

УДК 004 : 636  
EDN ENOQAV  
DOI 10.71453/3034-4174-2025-4-86



## ЦИФРОВИЗАЦИЯ В ЗООТЕХНИИ: НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ ЖИВОТНОВОДСТВОМ

**Присакарь Елена Анатольевна**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры зоотехнии<sup>1</sup>

**Пужайкина Кристина Александровна**, студент<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Кузбасский государственный аграрный университет им. В. Н. Полецкого, г. Кемерово, Россия

**Аннотация:** В статье анализируются технологические и организационно-экономические эффекты цифровизации в зоотехнии на примере молочного и мясного животноводства с акцентом на автоматизированные доильные установки, сенсорные сети, компьютерное зрение, системы мониторинга благополучия и цифровую прослеживаемость. Обобщены зарубежные и российские исследования по машинному обучению для раннего выявления нарушений здоровья, поведенческой аналитике и роботизированным системам содержания, показаны практические результаты внедрения (продуктивность, ресурсо- и водоэффективность, трудозатраты, благополучие животных). Научная новизна состоит в сопоставлении данных прикладных исследований по точному животноводству в рамках цифровой трансформации АПК России.

Цель – обобщить применяемые в России цифровые решения, обеспечивающие современные производственные процессы в зоотехнии.

Задачи: систематизировать направления цифровизации, технологии которых внедрены в молочное/мясное скотоводство. На основе отечественных и зарубежных исследований последних лет в статье представлены цифровые решения, применяемые как в крупных животноводческих комплексах, так и в небольших фермерских хозяйствах. Итоги подкрепляются материалами прикладных и обзорных работ по роботизированному доению, компьютерному зрению для оценки экстерьера, мониторингу поведенческих показателей сельскохозяйственных животных.

**Ключевые слова:** цифровизация, зоотехния, точное животноводство, роботизированное доение, машинное обучение, компьютерное зрение.

## **DIGITALIZATION IN ANIMAL SCIENCE: HOW NEW TECHNOLOGIES ARE CHANGING APPROACHES TO LIVESTOCK MANAGEMENT**

**Prisakar Elena A.**, candidate of agricultural sciences sciences, Associate Professor of Department of Animal Science<sup>1</sup>

**Puzhaykina Kristina A.**, student<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kuzbass State Agrarian University, Kemerovo, Russia

**Abstract.** Abstract: The article analyzes the technological and organizational-economic effects of digitalization in animal husbandry using the example of dairy and meat farming, with a focus on automated milking systems, sensor networks, computer vision, welfare monitoring systems, and digital traceability. The article summarizes international and Russian research on machine learning for early detection of health disorders, behavioral analytics, and robotic housing systems, and presents practical results of implementation (productivity, resource and water efficiency, labor costs, and animal welfare). The scientific novelty consists in comparing the data of applied research on precision livestock farming within the framework of digital transformation of the Russian agro-industrial complex.

The goal is to summarize the digital solutions used in Russia that ensure modern production processes in animal husbandry.

The objectives are to systematize the areas of digitalization and the technologies that have been implemented in dairy and beef cattle farming. Based on domestic and foreign research conducted in recent years, the article presents digital solutions that are being used in both large livestock complexes and small farms. The findings are supported by materials from applied and review studies on robotic milking, computer vision for evaluating animal экстерьер, and monitoring the behavioral indicators of farm animals.

**Keywords:** digitalization; animal husbandry; precision animal husbandry; robotic milking; machine learning; computer vision.

## **Введение**

Цифровая трансформация животноводства развивается в связке «сенсоры – данные – алгоритмы – управленческие решения», обеспечивая переход от усреднённых норм к индивидуализированному управлению поголовьем. В российском контексте импульс задают как технологические драйверы (роботизированное доение, RFID/RTLS-метки, акселерометрия, 2D-/3D-визуализация), так и институциональные ожидания по продуктивности, качеству и прослеживаемости [10]. Характер отраслевого сдвига ёмко обозначен в докладе зарубежных экспертов: «Farming is changing – for some farms» [10]. На уровне научной повестки точное животноводство (Precision Livestock Farming, PLF) рассматривается как конвергенция мониторинга, анализа и автоматизации, причём ключевой вопрос не столько точность измерений, сколько их полезность для решений фермера [26]. Российские авторы подчёркивают, что содержание цифровизации не сводится к закупке оборудования: требуются новые практики работы с данными и стандартизация интерфейсов [5]. В прикладной плоскости это наглядно проявляется при внедрении автоматизированных доильных систем (AMS), меняющих трудовые процессы, маршрутизацию животных и структуру ухода [18]. Одновременно растёт вес компьютерного зрения и 3D-съёмки для объективизации экстерьера и ранних признаков нарушений стабильной работы [9].

В данном материале авторам важно показать, какие цифровые решения, применяемые в АПК нашей страны, обеспечивают повышение результатов и уровня благополучия, за счет чего и каких ограничений инфраструктуры и компетенций это достигается [1]. Задачи включают систематизацию цифровых направлений, описывают основные цифровые технологии и показаны перспективы развития разного типа хозяйств [6].

## **Материалы и методы**

Объектом анализа являются цифровые решения в молочном и мясном скотоводстве России и зарубежных стран: AMS, носимые сенсоры (акселерометры), локаторы перемещения, визуальные 2D-/3D-системы, платформы учёта/принятия решений, а также цифровая прослеживаемость. Источниковая база включает 25 публикаций: российские обзоры, прикладные статьи и международные рецензируемые исследования (Journal of Dairy Science, Animals, Frontiers in Veterinary Science, Sensors, Journal of Rural Studies), стратегические и политические документы FAO, OECD и отраслевые обзоры

[21]. Используются: тематический обзор по направлениям PLF; динамика изменения продуктивности за счет детализированной и своевременной диагностики и отслеживания за поведенческими индикаторами. Для цитирования учитывались публикации 2019–2025 гг., доступные в полнотекстовом виде или с надёжными аннотациями и метаданными [17]. Дискурсивные аспекты внедрения AMS и «заботного» фермерства рассматривались через призму исследований по трудовой организации и взаимодействию «человек – технология – животное» [18]. Прослеживаемость описывалась по материалам FAO с фокусом на цифровую идентификацию и обмен данными в цепях поставок [15]. Для российских практик роботизированного доения и цифровой оценки экстерьера использованы публикации по опытной эксплуатации и методикам натуральных испытаний [7].

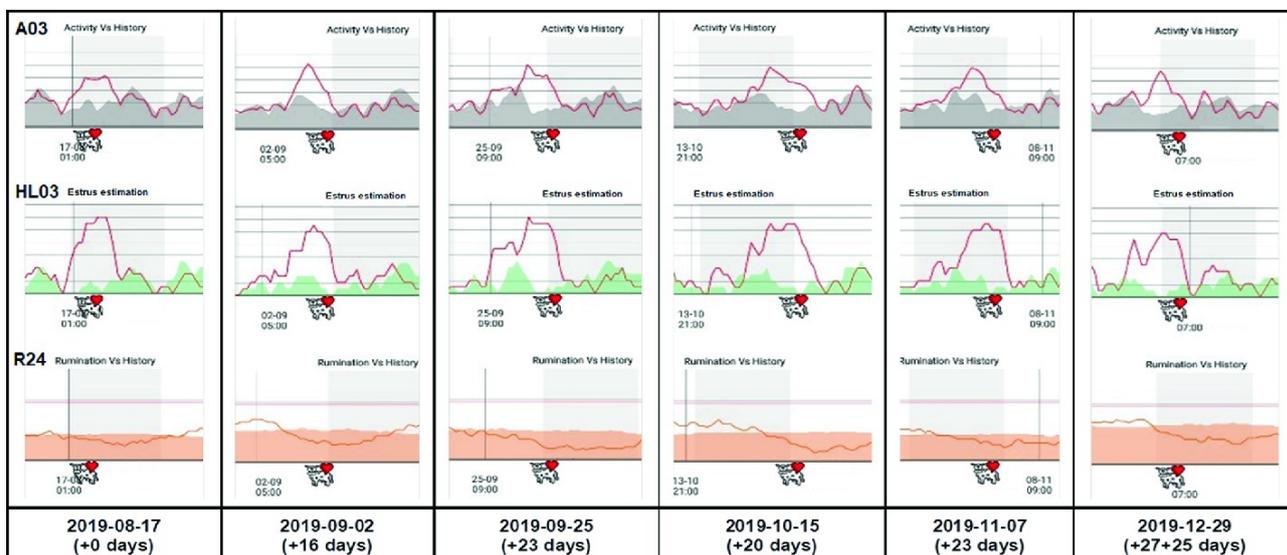
### **Результаты**

#### *1. Сенсоры и машинное обучение: раннее выявление нарушений состояния*

Современные работы демонстрируют успешные классификаторы состояния коров на данных IoT-сенсоров и поведенческих сигналов. Валидационные метрики для задач «здоров/нездоров» или детекции отдельных состояний (хромота, метрит) достигают прикладной значимости: чувствительность 0,86 и специфичность 0,94 при клинической валидации алгоритмов – ориентир, подтверждающий практическую применимость при правильной калибровке приборов [13]. На выбор моделей влияет доступность и качество датчиков, распределение классов и настройки порогов, что соотносится с результатами по метриту в ранней диагностике [14]. Для рутинного мониторинга в телятнике устойчиво применяются акселерометры и RTLS: систематический обзор подчёркивает дефицит стандартизации частот дискретизации и протоколов верификации, но подтверждает валидность показателя «время лежания» как чувствительного индикатора состояния животного и его здоровья [23]. В российской повестке цифровизации животноводства отмечается смещение акцента «от сигналов к решениям» – «в основе точного животноводства лежала идея использования датчиков и данных для оценки изменчивости...» [2].

Инновационным достижением является разработка нового способа определения поведения коровы в период течки в виде показателя HL03. Он объединяет краткосрочные и среднесрочные характеристики активности

коровы в комплексное измерение, позволяющее определить наступление течки. Этот показатель отображается красным цветом на фоне статистических значений зеленого цвета за последние 1–4 дня [27]. На рисунке 1 показана последовательность течек, успешно зафиксированных за полгода.



**Рис. 1.** Выявление течки коров в последующие 6 месяцев (август – декабрь 2019 г.)

## 2. Роботизированное доение: производительность, уход, труд и трафик

Переход на AMS (автоматизированная система доения) меняет структуру практики ухода и содержания, при этом значимость контекста и «заботы» остаётся определяющей [18]. Исследования когорт ферм подчёркивают, что конфигурация коровников и схемы трафика (свободный/направляемый/смесовой) влияют на интенсивность доений, очереди и стресс, а оптимизация планировки даёт прирост эффективности [19]. При этом полученные данные по ресурсопользованию дополняют производственную картину: на ферме в Восточной Канаде при переходе на AMS зафиксированы отличия в структуре водопользования; при неизбежном росте отдельных статей расхода улучшается сервисная водоэффективность и снижается удельный расход на литр молока [25]. Социальные аспекты подтверждают, что цифровизация – это не только про «датчики и алгоритмы», но и про переопределение труда и распределение внимания персонала, что становится актуальным особенно для крупных стад [18].

Сравнительный анализ традиционного и роботизированного доения коров, проведенный на коровах черно-пестрой породы в АО «Племзавод Родина» Вологодской области, продемонстрировал, что роботизированные

технологии позволяют получать молоко более высокого качества по сравнению с традиционными методами. Это объясняется тем, что в процессе роботизированного доения контакт с молоком минимален, в отличие от доения на традиционных обстановках [11]. В таблице 1 приведены показатели роботизированного и традиционного доения коров.

Таблица 1

Характеристика показателей традиционного и роботизированного доения коров

Показатель	Доение традиционными установками	Доение роботами VMS «DeLaval»
Соматические клетки, тыс./см <sup>3</sup>	350–700	90–120
Бактериальная обсемененность, тыс./см <sup>3</sup>	Более 100	До 40
Товарность молока, %	90	97
Количество лактаций (продуктивность более 7000 кг)	3–4	4–5
Продуктивность, ± % по отношению к традиционной технологии доения	—	+ 7–10
Количество доений (среднее)	2,2	3,3 и более
Сервис-период, дни	200	150

3. Компьютерное зрение и 2D-/ 3D-оценка экстерьера

Компьютерное зрение для оценки экстерьера и конституции движется от прототипов к производственным испытаниям: обзор трудов российских авторов систематизирует этапы разработки и интеграции в технологический цикл, подчёркивая роль корректной эталонизации и условий съёмки [9]. Для молочного скотоводства 3D-TOF-камеры рассматриваются как наиболее информативные для извлечения линейных параметров, стандартизируя оценку экстерьера и давая основу для автоматизированного контроля отклонений [9]. В англоязычной литературе зафиксировано продвижение публичных датасетов по крупному рогатому скоту/свиньям/птице, но при этом отмечается «бутылочное горлышко» – нехватка высококачественной разметки из реальных условий, что сдерживает переносимость моделей [17].

Принципиальный вывод обзорной французской школы PLF: информатика ценна настолько, насколько она встроена в реальные решения по кормлению, здоровью и воспроизводству, иначе «точность» остаётся статистической, но не управленческой [26], что сказывается на ее внедрении в реальное производство.

#### *4. Поведенческие индикаторы и благополучие*

Крупные обзоры фиксируют стабильность поведенческих маркеров как прокси-метрик благополучия (лежание / двигательная активность / синхронность), особенно при длительном мониторинге поведения телят. При этом указываются пробелы в различении «отдыха» и «сна» и требования к валидации сенсорных методик [23]. Для хромоты сохраняется потенциал дообучения моделей за счёт мультисенсорной интеграции и учёта конфаундеров (покрытие пола, трафик, плотность) [12]. На уровне организации исследования AMS показывают, что нагрузка при уходе за животными перераспределяется: часть операционных задач берёт техника, но возрастает нагрузка на наблюдение за исключениями – животными с атипичными маршрутами и динамикой посещений [18]. Из российских практик роботизированного доения представлены данные по функциональным свойствам вымени и добровольному доению, подтверждающие существенную роль периода лактации и модели робота [8].

#### *5. Цифровая прослеживаемость и данные*

Политические и отраслевые документы FAO акцентируют, что цифровые технологии обеспечивают «оптимизацию прослеживаемости от фермы до стола» через идентификацию животных/продуктов, сбор расширенных данных, безопасный обмен и аналитику для прогнозирования [15]. В прикладной части рекомендуются практики стандартизации данных, языка и интерфейсов, что перекликается с задачами интероперабельности, описанными для российских реалий (включая агрогеоинформационные ресурсы, мобильные решения и API-сервисы) [10]. В сравнительном анализе зарубежных исследователей подчёркнуто, что цифровая прослеживаемость в продовольственных цепях коррелирует с ростом прозрачности и снижением транзакционных издержек, но требует согласования прав доступа и алгоритма обмена данными по всей цепочке [21]. Эмпирические обзоры PLF указывают, что без связки между производственными данными фермы, ветеринарной отчётностью и торговыми системами ценность данных остаётся локальной и теоретической [20].

### *6. Генетические и породные аспекты: связь с цифровой фенотипизацией*

Цифровая фенотипизация (визуальные метрики экстерьера, походка, динамика массы) расширяет инструментарий селекции и контроля стада, облегчает сопоставимость скрещиваний и адаптацию технологий на различных породах. Российские работы по абердин-ангусской породе подчеркивают значимость учёта генетических и адаптационных факторов при планировании программ разведения и использовании цифровых измерений для объективизации породных признаков [3]. Для мясных и молочных направлений интеграция фенотипов видеонаблюдения с родословными и продуктивностью даёт основу для ускоренного отбора и управления группами [22].

### *7. Российский срез цифровизации животноводства*

Обзоры и аналитика по РФ фиксируют спрос на решения для молочного животноводства (AMS, мониторинг здоровья, аналитика удоев), при этом узкими местами остаются кадры, интероперабельность и окупаемость на средних/малых фермах [1]. Российские исследования по цифровизации молочного производства подчеркивают необходимость адаптации бизнес-процессов фермы и подготовки персонала, иначе эффект от внедрения прогнозируется ниже потенциального [4]. Отраслевые обзоры указывают на перегруппировку рынка, появление отечественных разработчиков и востребованность сервисных моделей (SaaS – «оборудование как услуга») [5]. Практика роботизированного доения в регионах РФ указывает на стабильность технологических операций при сохраняющемся запросе на поддержку и локальную сервисную инфраструктуру, при этом сокращаются трудовые издержки [7]. На уровне общей агрополитики отмечается, что цифровые инструменты активируют системы знаний и информации, но их воздействие зависит от типа хозяйств [10].

### **Заключение**

Цифровизация в зоотехнии демонстрирует проверяемые эффекты при условии интеграции сенсоров, алгоритмов и управленческих контуров фермы. Наиболее устойчивые результаты подтверждены: (а) для мониторинга здоровья и раннего выявления нарушений по данным IoT/поведения; (б) AMS как инфраструктуры, изменяющей при грамотной планировке трафик, труд и сервисную водоэффективность; (в) компьютерного зрения и 3D-оценки

экстерьера, формирующих базу цифровой фенотипизации; (г) цифровой прослеживаемости как инструмента доверия и эффективности цепей. Ключевые ограничения – стандартизация данных / интерфейсов, квалификация персонала, адаптация бизнес-процессов и экономическая целесообразность на фермах малого/среднего масштаба [5].

Рекомендации для масштабирования: проектировать внедрение как «данные-в-решения», опираясь на валидированные индикаторы и управленческие сценарии; учитывать породные/генетические и инфраструктурные различия; обеспечивать сопровождение и обучение; синхронизировать фермерские данные с системами прослеживаемости и рыночными требованиями [13]. В российском контексте потенциал цифровизации максимален в молочном скотоводстве и телятнике, где подтверждена валидность поведенческих показателей и экономия на операционных рисках при условии укрепления сервисной поддержки и интероперабельности [23].

#### **Использованные источники**

1. К вопросу о цифровизации российского сельского хозяйства (обзор информационных материалов) / Б. А. Воронин, О. Г. Лоретц, А. Н. Митин и др. // Аграрный вестник Урала. 2019. № 2. С. 3–14. DOI 10.32417/article\_5cb0b27b458600.04669366.
2. Истомин, Д. А., Иванов, А. С. Оценка перспективных направлений цифрового животноводства в рамках "Сельского хозяйства 4.0" // АгроЭкоИнфо. 2021. № S7. DOI 10.51419/20217011. EDN GOSBWD. URL: [https://agroecoinfo.ru/STATYI/2021/7/st\\_011.pdf](https://agroecoinfo.ru/STATYI/2021/7/st_011.pdf) (дата обращения: 02.11.2025).
3. Коновалова, Е. Н., Романенкова, О. С., Гладырь, Е. А. Перспективы разведения и совершенствования крупного-рогатого скота абердин-ангусской породы в России (генетические аспекты) // Вестник РСН. 2024. Т. 14, № 1. С. 15–28. URL: <https://www.vestnik-rsn.ru/vrsn/article/view/1307> (дата обращения: 02.11.2025). DOI <https://doi.org/10.31857/S2500208225010124>.
4. Мамедова, Р. А. Молочное животноводство в России: состояние и перспективы цифровизации // Агроинженерия. 2020. № 6. С. 10–16. DOI: 10.26897/2687-1149-2020-6-10-16.
5. Нагорнова, О. С. Завиваев, Н. С., Тарасов А. В. Обзор рынка цифровых технологий в сельском хозяйстве // Вестник НГИЭИ. 2024. № 5 (156). С. 82–90. DOI 10.24412/2227-9407-2024-5-82-90. EDN TIBEQQ.

6. Федоров, А. Д., Кондратьева, О. В., Слинко, О. В. О перспективах цифровизации сельского хозяйства России // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2019. № 1(33). С. 127–131. EDN URCASI.
7. Чеченихина, О. С. Опыт применения роботизированных доильных установок в Свердловской области // Аграрное образование и наука. 2022. № 3. С. 7–8.
8. Чеченихина, О. С., Смирнова, Е. С. Функциональные свойства вымени коров при добровольном доении в зависимости от периода лактации и марки доильного робота // Молочнохозяйственный вестник. 2022. № 4 (48). С. 139–154. DOI: 10.52231/2225-4269\_2021\_3\_139. EDN DDXJPR
9. Обзор исследований и технологий для цифровизации процесса оценки экстерьера животных в мясном и молочном животноводстве / С. С. Юрочка, А. П. Хакимов и др. // Аграрная наука. 2024. № 4. С. 114–122. DOI <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-381-4-114-122>. URL: <https://www.vetpress.ru/jour/article/view/3035> (дата обращения: 02.11.2025).
10. Всемирный банк. Цифровое сельское хозяйство в России: возможности и вызовы. Аналитический доклад. 2019. 126 с.
11. Симонов Г. А.; Никифоров В. Е. Преимущества роботов перед традиционной технологией доения коров // Наука в центральной России. 2020. № 4. С. 54–62. URL: <https://vniitin.ru/wp-content/uploads/2020/08/№4-54-62.pdf> (дата обращения: 24.12.2025). DOI: 10.35887/2305-2538-2020-4-54-62. EDN MVUPUS.
12. Improving lameness detection in cows: A machine-learning approach / E. Dervić et al. // Journal of Dairy Science. 2024. Vol. 107, Is. 12. DOI: 10.3168/jds.2024-24730.
13. Dineva, K., Atanasova, T. Health Status Classification for Cows Using Machine Learning and Data Management on AWS Cloud // Animals. 2023. Vol. 13, Is. 22. P. 3254. DOI: 10.3390/ani13203254.
14. Džermeikaitė, K., Krištolaitytė, J., Antanaitis, R. Application of Machine Learning Models for the Early Detection of Metritis in Dairy Cows // Animals. 2025. Vol. 15(11). P. 1674. URL: <https://www.mdpi.com/2076-2615/15/11/1674> (дата обращения: 04.11.2025). DOI <https://doi.org/10.3390/ani15111674>.
15. FAO. The role of digital technologies in livestock traceability and trade. Policy brief. Rome: FAO, 2021. 12 p. URL: <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/CA9939EN> (дата обращения: 04.11.2025).
16. FAO. Agricultural 4.0 – Agricultural robotics and automated equipment for sustainable crop production. Rome: FAO, 2020. 76 p. URL:

<https://openknowledge.fao.org/items/0073ac5a-e4b4-43fb-9621-349fb878864f>

(дата обращения: 04.11.2025).

17. Precision Livestock Farming Research: A Global Scientometric Review // *Animals*. 2023. Vol. 13(13): 2096. URL: <https://www.mdpi.com/2076-2615/13/13/2096> (дата обращения: 05.11.2025). DOI: 10.3390/ani13132096.
18. Lundström, C., Lindblom, J. Care in dairy farming with automatic milking systems, identified using an Activity Theory lens // *Journal of Rural Studies*. 2021. Vol. 87. P. 386–403. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0743016721002709> (дата обращения: 05.11.2025). DOI <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2021.09.006>.
19. Impact of different stall layouts with robotic milking systems on the behavioral pattern of multiparous cows / P. A. B. Mac-Lean et al. // *JDS Communications*. 2024. Vol. 5, Is. 5. P. 500–504. DOI: 10.3168/jdsc.2023-0505.
20. Monteiro, A., Santos, S., Gonçalves, P. Precision Agriculture for Crop and Livestock Farming: Brief Review // *Sensors*. 2021. Vol. 11, Is. 8. P. 2345. DOI: 10.3390/ani11082345.
21. OECD. The digitalisation of agriculture. Paris: OECD Publishing, 2022. 154 p. URL: [https://www.oecd.org/en/publications/the-digitalisation-of-agriculture\\_285cc27d-en.html](https://www.oecd.org/en/publications/the-digitalisation-of-agriculture_285cc27d-en.html) (дата обращения: 05.11.2025).
22. Screening and selection of a machine learning algorithm for development of a model to select cows for clinical examination using data from automated health monitoring technologies and other predictors of cow health / M. M. Perez et al. // *Journal of Dairy Science*. 2025. Vol. 108, Is. 12 (in press). P. 13720–13738. DOI: 10.3168/jds.2025-26511.
23. A systematic review on the application of precision livestock farming technologies to detect lying, rest and sleep behavior in dairy calves / G. P. Rossi et al. // *Frontiers in Veterinary Science*. 2024. Vol. 11. P. 1477731. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/veterinary-science/articles/10.3389/fvets.2024.1477731/full> (дата обращения: 05.11.2025). DOI <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1477731>.
24. Review: Precision livestock farming, automats and new technologies: possible applications in extensive dairy sheep farming / M. O. Vaintrub et al. // *Animal*. 2021. Vol. 15, Is. 3. P. 100298. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751731120301452> (дата обращения: 05.11.2025). DOI <https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100143>.

- 
25. Water use dynamics with conventional and automated milking systems on a dairy farm / A. VanderZaag et al. // Journal of Dairy Science. 2025. Vol. 108, Is. 6. URL: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(25\)00181-X/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(25)00181-X/fulltext) (дата обращения: 05.11.2025). DOI: 10.3168/jds.2024-25195.
  26. Precision Livestock Farming: New information to help animal husbandry? / P. Faverdin et al. // INRA Productions Animales. 2020. Vol. 33, Is. 4. P. 223–234. URL: <https://productions-animales.org/article/download/4585/15336/39946> (дата обращения: 05.11.2025).
  27. IoT-Based Cow Health Monitoring System / U. Olgierd et. al. // Computational Science / V. V. Krzhizhanovskaya et al. Springer, Cham, 2020. Vol. 12141. P. 344–356. URL: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-50426-7\\_26#citeas](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-50426-7_26#citeas) (дата обращения: 24.12.2025). DOI [https://doi.org/10.1007/978-3-030-50426-7\\_26](https://doi.org/10.1007/978-3-030-50426-7_26).