

УДК 631.171

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-393-04-153-158

С.С. Юрочка ✉
Д.Ю. Павкин
А.Р. Хакимов
П.С. Бердюгин
Ф.Е. Владимиров

Федеральный научный
 агроинженерный центр ВИМ, Москва,
 Россия

✉ yssvim@yandex.ru

Поступила в редакцию: 10.02.2025
 Одобрена после рецензирования: 13.03.2025
 Принята к публикации: 27.03.2025

© Юрочка С.С., Павкин Д.Ю., Хакимов А.Р.,
 Бердюгин П.С., Владимиров Ф.Е.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-393-04-153-158

Sergey S. Yurochka ✉
Dmitry Yu. Pavkin
Artyom R. Khakimov
Pavel S. Berdyugin
Fedor E. Vladimirov

Federal Scientific Agroengineering
 Center VIM, Moscow, Russia

✉ yssvim@yandex.ru

Received by the editorial office: 10.02.2025
 Accepted in revised: 13.03.2025
 Accepted for publication: 27.03.2025

© Yurochka S.S., Pavkin D.Yu., Khakimov A.R.,
 Berdyugin S.P., Vladimirov F.E.

Методика и результаты натурных испытаний системы цифрового мониторинга экстерьера молочных коров

РЕЗЮМЕ

В агропромышленном комплексе России существует запрос на технологии цифровизации процесса сбора линейных параметров экстерьера животных, в особенности молочных коров. Переход от субъективной ручной бонитировки к унифицированной автоматической позволит резко увеличить производительность и точность проведения подобных операций.

Цели исследования — составление методики и проведение первичного натурального испытания системы цифрового мониторинга экстерьера молочных коров.

Исследование проводили на действующей молочно-товарной ферме в Московской области, все животные принадлежали к черно-пестрой зебувидной породе. Оценивали пригодность проходного бокса системы цифрового мониторинга к прохождению молочных коров, работоспособность и погрешность 8 блоков камер, возможный стресс животных, а также общую устойчивость системы. Для сбора изображений использовали трехмерные времяпролетные камеры M5 3D TOF RGB и стереопары из расположенных на плате двух объективов 1/3-inch CMOS OV4689. В сумме система из 8 блоков камер, расположенных сверху и сбоку от проходного бокса системы цифрового мониторинга, позволяет одновременно делать снимки каждого животного со всех сторон, обеспечивая измерение 18 основных промеров тела коровы и расчет 12 индексов телосложения. В результате определили, что блокам камер удается захватывать изображение животных, двигающихся в проходном боксе системы цифрового мониторинга без остановки. Погрешность разрешения собираемой из снимков карты расстояний составила ± 10 мм. Подтвердили, что животные спокойно шли в проходном боксе системы цифрового мониторинга, не демонстрируя признаков чрезмерного стресса.

Ключевые слова: корова, цифровизация, экстерьер, цифровой мониторинг, бонитировка

Для цитирования: Юрочка С.С., Павкин Д.Ю., Хакимов А.Р., Бердюгин П.С., Владимиров Ф.Е. Методика и результаты натурных испытаний системы цифрового мониторинга экстерьера молочных коров. *Аграрная наука*. 2025; 393(04): 153–158. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-153-158>

Methodology and results of field tests of the digital monitoring system for the exterior of dairy cows

ABSTRACT

In the agro-industrial complex of Russia, there is a demand for technologies for digitalization of the process of collecting linear parameters of the exterior of animals, especially dairy cows. The transition from subjective manual grading to a unified automatic one will dramatically increase the productivity and accuracy of such operations. The aim of the study was to develop a methodology and conduct an initial full-scale test of a digital monitoring system for the exterior of dairy cows. *The study was conducted* on an operating dairy farm in the Moscow region; all animals belonged to the black-and-white zebu breed. The suitability of the digital monitoring system's pass-through box for the passage of dairy cows, the operability and error of 8 camera units, possible animal stress, and the overall stability of the system were assessed. M5 3D TOF RGB three-dimensional time-of-flight cameras and stereo pairs of two 1/3-inch CMOS OV4689 lenses located on the board were used to collect images. In total, the system of 8 camera units located above and to the side of the digital monitoring system's walk-through box allows for simultaneous shooting of each animal from all sides, providing for the measurement of 18 basic body measurements of the cow and the calculation of 12 body condition indices. As a result, it was determined that the camera units are able to capture images of animals moving in the digital monitoring system's walk-through box without stopping. The resolution error of the distance map collected from the images was ± 10 mm. It was confirmed that the animals were walking calmly in the entrance box of the digital monitoring system, without showing signs of excessive stress.

Key words: cow, digitalization, exterior, digital monitoring, grading

For citation: Yurochka S.S., Pavkin D.Yu., Khakimov A.R., Berdyugin S.P., Vladimirov F.E. Methodology and results of field tests of the digital monitoring system for the exterior of dairy cows. *Agrarian science*. 2025; 393(04): 153–158 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-153-158>

Введение/Introduction

В Российской Федерации в области агропромышленного комплекса (АПК) существует значительный потенциал развития сельского хозяйства, раскрытие которого возможно произвести, используя инструменты повышения эффективности аграрного производства путем создания и внедрения средств автоматизации, цифровых технологий и искусственного интеллекта [1]. Развитие АПК в настоящее время имеет тренд в направлении использования и внедрения цифровых и интеллектуальных технологий [2]. В России ведутся научные исследования в тематике создания отечественных систем цифровизации молочного и мясного животноводства, использующих машинное зрение [3].

Приоритетными направлениями в современной селекции и генетике животных становятся разработка и внедрение систем мониторинга и оптимизации, а также совершенствование методов управления, планирования и прогнозирования в животноводстве. В условиях современных требований к мясному и молочному животноводству особое внимание уделяется повышению продуктивности отрасли [4]. Для улучшения процесса содержания животных современное животноводство использует информационные и коммуникационные технологии, направленные на мониторинг и управление в реальном времени [5]. Один из ключевых аспектов в данном контексте — оценка экстерьерных характеристик животных, поскольку они напрямую коррелируют с их продуктивными и репродуктивными качествами [6].

Сбор данных, включая линейные параметры экстерьера, традиционно осуществляется посредством ручного измерения параметров туловища животных. Однако этот процесс, включающий последующую обработку полученных данных, аналитику и прогнозирование, характеризуется значительной трудоемкостью и сложностью, а также подвержен влиянию человеческого фактора [7, 8].

Большинство племенных и молочных ферм используют ручные методы мониторинга состояния здоровья животных, а цифровизация замедлена сложностью создания алгоритмов автоматической бесконтактной оценки состояния здоровья животных. Одной из проблем перевода ручных операций с животными к автоматическим является то, что опытные специалисты хоть и принимают решения с результатами высокого качества, но их наблюдения сложно поддаются количественной оценке [9–11].

Использование новых технологий позволит снизить инвестиционные затраты и улучшить как производительность, так и здоровье животных [12].

Применение систем видеонаблюдения дает ученым и инженерам значительные возможности для сбора и аккумуляции данных о животных, включая их идентификацию, местоположение,

биофизиологические особенности, а также хронологию жизненного цикла.

Кроме того, такие системы позволяют осуществлять контроль за деятельностью персонала фермы, оценивать процессы потребления корма животными, динамику роста объемов и массы тела, отслеживать двигательную активность и поведенческие паттерны животных. На их основе возможно проведение бонитировки, диагностики заболеваний, ветеринарных и профилактических мероприятий [13].

Интеграция и анализ данных обеспечивают возможность управления животноводческими процессами за счет мониторинга в режиме реального времени таких параметров, как состояние здоровья, поведенческие реакции, уровень продуктивности, репродуктивные функции и воздействие на окружающую среду [14].

Бесконтактные датчики могут работать непрерывно без участия оператора, и обычно считается, что они способны с высокой точностью количественно оценивать поведение животного в рамках заранее определенного процесса, который существенно не меняется [15]. Но сами бесконтактные датчики — это лишь средство для получения изображения, а для проведения цифровой бонитировки необходимы обученные нейросети.

К сожалению, фермерские и другие коммерческие организации редко публикуют такую информацию в открытом доступе [16]. В реальных условиях важные показатели параметров тела животных часто недостаточно измеряются, что отражается на организации процессов разведения, откорма и в целом на успехе точного животноводства.

Цель исследования — проведение натурального испытания работоспособности системы цифрового мониторинга экстерьера молочных коров.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Первичные натурные испытания системы цифрового мониторинга экстерьера молочных коров проводили в сентябре 2024 года на действующей молочно-товарной ферме в Московской области. Все животные в исследовании принадлежали к черно-пестрой породе зебувидного типа [17].

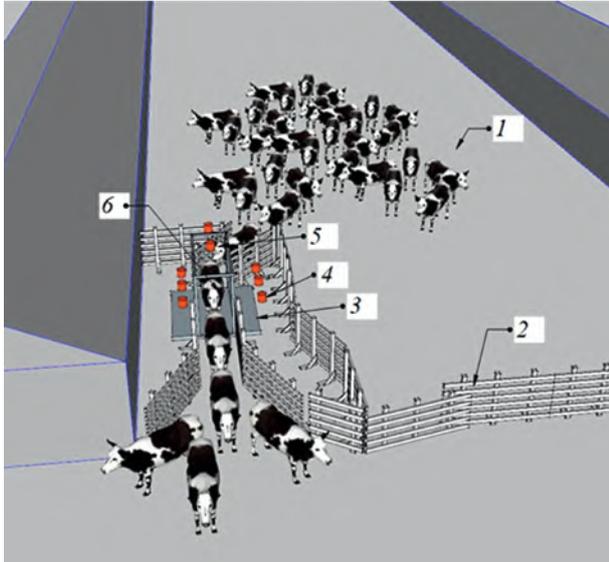
Объект исследования — испытательный стенд системы цифрового мониторинга экстерьера молочных коров. Он состоит из непосредственно системы цифрового мониторинга (проходной бокс системы и 8 блоков камер), накопителя коров и ограждения, которое регулирует движение животных в проходной бокс системы цифрового мониторинга. Общий вид накопителя, ограждения и проходного бокса системы цифрового мониторинга экстерьера молочных коров представлен на рисунке 1.

Проходной бокс системы цифрового мониторинга изготовлен из стали Ст3сп¹. Полные линейные размеры проходного бокса (Д x Ш x В)

¹ ГОСТ 380-2005 Сталь углеродистая обыкновенного качества.

Рис. 1. Общий вид испытательного стенда системы цифрового мониторинга экстерьера молочных коров на ферме: 1 — стадо коров в накопителе, 2 — ограждение, 3 — нескользящий пол системы цифрового мониторинга, 4 — боковые камеры системы цифрового мониторинга, 5 — вертикальные камеры системы цифрового мониторинга, 6 — проходной бокс системы цифрового мониторинга

Fig. 1. General view of the digital monitoring system for cows' exterior on a farm: 1 — a herd of cows in a storage facility, 2 — a wooden fence, 3 — a weighing platform of the digital monitoring system, 4 — side cameras of the digital monitoring system, 5 — vertical cameras of the digital monitoring system, 6 — a passage box of the digital monitoring system



составляют 3060 x 2740 x 3171 мм, ширина прохода для животных — 850 мм. Для безопасного прохождения животных пол проходного бокса покрыт нескользящими резиновыми матами.

Каждый блок камер системы цифрового мониторинга состоит из двух частей — трехмерной времяпролетной камеры M5 3D TOF RGB (Rakinda, Китай) и цифровой стереокамеры из расположенных на плате двух объективов 1/3-Inch CMOS OV4689 (OmniVision, Китай).

Шесть блоков камер устанавливали сбоку (по три с каждой стороны) на расстоянии 700 мм от стенки проходного бокса системы цифрового мониторинга и два блока камер — сверху на расстоянии 2000 мм от пола проходного бокса системы цифрового мониторинга.

В исследовании оценивали работоспособность системы цифрового мониторинга к прохождению молочных коров. Работа системы цифрового мониторинга экстерьера молочных коров заключается в последовательном прохождении животных из накопителя в проходной бокс системы, где камерами делаются трехмерные изображения животных, позволяющие оценить расстояние между ключевыми точками тела коров. В сумме система из 8 блоков камер позволяет одновременно делать снимки животного со всех сторон, обеспечивая измерение 18 основных промеров тела коровы и расчет 12 индексов телосложения.

Проводили первичную оценку погрешности системы, а также устойчивости всей конструкции при прохождении коров. Оценку

погрешности измерений проводили сопоставлением числовых значений, полученных системой цифрового мониторинга с результатами, используемыми в качестве референтных, измеренных ветеринаром.

Подготовку инструментов и измерение ветеринаром линейных параметров животных проводили в соответствии с приказом Минсельхоза РФ от 28 октября 2010 года № 379 «Об утверждении Порядка и условий проведения бонитировки племенного крупного рогатого скота молочного и молочно-мясного направлений продуктивности». Устойчивость конструкции оценивали по возможности блоков камер делать снимки проходящих животных без искажения кадров.

Параметры установки используемого программного обеспечения для трехмерных времяпролетных камер и цифровых стереокамер, а также результаты лабораторных испытаний были опубликованы в предыдущих работах [18].

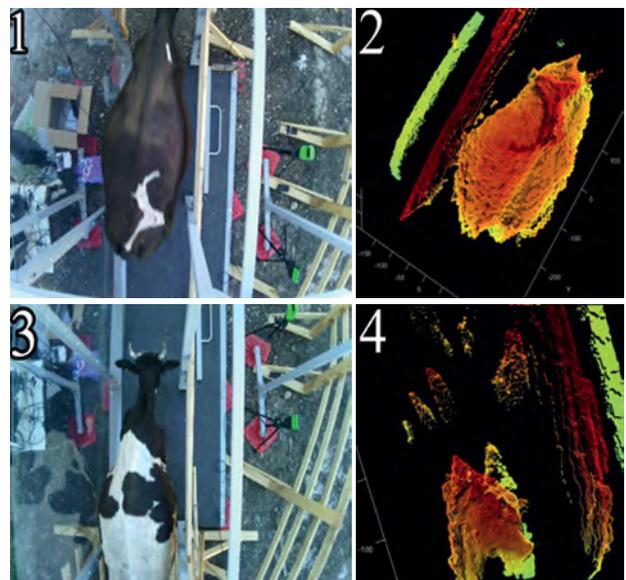
Результаты и обсуждение / Results and discussion

На рисунке 2 представлены снимки, полученные двумя блоками камер, установленных сверху. Все трехмерные изображения с трехмерных времяпролетных камер дублировали цифровыми изображениями со стереокамер.

В результате определили, что блокам камер, расположенных сверху, удается захватывать изображение животных,двигающихся в проходном боксе системы цифрового мониторинга без остановки. Выявленные проблемы при съемке сверху: в некоторых случаях съемки вторым блоком камер голова животного находится на границе кадра,

Рис. 2. Цифровые и трехмерные изображения, получаемые блоками камер, установленных сверху: 1, 3 — цифровые изображения со стереокамер; 2, 4 — трехмерные изображения с времяпролетных трехмерных камер

Fig. 2. Digital and 3D images obtained by camera units mounted on top: 1, 3 — digital images from stereo cameras; 2, 4 — three-dimensional images from time-of-flight three-dimensional cameras



что может помешать получить промеры головы, при этом, комбинируя кадры с двух блоков, можно получить полное изображение животного с искомого ракурса. Погрешность разрешения собираемой из снимков карты расстояний составила ± 10 мм.

На рисунке 3 представлены снимки, полученные шестью блоками камер, установленных сбоку.

В результате было установлено, что блокам камер, расположенных сбоку, удается захватывать изображение животных,двигающихся в проходном боксе системы цифрового мониторинга без остановки. Недостатком разработанной схемы расположения камер, установленных сбоку, является выявленное частичное перекрытие лучей при одновременной работе камер. В будущем возможна разработка алгоритма последовательного включения сканирования, чтобы избежать перекрытия (информацию необходимо будет проверить и подтвердить).

Для улучшения точности будет реализована обработка изображения для нивелирования эффекта «рыбьего глаза» в цифровых изображениях со стереокамер. Погрешность разрешения собираемой из снимков карты расстояний, как было определено в сравнении с ручными измерениями, составила ± 10 мм.

Для полной оценки необходимо собирать большой объем данных на значимой временной дистанции, однако даже первичный результат достаточен для измерения 8 из 18 основных промеров. Некоторые боковые блоки камер были установлены слишком высоко, что приводило к ухудшению точности измерения промеров ног.

Выявленные проблемы при съемке сбоку, продемонстрированные на рисунке 4, — бликующее стекло, что легко исправить, заменив полностью закрывающее стекло фрагментными рейками и изменив их расположение, а также искривление кадра (исправляется программными методами).

Для снижения погрешности всех блоков камер рекомендуется обеспечить надежную фиксацию платформы к полу. Наблюдаемое незначительное смещение стенда при проходе животных указывает на необходимость усиления конструкции. Оптимальным решением является жесткое закрепление платформы в бетонный пол, что минимизирует вибрации и повысит стабильность системы цифрового мониторинга.

По результатам первичных натурных испытаний были сформированы ожидаемые временные диапазоны работы системы цифрового мониторинга для молочных ферм с двукратным доением: с 5:00 до 7:00 часов (постепенный вывод животных с утренней дойки) и с 16:00 до 18:00 часов (животные с пастбища возвращаются в коровник).

Рис. 3. Цифровые и трехмерные изображения, получаемые блоками камер, установленных сбоку: 1, 3, 5 — цифровые изображения со стереокамер; 2, 4, 6 — трехмерные изображения с времяпролетных трехмерных камер

Fig. 3. Digital and 3D images obtained by camera units mounted on the side: 1, 3, 5 — digital images from stereo cameras; 2, 4, 6 — three-dimensional images from time-of-flight three-dimensional cameras

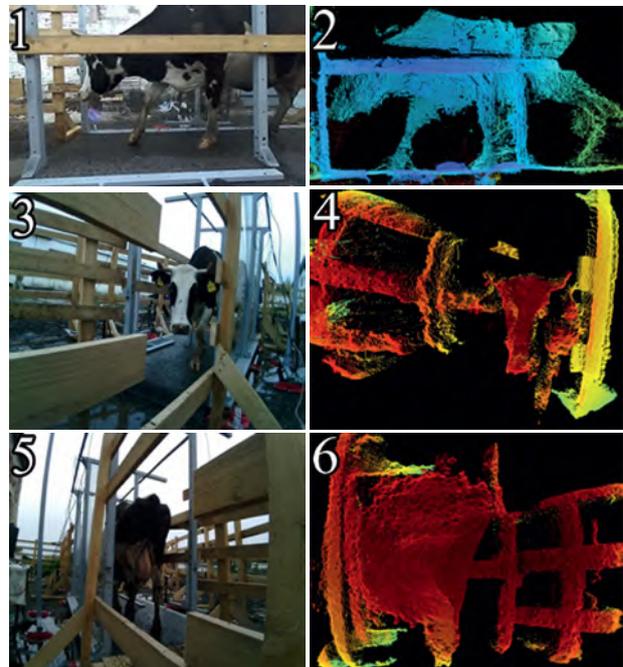
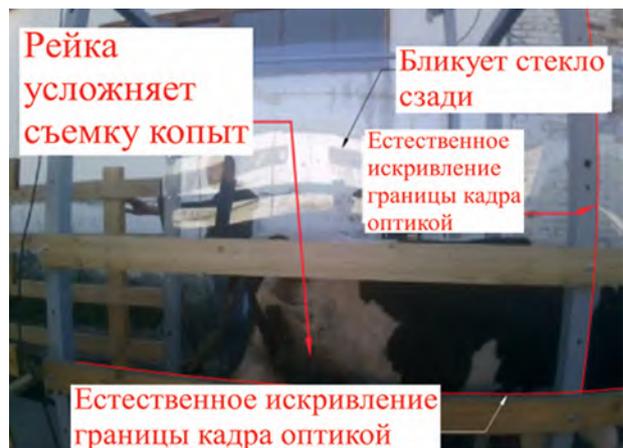


Рис. 4. Демонстрация недостатков сплошных прозрачных стенок проходного бокса системы цифрового мониторинга

Fig. 4. Demonstration of the disadvantages of solid transparent walls of the pass-through box of the digital monitoring system



Выводы/Conclusions

В результате проведения первичных натурных испытаний системы цифрового мониторинга экстерьера молочных коров доказали возможность реализации проходного метода оценки экстерьера непрерывного потока животных.

Выполняются все критерии, определенные при подготовке испытаний: беспрепятственный проход коров из накопителя в проходной бокс системы цифрового мониторинга реализуем; животные спокойно шли в проходном боксе системы

цифрового мониторинга, не демонстрировали признаки чрезмерного стресса; проведена первичная оценка погрешности составляемых трехмерных карт поверхности тела молочных коров в ± 10 мм.

Были собраны параметры обратной связи. Все выявленные недостатки могут быть исправлены, и в дальнейшем это позволит реализовать уже полнофункциональный образец системы цифрового мониторинга экстерьеров молочных коров.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-76-10041.
<https://rscf.ru/project/23-76-10041/>

FUNDING

The study was supported by a grant from the Russian Science Foundation No. 23-76-10041.
<https://rscf.ru/en/project/23-76-10041/>

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лобачевский Я.П., Дорохов А.С. Цифровые технологии и роботизированные технические средства для сельского хозяйства. *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2021; 15(4): 6–10.
<https://doi.org/10.22314/2073-7599-2021-15-4-6-10>
2. Ценч Ю.С. Научно-технический потенциал как главный фактор развития механизации сельского хозяйства. *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2022; 16(2): 4–13.
<https://doi.org/10.22314/2073-7599-2022-16-2-4-13>
3. Юрочка С.С., Хакимов А.Р., Павкин Д.Ю., Базаев С.О., Комков И.В. Обзор исследований и технологий, применимых для цифровизации процесса оценки экстерьера животных в мясном и молочном животноводстве. *Аграрная наука*. 2024; (4): 114–122.
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-381-4-114-122>
4. Alem H. The Role of Technical Efficiency Achieving Sustainable Development: A Dynamic Analysis of Norwegian Dairy Farms. *Sustainability*. 2021; 13(4): 1841.
<https://doi.org/10.3390/su13041841>
5. Halachmi I., Guarino M. Editorial: Precision livestock farming: a 'per animal' approach using advanced monitoring technologies. *Animal*. 2016; 10(9): 1482–1483.
<https://doi.org/10.1017/S1751731116001142>
6. Батанов С.Д., Баранова И.А., Старостина О.С. Модель прогнозирования молочной продуктивности коров по их экстерьерным особенностям. *Вестник Башкирского государственного аграрного университета*. 2019; (1): 55–62.
<https://doi.org/10.31563/1684-7628-2019-49-1-55-62>
7. Харченко А.В., Фейзуллаев Ф.Р., Лепехина Т.В. Экстерьерные особенности казахской белоголовой породы крупного рогатого скота. *Инновационная наука*. 2022; (6–1): 62–64.
<https://elibrary.ru/hchsjb>
8. Чиндалиев А.Е., Калимолдинова А.С., Алипов А.У., Баймуканов А.Д. Использование линейной оценки экстерьера коров. *Главный зоотехник*. 2019; (8): 32–38.
<https://elibrary.ru/hycfxa>
9. Wilkins J.F., McKiernan W.A., Walmsley B.J., McPhee M.J. Automated data capture using laser technology to enhance live cattle assessment and description. *Australian Farm Business Management Journal*. 2015; 12: 70–77.
<https://doi.org/10.22004/ag.econ.284945>
10. Hansen M.F., Smith M.L., Smith L.N., Jabbar K.A., Forbes D. Automated monitoring of dairy cow body condition, mobility and weight using a single 3D video capture device. *Computers in Industry*. 2018; 98: 14–22.
<https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.02.011>
11. O'Leary N., Leso L., Buckley F., Kenneally J., McSweeney D., Shalloo L. Validation of an Automated Body Condition Scoring System Using 3D Imaging. *Agriculture*. 2020; 10(6): 246.
<https://doi.org/10.3390/agriculture10060246>
12. Banhazi T.M. et al. Precision Livestock Farming: An international review of scientific and commercial aspects. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 2012; 5(3): 1–9.
<https://doi.org/10.3965/j.ijabe.20120503.001>
13. Башилов А.М., Королев В.А. Видеоцифровое системно-метрическое управление агротехнологическими процессами. *Вестник аграрной науки Дона*. 2019; (4): 68–75.
<https://elibrary.ru/vsyvnc>

REFERENCES

1. Lobachevsky Ya.P., Dorokhov A.S. Digital technologies and robotic devices in the agriculture. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2021; 15(4): 6–10 (in Russian).
<https://doi.org/10.22314/2073-7599-2021-15-4-6-10>
2. Tsench Yu.S. Scientific and Technological Potential as the Main Factor for Agricultural Mechanization Development. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2022; 16(2): 4–13 (in Russian).
<https://doi.org/10.22314/2073-7599-2022-16-2-4-13>
3. Yurochka S.S., Khakimov A.R., Pavkin D.Yu., Bazaev S.O., Komkov I.V. Review of researches and technologies applicable to digitalization of the process of assessing the exterior of meat and dairy animals. *Agrarian science*. 2024; (4): 114–122 (in Russian).
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-381-4-114-122>
4. Alem H. The Role of Technical Efficiency Achieving Sustainable Development: A Dynamic Analysis of Norwegian Dairy Farms. *Sustainability*. 2021; 13(4): 1841.
<https://doi.org/10.3390/su13041841>
5. Halachmi I., Guarino M. Editorial: Precision livestock farming: a 'per animal' approach using advanced monitoring technologies. *Animal*. 2016; 10(9): 1482–1483.
<https://doi.org/10.1017/S1751731116001142>
6. Batanov S.D., Baranova I.A., Starostina O.S. Prediction model for milk production of cows by their exterior features. *Vestnik Bashkir State Agrarian University*. 2019; (1): 55–62 (in Russian).
<https://doi.org/10.31563/1684-7628-2019-49-1-55-62>
7. Kharchenko A.V., Feyzullaev F.R., Lepekhina T.V. The exterior features of the Kazakh white-headed cattle. *Innovation science*. 2022; (6–1): 62–64 (in Russian).
<https://elibrary.ru/hchsjb>
8. Chindaliev A.E., Kalimoldinova A.S., Alipov A.U., Baimukanov A.D. The use of linear evaluation of body conformation of cows. *Head of animal breeding*. 2019; (8): 32–38 (in Russian).
<https://elibrary.ru/hycfxa>
9. Wilkins J.F., McKiernan W.A., Walmsley B.J., McPhee M.J. Automated data capture using laser technology to enhance live cattle assessment and description. *Australian Farm Business Management Journal*. 2015; 12: 70–77.
<https://doi.org/10.22004/ag.econ.284945>
10. Hansen M.F., Smith M.L., Smith L.N., Jabbar K.A., Forbes D. Automated monitoring of dairy cow body condition, mobility and weight using a single 3D video capture device. *Computers in Industry*. 2018; 98: 14–22.
<https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.02.011>
11. O'Leary N., Leso L., Buckley F., Kenneally J., McSweeney D., Shalloo L. Validation of an Automated Body Condition Scoring System Using 3D Imaging. *Agriculture*. 2020; 10(6): 246.
<https://doi.org/10.3390/agriculture10060246>
12. Banhazi T.M. et al. Precision Livestock Farming: An international review of scientific and commercial aspects. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 2012; 5(3): 1–9.
<https://doi.org/10.3965/j.ijabe.20120503.001>
13. Bashilov A.M., Korolev V.A. Video-digital system-metric management of agrotechnological processes. *Don agrarian science bulletin*. 2019; (4): 68–75 (in Russian).
<https://elibrary.ru/vsyvnc>

14. Buller H., Blokhuis H., Lokhorst K., Silberberg M., Veissier I. Animal Welfare Management in a Digital World. *Animals*. 2020; 10(10): 1779. <https://doi.org/10.3390/ani10101779>
15. Xue T., Qiao Y., Kong H., Su D., Pan S., Rafique K. One-Shot Learning-Based Animal Video Segmentation. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. 2022; 18(6): 3799–3807. <https://doi.org/10.1109/TII.2021.3117020>
16. Jones J.W. *et al.* Toward a new generation of agricultural system data, models, and knowledge products: State of agricultural systems science. *Agricultural Systems*. 2017; 155: 269–288. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2016.09.021>
17. Упельник В.П., Завгородний С.В., Махнова Е.Н., Сенатор С.А. История происхождения и перспективы распространения зебувидного типа черно-пестрой породы крупного рогатого скота (обзор). *Достижения науки и техники АПК*. 2020; 34(12): 66–72. <https://elibrary.ru/serfph>
18. Юрочка С.С., Павкин Д.Ю., Хахимов А.Р., Бердюгин П.С., Базаев С.О. Оценка стереокамер для цифрового мониторинга экстерьера коров. *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2024; 18(4): 34–40. <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2024-18-4-34-40>
14. Buller H., Blokhuis H., Lokhorst K., Silberberg M., Veissier I. Animal Welfare Management in a Digital World. *Animals*. 2020; 10(10): 1779. <https://doi.org/10.3390/ani10101779>
15. Xue T., Qiao Y., Kong H., Su D., Pan S., Rafique K. One-Shot Learning-Based Animal Video Segmentation. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. 2022; 18(6): 3799–3807. <https://doi.org/10.1109/TII.2021.3117020>
16. Jones J.W. *et al.* Toward a new generation of agricultural system data, models, and knowledge products: State of agricultural systems science. *Agricultural Systems*. 2017; 155: 269–288. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2016.09.021>
17. Upelniek V.P., Zavgorodny S.V., Makhnova E.N., Senator S.A. The history of the origin and prospects for the spread of the zebu-type Black-and-White cattle (review). *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2020; 34(12): 66–72 (in Russian). <https://elibrary.ru/serfph>
18. Yurochka S.S., Pavkin D.Yu., Khakimov A.R., Berdyugin P.S., Bazayev S.O. Assessing Stereo Camera Applicability for Digital Monitoring of Cattle Exterior. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2024; 18(4): 34–40 (in Russian). <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2024-18-4-34-40>

ОБ АВТОРАХ

Сергей Сергеевич Юрочка

кандидат технических наук, старший научный сотрудник
yssvim@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2511-7526>

Дмитрий Юрьевич Павкин

кандидат технических наук, старший научный сотрудник
dimqqa@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8769-8365>

Артём Рустамович Хахимов

младший научный сотрудник
arty.hv@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-4332-9274>

Павел Сергеевич Бердюгин

младший научный сотрудник
BPS71188@yandex.ru
<https://orcid.org/0009-0005-8217-9482>

Фёдор Евгеньевич Владимиров

научный сотрудник
fvladimirov21@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-2480-5754>

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,
1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Sergey Sergeevich Yurochka

Candidate of Engineering Sciences, Senior Researcher
yssvim@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2511-7526>

Dmitry Yurevich Pavkin

Candidate of Engineering Sciences, Senior Researcher
dimqqa@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8769-8365>

Artyom Rustamovich Khakimov

Junior Researcher
arty.hv@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-4332-9274>

Pavel Sergeevich Berdyugin

Junior Researcher Assistant
BPS71188@yandex.ru
<https://orcid.org/0009-0005-8217-9482>

Fyodor Evgenievich Vladimirov

Researcher Associate
fvladimirov21@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-2480-5754>

Federal Scientific Agroengineering Center VIM,
5 1st Institutsky Passage, Moscow, 109428, Russia