



Технические решения для механизированного производства продуктов животноводства в условиях альпийских пастбищ

Альберт Баширович Барагунов,
доктор технических наук, доцент,
e-mail: baragun_albert@mail.ru;

Залимхан Русланович Кудаев,
старший преподаватель,
e-mail: zalimhan007@mail.ru

Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова, г. Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Российская Федерация

Реферат. Производство питьевого молока на альпийских пастбищах связано с рядом особенностей и сложностей. Отсутствие адаптированных технических средств для получения и первичной обработки молока может привести к экономическим потерям, даже если район обладает экологически чистыми ресурсами и богатой кормовой базой. (*Цель исследования*) Разработка технических средств и технологии замкнутого цикла производства коровьего питьевого молока в условиях альпийских пастбищ. (*Материалы и методы*) Рассмотрены основные аспекты организации замкнутого цикла производства молока с применением технических средств для получения и первичной обработки молока за счет возобновляемого источника энергии горных ледниковых рек. Данные технические решения обеспечены патентной защитой, опытные образцы успешно апробированы в горных хозяйствах Кабардино-Балкарской Республики. (*Результаты и обсуждение*) Предлагаются технические средства молоковыведения, адаптированные для щадящего воздействие на вымя коров при доении. Парное молоко поступает в охладительную установку с естественным источником холода от ледниковых рек. Начальная степень чистоты молока соответствовала 1-й группе, средняя жирность 3,65 процента, бактериальная обсемененность 280,7 тысяч микроорганизмов на 1 миллилитр. Среднесуточный убой составил 12,5 килограмма при поголовье 100 коров. Выдоенное молоко охлаждается в течение 25 минут и его температура поддерживается до дальнейшей транспортировки или переработки. Предлагаемый подход соответствует эффективным условиям хранения молока в горах. (*Выводы*) Внедрение рассмотренных технических решений существенно повышает рентабельность производства коровьего молока на альпийских пастбищах. В технологическую линию включены кроме доения и первичной обработки молока операции по поддержанию плодородия и состояния почвы пастбищных угодий с утилизацией отходов жизнедеятельности поголовья при доильном центре.

Ключевые слова: альпийские пастбища, коровье молоко, механизированное производство, доение, первичная обработка, охлаждение, замкнутый цикл, эффективность.

Для цитирования: Барагунов А.Б., Кудаев З.Р. Технические решения для механизированного производства продуктов животноводства в условиях альпийских пастбищ // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2025. Т. 19. №4. С. 84-90. DOI: 10.22314/2073-7599-2025-19-4-84-90. EDN: QAJHBT.

Scientific article

Technical Solutions for Mechanized Livestock Production under Alpine Pasture Conditions

Albert B. Baragunov,
Dr.Sc.(Eng.), associate professor,
e-mail: baragun_albert@mail.ru;

Zalimkhan R. Kudaev,
senior lecturer,
e-mail: zalimhan007@mail.ru

Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, Nalchik, Kabardino-Balkar Republic, Russian Federation

Abstract. The production of drinking milk under alpine pasture conditions presents a number of specific features and challenges. The lack of specialized technical equipment for milk collection and primary processing can lead to economic losses, even in regions with ecologically clean environments and abundant natural forage resources. (*Research purpose*) To develop technical solutions and a closed-cycle technology for the production of drinking cow's milk under alpine pasture conditions. (*Materials and methods*) The study examines the key aspects of organizing a closed-cycle milk production system that employs technical

equipment for milking and primary milk processing, powered by a renewable energy source – mountain glacial rivers. The proposed technical solutions are patent-protected, and prototype units have been successfully tested on mountain farms in the Kabardino-Balkar Republic. (*Results and discussion*) The proposed milking equipment is specifically designed to ensure gentle handling of cows' teats during the milking process. Freshly collected milk is transferred to a cooling unit that utilizes the natural cold of glacial mountain rivers. The initial quality of the milk met Group 1 sanitary standards, with an average fat content of 3.65% and a bacterial count of 280,700 microorganisms per milliliter. The average daily milk yield was 12.5 kilograms per cow in a herd of 100 cows. The milk is cooled within 25 minutes, and its temperature is maintained until further transportation or processing. This approach provides optimal storage conditions for milk production in mountainous regions. (*Conclusions*) The implementation of the proposed technical solutions significantly improves the profitability of cow milk production under alpine pasture conditions. In addition to milking and primary milk processing, the technological system also incorporates operations aimed at maintaining soil fertility and pasture sustainability through the utilization of livestock waste at the milking center.

Keywords: alpine pastures, cow milk, mechanized production, milking, primary processing, cooling, closed cycle, efficiency.

For citation: Baragunov A.B. Kudaev Z.R. Technical solutions for mechanized livestock production under alpine pasture conditions. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2025. Vol. 19. N4. 84-90 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2025-19-4-84-90. EDN: QAJHBT.

Альпийские луга относятся к категории горных пастбищ, имеющих высокую экологическую и качественно кормовую оценку с точки зрения производства молока и молочной продукции во всем мире [1, 2]. Сложности ведения на таких территориях отечественного животноводства и производства коровьего молока заключаются в следующем:

- отдаленность альпийских доильных центров (АДЦ) от районных центров распределения энергетических коммуникаций;
- отсутствие серийных доильных аппаратов, адаптированных к условиям пониженного атмосферного давления;
- отсутствие проработанных технологических мероприятий по скоординированному обслуживанию участков для выпаса, прилегающих к пастбищному доильному центру;
- трудности с доставкой собранного молока в приемные и перерабатывающие пункты.

Обозначенные проблемы возможно решить с применением комплексных подходов на уровне разработки технических средств и технологических операций, объединенных в общую систему производственной группы [3].

Прежде всего такие меры обеспечат рациональное использование естественной кормовой базы, как важной составляющей в современных реалиях [4]. Для этого необходимо прорабатывать регламент эксплуатации и обслуживания кормовых угодий альпийских пастбищ.

Вторая задача состоит в обеспечении комплекса технических средств выведения и первичной обработки молока с использованием методов зеленой энергетики [5].

Природно-климатические условия размещения АДЦ позволяют адаптировать различные средства получения возобновляемой энергии в производ-

ственном процессе. Далее следует решить вопрос комплектования техническими средствами с адаптивными и щадящими элементами доения и имитацией естественного способа выведения молока.

Не менее важен аспект организации на территории доильного центра сбора и утилизации отходов жизнедеятельности стада в периоды молоковыведения и ночного отдыха. Сложности сбора отходов связаны с беспривязным содержанием стада. Как показывает практика, загрязнение кожного покрова коров накладывает дополнительные трудозатраты по обслуживанию стада. Другая составляющая вопроса сбора и утилизации отходов касается организации схем внутреннего рециклинга и регенерации отходов, что позволит приблизить весь комплекс технологических процессов производства к замкнутой системе хозяйствования.

Система замкнутого производства связана с потреблением и переработкой природных ресурсов на основе принципа кругооборота материальных и энергетических веществ: природные ресурсы – производство – вторичное сырье – окружающая среда. Отличительные черты замкнутого производства – это ресурсо- и энергосбережение, воспроизводство сырья, широкое применение малоотходных технологических процессов [6].

Цель исследования. Разработка технических средств и технологий производства питьевого коровьего молока с внедрением безотходных методов в условиях альпийских пастбищ как высокоресурсных природных объектов хозяйствования в замкнутом цикле.

Материалы и методы. Разрабатываемую технологическую линию производства молока условно разделим на три блока: возобновляемое энергообеспечение («зеленая энергия»); обслуживание пастбища; обслуживание молочного поголовья (*рис. 1*). Составляющие этих блоков можно объединить в

замкнутую цепь операций, обеспечивающих безотходное функционирование системы: пастбище – молочное стадо – доильный центр (Китаёва О.В. Математические модели технологического и технического обеспечения молочного скотоводства. – СПб.: Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, 2024. 289 с.). Такая система должна быть тесно взаимосвязана для обеспечения основного направления хозяйствования – получения высококачественного питьевого молока, а также производства сопутствующих обеззараженных органических удобрений для обогащения почвы на пастбищах и реализации излишков удобрений внешним потребителям.

Исследуемая природная территория характеризуется высококачественной кормовой базой и водными ресурсами с технологически привлекательными параметрами. В частности, горные реки можно использовать для технологических нужд АДЦ (поение животных, подготовительные и заключительные операции при доении коров, охлаждение и хранение молока), а также подачи на механический привод неэнергомеханических устройств. Особое внимание в исследовании уделено технологическим операциям замкнутого цикла, которые обеспечивают безопасность и сохранение ценных свойств коровьего молока.

Свежевыдоенное молоко от здоровой коровы не является опасным для пищевых целей. Однако если молоко получено от больных животных, то его использование запрещено ГОСТ 31449-2013 «Молоко коровье сырое. Технические условия», в частности по уровню соматических клеток (ГОСТ 23453-2014 «Молоко сырое. Методы определения соматических клеток»), по которому определяется наличие воспалительных заболеваний молочной железы коров (мастит), спровоцированных травмированием вымени при машинном доении. По этой причине предлагается использовать щадящие доильные устройства, имитирующие механику ротового аппарата теленка. Кроме того, разработано решение по адаптации вакуумметрического давления в доильном аппарате к допустимым зоотехническим пределам в условиях разреженной атмосферы. Такое нововведение дополнительно способствует повышению качества сырого молока.

Молоко сразу после дойки в течение определенного времени обладает бактерицидными свойствами (бактерицидная фаза), препятствующими размножению микроорганизмов. Для сохранения качества до поступления в молокоприемные пункты необходимо предотвратить развитие микроорганизмов, вызывающих порчу молока [7, 8]. Продолжительность бактерицидной фазы зависит от индивидуальных особенностей животных, состава первичной микрофлоры (бактерий) и условий хранения молока.

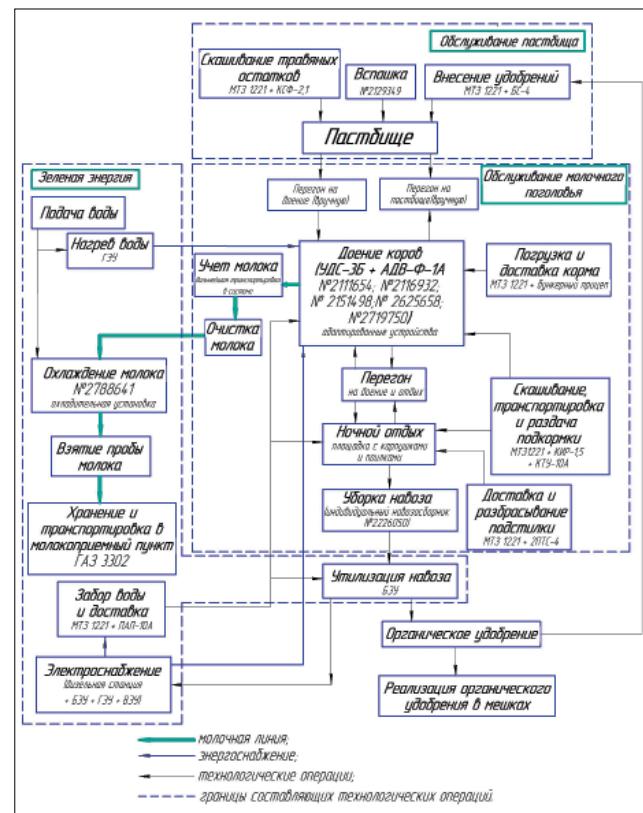


Рис. 1. Схема производства питьевого коровьего молока в замкнутом цикле для условий альпийских пастбищ
Fig. 1. Diagram of the closed-cycle production system for drinking cow's milk under alpine pasture conditions

Для увеличения длительности бактерицидной фазы должны быть обеспечены необходимые степень и скорость охлаждения молока. Согласно ГОСТ 31449-2013 молоко должно храниться не более 24 ч при температуре не выше +10 °C. С этой целью в условиях альпийских пастбищ используются различные аппаратурные-конструктивные решения. Самым простым является применение бассейнов с проточной ледниковой водой, в которых размещают фляги с молоком. Параметр жесткости конструкции и геометрические размеры бассейна позволяют эффективно охлаждать молоко в флягах, которые погружены в непрерывный поток проточной воды.

Тем не менее, интенсивность и скорость охлаждения молока на альпийских пастбищах в данном случае не вполне удовлетворяет условиям, позволяющим сохранить начальный уровень обсемененности молока первичной микрофлорой (рис. 2). В связи с этим применяются специализированные охладители разных конструкций, которые подразделяются на две группы. К первой группе относятся открытые устройства с оросительной системой охлаждения. В этом случае молоко стекает по внешней поверхности теплообменных секций, а внутрь их подается охлаждающая вода.

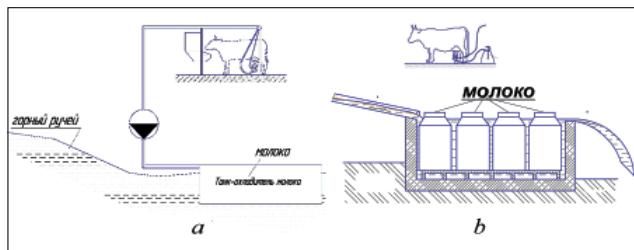


Рис. 2. Организация охлаждения молока в условиях пастбищных доильных центров: а – доение в молокопровод ($T = 4^{\circ}\text{C}$); б – доение в ведра ($T = 4^{\circ}\text{C}$): 1 – ручей; 2 – молоко; 3 – молочный танк; 4 – фляга (Патент RU 2788641 «Холодильная установка для охлаждения молока с использованием естественного холода»)

Fig. 2. Milk cooling arrangement in pasture-based milking centers: a – pipeline milking ($T = 4^{\circ}\text{C}$); b – bucket milking ($T = 4^{\circ}\text{C}$): 1 – stream; 2 – milk; 3 – milk tank; 4 – milk can (Patent RU 2788641. Refrigerator for cooling milk using natural cold)

Основной недостаток таких охладителей заключается в контакте молока с внешним воздухом, в результате происходит вторичное бактериальное загрязнение [9, 10].

Вторую группу охладителей молока составляют закрытые конструкции. На молочно-товарных фермах в нашей стране наиболее распространены компрессионные холодильные установки, двух типов: только для охлаждения молока и комбинированные для охлаждения и хранения [11, 12]. Установки первого типа работают и обычно используются во время доения. В них холодильный агрегат охлаждает воду в баке-аккумуляторе до 2-3 °С либо генерируется лед на панелях испарителя и подается на емкость с молоком. Подогретая в охладителе вода возвращается циркуляционным насосом в бак-аккумулятор. Для пастбищных альпийских доильных центров такой метод достаточно энергозатратный.

Другой тип установок предназначен для охлаждения и последующего хранения молока, в них

также используется бак-аккумулятор холодной воды или получение льда. Охлажденная вода циркулирует или орошает емкость с молоком, обеспечивая его охлаждение, при этом молоко может дополнительно перемешиваться для ускорения процесса.

Различные методы охлаждения молока требуют значительных энергозатрат, а также могут быть связаны с применением экологически небезопасных хладагентов. Современные мировые тенденции в разработке технологий направлены на использование нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. Данное направление совершенствования охлаждения молока выбрано в разрабатываемой нами технологии [13].

Результаты и обсуждение. С целью применения естественных ледниковых вод (таблица) проведено обследование горных рек Зольского района Кабардино-Балкарской Республики, пролегающих через горные пастбища, и возможное размещение доильных центров.

Рассматриваемый водный ресурс по температурному диапазону представляет интерес с точки зрения использования охлаждения молока от скота, пасущегося на окрестных горных участках, площадь которых в целом по республике составляет около 400 тыс. га.

Используя рельеф местности и возобновляемый источник энергии горной реки, можно организовать доильный центр с системой охлаждения молока (рис. 3).

Для интенсификации процесса теплообмена в охладительной установке за счет вращения водяного колеса 9 и мешалки 5 создается перемещение молока в резервуаре-теплообменнике 3.

Процесс охлаждения молока с использованием температуры горной реки в резервуаре с периодическим перемешиванием описывается математическим выражением [14] при скорости хладоносителя 0,2-1 м/с:

Таблица ХАРАКТЕРИСТИКА ВЫБОРКИ ГОРНЫХ РЕК / CHARACTERISTICS OF SELECTED MOUNTAIN RIVERS		Table	
Название реки	Исток реки	Высота над уровнем моря, м	Температура воды на горном участке, °С*
Екепцоко	Склон горы Блюх	1400	4-6,5
Золка	Северное подножье Джигалского хребта	1500	4-6,5
Кичмалка	Ледник северного склона Эльбруса	3200	3,5-5
Лахран	Склон горы Уллу-Лахран	1883	4-5,5
Мозеха	Склон горы Мозеха	1300	4-6,5
Малка	Северный склон Эльбруса	2500	4-5,5
Уллу-Таллыкол	Северный склон Эльбруса	2300	4-5,5
Шаукол	Начало из небольшого озера на перевале Шаукам	2925	4-5

*В теплый период года.

$$T_{\text{охл}} = \frac{F \cdot c_m \cdot \rho_m \cdot V \cdot (\ln|t_b - t_{m,h}| - \ln|t_b - t_{m,k}|)}{\alpha},$$

где F – площадь поверхности теплообмена, м^2 ; c_m – удельная теплоемкость молока, $\text{Дж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$; ρ_m – плотность молока, $\text{кг}/\text{м}^3$; V – объем резервуара, м^3 ; t_b – температура воды, $^\circ\text{C}$; $t_{m,h}$ и $t_{m,k}$ – начальная и конечная температура молока, $^\circ\text{C}$; α – коэффициент теплопередачи.

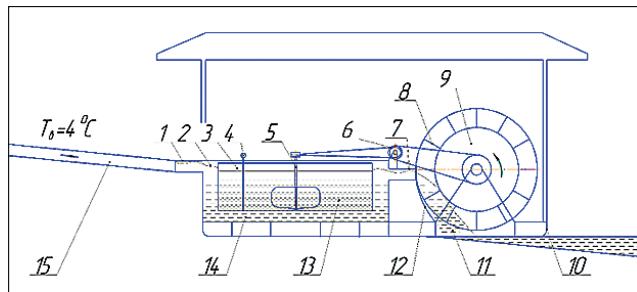


Рис. 3. Охладительная установка молока естественным холодом горной реки (Патент RU 2788641): 1 – входной патрубок; 2 – охлаждающая рубашка; резервуар-теплообменник; 4 – температурный датчик; 5 – мешалка; 6 – передаточный механизм; 7 – выходной патрубок; 8 – лопасть; 9 – водяное колесо; 10 – салазки; 11 – отработанная вода; 12 – направляющая; 13 – молоко; 14 – речная вода; 15 – речной рукав

Fig. 3. Milk cooling unit utilizing the natural cold of a mountain river (Patent RU 2788641): 1 – inlet pipe; 2 – cooling jacket; 3 – reservoir-heat exchanger; 4 – temperature sensor; 5 – agitator; 6 – transmission mechanism; 7 – outlet pipe; 8 – blade; 9 – water wheel; 10 – sled runners; 11 – discharged water; 12 – guide rail; 13 – milk; 14 – river water; 15 – diverted river channel

Изготовлены экспериментальные образцы резервуара охлаждения цилиндрической формы с соотношениями диаметра и длины 0,67; 0,38; 0,17. Образцы устанавливались на специальных салазках на оборудованной площадке с забором воды из горной ледниковой реки. В зависимости от используемого устройства водозабора и скорости потока воды в реке скорость охлаждающей жидкости варьировалась от 0,2 до 1,0 м/с. Для увеличения эффективности теплопередачи предусмотрено перемешивающее устройство охлаждаемого молока. Для замеров температуры молока в резервуаре устанавливался датчик, а также фиксировалось время охлаждения молока.

Температура молока в начале процесса охлаждения составляла 35 °С и из доильной установки УДС-ЗБ поступала через молокопровод в резервуар для охлаждения [12]. По начальной степени чистоты молоко относилось к 1-й группе, средняя жирность составила 3,65%, бактериальная обсемененность – 280,7 тыс. микроорганизмов на 1 мл. Удой от коровы в среднем составлял 12,5 кг, общее поголовье – 100 коров.

В экспериментальной установке молоко охлаждается в течение 25 мин, после чего температура поддерживается до последующей переработки. Этот процесс вполне приемлем для охлаждения и хранения молока в условиях альпийских доильных центров.

Рассматриваемый способ успешно интегрирован в общую технологическую линию производства питьевого коровьего молока в условиях альпийских пастбищ. Отличительными элементами технологии являются: замкнутая система производства молока, ресурсо- и энергосбережение, воспроизводство сырья, применение малоотходных технологических процессов [15].

В частности, один из элементов технологии производства питьевого коровьего молока в замкнутом цикле в условиях альпийских пастбищ – получение «зеленой энергии» (см. рис. 1) обеспечивает охлаждение и хранение молока на основе возобновляемого источника энергии – горной ледниковой реки. Процесс теплообмена интенсифицируется путем перемешивания молока за счет передачи механической энергии потока реки на вращение водяного колеса и работу мешалки.

Кроме этого составляющие технологическую линию замкнутого цикла блоки «Обслуживание пастбища» и «Обслуживание молочного поголовья» обеспечивают энергетическую, агротехническую, в конечном итоге экономическую прибыль при утилизации отходов жизнедеятельности молочного стада с применением в перспективе роботизированных и энергосберегающих технологий [16].

Выводы. В условиях горных пастбищ России молочное животноводство имеет значительный потенциал, благодаря природным ресурсам, таким как качественная кормовая база и возобновляемые источники энергии в виде альпийских пастбищ и прилегающих ледниковых рек. Повысить эффективность использования этих ресурсов и рентабельность в молочном производстве возможно за счет применения возобновляемой энергии рек, что позволит существенно сократить энергозатраты и материалоемкость процесса.

Предлагаемая оригинальная технология производства молока в альпийских доильных центрах с набором технических средств, адаптированных к особенностям условий содержания дойного стада в замкнутом цикле, позволяет: сократить травматизм при использовании машинного доения на 40%; повысить жирность молока на 0,35 %; снизить энергопотребление на 15%.

Внедрение данной технологии в производственный процесс будет способствовать поддержанию плодородия и состояния почвы пастбищных угодий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Апажев А.К., Шекихачев Ю.А., Хажметов Л.М. и др. Повышение эксплуатационной надежности сельскохозяйственных машин // *Техника и оборудование для села*. 2023. N4 (310). С. 12-16. DOI: 10.33267/2072-9642-2023-4-12-16.
2. Барагунов А.Б. Предложения по совершенствованию технологии производства продукции молочного животноводства в горных условиях Северо-Кавказского федерального округа // *Вестник аграрной науки Дона*. 2019. N4 (48). С. 35-42.
3. Ерохин М.Н., Дорохов А.С., Кирсанов В.В., Чепурина Е.Л. Концепция построения регионального многофункционального сервисного центра по молочному животноводству // *АгроИнженерия*. 2021. N1(101). С. 4-10. DOI: 10.26897/2687-1149-2021-1-4-10.
4. Барагунов А.Б., Краснова А.Ю., Пасечников И.И. Организация доильной станции применительно к условиям горного пастбищного содержания коров // *Вестник аграрной науки Дона*. 2020. N2 (50). С. 43-50. EDN: NHPIED.
5. Мазитов Н.К., Шогенов Ю.Х., Ценч Ю.С. Сельскохозяйственная техника: решения и перспективы // *Вестник ВИЭСХ*. 2018. N3(32). С. 94-100. EDN: YLWHAL.
6. Дорохов А.С., Павкин Д.Ю., Юрочкина С.С. Технология цифровых двойников в сельском хозяйстве: перспективы применения // *АгроИнженерия*. 2023. Т. 25. N4. С. 14-25. DOI: 10.26897/2687-1149-2023-4-14-25.
7. Барагунов А.Б. Исследование холодильной установки коровьего молока для условий горных пастбищ Северного Кавказа // *Вестник аграрной науки Дона*. 2022. Т. 15. N2(58). С. 29-38. DOI: 10.55618/20756704_2022_15_2_29-38.
8. Козловцев А.П., Шахов В.А., Фомин М.Б. и др. Система аккумулирования и использования природного холода годовой потребности и результаты исследования и функционирования // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2021. N3(89). С. 177-181. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-89-3-177-181.
9. Герасимова О.А. Повышение эффективности производства молока при пастбищном содержании коров // *Известия Великолукской ГСХА*. 2017 (юбилейный выпуск). С. 34-40. EDN: YLSEGO.
10. Ценч Ю.С., Несмиян А.Ю., Хомутова Н.С. История развития конструкции высевающих аппаратов зерновых сеялок // *Вопросы истории естествознания и техники*. 2020. Т. 41. С. 102-117. DOI: 10.31857/S020596060008429-3.
11. Забродина О.Б., Таран Е.Н., Матвейкин М.Ю. Экспериментальная установка для оценки параметров и режимов работы устройства для контроля отклонений содержания жира в молоке в потоке // *Актуальные проблемы энергетики АПК*. 2017. С. 69-72. EDN: ZQZAVR.
12. Фомин М.Б., Козловцев А.П., Мартынов В.М. и др. Охлаждение молока на животноводческих фермах: современное состояние и перспективы развития // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2021. N1 (87). С. 134-139. EDN: YSFFVZ.
13. Кормановский Л.П., Иванов Ю.А., Цой Ю.А., Кирсанов В.В. Некоторые научные и технологические обоснования и рекомендации для создания молочных фермерских хозяйств // *Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства*. 2019. Т. 1 (33). С. 21-26.
14. Краснов И.Н., Капустин И.В., Краснова А.Ю., Мирошникова В.В. Производство молока на ферме модульного типа с экологически чистой технологией // *Вестник АПК Ставрополья*. 2012. N2. С. 45-50. EDN: PBRVZ.
15. Барагунов А.Б. Адаптированные технические средства и технология молочного животноводства в условиях альпийских пастбищ // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2024. Т. 18. N1. С. 108-114. DOI: 10.22314/2073-7599-2024-18-1-108-114.
16. Дорохов А.С., Никитин Е.А., Павкин Д.Ю. Колесные роботизированные технические средства: опыт и перспективы использования на животноводческих комплексах // *Техника и оборудование для села*. 2022. N4(298). С. 16-21. DOI: 10.33267/2072-9642-2022-4-16-21.

REFERENCES

1. Apazhev A.K., Shekihachev Yu.A., Khazhmetov L.M. et al. Improving the operational reliability of agricultural machines. *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2023. No. 4 (310). 12-16 (In Russian). DOI: 10.33267/2072-9642-2023-4-12-16.
2. Baragunov A.B. Reccomendations for improvement of production technology of dairy animal farming in mountain conditions of the North Caucasian federal district. *Don Agrarian Science Bulletin*. 2019. N4 (48). 35-42 (In Russian).
3. Erokhin M.N., Dorokhov A.S., Kirsanov V.V., Chepurina E.L. Conceptual grounds for the construction of a regional multifunctional service center for dairy livestock. *Agricultural Engineering*. 2021. N1(101). 4-10 (In Russian).
4. Baragunov A.B., Krasnova A.Yu., Pasechnikov I.I. Organization of the milking station to the conditions of mountain pastoral content of cows. *Don Agrarian Science Bulletin*. 2020. N2 (50). 43-50 (In Russian). EDN: NHPIED.
5. Mazitov N.K., Shogenov Yu.Kh., Tsench Yu.S. Agricultural machinery: solutions and prospects. *Vestnik VIESKH*. 2018. N3(32). 94-100 (In Russian). EDN: YLWHAL.
6. Dorokhov A.S., Pavkin D.Yu., Yurochka S.S. Digital twin technology in agriculture: prospects for use. *Agricultural Engineering*. 2021. N1(101). 26-35 (In Russian). DOI: 10.26897/2687-1149-2021-1-26-35.
7. Baragunov A.B. The research of a cow's milk refrigeration unit for the conditions of mountain pastures of the North

- Caucasus. *Don Agrarian Science Bulletin*. 2022. Vol. 15. N2 (58). 29-38 (In Russian). DOI: 10.55618/20756704_2022_15_2_29-38.
8. Kozlovtshev A.P., Shakhov V.A., Fomin M.B. et al. The system of accumulation and use of natural cold of the annual demand and the results of the study of its functioning. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2021. N3(89). 177-181 (In Russian). DOI: 10.37670/2073-0853-2021-89-3-177-181.
 9. Gerasimova O.A. Increasing the efficiency of milk production with pasture keeping of cows. *Izvestiya of Velikiye Luki State Agricultural Academy*. 2017 (anniversary issue). 34-40 (In Russian). EDN: YLSEGO.
 10. Tsench Yu.S., Nesmiyan A.Yu., Khomutova N.S. The history of development of seed-feeding devices on grain drills. *Studies in the History of science and Technology*. 2020. Vol. 41. 102-117 (In Russian). DOI: 10.31857/S020596060008429-3.
 11. Zabrodina O.B., Taran E.N., Matveykin M.Yu. Experimental setup for assessing the parameters and operating modes of a device for monitoring deviations in the fat content of milk in the flow. *Actual Problems of Energy in the Agro-Industrial Complex*. 2017. 69-72 (In Russian). EDN: ZQZAVR.
 12. Fomin M.B., Kozlovtshev A.P., Martynov V.M. et al. Milk cooling at livestock farms: current state and development prospects. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2021. N1(87). 134-139 (In Russian). EDN: YSFFVZ.
 13. Kormanovsky L.P., Ivanov Yu.A., Tsoi Yu.A., Kirsanov V.V. Some of the scientific and technological justifications and recommendations for dairy farms' creation. *Journal of VNIIMZH*. 2019. N1(33). 21-26 (In Russian).
 14. Krasnov I.N., Kapustin I.V., Krasnova A.Yu., Miroshnikova V.V. Milk production on a modular farm with environmentally friendly technology. *Agricultural Bulletin of Stavropol Region*. 2012. N2. 45-50 (In Russian). EDN: PBRZVZ.
 15. Baragunov A.B. Adapted technical means and technology of dairy farming in alpine pastures. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2024. Vol. 18. N1. 108-114 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2024-18-1-108-114.
 16. Dorokhov A.S., Nikitin E.A., Pavkin D.Yu. Wheeled robotic technical tools: experience and prospects of use at livestock complexes. *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2022. N4(298). 16-21 (In Russian). DOI: 10.33267/2072-9642-2022-4-16-21.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Заявленный вклад соавторов:

Барагунов А.Б. – разработка технических средств и технологии производства молока в условиях альпийских пастбищ;

Кудаев З.Р. – разработка технических средств и методики эксплуатации установки для охлаждения молока.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Coauthors' contribution:

Baragunov A.B. – development of technical equipment and technology for milk production under alpine pasture conditions;

Kudaev Z.R. – development of technical equipment and operational methodology for the milk cooling system.

The authors read and approved the final manuscript.

Статья поступила в редакцию
Статья принята к публикации

The paper was submitted to the Editorial Office on
The paper was accepted for publication on

01.08.2025
24.10.2025