

## Разработка модульной системы цифровизации бонитировочных работ

**Дмитрий Юрьевич Павкин**,  
кандидат технических наук,  
заведующий лабораторией,  
e-mail: dimqaqa@mail.ru;  
**Сергей Сергеевич Юрочка**,  
младший научный сотрудник,  
e-mail: yurochkaSR@gmail.com;

**Артем Рустамович Хакимов**,  
аспирант, младший научный сотрудник,  
e-mail: arty.hv@gmail.com;  
**Игорь Мамедяревич Довлатов**,  
кандидат технических наук, научный сотрудник,  
e-mail: dovlatovim@mail.ru

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

**Реферат.** Отметили недостатки существующих на рынке весовых платформ для взвешивания молочного скота при бонитировке. Предложили определять упитанность животных путем сканирования крестца оптическими системами, что позволяет отслеживать их физиологическое состояние и в случае нарушений оперативно изменять рацион. (*Цель исследования*) Разработать модульную систему цифровизации бонитировочных работ при условии автономности и независимости модулей. (*Материалы и методы*) Приняли во внимание необходимость интегрирования в общую систему фермы с использованием единого интернет-пространства. Предусмотрели 4 модуля. Составили алгоритм бонитировки и сопоставили его со схемой расположения модулей, чтобы оценить масштабы работы по цифровизации бонитировочных работ. В модуле взвешивания установили 4 тензометрических датчика. (*Результаты и обсуждение*) Доказали, что модуль осуществляет высокоточное (точность С3) взвешивание животных независимо от их движения и расположения в боксе, результаты выводятся на дисплей единого блока управления. Камеру модуля технического зрения расположили на высоте 2200 миллиметров, что исключает ее повреждение животными и обеспечивает беспрепятственный обзор для трехмерной ToF-камеры. Транспортировочные габариты прототипа системы составляют: длина – 2500 миллиметров, ширина – 1564, высота – 2118 миллиметров. Общая масса изготовленной системы, включая исходную платформу, составляет ориентировочно 620-640 килограммов. (*Выводы*) Разработали и создали модульную систему цифровизации бонитировочных работ. Выявили, что погрешность модуля взвешивания при испытании с вариантами эталонной массы 655 и 1200 килограммов была менее 1 процента.

**Ключевые слова:** молочная ферма, цифровизация, автоматизация, бонитировочные работы, модульная система цифровизации бонитировочных работ.

■ **Для цитирования:** Павкин Д.Ю., Юрочка С.С., Хакимов А.Р., Довлатов И.М. Разработка модульной системы цифровизации бонитировочных работ // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2022. Т. 16. №4. С. 54-59. DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-4-54-59. EDN XRKEBK.

## Development of a Modular System for Digitalization of Appraisal Process

**Dmitry Yu. Pavkin**,  
Ph.D.(Eng.), head of laboratory,  
e-mail: dimqaqa@mail.ru;  
**Sergey S. Yurochka**,  
junior researcher,  
e-mail: yurochkaSR@gmail.com;

**Artem R. Khakimov**,  
Ph.D. student, junior researcher,  
e-mail: arty.hv@gmail.com;  
**Igor M. Dovlatov**,  
Ph.D.(Eng.), researcher,  
e-mail: dovlatovim@mail.ru

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

**Abstract.** It is noted that the existing weighing platforms for weighing dairy cattle demonstrate certain shortcomings during the grading process. It was proposed to determine the fatness of animals by scanning their sacrum with optical systems, which allows monitoring their physiological state and, in case of deterioration, promptly change the diet. (*Research purpose*) To develop a modular system for the digitalization of appraisal process ensuring the autonomy and independence of modules. (*Materials and*

*methods*) The emphasis is paid on the necessity of integrating into the whole farm system by using a unified Internet space. The development of a modular system for digitalization of appraisal was divided into 4 modules. A grading algorithm was worked out and compared with the layout diagram of the modules in order to assess the volume of work on the grading digitalization. Four strain gauges were installed in the weighing module. (*Results and discussion*) It was proved that the module provides high-precision weighing of animals (C3 accuracy), regardless of the external influence factors such as cow movements and the asymmetrical position of the cow inside the system box. The results can be displayed on the display of a single control unit. The camera of the vision module was placed at a height of 2,200 millimeters, which eliminates it being damaged by the animals and provides an unobstructed view for the 3D ToF camera. The transportation dimensions of the system prototype are as follows: length – 2,500 millimeters, width – 1,564, height – 2,118 millimeters. The total mass of the manufactured system, including the original platform, is approximately 620-640 kilograms. (*Conclusions*) A modular system for digitalization of appraisal work has been successfully developed and created. The weighing module was tested revealing an error of less than 1 percent, when testing the system with a reference mass of 655 kilograms and that of 1,200 kilograms.

**Keywords:** dairy farm, digitalization, automation, appraisal work, modular system for digitalization of appraisal work.

■ **For citation:** Pavkin D.Yu., Yurochka S.S., Khakimov A.R., Dovlatov I.M. Razrabotka modul'noy sistemy tsifrovizatsii bonitirovochnykh rabot [Development of a modular system for digitalization of appraisal process]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2022. Vol. 16. N4. 54-59 (In Russian). DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-4-54-59. EDN XRKEBK.

Современные молочные фермы ориентированы на автоматизированное цифровое производство и применение современных технологий [1-3]. Здесь проводят исследования по механизации, электрификации и автоматизации для сельского хозяйства [4]. Например, интеллектуальные сенсорные технологии уже используются для диагностики различных болезней скота [5]. Важным этапом развития молочных ферм стала цифровизация бонитировочных работ, которые позволяют выявлять нарушения содержания животных [6, 7]. Изменение живой массы свидетельствует о физиологическом состоянии молочных коров, в соответствии с которым составляют кормовой рацион [8-11]. При взвешивании необходимо учитывать все параметры, влияющие на точность измерения, например налипание грязи или расположение животного на весовой платформе.

Раньше для сбора данных использовали стандартные цифровые цветные видеокамеры. В исследованиях, опубликованных после 2013 г., все чаще стали применять 3D-камеры. Появилась возможность моделировать человеческое трехмерное зрение. Это означает, что при правильном обучении техническое зрение может стать аналогом работы зооинженера.

Цифровизация бонитировочных работ – это многоэтапный процесс. Он включает в себя несколько крупных модулей, определенных на основе анализа [12-13]:

- интеллектуальный модуль взвешивания;
- модуль технического зрения, предназначенный для определения упитанности животных;
- единый блок управления системой;
- автоматические ворота бонитировочного станка, обеспечивающие безопасный вход/выход животных, а также их нахождение внутри во время проведения бонитировочных работ.

**Цель исследования** – разработка модульной си-

стемы цифровизации бонитировочных работ при условии автономности и независимости модулей.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** Модульную систему цифровизации бонитировочных работ разрабатывали с учетом необходимости интегрировать ее в общую систему фермы с использованием единого интернет-пространства.

Важно обеспечить независимость перечисленных выше четырех модулей, чтобы отключать и подключать каждый из них без влияния на остальную систему. Еще одно условие, которое учитывали при создании системы, – ее мобильность.

Алгоритм бонитировки сопоставили со схемой расположения модулей, чтобы оценить масштабы работы по цифровизации (*рис. 1*). Выделили этапы бонитировочных работ, автоматизированные разработанной системой. При проектировании системы использовали конструкторское программное обеспечение *Kompas 3D*.

В модуле автоматических ворот предусмотрена установка пневмоцилиндров для приведения в движение автоматических ворот. Использовали пневмоцилиндры *Camozzi 60M2L050A0500* с диаметром 50 мм и длиной хода поршня 500 мм. Активация и управление осуществляются через единый блок управления.

В модуле определения живой массы животных использован комплект из четырех тензорезисторных датчиков (входное сопротивление  $400 \pm 20$  Ом, выходное –  $352 \pm 2$  Ом). В процессе взвешивания животные постоянно двигаются, поэтому вычислить их реальную живую массу можно только с помощью весов, оснащенных функцией удержания и усреднения показателей. Тензометрические датчики выбраны как наиболее эффективные на основании литературного исследования [14-16]. Это датчики балочного типа, рабочая нагрузка на каждый из них – 2,5 т, класс точности – C3 (*рис. 2*). Все они подключены к единому

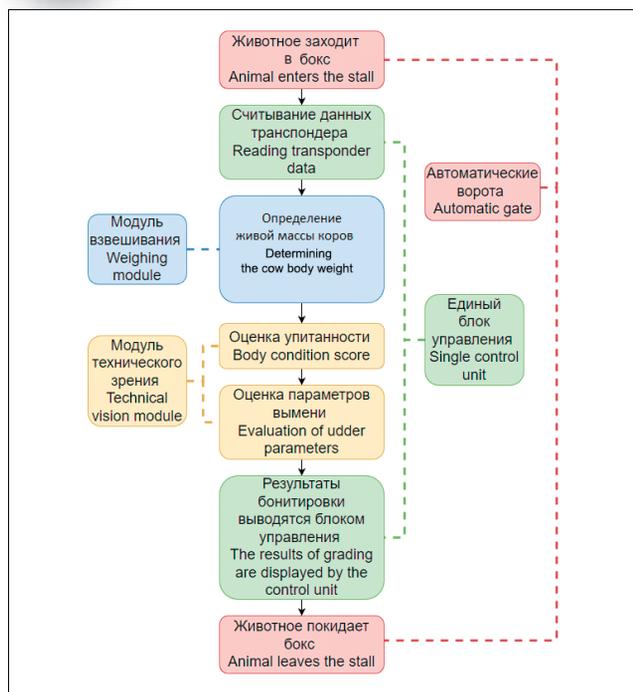


Рис. 1. Этапы алгоритма бонитировки, цифровизированные разработанными модулями

Fig. 1. Grading algorithm stages digitized by the modules developed

блоку управления. На его дисплее отражаются все результаты. Движение коровы или ее несимметричное положение внутри станка не влияют на точность измерения.

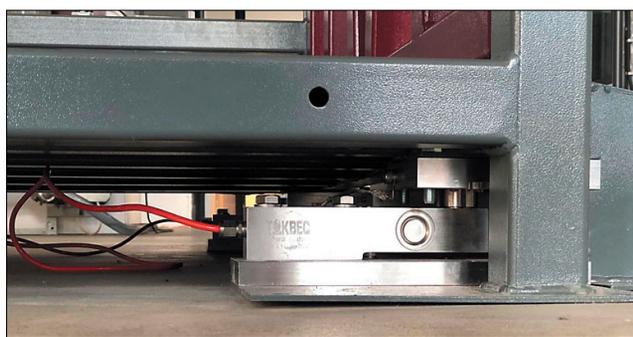


Рис. 2. Тензометрический датчик модуля взвешивания

Fig. 2. One of the strain gauge sensors of the weighing module

Модуль технического зрения, обеспечивающий определение упитанности животных, использует трехмерные ToF-камеры технического зрения (с встроенной инфракрасной подсветкой 850 нм и разрешением 352×264 пикселей).

Единый блок управления системой включает подключение и питание модулей, а также компьютер для управления ними. Для управления элементами разработанной системы использовали панельный компьютер с установленной системой Windows 10 (64 бит), объемом оперативной памяти 4 Гб, с жестким диском на 250 Гб, частота процессора 1,99 ГГц.

В качестве основы для системы цифровизации бо-

нитировочных работ использовали экспериментальный бонитировочный проходной станок прямоугольной формы. Каркас и узлы станка сконструированы на основе труб из стали марки ст20. Ворота, весовая платформа, боковые стенки, пандусы и верхние крепежные элементы собраны методом сварки. Между собой элементы закреплены на болтовые соединения. Габариты – 2500×1564×2118 мм. Максимальная возможная живая масса исследуемого животного, которая может быть безопасно взвешена в системе, – 1200 кг.

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ.** Каждый из разработанных модулей автоматизирует определенную часть бонитировки (рис. 3):

1. Автоматические ворота бонитировочного станка обеспечивают вход/выход животного в, и удержание прохода закрытым во время бонитировки;

2. Модуль взвешивания отражает точные показатели независимо от положения и движения животного во время бонитировки;

3. Модуль технического зрения проводит оценку упитанности и параметров вымени животного в автоматическом режиме;

4. Единый блок управления осуществляет питание, управление и сбор данных со всех модулей системы.

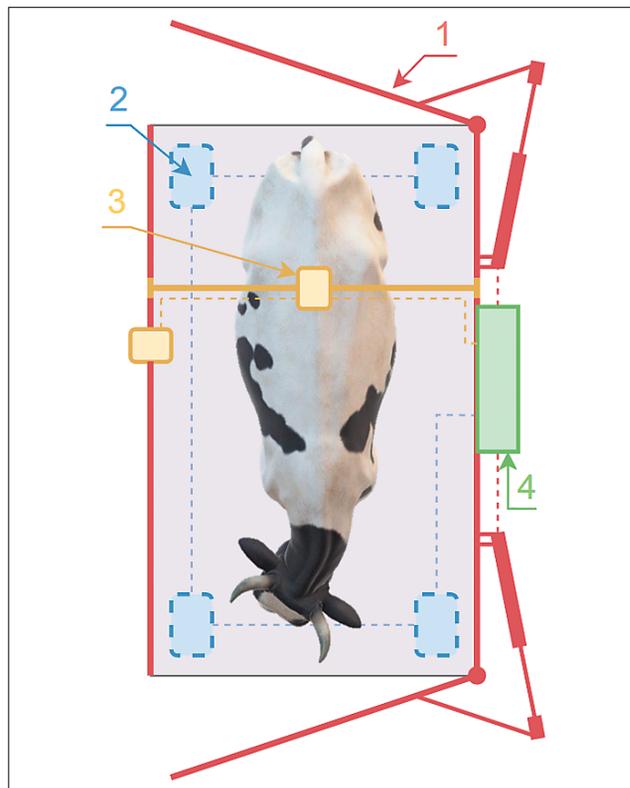


Рис. 3. Схема модулей цифровизации: 1 – автоматические ворота; 2 – модуль взвешивания; 3 – модуль технического зрения; 4 – единый блок управления

Fig. 3. Diagram of digitalization modules: 1 – an automatic gate; 2 – a weighing module; 3 – a technical vision module; 4 – a single control unit

Входные автоматические ворота активируются при начале бонитировки, открывая проход в станок. Когда животное оказывается внутри бокса, ворота закрываются. После окончания бонитировки выходные автоматические ворота открываются. Входные автоматические ворота не открываются, пока не закрыты выходные.

Испытания модуля взвешивания проводили эталонной массой 655 и 1200 кг, что соответствует средней живой массе молочных высокопродуктивных коров и предельной живой массе быков-производителей. Работоспособность и надежность весовой платформы была доказана в ходе прочностных расчетов.

Для выявления погрешности весовой системы проведено по 5 измерений в каждом из вариантов. Весовой модуль совершает по 5 измерений в секунду каждым тензометрическим датчиком, затем конвертирует полученные сигналы по интерфейсу RS485 в фактическую массу объекта, находящегося на весовой платформе.

При измерении массы эталонных образцов (655 кг и 1200 кг) погрешность измерений не превышает 1% (таблица). Для сравнения напомним, что на некоторых фермах при отсутствии возможности взвешивания на точных весах для определения живой массы до сих пор применяют расчетный метод на основании промеров (высоты в холке, обхвата груди за лопатками, косой длины туловища). В этом случае погрешность может достигать 40 кг.

Таблица		Table				
Погрешность при испытании модуля*, % MODULE TEST ERROR*, %.						
Фактическая масса эталонных образцов, кг Actual mass of reference samples, kg	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	
655	0,89	0,91	0,88	0,95	0,91	
1200	0,85	0,86	0,94	0,94	0,88	

\*Установленный режим: 5-кратное определение веса четырьмя тензометрическими датчиками в секунду  
\*The set mode: 5-fold weight determination by four strain gauges per second

Модуль технического зрения установлен на рейке и оснащен специально разработанным защитным стальным корпусом (рис. 4).

Модуль технического зрения для определения упитанности расположен на высоте 2200 мм под углом 15° (рис. 4a). При апертурных углах обзора камеры 60 и 45° в один кадр попадает только часть задняя часть животного – от корня хвоста до середины позвоночника. Для анализа и идентификации балла упитанности в работу поступает область позвоночника от корня хвоста до маклоков. Испытания модуля определения упитанности проводили на ферме, оценив по 5-балльной шкале 34 коровы на разных стадиях лак-

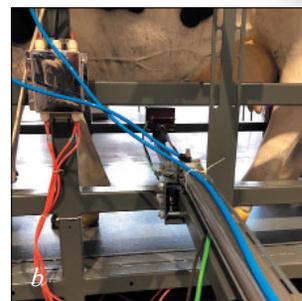
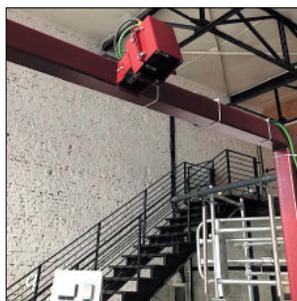


Рис. 4. Расположение модулей технического зрения: а – сверху; б – сбоку

Fig. 4. Location of the technical vision modules: a – top; b – side

тации [17, 18]. Модуль технического зрения для оценки линейных параметров вымени учитывал 26 показателей (рис. 4б).

Применение модулей технического зрения допустимо для интеграции с алгоритмом оценки физиологического состояния животных.

Единый блок управления системой установлен на внешней стороне ограждения бокса (рис. 5). Все остальные модули подключены к нему с помощью защищенных жгутов.



Рис. 5. Единый блок управления системой

Fig. 5. Single control unit of the system

Корпус единого блока управления системы выполнен из металла. Для доступа к дисплею предусмотрено окно, защищенное от воды и пыли. Фактическая масса изготовленной системы, включая исходную платформу, составляет ориентировочно 640 кг.

**Выводы.** Разработали систему частичной цифровизации бонитировочных работ, которая позволяет гибко изменять количество активированных модулей под задачи производства.

Погрешность при испытании модуля взвешивания составила менее 1%.

Установили, что для функционирования системы необходим только единый модуль управления, а три подключаемых модуля используются в зависимости от задачи.

*Работа выполнена при поддержке Совета по грантам Президента Российской Федерации на право по-*

лучения гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых –кандидатов наук – МК-2513.2022.4.

The work is supported by the Grant of the President of the Russian Federation for young Ph.D. holders – МК-2513.2022.4.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Büscher W. Digitization of the barn – current status and perspectives. *Züchtungskunde*. 2019. Vol. 91. N1. 35-44.
- Burmistrov D.E., Pavkin D.Y., Khakimov A.R., Ignatenko D.N., Nikitin E.A., Lednev V.N., Lobachevsky Y.P., Gudkov S.V., Zvyagin A.V. Application of Optical Quality Control Technologies in the Dairy Industry: An Overview. *Photonics*. 2021. N8. 551.
- Khakimov A.R., Pavkin D.Y., Yurochka S.S., Astashev M.E., Dovlatov I.M. Development of an Algorithm for Rapid Herd Evaluation and Predicting Milk Yield of Mastitis Cows Based on Infrared Thermography. *Applied Sciences*. 2022. N12. 6621.
- Лачуга Ю.Ф., Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Шогенов Ю.Х. Результаты научных исследований агроинженерных научных организаций по развитию цифровых систем в сельском хозяйстве // *Техника и оборудование для села*. 2022. N3(297). С. 2-6.
- Feng L.Q., Wei L.J., Hong M.W. Yu D.L., Yang Y.Q. Research progress of intelligent sensing technology for diagnosis of livestock and poultry diseases. *Scientia Agricultura Sinica*. 2021. N54(11). 2445-2463.
- Daros R.R., Weary D.M., von Keyserlingk M.A.G. Invited review: Risk factors for transition period disease in intensive grazing and housed dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 2022. N105(6). 4734-4748.
- Wurtz K., Camerlink I., D'Eath R.B., Fernández A.P., Norton T., Steibel J., Siegford J. Recording behaviour of indoor-housed farm animals automatically using machine vision technology: A systematic review. *PLoS ONE*. 2019. N14(12).
- Сатдыкова Ю.С., Горелик О.В., Неверова О.П. Эффективность производства молока в зависимости от живой массы коров-первотелок // *Молодежь и наука*. 2020. N11.
- Косилов В.И., Никонова Е.А., Джалов А.Г. Потребление и использование кормов и энергии рациона телками черно-пестрой породы и ее помесями // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2016. N4(60). С. 124-127.
- Вильвер Д.С., Фомина А.А. Влияние энергетической кормовой добавки на изменчивость показателей молочной продуктивности коров черно-пестрой породы // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2017. N1(63). С. 140-142.
- Morales-Piñeyrua J.T., Damián J.P., Banchero G., Blache D., Sant'Anna A.C. Metabolic profile and productivity of dairy Holstein cows milked by a pasture-based automatic milking system during early lactation: Effects of cow temperament and parity. *Research in Veterinary Science*. 2022. 147. 50-59.
- Кирсанов В.В., Павкин Д.Ю., Довлатов И.М., Жмылев В.А. Модуль базовой станции приема-передачи данных физиологического состояния КРС // *Агроинженерия*. 2022. Т. 24. N1. С. 28-34.
- Довлатов И.М., Юрочка С.С. Разработка энергоэффективной системы микроклимата для беспривязного содержания дойного стада // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2021. Т. 15. N3. С. 73-80.
- Краусп В.Р., Харатян Г.А. Контроль живой массы и диагностика состояния здоровья крупного рогатого скота // *Инновации в сельском хозяйстве*. 2016. N6(21). С. 46-51.
- Харатян Г.А., Дубровин А.В., Суюнчалиев Р.С. Новая технологическая линия автоматизированного контроля живой массы и численности поголовья овец в пастбищных условиях их содержания // *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. 2015. N8. 19-22.
- Manshin Yu.P., Manshina E.Yu., Geue M. About the dynamic error of strain gauge torque measuring devices. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021. 2131(5).
- Павкин Д.Ю., Юрочка С.С., Шилин Д.В., Рузин С.С. Бесконтактная оценка упитанности молочных коров с использованием ToF-технологии // *Агроинженерия*. 2021. N2(102). С. 39-44.
- Лобачевский Я.П., Бейлис В.М., Ценч Ю.С. Аспекты цифровизации системы технологий и машин // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2019. N3(36). С. 40-45.

### REFERENCES

- Büscher W. Digitization of the barn – current status and perspectives. *Züchtungskunde*. 2019. Vol. 91. N1. 35-44 (In English).
- Burmistrov D.E., Pavkin D.Y., Khakimov A.R., Ignatenko D.N., Nikitin E.A., Lednev V.N., Lobachevsky Y.P., Gudkov S.V., Zvyagin A.V. Application of Optical Quality Control Technologies in the Dairy Industry: An Overview. *Photonics*. 2021. N8. 551 (In English).
- Khakimov A.R., Pavkin D.Y., Yurochka S.S., Astashev M.E., Dovlatov I.M. Development of an Algorithm for Rapid Herd Evaluation and Predicting Milk Yield of Mastitis Cows Based on Infrared Thermography. *Applied Sciences*. 2022. N12. 6621 (In English).
- Lachuga Yu.F., Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Shogenov Yu.Kh. Rezul'taty nauchnykh issledovaniy agroinzhenernykh nauchnykh organizatsiy po razvitiyu tsifrovyykh sistem v sel'skom khozyaystve [The results of scientific research of agro-engineering scientific organizations on the development of digital systems in agriculture]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. 2022. N3(297). 2-6 (In Russian).



5. Feng L.Q., Wei L.J., Hong M.W., Yu D.L., Yang Y.Q. Research progress of intelligent sensing technology for diagnosis of livestock and poultry diseases. *Scientia Agricultura Sinica*. 2021. N54(11). 2445-2463 (In English).
6. Daros R.R., Weary D.M., von Keyserlingk M.A.G. Invited review: Risk factors for transition period disease in intensive grazing and housed dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 2022. N105(6). 4734-4748 (In English).
7. Wurtz K., Camerlink I., D'Eath R.B., Fernández A.P., Norton T., Steibel J., Siegford J. Recording behaviour of indoor-housed farm animals automatically using machine vision technology: A systematic review. *PLoS ONE*. 2019. N14(12) (In English).
8. Satdykova Yu.S., Gorelik O.V., Neverova O.P. Effektivnost' proizvodstva moloka v zavisimosti ot zhivoy massy korov-pervotelok [Efficiency of milk production depending on the body weight of first-calf heifers]. *Molodezh' i nauka*. 2020. N11 (In Russian).
9. Kosilov V.I., Nikonova E.A., Dzhhalov A.G. Potreblenie i ispol'zovanie kormov i energii ratsiona telkami cherno-pestroy porody i ee pomesyami [Consumption and utilization of feeds and energy of the ration by black-spotted heifers and their hybrids]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2016. N4(60). 124-127 (In Russian).
10. Vil'ver D.S., Fomina A.A. Vliyaniye energeticheskoy kormovoy dobavki na izmenchivost' pokazateley molochnoy produktivnosti korov chorno-pyostroy porody [Effect of energy feed additive on the variability of milk yields indices in black-spotted cows]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2017. N1(63). 140-142 (In Russian).
11. Morales-Piñeyra J.T., Damián J.P., Banchero G., Blache D., Sant'Anna A.C. Metabolic profile and productivity of dairy Holstein cows milked by a pasture-based automatic milking system during early lactation: Effects of cow temperament and parity. *Research in Veterinary Science*. 2022. 147. 50-59 (In English).
12. Kirsanov V.V., Pavkin D.Yu., Dovlatov I.M., Zhmylev V.A. Modul' bazovoy stantsii priema-peredachi dannykh fiziologicheskogo sostoyaniya KRS [Base station module for receiving and transmitting data on the physiological state of cattle]. *Agroinzheneriya*. 2022. Vol. 24. N1. 28-34 (In Russian).
13. Dovlatov I.M., Yurochka S.S. Razrabotka energoeffektivnoy sistemy mikroklimata dlya besprivyaznogo soderzhaniya doynogo stada [Development of an energy-efficient microclimate system for dairy herd loose keeping]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2021. Vol. 15. N3. 73-80 (In Russian).
14. Krausp V.R., Kharatyan G.A. Kontrol' zhivoy massy i diagnostika sostoyaniya zdorov'ya krupnogo rogatogo skota [Body weight control and health diagnostics of cattle]. *Innovatsii v sel'skom khozyaystve*. 2016. N6(21). 46-51 (In Russian).
15. Kharatyan G.A., Dubrovin A.V., Suyunchaliev R.S. Novaya tekhnologicheskaya liniya avtomatizirovannogo kontrolya zhivoy massy i chislennosti pogolov'ya ovets v pastbishchnykh usloviyakh ikh soderzhaniya [New technological line for automated control of body weight and number of sheep in grazing conditions]. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva*. 2015. N8. 19-22 (In Russian).
16. Manshin Yu.P., Manshina E.Yu., Geue M. About the dynamic error of strain gauge torque measuring devices. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021. 2131(5) (In English).
17. Pavkin D.Yu., Yurochka S.S., Shilin D.V., Ruzin S.S. Beskontaktnaya otsenka upitannosti molochnykh korov s ispol'zovaniem ToF-tekhnologii [Non-contact body condition score of dairy cows based on ToF-technology]. *Agroinzheneriya*. 2021. N2(102). 39-44 (In Russian).
18. Lobachevskiy Ya.P., Beylis V.M., Tsench Yu.S. Aspekty tsifrovizatsii sistemy tekhnologii i mashin [Aspects of digitalization of the system of technologies and machines]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2019. N3(36). 40-45 (In Russian).

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Заявленный вклад соавторов:

Павкин Д.Ю. – научное руководство, формулирование основных направлений исследования;

Юрочка С.С. – исследование задач бонитировочных работ, проектирование модулей;

Хакимов А.Р. – литературный анализ, обработка результатов исследования, формирование текста и визуализация;

Довлатов И.М. – литературный анализ, доработка текста и общих выводов.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Статья поступила в редакцию

Статья принята к публикации

The paper was submitted to the Editorial Office on

The paper was accepted for publication on

07.09.2022

01.11.2022

### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

### Coauthors' contribution:

Pavkin D.Yu. – scientific guidance, formulation of the research main concepts;

Yurochka S.S. – investigating the appraisal work tasks, designing the modules;

Khakimov A.R. – literature review, research results processing, text formation and visualization;

Dovlatov I.M. – literature review, finalizing the text and general conclusions.

The authors read and approved the final manuscript.