cm}^p = \frac{60}{t_{ц,cm}^p}, \quad (20)$$

$$\text{где } t_{ц,cm}^p = t_p^{dc} + t_d. \quad (21)$$

Тогда:

$$n_{cm}^p = \frac{t_p^{dc} + t_d}{t_{ц}^{cn}}. \quad (22)$$

Если $c = 30/tg = 5-7$ мин, а $t_{ц}^{cn} = 25-30$, то получим: $n_{cm}^p = (0,5+6)/0,5 = 13$.

Выводы

Комплекс расчетно-графических исследований позволил обосновать оптимальное количество роботизированных доильных постов в составе доильного зала – 13, а также необходимость одного санпункта.

Предложили концепцию роботизированного доения, благодаря которой можно существенно снизить относительное время обслуживания группы животных в сравнении с традиционными способами, где роботизированный манипулятор осуществляет не только очистку вымени, но и надевание доильных стаканов.

Показали перспективность методики эффективной роботизации мегакомплексов с содержанием продуктивных животных от 1200 голов, с одновременным увеличением роботизированных санпунктов и постов доения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кирсанов В.В., Павкин Д.Ю., Подобедов П.Н., Никитин Е.А. Направления исследований в создании автоматизированных систем почетвертного доения для станочных доильных установок // *Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства*. 2017. N4(28). С. 16-20.
2. Rodenburg J. Robotic milking: Technology, farm design, and effects on work flow. *Journal of Dairy Science*. 2017. Vol. 9. 7729-7738.
3. Salfer J.A., Minegishi K., Lazarus W., Berning E., Endres M.I. Finances and returns for robotic dairies. *Journal of Dairy Science*. 2017. Vol. 9. 7739-7749.
4. Verdes Sonia, Trillo Yolanda, Pena Ana. Relationship between quality of facilities, animal-based welfare indicators and measures of reproductive and productive performances on dairy farms in the northwest of Spain. *Italian Journal of Animal Science*. 2020. Vol. 19. Iss. 1. 319-329.
5. Suchocki T., Egger-Danner Ch., Schwarzenbacher H. Two-stage genome-wide association study for the identification of causal variants underlying hoof disorders in cattle. *Journal of Dairy Science*. 2020. May. Vol. 103. Iss. 5. 4483-4494.
6. Dominguez-Castano Pablo, Vargas de Oliveira, Matheus Henrique El, Faro Lenira. Relationship between reproductive and productive traits in Holstein cattle using multivariate analysis. *Reproduction In Domestic Animals*. 2020. Jul. Vol. 7. 770-776.
7. Drach U., Halachmi I., Pnini T., Izhaki I., Degani A. Automatic herding reduces labour and increases milking frequency in robotic milking. *Biosystems Engineering*. 2017. Vol. 155. 134-141.
8. Bear C., Holloway L. Beyond resistance: Geographies of divergent more-than-human conduct in robotic milking. *Geoforum*. 2019. Vol. 104. 212-221.
9. King M.T.M., DeVries T.J. Graduate Student Literature Review: Detecting health disorders using data from automatic milking systems and associated technologies. *Journal of Dairy Science*. 2018. Vol. 9. 8605-8614.
10. Никитин Е.А. Разработка автоматизированной системы персонального дозирования концентрированных кормов для крупного рогатого скота // *Инновации в сельском хозяйстве*. 2019. N3(32). С. 80-86.
11. Иванов Ю.Г., Голубятников В.А., Сидоренко М.С. Дистанционный контроль сигналов коров // *Сельский механизатор*. 2015. N10. С. 26-27.
12. Иванов Ю.Г., Габдуллин Г.Г., Атаманкина Л.Н. Обоснование структурной схемы получения высококачественного молока с индивидуальными особенностями коров на роботизированных фермах // *Инновации в сельском хозяйстве*. 2018. N3(28). С. 561-570.
13. Maculan R., Lopes M.A. Robotic milking of dairy cows: A review. *Boletim De Industria Animal*. 2016. Vol. 1. 80-87.
14. Cordova H.D., Alessio D.R., Cardozo L.L., Thaler A. Impact of the factors of animal production and welfare on robotic milking frequency. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. 2018. Vol. 2. 238-246.
15. Gasqui P., Trommenschlager J.M. A new standard model for milk yield in dairy cows based on udder physiology at the milking-session level. *Scientific Reports*. 2017. Vol. 7. Article number: 8897.
16. Mottram T. Animal board invited review: precision livestock farming for dairy cows with a focus on oestrus detection. *Animal*. 2016. Vol. 10. 1575-1584.
17. Stojkov J. von Keyserlingk M. A. G. Duffield T. Fitness for transport of cull dairy cows at livestock markets. *Journal of Dairy Science*. 2020. MAR. Vol. 103. Iss. 3. 2650-2661.
18. Никитин Е.А., Кирсанов В.В., Павкин Д.Ю. Обоснование структурно-кинематических схем автоматических манипуляторов для почетвертного доения // *Труды ГОСНИТИ*. 2017. Т. 128. С. 112-117.
19. Дорохов А.С., Бельшикина М.Е. Концепция формирования инновационного агропромышленного соевого кластера в дальневосточном регионе // *Аграрная Россия*. 2020. N3. С. 41-48.
20. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Краусп В.Р., Ковалев Д.А., Гусаров В.А., Горшков Д.М. Цифровая электророботизированная технология кормления, содержания и воспроизводства стада на 3000 голов КРС // *Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства*. 2019. N1(33). С. 37-44.

REFERENCES

1. Kirsanov V.V., Pavkin D.Yu., Podobedov P.N., Nikitin E.A. Napravleniya issledovaniy v sozdaniy avtomatizirovannyh sistem pochetvertnogo doeniya dlya stanochnyh doil'nyh ustanovok [Research areas in the development of automated post-turn milking systems for machine milking units]. *Vestnik Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizatsii zhivotnovodstva*. 2017. N4 (28). 16-20 (In Russian).
2. Rodenburg J. Robotic milking: Technology, farm design, and effects on work flow. *Journal of Dairy Science*. 2017. Vol. 9. 7729-7738 (In English).
3. Salfer J.A., Minegishi K., Lazarus W., Berning E., Endres M.I. Finances and returns for robotic dairies. *Journal of Dairy Science*. 2017. Vol. 9. 7739-7749 (In English).
4. Verdes Sonia, Trillo Yolanda, Pena Ana, Relationship between quality of facilities, animal-based welfare indicators and measures of reproductive and productive performances on dairy farms in the northwest of Spain. *Italian Journal of Animal Science*. 2020. DEC. 14. Vol. 19. Iss. 1. 319-329 (In English).
5. Suchocki T., Egger-Danner Ch., Schwarzenbacher H. Two-stage genome-wide association study for the identification of causal variants underlying hoof disorders in cattle. *Journal of Dairy Science*. 2020. MAY. Vol. 103. Iss. 5. 4483-4494 (In English).
6. Dominguez-Castano Pablo, Vargas de Oliveira, Matheus Henrique El, Faro Lenira. Relationship between reproductive and productive traits in Holstein cattle using multivariate anal-

ysis. *Reproduction in Domestic Animals*. 2020. JUL. Vol. 7. 770-776 (In English).

7. Drach U., Halachmi I., Pnini T., Izhaki I., Degani A. Automatic herding reduces labour and increases milking frequency in robotic milking. *Biosystems Engineering*. 2017. Vol. 155. 134-141 (In English).

8. Bear C., Holloway L. Beyond resistance: Geographies of divergent more-than-human conduct in robotic milking. *Geoforum*. 2019. Vol. 104. 212-221 (In English).

9. King M.T.M., DeVries T.J. Graduate Student Literature Review: Detecting health disorders using data from automatic milking systems and associated technologies. *Journal of Dairy Science*. 2018. Vol. 9. 8605-8614 (In English).

10. Nikitin E.A. Razrabotka avtomatizirovannoy sistemy personal'nogo dozirovaniya koncentrirovannykh kormov dlya krupnogo rogatogo skota [Development of an automated system for personal dosing of concentrated feed for cattle]. *Innovacii v sel'skom hozyaystve*. 2019. N3(32). 80-86 (In Russian).

11. Ivanov Yu.G., Golubyatnikov V.A., Sidorenko M.S. Distancionnyy kontrol' signalov korov [Remote monitoring of cow signals]. *Sel'skiy mekhanizator*. 2015. N10. 26-27 (In Russian).

12. Ivanov Yu.G., Gabdullin G.G., Atamankina L.N. Obosnovanie strukturnoy skhemy polucheniya vysokokachestvennogo moloka s individual'nymi osobennostyami korov na robotizirovannykh fermah [Substantiation of the structural scheme for obtaining high-quality milk with individual characteristics of cows on robotic farms]. *Innovacii v sel'skom hozyaystve*. 2018. N3(28). 561-570 (In Russian).

13. Maculan R., Lopes M.A. Robotic milking of dairy cows: A review. *Boletim De Industria Animal*. 2016. Vol. 1. 80-87 (In English).

14. Cordova H.D., Alessio D.R., Cardozo L.L., Thaler A. Impact of the factors of animal production and welfare on robotic

milking frequency. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. 2018. Vol. 2. 238-246 (In English).

15. Gasqui P., Trommenschlager, JM. A new standard model for milk yield in dairy cows based on udder physiology at the milking-session level. *Scientific Reports*. 2017. Vol. 7 Article number: 8897 (In English).

16. Mottram T. Animal board invited review: precision livestock farming for dairy cows with a focus on oestrus detection. *Animal*. 2016. Vol. 10. 1575-1584 (In English).

17. Stojkov J. von Keyserlingk M. A. G. Duffield T. Fitness for transport of cull dairy cows at livestock markets. *Journal of Dairy Science*. 2020. MAR. Vol. 103. Iss. 3. 2650-2661 (In English).

18. Nikitin E.A., Kirsanov V.V., Pavkin D.Yu. Obosnovanie strukturno-kinematicheskikh skhem avtomaticheskikh manipulyatorov dlya pochetvertnogo doeniya [Justification of structural and kinematic schemes of automatic manipulators for post-reverse milking]. *Trudy GOSNITI*. 2017. Vol. 128. 112-117 (In Russian).

19. Dorohov A.S., Belyshkina M.E. Konceptiya formirovaniya innovacionnogo agropromyshlennogo soevogo klastera v dal'nevostochnom regione [The concept of forming an innovative agro-industrial soy cluster in the far Eastern region]. *Agrarnaya Rossiya*. 2020. N3. 41-48 (In Russian).

20. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Krausp V.R., Kovaliev D.A., Gusarov V.A., Gorshkov D.M. Cifrovaya elektrorobotizirovannaya tekhnologiya kormleniya, soderzhaniya i vosпроизводства stada na 3000 golov KRS [Digital electro-robotic technology for feeding, maintaining and reproducing a herd of 3000 head of cattle]. *Vestnik Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizacii zhivotnovodstva*. 2019. N1(33). 37-44 (In Russian).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 11.05.2020
The paper was submitted
to the Editorial Office on 11.05.2020

Статья принята к публикации 06.08.2020
The paper was accepted
for publication on 06.08.2020