

## Совершенствование технологии раздачи корма на молочно-товарных фермах для крупного рогатого скота

© 2024. Е. А. Никитин<sup>1</sup>, В. В. Кирсанов<sup>1</sup>, Г. Н. Самарин<sup>1,2</sup>, В. Ю. Сидорова<sup>1</sup>, Р. А. Мамедова<sup>1</sup>✉, И. В. Князева<sup>1</sup>, А. В. Титенков<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», г. Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup>ФГОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья», г. Тюмень, Российская Федерация

В статье приведен анализ существующих технологий кормления на молочно-товарных фермах, которые разделены на четыре типа и оценены по точности дозирования концентрированных и объемистых кормов в смеситель. При первом типе кормления приготовление корма осуществляется прицепным миксером-раздатчиком, где каждый компонент дозируется погрузчиком, точность дозирования корма измерялась бортовой системой взвешивания Daily TMR Manager. Второй тип включает использование самоходного миксера-раздатчика кормов с самозагрузкой. Третий тип кормления в стационарном кормоцехе предусматривает использование стационарного смесителя-раздатчика кормов и средств автоматизированной раздачи (колесный робот или кормовой вагон). Четвертый тип технологии кормления представлен в виде самоходного шасси, на котором устанавливается емкость смесителя кормов и автономная система дозирования концентрированных кормов для разных половозрастных технологических групп. Высокую погрешность дозирования концентрированных кормов показала первая технология кормления, максимальное зарегистрированное значение 17 % из 100 измерений. При дозировании объемистых кормов высокую погрешность показали первая и четвертая технологии кормления – до 6 %. Технология кормления в стационарном кормоцехе имеет высокую точность дозирования всех типов кормов, основные недостатки этой технологии – большая металлоемкость, энергоемкость и громоздкость конструкции, что увеличивает стоимость оборудования и его обслуживание. Удельная масса концентратов в рационе кормления требует использования высокоточного дозирующего оборудования, исключающего погрешности дозирования, связанные с человеческим фактором. Передозировка концентрированных кормов увеличивает себестоимость молока, повышает риск ацидоза, а недостаток снижает эффективность обмена питательных веществ у животных. На основании приведенного анализа существующих технологий предложена технология кормления, использующая самоходный миксер-раздатчик с автоматической системой весового контроля и устройством самозагрузки объемистых кормов, а для концентрированных кормов – роботизированное устройство, которое оснащено точным дозатором концентрированных кормов и минеральных добавок с 2 %-ной максимальной погрешностью.

**Ключевые слова:** концентрированный корм, объемистый корм, технология кормления, человеческий фактор, дозирование корма, устройство раздачи корма

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (тема № FGUN-2022-0014).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку данной работы.

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Никитин Е. А., Кирсанов В. В., Самарин Г. Н., Сидорова В. Ю., Мамедова Р. А., Князева И. В., Титенков А. В. Совершенствование технологии раздачи корма на молочно-товарных фермах для крупного рогатого скота. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2024;25(5):938–948. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.5.938-948>

Поступила: 26.04.2024

Принята к публикации: 07.10.2024

Опубликована онлайн: 30.10.2024

## Improving the technology of feed distribution on dairy farms for cattle

© 2024. Evgeniy A. Nikitin<sup>1</sup>, Vladimir V. Kirsanov<sup>1</sup>, Gennadiy N. Samarin<sup>1, 2</sup>, Viktoriya Yu. Sidorova<sup>1</sup>, Ravza A. Mamedova<sup>1</sup>✉, Inna V. Knyazeva<sup>1</sup>, Andrey V. Titenkov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup>Northern Trans-Ural State Agricultural University, Tyumen, Russian Federation

The article provides an analysis of existing feeding technologies on dairy farms, which are divided into four types and evaluated by the accuracy of dosing concentrated and bulky feeds into a mixer. In the first type of feeding, the feed is prepared by a trailer mixer-distributor, where each component is dosed by a loader, the accuracy of the feed dosage was measured by the onboard weighing system "Daily TMR Manager". The second type involves the use of a self-propelled feed dispenser mixer with self-loading. The third feeding scheme in a stationary feed mill provides for the use of a stationary mixer-distributor of feed and automated distribution means (a wheeled robot or a feed wagon). The fourth type of feeding technology is presented in the form of a self-propelled chassis, on which the feed mixer capacity and an autonomous dosing

*system of concentrated feeds for different age and gender technological groups are installed. The high dosage error of concentrated feeds was shown by the first feeding technology, the maximum recorded value of 17 % out of 100 measurements. When dosing bulky feeds, the first and fourth feeding technologies showed a high error of up to 6 %. The technology of feeding in a stationary feed mill has a high accuracy of dosing of all types of feed, but the main disadvantages of this technology are high metal consumption, energy consumption and bulkiness of the structure, which increases the cost of equipment and its maintenance. The specific gravity of concentrates in the feeding diet requires the use of high-precision dosing equipment, eliminating dosage errors associated with the human factor. An overdose of concentrated grains increases the cost of milk, increases the risk of acidosis, and a lack reduces the efficiency of animal nutrient metabolism. Based on the above analysis of existing technologies, a feeding technology is proposed using a self-propelled mixer distributor with an automatic weight control system and a self-loading device for bulky feeds, and for concentrated feeds – a robotic device equipped with an accurate dispenser of concentrated feeds and mineral additives with a maximum error of 2 %.*

**Keywords:** concentrated feed, bulky feed, feeding technology, human factor, dosing mixture feed, feed distribution device

**Acknowledgements:** the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Federal Scientific Agroengineering Center VIM (theme No. FGUN-2022-0014).

The authors thank the reviewers for their contribution to the expert evaluation of this work.

**Conflict of interest:** the authors stated no conflict of interest.

**For citations:** Nikitin E. A., Kirsanov V. V., Samarin G. N., Sidorova V. Yu., Mamedova R. A., Knyazeva I. V., Titenkov A. V. Improving the technology of feed distribution on dairy farms for cattle. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2024;25(5):938–948. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.5.938-948>

Received: 26.04.2024

Accepted for publication: 07.10.2024

Published online: 30.10.2024

Как известно, одним из основных процессов в животноводстве является кормление. В настоящее время на молочно-товарных фермах существует разное количество технологий кормления животных. Данные современные решения не всегда позволяют обеспечивать полноценный рацион питания животных. В зависимости какое используется оборудование при раздаче корма – это может быть прицепной миксер-раздатчик или стационарный кормоцех, у которых встречаются недостатки, связанные с погрешностью дозирования при раздаче корма, оказывает существенное влияние на сбалансированность рациона питания [1]. Актуальность совершенствования существующих технологий кормления крупного рогатого скота, не вызывает сомнений [2].

Для полноценного кормления животных необходимо, чтобы кормовой стол перед каждой технологической группой был равномерно заполнен кормом. При этом кормовая смесь должна быть сбалансирована по питательным веществам, концентрированные и объемистые корма качественно перемешаны [3, 4].

Правильно организованный процесс кормления животных с применением автоматизации и роботизации трудоемких процессов способствует повышению продуктивности дойного стада [5], стабилизирует удои коров основного стада, снижает период достижения живой массы для начала воспроизводительной активности у телок, улучшает качество сырого молока.

Себестоимость производства высококачественного молока напрямую зависит от наличия инновационных технологий, используемых

при автоматизации процессов кормления самоходной техники [6], так как за один и тот же период можно получить большее количество дополнительного молока, что позволяет уменьшить себестоимость получаемой продукции. При интенсивной технологии с использованием комплексной механизации и автоматизации процессов кормления молодняк крупного рогатого скота к 13–15-месячному возрасту достигает живой массы 390–450 кг и более, что является достаточным параметром, обеспечивающим интенсификацию производственных процессов и ускоряющие капиталотдачу вложенных средств в технологическое оснащение [7].

В настоящее время на животноводческих фермах используются автоматические системы составления рационов: РАЦИОН, Коралл-АГРО, Белкофф, AMTS, HYBRIMIN Futer, в базе данных которых содержится информация о питательности компонентов кормовой смеси, используемых в каждом отдельном стаде, величина потребности в кормах, макро- и микроэлементах различных половозрастных и продуктивных групп животных [8]. Данные технологии позволяют смешивать, доизмельчать и производить выгрузку таких кормов, как сено, сенаж, солома, зерно, силос, минеральные добавки и т. п., обладающих различной плотностью, вязкостью и влажностью. Причем характеристики компонентов основных исходных кормов должны быть сохранены при раздаче рациона животным в полном объеме.

**Цель исследования** – проанализировать существующие технологии организации кормления крупного рогатого скота на животно-

водческих комплексах и обосновать наиболее рациональный набор машин, способствующий повышению технологической эффективности кормления крупного рогатого скота.

*Научная новизна* – обоснование набора машин для организации технологии кормления крупного рогатого скота, способствующей минимизации погрешности дозирования концентрированных кормов посредством использования роботизированного устройства.

**Материал и методы.** В работе рассмотрены четыре основные технологические схемы раздачи корма, которые наиболее часто встречаются на молочно-товарных фермах, и приведены данные по точности дозирования объемистых и концентрированных кормов при раздаче.

Исследования проводили на базе ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (г. Москва) в лаборатории № 11.3 «Инновационные технологии и технические средства кормления в животноводстве» в период с 2022 по 2023 год, включая выездные работы на базах агрофирм АО «Зеленоградское», АО «Совхоз им. Ленина», АО «Агропромкомплектация», КФХ «Лопотов А. Н.», ООО «Русмолоко».

Исследования включали сбор и обобщение информации, полученной из отраслевой практики, интернет-ресурсов, научно-технического фонда, справочников, методических руководств, рекомендаций, патентно-лицензионных источников и собственных исследований.

Задача работы сводилась к классификации технологий кормления крупного рогатого скота с использованием машин для раздачи кормовой смеси различного типа на соответствующие группы. Проведен анализ значений раздачи концентрированных и объемистых кормов, снимаемых с автоматизированных бортовых систем взвешивания. В результате исследования выявлены следующие технологии раздачи корма:

№ 1 – с использованием прицепного смесителя-раздатчика кормов. Данная технология исследовалась на примере миксера-раздатчика «Хозяин» (производство РФ, ныне ООО «КОБЛИК ГРУПП») в АО «Зеленоградское» Пушкинского района Московской области, точность дозирования измеряли бортовой системой взвешивания Dailly TMR Manager (производство Dinamica Generale – Италия), работающего в паре с телескопическим погрузчиком [9];

№ 2 – с использованием самоходного миксера-раздатчика кормов с самозагрузкой. Данная технология кормления представлена на примере самоходного миксера-раздатчика DeLaval VS-22 (производство Delaval – Швеция) в АО «Агропромкомплектация», Конаковского района Тверской области, точность дозирования корма измеряли бортовой системой взвешивания;

№ 3 – в стационарном кормоцехе с использованием стационарного смесителя раздатчика кормов и средств автоматизированной раздачи (колесный робот или кормовой вагон). Технологию кормления оценивали по предоставленным результатам молочно-товарной фермы КФХ «Лопотов А. Н.», где применяется кормовой вагон Delaval RA135 (производство фирмы Delaval – Швеция);

№ 4 – с использованием самоходного шасси, на котором размещаются емкости для дозирования концентрированных кормов. Технология исследовалась на примере самоходного миксера-раздатчика Пента МКС-25У (производство ООО «ПФТ», РФ) на базе КАМАЗ на молочно-товарной ферме компании ООО «Русмолоко» Московской области [10].

**Результаты и их обсуждение.** Исследование различных технологий для раздачи кормосмесей показало, что в основном на молочно-товарных фермах нашей страны применяются четыре основных типа технологий, которые учитывают погрешность дозирования концентрированных и объемистых кормов. При условии, что современные машины и технологическое оборудование для раздачи кормовой смеси оснащаются системой автоматического взвешивания дозируемых компонентов кормовой смеси.

Согласно проведенным исследованиям, наиболее распространенной на современных молочно-товарных фермах стала технология № 1 кормления крупного рогатого скота с использованием прицепного миксера раздатчика корма, агрегатируемого вместе с трактором. Емкости миксера-раздатчика наполняются с помощью погрузчика, а дозирование концентратов осуществляется посредством шнека, который установлен в бункере для хранения кормосмеси. Контроль веса дозируемого корма осуществляется с помощью бортовой системы взвешивания на миксере-раздатчике (рис. 1).

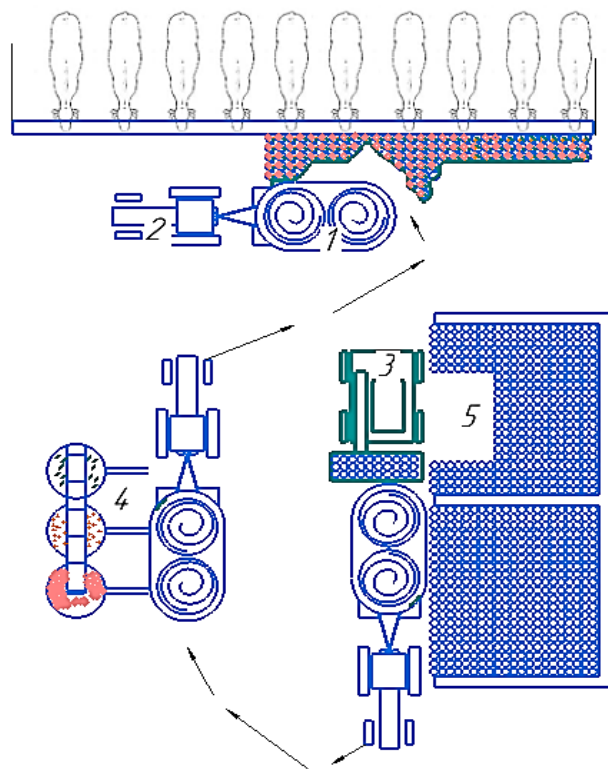


Рис. 1. Технологическая схема раздачи корма с помощью прицепного миксера-раздатчика: 1 – прицепной миксер-раздатчик, 2 – транспортное средство, 3 – погрузчик, 4 – бункеры-дозаторы концентрированных кормов, 5 – хранилище объемистых кормов /

Fig. 1. Technological scheme of feed distribution by a trailer mixer-distributor using, where: 1 – is a trailer mixer distributor, 2 – a transport vehicle, 3 – a loader, 4 – bunkers' dispensers of concentrated feed, 5 – bulky feed's storage

Ключевой недостаток этой технологии – необходимость задействования двух операторов для управления сельскохозяйственной техникой (на погрузчике и тракторе, который агрегирует миксер-раздатчик). Эти факторы формируют дополнительные издержки, связанные с фондом оплаты труда, налоговыми и страховыми сборами за владение техникой.

Технология № 2 раздачи корма подразумевает применение самоходного миксера-раздатчика с системой самозагрузки и бортовой системой взвешивания дозируемых кормов. Дозирование концентрированных кормов осуществляется посредством дозаторов, которые находятся в накопительных бункерах (рис. 2).

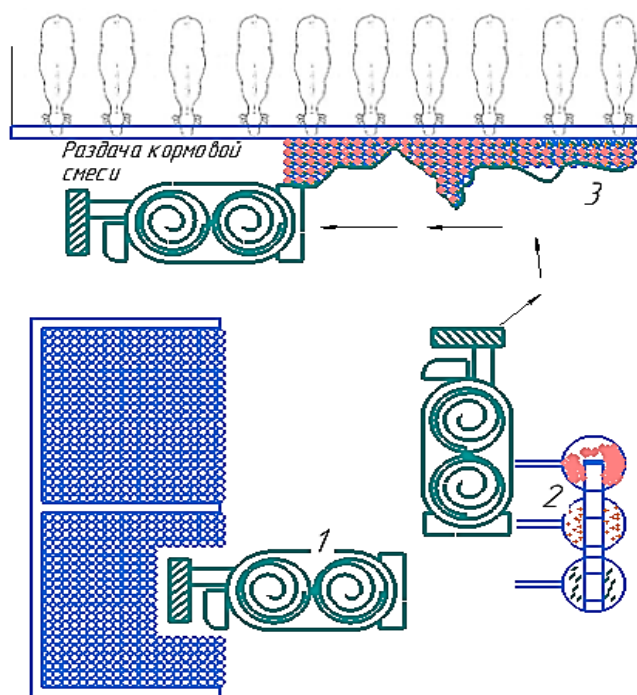


Рис. 2. Технологическая схема раздачи корма с применением самоходного миксера-раздатчика с системой самозагрузки: 1 – самоходный миксер-раздатчик, 2 – бункеры-дозаторы концентрированных кормов, 3 – кормовой стол на ферме /

Fig. 2. Technological scheme of feed distribution by a self-propelled mixer distributor with a self-loading system, where 1 – is a self-propelled mixer distributor, 2 – concentrated feed dispensers, 3 – feed table on the farm



Очевидным преимуществом технологии № 2 является отсутствие необходимости использования специализированного погрузчика для объемистых кормов и, как следствие, исключена необходимость дополнительного найма оператора.

Помимо этого, большинство самоходных миксеров-раздатчиков оборудуется фрез-барабаном для загрузки объемистых кормов, который доизмельчает стебельчатые культуры, что благоприятно влияет на усвоение питательных веществ.

Технология кормления №3 включает наличие стационарного кормоцеха и является

одной из наиболее дорогих технологий кормления крупного рогатого скота, которая состоит из технологического помещения с бункерами промежуточного хранения крупно-стебельчатых объемистых кормов, таких как сенаж, сено, силос, и другие, а хранение и дозирование концентрированных кормов происходит аналогично представленным выше технологиям №1 и №2. Раздача кормовой смеси в данной технологии осуществляется кормовым вагоном, который движется по жесткозакрепленной рельсе или роботом-раздатчиком с автоматической системой позиционирования (рис. 3).

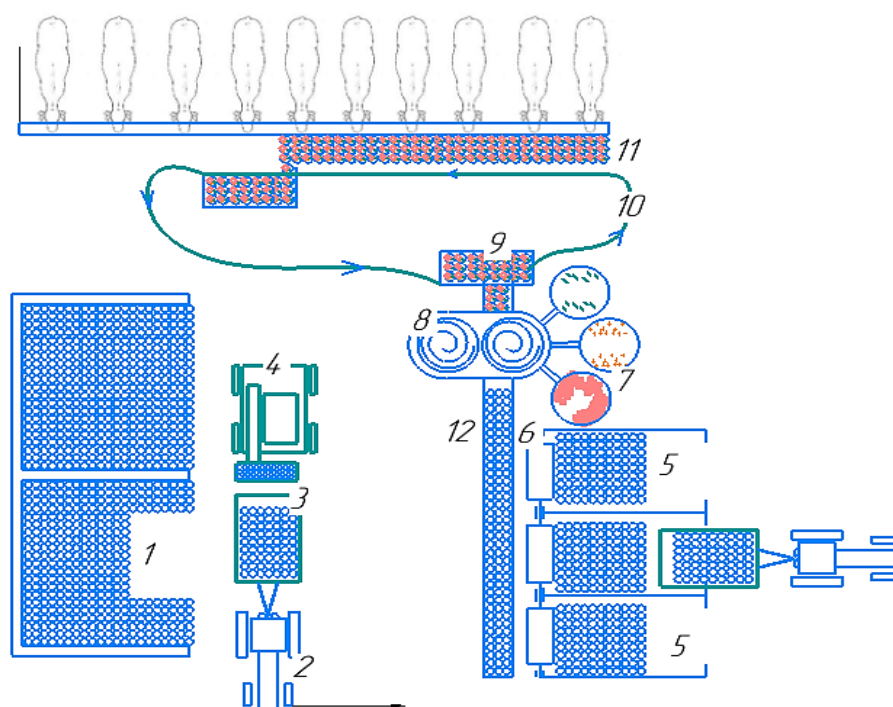


Рис. 3. Технологическая схема раздачи корма в стационарном кормоцехе: 1 – основное хранилище объемистых кормов; 2 – транспортное средство; 3 – прицеп; 4 – погрузчик; 5 – промежуточное хранилище объемистых кормов; 6 – дозатор объемистых кормов; 7 – бункер-дозатор концентрированных кормов; 8 – смеситель; 9 – вагон раздатчик; 10 – условная траектория перемещения; 11 – кормовой стол; 12 – транспортер /

Fig. 3. Technological scheme of feed distribution in a stationary feed shop: 1 – is the bulky feeds' main storage; 2 – a transport vehicle; 3 – a trailer; 4 – a loader; 5 – bulky feeds' intermediate storage; 6 – bulky feeds' dispenser; 7 – concentrated feed's hopper- dispenser; 8 – a mixer; 9 – distributor car; 10 – movement's conditional trajectory; 11 – feed table; 12 – conveyor

Очевидное преимущество технологии №3 – автономность процесса смешивания и раздачи кормов. Раздача кормов многократная до 6 раз в сутки, что способствует повышению потребления корма у животных, при этом кормовой вагон или робот совмещает в себе функции подталкивателя кормов. Однако дозаторы объемистых кормов 6, нуждаются

в пополнении суточного запаса корма, что также требует использования погрузочно-разгрузочной техники, машин для транспортировки. При этом технология не масштабируема на фермы с поголовьем более 1500 голов.

Технология кормления крупного рогатого скота №4 (рис. 4) является одним из новейших решений на мировом рынке технологического

оборудования. Контейнер для смешивания кормов находится прямо на мобильном шасси и оснащается автономной системой для дозирования концентрированных кормов разным технологическим половозрастным группам животных на молочно-товарной ферме. Это осуществляется за счет возможности дозиро-

вания, во время движения концентраты могут подаваться в смеситель, что существенно сокращает время выполнения операций. Данная технология кормления представлена на примере миксера-раздатчика Пента «МКС-25У» фирмы «ПРОФИДТЕХ» на базе автомобиля КАМАЗ.

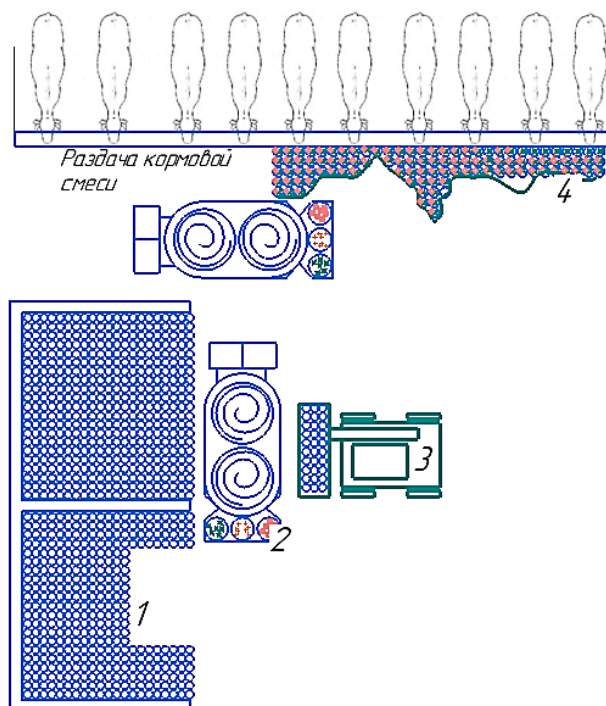


Рис. 4. Технологическая схема раздачи корма с самоходным миксером-раздатчиком с отдельными бункерами для комбикормов: 1 – хранилище объемистых кормов; 2 – раздатчик смеситель с бункерами для концентратов; 3 – погрузчик; 4 – кормовой стол на молочно-товарной ферме /

Fig. 4. Technological scheme of feed distribution with a self-propelled mixer-distributor and separate feed hopper: 1 – is a storage of bulky feeds; 2 – a distributor mixer with concentrates' bunkers; 3 – loader; 4 – feed table on the dairy farm

Подобное решение находит широкое применение в Российской Федерации на предприятиях, которые сформировались в результате смены форм собственности, повлекшей за собой интеграцию нескольких малых предприятий в одно крупное, где инфраструктура хранения кормов располагается в одном месте, а здания животноводческих комплексов рассредоточены друг относительно друга на большом расстоянии более 5 км. Самоходное шасси грузового автомобиля позволяет осуществлять транспортировку с большей скоростью, чем с использованием трактора и прицепного миксера.

Однако существенным ограничением технологии № 4 является высота борта миксера-раздатчика, установленного на шасси, превышающая 4 м, что не позволяет использовать подобные машины на предприятиях, построенных по проектам СССР, которые по сей день имеют широкое распространение в отдаленных регионах Российской Федерации.

Независимо от технических предпосылок используемых машин, описанных выше, нами

был проведен анализ данных по погрешности дозирования концентрированных кормов в каждой из описанных технологий, зарегистрированных посредством весовой системы Daily TMR Manager, установленной на конкретной машине каждого из типов технологий раздачи корма.

Построение графиков погрешности дозирования кормов осуществляли с помощью программы управления на весовом терминале бортовой системы весового дозирования, установленной на смеситель-раздатчик корма, а также использование программного обеспечения Dinamica generale, которое позволяет структурировать данные раздачи корма по каждой технологической группе животных на молочно-товарной ферме.

На рисунке 5 представлены данные погрешности дозирования концентрированных и объемистых кормов по четырем исследуемым технологиям раздачи корма на молочно-товарных фермах.

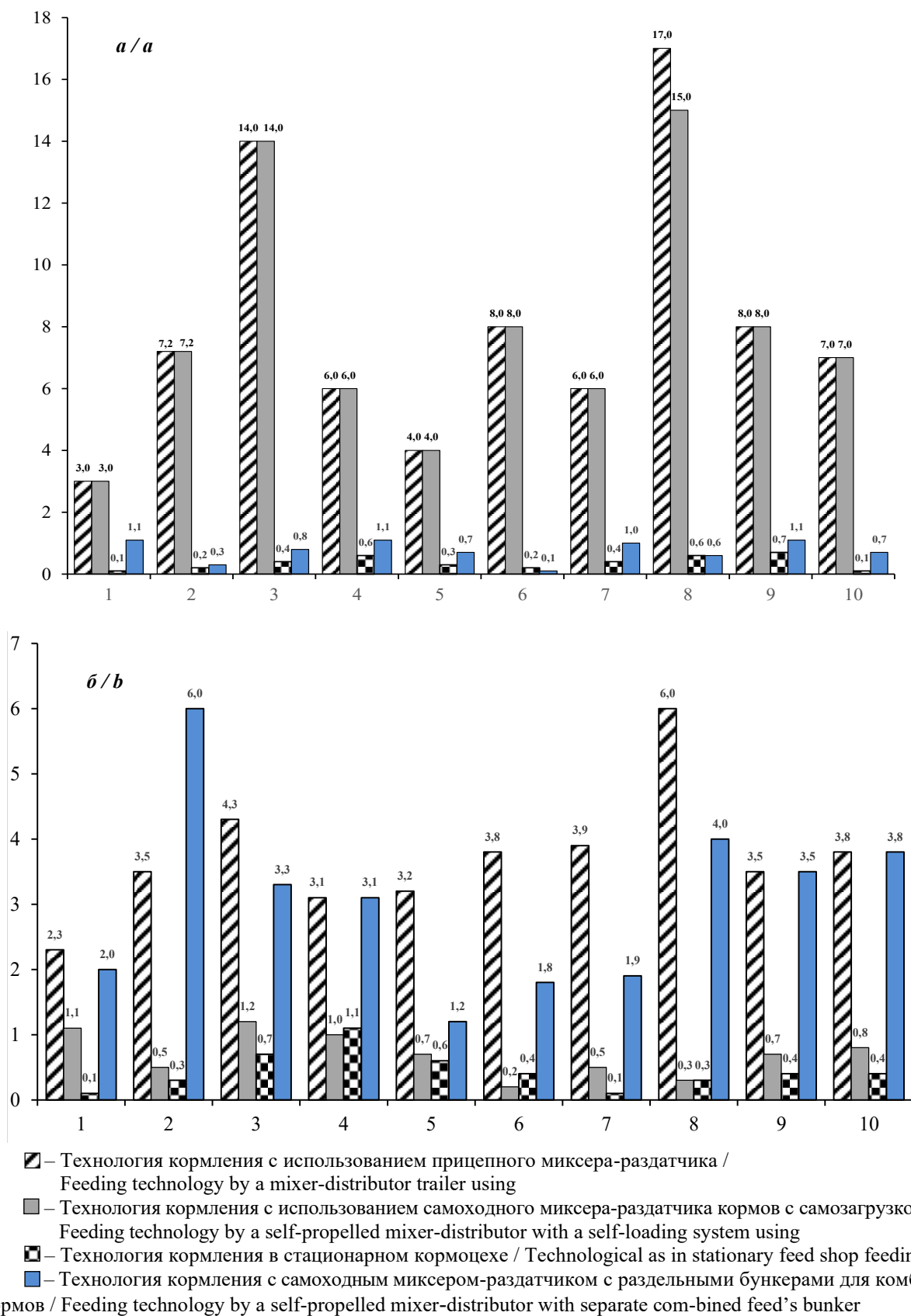


Рис. 5. Погрешность дозирования корма в зависимости от технологии раздачи: а) концентрированных кормов; б) объемистых кормов /

Fig. 5. Feed dosage precision depending on the technology: а) dosage precision of concentrated feed; б) dosage precision of bulky feed

Анализ четырех типов технологий раздачи корма на молочно-товарных фермах выявил, что одним из важных факторов, снижающих эффективность кормления, является высокая погрешность дозирования концентрированных кормов, таких как зерновой размол, шроты и жмыхи масличных культур и других.

Даже при наличии системы весового дозирования на миксере-раздатчике, которая дает обратную связь оператору погрузчика, не всегда позволяет оператору вовремя среагировать на случайное опрокидывание утрамбованной силосной или сенажной массы из ковша. По результатам оценки эффективности технологий раздачи корма, наибольшую точность дозирования объемистых кормов показал самоходный миксер-раздатчик с системой самозагрузки в виде фрез барабана (рис. 2).

Точность дозирования концентрированных кормов и минеральных добавок, как показали результаты оценки протоколов системы весового контроля, требует большего внимания

из-за того, что удельная масса концентратов в рационе питания животных меньше, что требует использования более точного оборудования для дозирования корма и исключения человеческого фактора.

Как известно, перерасход корма при раздаче увеличивает себестоимость молока. В то же время нехватка минеральных добавок в рационе питания животного снижает эффективность протекания обменных процессов и ухудшает показатели здоровья.

На повышение эффективности кормления также влияет качество смешивания кормов, постоянное поддержание корма на кормовом столе. Доступность корма на кормовом столе зависит от работы персонала фермы и своевременного использования технических средств, подталкивающих корм. Для улучшения вкусовых качеств корма проводят подсыпку комбикормов, предотвращают слеживание корма (особенно в летний период), регулируют кратность раздачи корма.

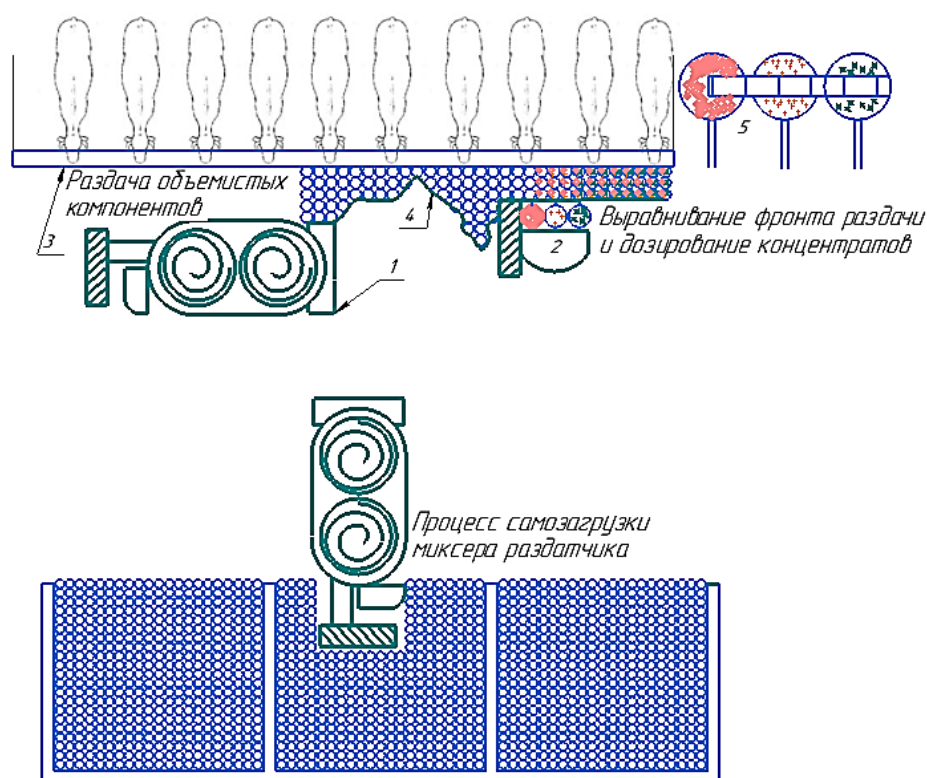


Рис. 6. Технологическая схема раздачи корма с применением роботизированного устройства для дозирования концентрированных кормов и обслуживанием кормового стола: 1 – миксер-раздатчик; 2 – роботизированное устройство для внесения концентрированных кормов и выравнивание фронта кормления; 3 – кормовой стол; 4 – корм; 5 – бункеры с кормовыми добавками /

Fig. 6. Technological scheme of feed distribution using a robotic device for dosing concentrated feeds and maintenance of the feed table: 1 – mixer distributor; 2 – a robotic device for dosing concentrated feed and alignment of the feeding front; 3 – feed table on the farm; 4 – feed; 5 – feed hopper



Для повышения технологической эффективности кормления крупного рогатого скота на молочно-товарных фермах нами предложены следующие решения:

- для раздачи объемистых кормов использовать самоходный миксер-раздатчик с автоматической системой весового контроля и устройством самозагрузки;

- для точного дозирования концентратов или минеральных добавок, их эффективного смешивания, а также для обеспечения доступности корма на кормовом столе использовать малогабаритное роботизированное техническое средство.

Принципиальная схема предлагаемой технологии раздачи корма для крупного рогатого скота с использованием роботизированного устройства внесения концентрированных кормовых добавок и выравнивания кормового фронта при обслуживании кормового стола представлена на рисунке 6 [11].

Представленная технологическая схема раздачи корма для крупного рогатого скота предполагает использование роботизированного устройства для внесения концентрированных кормов в рацион питания и обслуживание кормового стола на молочно-товарной ферме. Применение роботизированного устройства позволит повысить точность дозирования концентратов, исключить влияние человеческого фактора на процесс раздачи корма и выравнивание

фронта кормового стола, что позволит повысить продуктивность животных.

**Выводы.** 1. В рамках настоящего исследования было проанализировано 4 типа существующих технологий организации кормления крупного рогатого скота на животноводческих комплексах по критерию точности дозирования компонентов кормовой смеси, используя протоколы, регистрируемые весовыми терминалами Dinamica generale.

2. В результате анализа данных, зарегистрированных весовыми терминалами, устанавливаемыми на борт смесителя-раздатчика кормов, было выявлено, что оператор погрузчика при дозировании концентрированных кормов и минеральных добавок в среднем совершает ошибку более чем на 10 %, при этом показатель погрешности возрастает с уменьшением массы дозирования концентрированного корма.

3. Предложенная технологическая схема раздачи концентрированного корма с использованием роботизированного устройства для обслуживания кормового стола, оснащенного системой микродозирования, обеспечит равномерное распределение концентрированных и минеральных добавок по всему фронту кормового стола, а использование самоходного миксера-раздатчика, оснащенного системой самозагрузки и весовым терминалом, минимизирует издержки, связанные с эксплуатацией техники и фондом оплаты труда персонала.

#### *Список литературы*

1. Дорохов А. С., Никитин Е. А., Семенюк Е. С. Проблемы эффективного смешивания сочных и концентрированных компонентов кормосмеси для крупного рогатого скота в условиях современного животноводства. Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2019;(1(33)):52–56. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37148316> EDN: ZAIRBB
2. Морозов Н. М., Кирсанов В. В., Ценч Ю. С. Историко-аналитическая оценка развития процессов автоматизации и роботизации в молочном животноводстве. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2023;17(1):11–18. DOI: <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2023-17-1-11-18> EDN: BJDTTU
3. Tarannum N., Rhaman M. K., Khan S. A., Shakil S. R. A Brief Overview and Systematic Approach for Using Agricultural Robot in Developing Countries. J. Mod. Sci. Technol. 2015;3(1):88–101. URL: <https://zantworldpress.com/wp-content/uploads/2019/12/Paper-8.pdf>
4. Иванов Ю. А., Скоркин В. К., Резник Е. И. Перспективы развития кормовой базы для крупного рогатого скота. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2005;(7):62–69. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=12881563> EDN: KVXBRH
5. Gao X., Li J., Fan L., Zhou Q., Yin K., Wang J., Song C., Huang L., Wang Z. Review of Wheeled Mobile Robots' Navigation Problems and Application Prospects in Agriculture. IEEE Access. 2018;6:49248–49268. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2868848>
6. Дорохов А. С., Игнатов В. И., Герасимов В. С. Проблемы использования самоходной техники различных технологических укладов. Проблемы развития технологий создания, сервисного обслуживания и использования технических средств в агропромышленном комплексе: мат-лы Междунаро. научн.-практ. конф. Воронеж: Воронежский ГАУ им. Императора Петра I, 2017. С. 204–211. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=34991434> EDN: XOOXVB

7. Никитин Е. А., Дорохов А. С., Павкин Д. Ю. Совершенствование технологии приготовления кормовой смеси при реконструкции кормовых площадок. Техника и оборудование для села. 2019;(11(269)):32–34. DOI: <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2019-11-32-34> EDN: RIRDVM
8. Солонщиков П. Н., Косолапов Е. В. Исследование эксплуатационных параметров мобильного измельчителя-раздатчика грубых кормов. Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2019;(9):160–167. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41721277> EDN: FJLNNN
9. Iqbal J., Xu R., Sun S., Li C. Simulation of an Autonomous Mobile Robot for LiDAR-Based In-Field Phenotyping and Navigation. Robotics. 2020;9(2):46. DOI: <https://doi.org/10.3390/robotics9020046>
10. Карпов В. П. Система пневматической самозагрузки раздатчика кормов. Техника и технологии в животноводстве. 2021;(1(41)):22–26. DOI: <https://doi.org/10.51794/27132064-2021-1-22> EDN: SMZUDE
11. Дорохов А. С., Никитин Е. А., Кирсанов В. В., Павкин Д. Ю. Роботизированное устройство для обслуживания кормового стола на животноводческих комплексах: пат. №2747167 Российская Федерация. №2020128280; заяв. 25.08.2020; опубл. 28.04.2021. Бюл. №13. 9 с. Режим доступа: [https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips\\_servlet](https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet)

### References

1. Dorokhov A. S., Nikitin E. A., Semenyuk E. S. The problem of cattle feed mixtures' juicy and concentrated components effective mixing at livestock breeding modern conditions. *Vestnik Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizatsii zhivotnovodstva*. 2019;(1(33)):52–56. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37148316>
2. Morozov N. M., Kirsanov V. V., Tsench Yu. S. Historical and Analytical Assessment of Automation and Robotization for Milking Processes. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii* = Agricultural Machinery and Technologies. 2023;17(1):11–18. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2023-17-1-11-18>
3. Tarannum N., Rhaman M. K., Khan S. A., Shakil S. R. A Brief Overview and Systematic Approach for Using Agricultural Robot in Developing Countries. *J. Mod. Sci. Technol.* 2015;3(1):88–101. URL: <https://zantworldpress.com/wp-content/uploads/2019/12/Paper-8.pdf>
4. Ivanov Yu. A., Skorkin V. K., Reznik E. I. Prospects for the development of a feed base for cattle. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2005;(7):62–69. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=12881563>
5. Gao X., Li J., Fan L., Zhou Q., Yin K., Wang J., Song C., Huang L., Wang Z. Review of Wheeled Mobile Robots' Navigation Problems and Application Prospects in Agriculture. *IEEE Access*. 2018;6:49248–49268. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2868848>
6. Dorokhov A. S., Ignatov V. I., Gerasimov V. S. Problems of using self-propelled vehicles of various technological structures. Problems of development of technologies for the creation, maintenance and use of technical means in the agro-industrial complex: Proceedings of International scientific and practical conf. Voronezh: *Voronezhskiy GAU im. Imperatora Petra I*, 2017. pp. 204–211. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=34991434>
7. Nikitin E. A., Dorokhov A. S., Pavkin D. Yu. Improving a process for the preparation of feed mixture during the reconstruction of feed sites. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela* = Machinery and Equipment for Rural Area. 2019;(11(269)):32–34. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2019-11-32-34>
8. Solonshchikov P. N., Kosolapov E. V. Research of operating parameters of mobile feeder grinder-distributor. *Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* = Vestnik of Kursk State Agricultural Academy. 2019;(9):160–167. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41721277>
9. Iqbal J., Xu R., Sun S., Li C. Simulation of an Autonomous Mobile Robot for LiDAR-Based In-Field Phenotyping and Navigation. Robotics. 2020;9(2):46. DOI: <https://doi.org/10.3390/robotics9020046>
10. Karpov V. P. Pneumatic self-loading system of feeder. *Tekhnika i tekhnologii v zhivotnovodstve* = Machinery and technologies in livestock. 2021;(1(41)):22–26. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.51794/27132064-2021-1-22>
11. Dorokhov A. S., Nikitin E. A., Kirsanov V. V., Pavkin D. Yu. A robotic device for the maintenance of the feed table at livestock complexes: Patent RF no. 2747167, 2021. URL: [https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips\\_servlet](https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet)

### Сведения об авторах

**Никитин Евгений Александрович**, кандидат техн. наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», д. 5, 1-й Институтский проезд, г. Москва, Российская Федерация, 109428, e-mail: [vim@vim.ru](mailto:vim@vim.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0918-2990>

**Кирсанов Владимир Вячеславович**, доктор техн. наук, профессор, член-корреспондент РАН, заведующий отделом, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», д. 5, 1-й Институтский проезд, г. Москва, Российская Федерация, 109428, e-mail: [vim@vim.ru](mailto:vim@vim.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9837-282X>

**Самарин Геннадий Николаевич**, доктор техн. наук, главный научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», д. 5, 1-й Институтский проезд, г. Москва, Российская Федерация, 109428, e-mail: [vim@vim.ru](mailto:vim@vim.ru); заведующий лабораторией № 11.3 «Инновационные технологии и технические средства кормления в животноводстве», ФГОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья», д. 7, ул. Республики, г. Тюмень, Российская Федерация, 625003, e-mail: [pr@gausz.ru](mailto:pr@gausz.ru),  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-4371-8042>

**Сидорова Виктория Юрьевна**, доктор с.-х. наук, главный научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», д. 5, 1-й Институтский проезд, г. Москва, Российская Федерация, 109428, e-mail: [vim@vim.ru](mailto:vim@vim.ru), **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-9056-8326>

✉ **Мамедова Равза Анвяровна**, кандидат техн. наук, ведущий специалист, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», д. 5, 1-й Институтский проезд, г. Москва, Российская Федерация, 109428, e-mail: [vim@vim.ru](mailto:vim@vim.ru), **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-9145-4478>, e-mail: [rozamamedova@mail.ru](mailto:rozamamedova@mail.ru)

**Князева Инна Валерьевна**, кандидат биол. наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», д. 5, 1-й Институтский проезд, г. Москва, Российская Федерация, 109428, e-mail: [vim@vim.ru](mailto:vim@vim.ru), **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-1065-1814>

**Титенков Андрей Владимирович**, лаборант-исследователь, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», д. 5, 1-й Институтский проезд, г. Москва, Российская Федерация, 109428, e-mail: [vim@vim.ru](mailto:vim@vim.ru),  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-4764-1978>

#### *Information about authors*

**Evgeniy A. Nikitin, PhD in Engineering**, senior researcher, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, d. 5, 1st Institutsky proezd, Moscow, Russian Federation, 109428, e-mail: [vim@vim.ru](mailto:vim@vim.ru),  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-0918-2990>

**Vladimir V. Kirsanov**, DSc in Engineering, professor, corresponding member of RAS, Head of the Department, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, d. 5, 1st Institutsky proezd, Moscow, Russian Federation, 109428, e-mail: [vim@vim.ru](mailto:vim@vim.ru), **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-9837-282X>

**Gennadiy N. Samarin**, DSc in Engineering, chief researcher, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, d. 5, 1st Institutsky proezd, Moscow, Russian Federation, 109428, e-mail: [vim@vim.ru](mailto:vim@vim.ru); Head of Laboratory No. 11.3 «Innovative technologies and technical means of feeding in animal husbandry», Northern Trans-Ural State Agricultural University, 7, Republic Street, Tyumen, Russian Federation, 625003, e-mail: [pr@gausz.ru](mailto:pr@gausz.ru),  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-4371-8042>

**Viktoriya Yu. Sidorova**, DSc in Agricultural Science, chief researcher, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, d. 5, 1st Institutsky proezd, Moscow, Russian Federation, 109428, e-mail: [vim@vim.ru](mailto:vim@vim.ru),  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-9056-8326>

✉ **Ravza A. Mamedova, PhD in Engineering**, leading researcher, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, d. 5, 1st Institutsky proezd, Moscow, Russian Federation, 109428, e-mail: [vim@vim.ru](mailto:vim@vim.ru),  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-9145-4478>, e-mail: [rozamamedova@mail.ru](mailto:rozamamedova@mail.ru)

**Inna V. Knyazeva**, PhD in Biological Science, senior researcher, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, d. 5, 1st Institutsky proezd, Moscow, Russian Federation, 109428, e-mail: [vim@vim.ru](mailto:vim@vim.ru),  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-1065-1814>

**Andrey V. Titenkov**, laboratory researcher, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, d. 5, 1st Institutsky proezd, Moscow, Russian Federation, 109428, e-mail: [vim@vim.ru](mailto:vim@vim.ru),  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-4764-1978>

✉ – Для контактов / Corresponding author