

DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-120003>

Оригинальное исследование



Система кормления крупного рогатого скота на базе колесного роботизированного кормораздатчика

С.М. Михайличенко

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Анализ современного состояния производства продукции молочного скотоводства показывает, что эффективное развитие этой отрасли может быть обеспечено только на качественно новом технологическом уровне. На рынке существует большое многообразие автоматических систем кормления (АСК), отличающихся уровнем автоматизации, технической сложностью и другими параметрами. Они активно применяются на зарубежных фермах, однако, не получили широкого распространения в России преимущественно из-за высокой стоимости.

Цель работы – разработка концептуальной модели автоматической системы кормления крупного рогатого скота (КРС) на базе колесного роботизированного кормораздатчика для обслуживания животных на отечественных фермах и комплексах.

Материалы и методы. В основу разработки легли следующие исследования: анализ продукции, выпускаемой производителями систем для приготовления и раздачи кормосмесей на фермах КРС; изучение работ зарубежных ученых, посвященных исследованию автоматических систем кормления; моделирование работы роботизированного кормораздатчика и мобильного смесителя-раздатчика кормов с помощью разработанного математического аппарата на основе теории графов; экспериментальные опыты, проведенные в российских хозяйствах с функционирующими автоматическими системами кормления и в хозяйствах, являющихся потенциальными потребителями таких технологий.

Результаты. В работе приведены результаты статистической обработки информации, полученной в ходе обзора роботизированных кормораздатчиков, выпускаемых ведущими мировыми производителями. Отмечено, что существующие АСК подходят для относительно небольших европейских ферм. Для российских хозяйств, в которых может содержаться 800 и более коров, предложен состав АСК, имеющей два основных исполнения. Дано описание каждого из исполнений. Для одного из них приведен схематичный план реализации.

Заключение. Предложенная АСК позволяет эффективно применять роботизированные кормораздатчики при относительно небольшом количестве требуемого технологического оборудования. Ее эффективность возрастает с увеличением численности обслуживаемого поголовья, особенно в хозяйствах с комбинированным содержанием животных, поскольку удельные расходы на технологическое оборудование в расчете на одну голову снижаются.

Ключевые слова: кормление КРС; автоматизация; роботизированный кормораздатчик; автоматическая система кормления.

Для цитирования:

Михайличенко С.М. Система кормления КРС на базе колесного роботизированного кормораздатчика // Тракторы и сельхозмашины. 2023. Т. 90, № 1. С. 83–90. DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-120003>

Рукопись получена: 27.12.2022

Рукопись одобрена: 01.03.2023

Опубликована: 15.03.2023

DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-120003>

Original Study Article

Feeding system for cattle based on a wheeled robotic feeder

Stanislav M. Mikhailichenko

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

BACKGROUND: An analysis of the current state of production of dairy cattle products shows that the effective development of this industry can only be ensured at a breakthrough technological level. There is a wide variety of automatic feeding systems (AFS) on the market, differing in the level of automation, technical complexity and other parameters. They are actively used on foreign farms, however they are not widely used in Russia, mainly because of their high cost.

AIMS: Development of a conceptual model of an automatic cattle feeding system based on a wheeled robotic feeder for servicing animals on domestic farms and plants.

METHODS: The development was based on the following studies: the analysis of products made by manufacturers of systems for the preparation and distribution of feed mixtures at cattle farms; studying the works of foreign scientists devoted to the research of automatic feeding systems; modeling the operation of a robotic feeder and a mobile feed mixer-distributor using the developed mathematical apparatus based on graph theory; the experiments carried out at Russian farms with functioning automatic feeding systems and at farms that are potential consumers of these technologies.

RESULTS: The paper presents the results of statistical processing of information obtained during the review of robotic feeders made by the world's leading manufacturers. It is noted that the existing AFSs are suitable for relatively small European farms. For Russian farms, capable to contain 800 or more cows, the structure of the AFS with two main configurations is proposed. A description of each of the configurations is given, the schematic implementation plan for one of the configurations is given.

CONCLUSIONS: The proposed AFS makes it possible to effectively use robotic feed dispensers with a relatively small amount of required technological equipment. Its efficiency increases with an increase in the number of livestock serviced, especially in farms with combined animal husbandry, as the specific costs of technological equipment per head decrease.

Keywords: *feeding cattle; automation; robotic feeder; automatic feeding system.*

Cite as:

Mikhailichenko SM. Feeding system for cattle based on a wheeled robotic feeder. *Tractors and Agricultural Machinery*. 2023;90(1):83–90. DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-120003>

Received: 27.12.2022

Accepted: 01.03.2023

Published: 15.03.2023

ВВЕДЕНИЕ

Анализ современного состояния производства продукции молочного скотоводства показывает, что эффективное развитие этой отрасли может быть обеспечено только на качественно новом технологическом уровне. Новшества позволят более полно реализовывать генетический потенциал животных, рационально использовать корма, энергетические, финансовые и трудовые ресурсы, основные фонды и получать высококачественную, экологически чистую продукцию [1]. В настоящее время доильные роботы активно внедряются в производство, облегчая труд аграриев, в том числе, и в нашей стране.

Иная ситуация складывается с процессом приготовления и раздачи кормосмесей, который является вторым по трудоемкости после доения. На его долю по различным оценкам приходится от 25 [2, 3] до 40% [4] от всего объема работ по обслуживанию животных на молочных фермах КРС. На рынке существует большое разнообразие автоматических систем кормления, отличающихся уровнем автоматизации, технической сложностью и другими параметрами [5]. Они активно применяются на зарубежных фермах [6], на которых обычно содержится небольшое количество животных, однако, не получили широкого распространения в нашей стране преимущественно из-за высокой стоимости. Из открытых источников известно о единичных случаях внедрения данных систем в России: Lely Vector в ООО «Родниковое Поле» Тульской области [7], кормовагоны DeLaval RA 135 в КФХ «Лопотов А.Н.» Псковской области [8], система Jeantil Automatic Feeding в ЗАО «Племенной завод «Ручьи», Ленинградская область (см. интернет ресурс <https://agrovosti.net/lib/tech/feeding-tech/avtonomnoe-kormlenie.html>).

Целью работы является разработка концептуальной модели автоматической системы кормления КРС на базе колесного роботизированного кормораздатчика для обслуживания животных на отечественных фермах и комплексах.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В основу разработки АСК легли следующие исследования:

1. Анализ продукции, выпускаемой производителями систем для приготовления и раздачи кормосмесей на фермах КРС [5].
2. Изучение работ зарубежных ученых, посвященных исследованию автоматических систем кормления.
3. Моделирование работы роботизированного кормораздатчика и мобильного смесителя-раздатчика кормов с помощью разработанного математического аппарата на основе теории графов [9, 10].
4. Экспериментальные опыты, проведенные в российских хозяйствах с функционирующими

автоматическими системами кормления [7, 8] и в хозяйствах, являющихся потенциальными потребителями данных технологий.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно исследованию [11], еще несколько лет назад, наиболее распространенными являлись роботизированные кормораздатчики, перемещающиеся по подвесным рельсовым путям. Однако, в ходе проведенного обзора роботизированных технических средств для приготовления и/или раздачи кормосмесей выявлена тенденция к переходу на использование колесных роботов. Это объясняется развитием уровня техники и совершенствованием систем автономного управления. Так, например, один из ведущих производителей в области механизации и автоматизации животноводства GEA Farm Technologies обновил свой ассортимент, и на смену трем моделям подвешенного типа GEA Free Stall Feeder, GEA Mix & Carry и GEA MixFeeder with WIC [12, 13] пришел колесный робот GEA DairyFeed F4500.

По результатам проведенного обзора установлено, что ведущие мировые производители Cormall (Дания), DeLaval (Швеция), EDER (Германия), Euromilk (Польша), GEA Farm Technologies (Германия), Hetwin (Австрия), Jeantil (Франция), KUHN (Франция), Lely (Нидерланды), Lemmer (Германия), LUCAS (Франция), One2Feed (Дания), Pellon (Финляндия), Rovibec (Канада), SCHAUER (Австрия), Schuitemaker (Нидерланды), SIEPLO (Нидерланды), TKS (Норвегия), Trioliet (Нидерланды), Valmetal (Канада/США), Wasserbauer (Австрия) суммарно выпускают 37 моделей роботизированных кормораздатчиков. Из них 14% (5 шт.) являются ленточными, 35% (13 шт.) – подвесными, а 51% (18 шт.) – колесными (рис. 1). Учитывая складывающуюся на мировом рынке тенденцию, можно сделать вывод о том, что в будущем колесные роботы вытеснят с рынка устройства подвешенного типа, для эксплуатации которых требуется монтаж рельсовых путей в коровниках.

В связи с увеличением количества моделей колесных роботов и совершенствованием аккумуляторных батарей (АКБ) последние заняли лидирующие позиции в качестве источника питания – из 32 моделей мобильных роботов 47% (15 шт.) работают от АКБ, 44% (14 шт.) – от электросети, 9% (3 шт.) – от двигателя внутреннего сгорания. Можно предположить, что в перспективе доля роботов, работающих от АКБ, возрастет.

В качестве основного рабочего органа у роботизированных кормораздатчиков, как правило, используются вертикальные шнеки (44% или 14 кормораздатчиков) либо продольные транспортеры (41% или 13 кормораздатчиков). При выборе основного рабочего органа определяющим фактором является состав автоматической системы кормления, в которую входит роботизированный кормораздатчик. Их можно разделить на 2 типа:



Рис. 1. Типы выпускаемых роботизированных кормораздатчиков, %.

Fig. 1. Types of produced robotic feeders, %.

1. системы, в которых корма поочередно загружаются в роботизированный кормораздатчик и смешиваются в нем, например, вертикальным шнеком;
2. системы, в которых приготовление кормосмесей осуществляется в отдельном технологическом оборудовании. Роботизированный кормораздатчик при этом используется для выдачи уже готовых кормосмесей и оснащается продольным транспортером.

В работе [14] установлено, что обслуживание одним роботом нескольких коровников нецелесообразно, поскольку его производительность снижается примерно в 2 раза, при этом дополнительно требуется установка автоматических ворот, соответствующее благоустройство дорожного покрытия и очистка его от снега в зимний период, возведение тамбуров для переезда между коровниками и т.д.

Также важно отметить, что европейские фермы, на которых по большей части используются автоматические системы кормления, рассчитаны на обслуживание небольшого по численности стада (как правило, это основное дойное стадо).

В России, напротив, во многих хозяйствах наблюдается высокая концентрация животных – 800–2000 и более коров [15]. Так, например, крупные фермы (агрохолдинги) производят 35–40 % всего молока в России [16]. При этом часть животных может содержаться на выгульно-кормовых площадках [8], а само стадо может быть неоднородным по своему составу – помимо дойного стада могут содержаться телята, сухостойные коровы и т.д.

На рис. 2 и 3 схематично представлены коровники с установленными в них автоматическими системами кормления от компании GEA Farm Technologies.

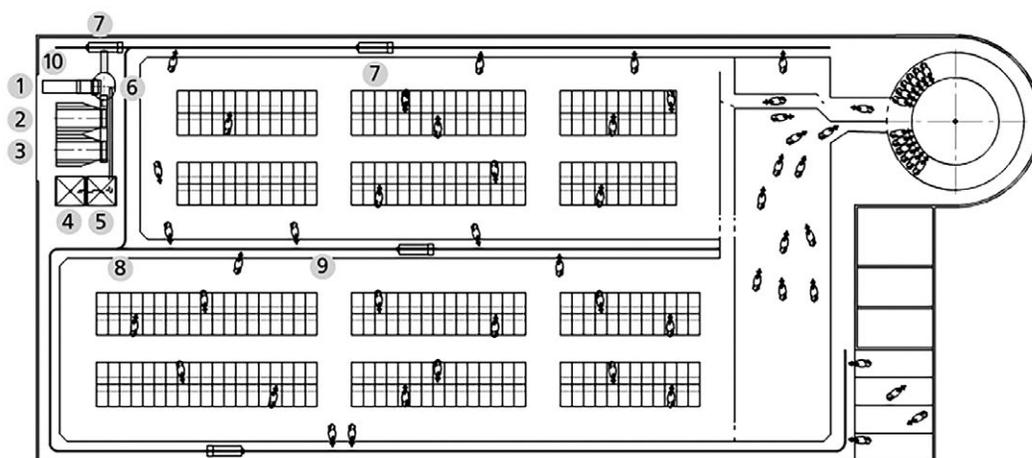


Рис. 2. План коровника с автоматической системой кормления GEA Mix & Carry: 1 – оборудование для подготовки соломы; 2, 3 – бункеры-накопители для основных кормов; 4, 5 – бункеры для концентратов; 6 – стационарный смеситель; 7 – подвесной роботизированный кормораздатчик; 8 – поворотный рельс; 9 – подвесной путь; 10 – зарядное устройство.

Fig. 2. Layout of the cowshed with the GEA Mix & Carry automatic feeding system: 1 – straw processing equipment; 2, 3 – storage containers for silage; 4, 5 – concentrates storage containers; 6 – a stationary mixer; 7 – a rail-guided robotic feeder; 8 – a pivotal rail; 9 – an overhead railway; 10 – a battery charger.

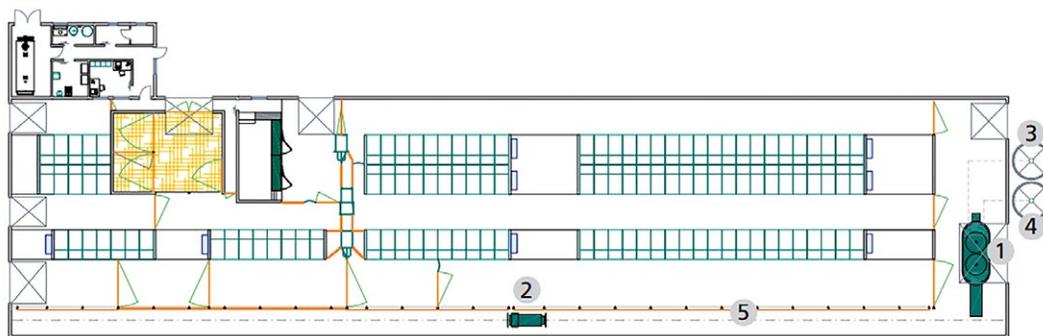


Рис. 3. План коровника с роботизированным кормораздатчиком GEA Free Stall Feeder: 1 – стационарный смеситель; 2 – подвесной роботизированный кормораздатчик; 3, 4 – бункеры для концентратов; 5 – подвесной путь.
Fig. 3. Layout of the cowshed with the GEA Free Stall Feeder robotic feeder: 1 – a stationary mixer; 2 – a rail-guided robotic feeder; 3, 4 – concentrates storage containers; 5 – an overhead railway.

Очевидно, что при увеличении количества коровников существенно возрастают и расходы на приобретение и обслуживание необходимого технологического оборудования. Кроме того, при наличии в хозяйстве открытых выгульно-кормовых площадок для кормления животных дополнительно потребуется задействовать мобильную технику.

Таким образом, на основании проведенных исследований предложена концепция автоматической системы кормления (далее Система), подразумевающая два основных исполнения (конфигурации).

Конфигурация 1.

Вариант реализации Системы в данной конфигурации представлен на рис. 4. Она включает в себя:

1. Отдельные для каждого коровника колесные роботизированные кормораздатчики с весовой системой для выдачи готовых кормосмесей и выполнения операции подравнивания кормов, оснащенные продольным транспортером и работающие от АКБ.
2. Отдельные для каждого коровника бункеры-накопители (один или несколько*), вмонтированные в стену и служащие для промежуточного хранения приготовленных кормосмесей и автоматической загрузки их в роботизированный кормораздатчик.

* Количество бункеров-накопителей и их объем зависят от количества животных, технологических групп, рационов кормления, от выбранной кратности кормления и от других факторов. Для снижения стоимости Системы при соответствующем

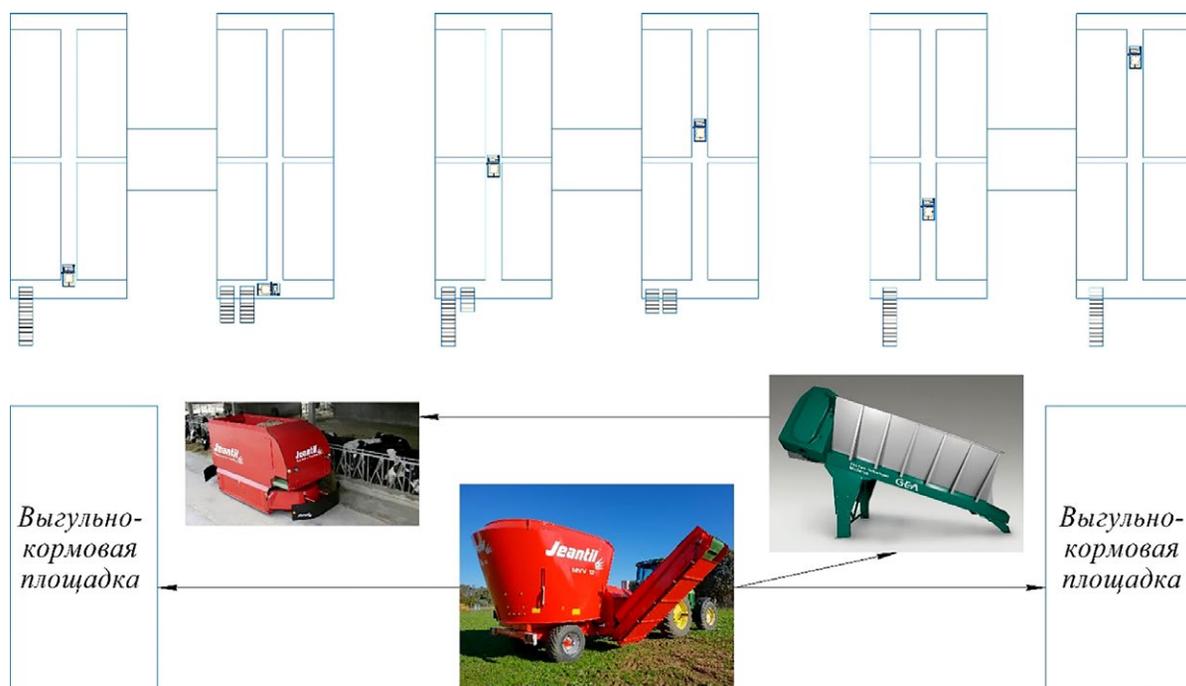


Рис. 4. Схематичный план реализации Системы (Конфигурация 1).
Fig. 4. Schematic plan of the system implementation in Configuration 1.

планировании работ один бункер-накопитель может использоваться для работы с несколькими рационами кормления [17].

3. Мобильный смеситель-раздатчик кормов (МСРК) с весовой системой для приготовления кормосмесей, кормления животных на выгульно-кормовых площадках и/или загрузки бункеров-накопителей.
4. Технические устройства для загрузки кормов в МСРК (либо устройство для самозагрузки).

Конфигурация 2.

Для хозяйств, в которых приготовление кормосмесей осуществляется централизованно в кормоцехе с использованием стационарных смесителей кормов (см. например, ССК-21В «Хозяин», <https://www.youtube.com/watch?v=LC11EobopcM>), состав системы будет следующим:

1. Отдельные для каждого коровника колесные роботизированные кормораздатчики для выдачи готовых кормосмесей и выполнения операции подравнивания кормов, оснащенные продольным транспортером и работающие от АКБ.
2. Отдельные для каждого коровника бункеры-накопители (один или несколько) с весовой системой, вмонтированные в стену и служащие для промежуточного хранения приготовленных кормосмесей и автоматической загрузки их в роботизированный кормораздатчик;
3. Мобильные кормораздатчики типа КТУ-10А для загрузки готовых кормосмесей в бункеры-накопители.
4. Стационарные смесители кормов с весовой системой для приготовления кормосмесей и загрузки их в мобильный кормораздатчик.
5. Технические устройства для загрузки кормов в стационарный смеситель.

Таким образом, предложенная система позволяет автоматизировать процессы раздачи и подравнивания кормосмесей за счет применения роботизированных кормораздатчиков. При этом требуется относительно небольшое количество сопутствующего технологического оборудования, в связи с изменением функции бункеров-накопителей, – вместо отдельных компонентов рационов кормления в них загружаются готовые кормосмеси. При этом производительность системы сопоставима с производительностью наиболее дорогостоящих и технически сложных систем (рис. 2), а ее эффективность возрастает с увеличением численности обслуживаемого поголовья, особенно в хозяйствах с комбинированным содержанием животных, поскольку удельные расходы на технологическое оборудование, в расчете на одну голову, снижаются.

За счет использования бункеров-накопителей нагрузка на мобильный СРК оказывается более распределенной, что позволяет обходиться меньшим количеством (или меньшим объемом) техники. Это является одним

из существенных преимуществ Системы по сравнению с основной на сегодня технологией кормления на базе мобильных СРК, при которой создаются пиковые нагрузки во время кормлений. Так, зоотехническими нормами, предусматривающими минимизацию стресс-факторов для животных, регламентируется период разового кормления до 20 мин [18]. Показатель варьируется в зависимости от типа помещений на животноводческих комплексах (наличия сквозных проездов, длины кормового стола и др.). Очевидно, что для выполнения этих требований в крупных хозяйствах потребуется задействовать достаточно большое количество техники, которая в периодах между кормлениями будет простаивать. Кроме того, поскольку для предлагаемой Системы исключается необходимость заезда мобильного СРК в коровник, его производительность повышается. Также повышается и уровень свободы в планировании работ, поскольку бункеры-накопители могут наполняться до начала кормления.

ВЫВОДЫ

1. В перспективе основу рынка займут работающие от АКБ колесные роботизированные кормораздатчики с основным рабочим органом в виде продольного транспортера либо вертикальных шнеков (в зависимости от типа автоматической системы кормления, в состав которой они входят).
2. Существующие автоматические системы кормления рассчитаны на обслуживание относительно небольшого по численности стада, расположенного в коровниках. При увеличении количества коровников существенно возрастают затраты на технологическое оборудование, а для кормления животных, находящихся на выгульно-кормовых площадках, дополнительно потребуется задействовать мобильную технику.
3. Предлагаемая автоматическая система кормления для отечественных ферм и комплексов позволяет эффективно применять роботизированные кормораздатчики при относительно небольшом количестве требуемого технологического оборудования. Эффективность данной системы возрастает с увеличением численности обслуживаемого поголовья, особенно в хозяйствах с комбинированным содержанием животных, поскольку удельные расходы на технологическое оборудование в расчете на одну голову снижаются.

Дальнейшим направлением исследования является моделирование работы роботизированного кормораздатчика с целью определения оптимальной вместимости его бункера, при которой обеспечивается универсальность применения кормораздатчика в коровниках с различной численностью животных при разной кратности кормления.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Конфликт интересов. Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования. Автор заявляет об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Острецов В.Н., Жильцов В.В. Эффективность механизации животноводства // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2012. № 2(20). С. 115–119.
2. Grothmann A., Nydegger F., Häußermann A., et al. Automatic feeding system (AFS) – potential for optimisation in dairy farming // Landtechnik. 2010. Vol. 65, N 2. P. 129–131. doi: 10.15150/lt.2010.610
3. Pezzuolo A., Chiumenti A., Sartori L., et al. Automatic feeding systems: evaluation of energy consumption and labour requirement in north-east Italy dairy farm // Engineering for Rural Development. 2016. Vol. 15. Pp. 882–887.
4. Купреенко А.И., Исаев Х.М., Полянская А.И. К определению эксплуатационных показателей кормовых вагонов // Вестник Брянской ГСХА. 2014. № 3. С. 3–6.
5. Купреенко А.И., Исаев Х.М., Михайличенко С.М. Автоматические системы кормления на молочных фермах КРС // Вестник Брянской ГСХА. 2018. №3(67). С. 32–37.
6. Oberschätzl-kopp R., Haidn B., Peis R., et al. Effects of an Automatic Feeding System with Dynamic Feed Delivery Times on the Behaviour of Dairy Cows // Proc. of CIGR-AgEng Conference, Aarhus, Denmark. Aarhus: Aarhus University, 2016. P. 1–8.
7. Купреенко А.И., Исаев Х.М., Михайличенко С.М. Автоматизация приготовления и раздачи кормов на примере ООО «Родниковое поле» // Новые информационные технологии в образовании и аграрном секторе экономики: сборник материалов II Международной научно-практической конференции. Брянск, 2019. С. 49–54.
8. Купреенко А.И., Исаев Х.М., Михайличенко С.М. Эксплуатация автоматического кормового вагона на молочной ферме // Сельский механизатор. 2018. № 6. С. 32–33.
9. Михайличенко С.М. Сравнительный анализ хронометражных замеров и моделирования работы мобильного кормоцепа // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения: сборник научных работ. Брянск, 2019. С. 315–321.

REFERENCES

1. Ostretsov V.N., Zhiltsov V.V. The effectiveness of livestock mechanization. *Ekonomicheskie i sotsialnye peremeny: fakty, tendentsii, prognoz*. 2012;20(2):115–119. (In Russ).
2. Grothmann A, Nydegger F, Häußermann A, et al. Automatic feeding system (AFS) – potential for optimisation in dairy farming. *Landtechnik*. 2010;65(2):129–131. doi: 10.15150/lt.2010.610
3. Pezzuolo A, Chiumenti A, Sartori L, et al. Automatic feeding systems: evaluation of energy consumption and labour requirement

ADDITIONAL INFORMATION

Competing interests. The author declares no any transparent and potential conflict of interests in relation to this article publication.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

10. Kupreenko A.I., Isaev Kh.M., Kuznetsov Yu.A., et al. Modeling of mobile TMR mixer operation // INMATEH – Agricultural Engineering. 2020. Vol. 61, N 2. P. 193–198. doi: 10.35633/inmateh-61-21
11. Oberschätzl R., Haidn B., Neiber J., et al. Automatic Feeding Systems for Cattle – A Study of the Energy Consumption of the Techniques // Proc. of XXXVI CIOSTA CIGR V Conference. Saint Petersburg, 2015. P. 1–9.
12. Благов Д.А., Миронова И.В., Митрофанов С.В., и др. Роботизированные технологии в кормлении крупного рогатого скота // Все о мясе. 2021. № 4. С. 21–25. doi: 10.21323/2071-2499-2021-4-21-25
13. Федоренко В.Ф., Мишуров Н.П., Буклагин Д.С., и др. Цифровое сельское хозяйство: состояние и перспективы развития: науч. издание. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019.
14. Купреенко А.И., Исаев Х.М., Михайличенко С.М. Влияние кратности кормления на производительность автоматического кормового вагона // Инновации в сельском хозяйстве. 2019. № 2(31). С. 76–83.
15. Иванов Ю.А. Результаты научных исследований по механизации и автоматизации животноводства // Техника и технологии в животноводстве. 2021. № 1(41). С. 4–11. doi: 10.51794/27132064-2021-1-4
16. Ерохин М.Н., Дорохов А.С., Кирсанов В.В., и др. Концепция построения регионального многофункционального сервисного центра по молочному животноводству // Агроинженерия. 2021. № 1(101). С. 4–10. doi: 10.26897/2687-1149-2021-1-4-10
17. Купреенко А.И., Исаев Х.М., Михайличенко С.М. Повышение эффективности использования автоматических систем кормления КРС на примере КФХ «Лопотов А.Н.» // Вестник ВНИИМЖ. 2018. № 2(30). С. 138–142.
18. Кирсанов В.В., Павкин Д.Ю., Никитин Е.А., Довлатов И.М. Методика оптимизации параметров машинного кормления крупного рогатого скота // Агроинженерия. 2021. № 1(101). С. 10–14. doi: 10.26897/2687-1149-2021-1-10-14

in north-east Italy dairy farm. *Engineering for Rural Development*. 2016;15:882–887.

4. Kupreenko AI, Isaev KhM, Polyanskaya AI. To calculating operation indices of automatic feed wagon. *Vestnik Bryanskoy GSKhA*. 2014;3:3-6. (In Russ).
5. Kupreenko AI, Isaev KhM, Mikhailichenko SM. Automatic feeding systems in dairy farms. *Vestnik Bryanskoy GSKhA*. 2018;3(67): 32–37. (In Russ).

6. Oberschätzl-kopp R, Haidn B, Peis R, et al. Effects of an Automatic Feeding System with Dynamic Feed Delivery Times on the Behaviour of Dairy Cows. In: *Proc. of CIGR-AgEng Conference, Aarhus, Denmark*. Aarhus: Aarhus University; 2016:1–8.
7. Kupreenko AI, Isaev KhM, Mikhailichenko SM. Automating the preparation and distribution of forages on the example of LLC "Rodnikovoye Pole". In: *Novye informacionnye tekhnologii v obrazovanii i agrarnom sektore ekonomiki: sbornik materialov II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. Bryansk; 2019:49–54. (In Russ).
8. Kupreenko AI, Isaev KhM, Mikhailichenko SM. The automatic feed wagon operation on the dairy farm. *Selskiy mekhanizator*. 2018;85(6):32–33. (In Russ).
9. Mikhailichenko SM. Comparative analysis of chronometry measurements and modeling the work of mobile TMR mixer. In: *Konstruirovaniye, ispol'zovaniye i nadezhnost' mashin sel'skohozyajstvennogo naznacheniya: sbornik nauchnyh rabot*. Bryansk; 2019:315–321. (In Russ).
10. Kupreenko AI, Isaev KhM, Kuznetsov YuA, et al. Modeling of mobile TMR mixer operation. *INMATEH – Agricultural Engineering*. 2020;61(2):193–198. doi: 10.35633/inmateh-61-21
11. Oberschätzl R, Haidn B, Neiber J, et al. Automatic Feeding Systems for Cattle – A Study of the Energy Consumption of the Techniques. In: *Proc. of XXXVI CIOSTA CIGR V Conference*. Saint Petersburg; 2015:1–9.
12. Blagov DA, Mironova IV, Mitrofanov SV, et al. Robotic technologies for cattle feeding. *Vsyo o myase*. 2021;4:21–25. (In Russ). doi: 10.21323/2071-2499-2021-4-21-25
13. Fedorenko VF, Mishurov NP, Buklagin DS, et al. *Digital agriculture: state and development prospects: scientific edition*. Moscow: Rosinformagrotekh; 2019. (In Russ).
14. Kupreenko AI, Isaev KhM, Mikhailichenko SM. Influence of feeding frequency on the performance of an automatic feed wagon. *Innovacii v sel'skom hozyajstve*. 2019;2(31):76–83. (In Russ).
15. Ivanov YA. Results of scientific research on livestock mechanization and automation. *Tekhnika i tekhnologii v zhivotnovodstve*. 2021;1(41):4–11. (In Russ). doi: 10.51794/27132064-2021-1-4
16. Erokhin MN, Dorokhov AS, Kirsanov VV, et al. Conceptual grounds for the construction of a regional multifunctional service center for dairy livestock. *Agricultural Engineering*. 2021;1(101):4–10. (In Russ). doi: 10.26897/2687-1149-2021-1-4-10
17. Kupreenko AI, Isaev KhM, Mikhailichenko SM. Increasing the use efficiency of automatic feeding systems for dairy cattle by the example of the peasant farm "Lopotov AN." *Vestnik VNIIMZH*. 2018;2(30):138–142. (In Russ).
18. Kirsanov VV, Pavkin DYU, Nikitin EA, et al. Methodology for optimizing the parameters of machine feeding of cattle. *Agricultural Engineering*. 2021;1(101):10–14. (In Russ). doi: 10.26897/2687-1149-2021-1-10-14

ОБ АВТОРЕ

Михайличенко Станислав Михайлович,

канд. техн. наук,
с.н.с. лаборатории цифровых систем и роботизированных
технических средств в молочном животноводстве;
адрес: Российская Федерация, 109428, Москва,
1-й Институтский проезд, д. 5;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2305-2909>;
eLibrary SPIN: 3367-9348;
e-mail: S.M.Mikhailichenko@yandex.ru

AUTHOR'S INFO

Stanislav M. Mikhailichenko,

Cand. Sci. (Tech.),
Senior Researcher of Laboratory of Digital Systems and Robotic
Technical Equipment in Dairy Farming;
address: 5 1st Institutsky proezd, 109428 Moscow,
Russian Federation;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2305-2909>;
eLibrary SPIN: 3367-9348;
e-mail: S.M.Mikhailichenko@yandex.ru