

## ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 631.171:636.082.22:636.2

<https://doi.org/10.26897/2687-1149-2024-2-20-26>**Бесконтактная оценка промеров головы молочных коров***С.С. Юрочка<sup>1</sup>, С.О. Базаев<sup>2</sup>, А.Р. Хакимов<sup>3</sup>✉, А.А. Поликанова<sup>4</sup>*<sup>1,2,3,4</sup> Федеральний научный агроинженерный центр ВИМ; г. Москва, Россия<sup>1</sup> [yurochkasr@gmail.com](mailto:yurochkasr@gmail.com); <https://orcid.org/0000-0002-2511-7526><sup>2</sup> [sbazaeff@yandex.ru](mailto:sbazaeff@yandex.ru); <https://orcid.org/0000-0002-3028-5081><sup>3</sup> [arty.hv@gmail.com](mailto:arty.hv@gmail.com) ✉; <https://orcid.org/0000-0002-4332-9274><sup>4</sup> [al.polikanova@mail.ru](mailto:al.polikanova@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-3476-205X>

**Аннотация.** Бесконтактная оценка промеров головы молочных коров с использованием трёхмерных камер позволит облегчить процесс бонитировки. Для разработки бесконтактной оценки экстерьеря крупного рогатого скота с использованием автоматических видеокамер необходимо обоснование рациональных конструктивных и режимно-технологических параметров функционирования системы. С помощью цифрового зрения определялись необходимые параметры работы системы – промеры головы (длина головы, длина лба и наибольшая ширина лба). Исследовались 15 взрослых животных зебувидного типа чёрно-пёстрой породы ростом 1300...1500 мм. Для обеспечения охвата головы коровы в любом положении применялись три трёхмерные камеры: две расположены над животным на высоте 2 м от пола (минимальное расстояние от камеры до головы составляло 500...800 мм), одна – перед животным на расстоянии не менее 2 м от головы и на высоте 1,3...1,5 м от пола. Сигнал идентификационной антенной сигнала от RFID метки животного инициировал получение трёхмерного снимка со скоростью 5...10 кадров/с. Используя промеры головы, система в автоматическом режиме определяет индексы широколобости и большеголовости. В результате исследований обоснованы рациональные параметры расположения трёхмерных камер. Эффективность съёмки системы и точное измерение промеров головы обеспечиваются при наклоне головы коровы относительно камеры под углом 45° и расположении верхней камеры на уровне 2 м от пола. При наклоне головы под углом 65° и выше съёмка осуществляется фронтальной камерой, расположенной на расстоянии не менее 2 м от головы и на высоте 1,3...1,5 м от пола. В последующих работах планируется обосновать рациональные конструктивные и режимно-технологические параметры функционирования макета.

**Ключевые слова:** бесконтактная оценка промеров головы, головы молочных коров, оценка экстерьеря крупного рогатого скота, линейная оценка экстерьеря, промеры головы, индексы широколобости и большеголовости, трёхмерные камеры

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

**Для цитирования:** Юрочка С.С., Базаев С.О., Хакимов А.Р., Поликанова А.А. Бесконтактная оценка промеров головы молочных коров // Агроинженерия. 2024. Т. 26, № 2. С. 20-26. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2024-2-20-26>

## ORIGINAL ARTICLE

**Non-contact assessment system of dairy cow exterior***S.S. Yurochka<sup>1</sup>, S.O. Bazaev<sup>2</sup>, A.R. Khakimov<sup>3</sup>✉, A.A. Polikanova<sup>4</sup>*<sup>1,2,3,4</sup> Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russia<sup>1</sup> [yurochkasr@gmail.com](mailto:yurochkasr@gmail.com); <https://orcid.org/0000-0002-2511-7526><sup>2</sup> [sbazaeff@yandex.ru](mailto:sbazaeff@yandex.ru); <https://orcid.org/0000-0002-3028-5081><sup>3</sup> [arty.hv@gmail.com](mailto:arty.hv@gmail.com) ✉; <https://orcid.org/0000-0002-4332-9274><sup>4</sup> [al.polikanova@mail.ru](mailto:al.polikanova@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-3476-205X>

**Abstract.** A system for non-contact assessment of animals using three-dimensional cameras will facilitate the grading process. To develop a system for non-contact exterior assessment of animals using automatic video cameras, it is necessary to justify the rational design and operating conditions of the system. Based on digital vision, the authors determined the necessary parameters of the system using three measurements of the head: head length,

forehead length and maximum forehead width. 15 adult animals of the zebu-type black-motley breed with a height of 1300 to 1500 mm were studied. To ensure coverage of the cow's head in any position, three cameras were used: two located above the animal at a height of 2 m from the floor (the minimum distance from the camera to the head was 500 to 800 mm) and one in front of the animal at a distance of at least 2 m from the head and at a height 1.3 to 1.5 m from the floor. The signal from the identification antenna of the signal from the RFID tag of the animal initiated the acquisition of a three-dimensional image at a speed of 5 to 10 frames/s. Based on the measurements, the system automatically determines the broad-headed and big-headed indices. As a result of the study, the authors determined rational parameters for the location of cameras. The efficiency of shooting and accurate measurement of head measurements is ensured when the cow's head is tilted relative to the camera at an angle of  $45^\circ$  and when the upper camera is located at a level of 2 m from the floor. When the head is tilted  $65^\circ$  and above, shooting is provided with the front camera located at a distance of at least 2 m from the head and at a height of 1.3 to 1.5 m from the floor. In their subsequent research, the authors plan to justify the rational design and operational-technological parameters of the model.

**Keywords:** Non-contact assessment of dairy cow exterior, heads of dairy cows, assessment of cattle exterior, linear assessment of exterior, head measurements, broad-fronted and large-headed indices, three-dimensional cameras

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

**For citation:** Yurochka S.S., Bazaev S.O., Khakimov A.R., Polikanova A.A. Non-contact assessment system of dairy cow exterior. *Agricultural Engineering (Moscow)*, 2024;26(2):20-26. (In Russ.). <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2024-2-20-26>

## Введение

Для развития мясного и молочного животноводства необходимо повышение его производительности [1]. Оценка экстерьера крупного рогатого скота является приоритетным направлением развития, поскольку связана с продуктивными и репродуктивными качествами организма [2]. Цифровизация бонитировочных работ стала важным этапом развития молочных ферм [3]. Здоровые животные способствуют наращиванию производства животноводческой продукции [4].

Ежегодно во всем мире более 500 млн гол. крупного рогатого скота оцениваются на предмет их племенной ценности, экстерьерных особенностей, здоровья и перспектив их дальнейшего использования. При этом большое количество измерений и сама оценка экстерьера являются трудоёмким и субъективным процессом.

Традиционные методы оценки животных основаны на визуальном осмотре, ручной оценке и снятии промеров при непосредственном контакте профессионала (зоотехника-бонитера) с животным. Глазомерная и визуальная оценка экстерьера животных производится с использованием мерной ленты и мерной палки. Точность таких методов является субъективной и нуждается в многочисленной повторности [5].

В области роботизации животноводства в качестве инструмента нахождения и определения объектов получили распространение нейронные сети [6]. Обнаружение объекта заключается как в оценке точного положения объекта (локализация объекта), так

и в определении категории, которой он принадлежит (классификация объекта) [7].

Использование подходов глубокого обучения интенсивно развивается, позволяя добиться большей точности и скорости обнаружения объектов в реальном времени [8]. Использование современных технологий, например, времяпролётной камеры (Time of Flight), триангуляции, стереозрения и цифрового видео позволяет определять координаты нахождения сосков при доении животных в доильном роботе, балл упитанности животных, отслеживать перемещение животных внутри боксов, отслеживать жвачку животных, оценивать время нахождения животных около кормового стола, хромоту животных во время движения. Полученные данные обрабатываются с использованием инструментов искусственного интеллекта.

Определение линейных параметров экстерьера животных бесконтактным способом возможно с помощью нейронных сетей. Однако анализ отечественных публикаций выявил отсутствие исследований по оценке экстерьера животных бесконтактным способом (в частности, промера головы) и отсутствие промышленной системы, позволяющей оценивать линейные параметры экстерьера крупного рогатого скота. Поэтому разработка системы бесконтактной оценки экстерьера животных с использованием трёхмерных камер и обоснование её рациональных конструктивных и режимно-технологических параметров функционирования являются актуальными и имеют научное и практическое значение.

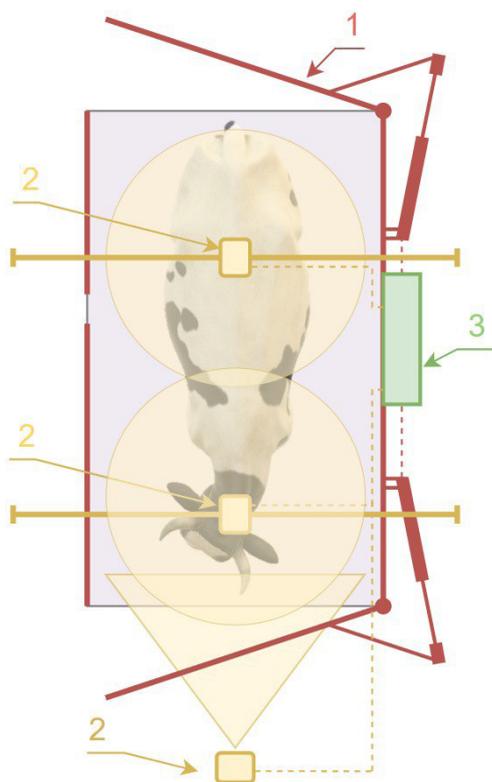
**Цель исследований:** обосновать рациональные конструктивные и режимно-технологические параметры функционирования бесконтактной оценки экстерьера крупного рогатого скота.

**Материалы и методы**

Для исследований были выбраны взрослые животные зебувидного типа чёрно-пестрой породы. Рост исследуемых животных находился в диапазоне от 1300 до 1500 мм. Для вертикально направленной трёхмерной камеры минимальное рабочее расстояние от камеры до исследуемого объекта составляло 500...800 мм, а для горизонтально направленной камеры – от 2000 мм. Инициацией получения трёхмерного снимка являлся сигнал идентификационной антенной сигнала от RFID метки животного.

Схема рабочей секции системы, включающей в себя камеры модуля технического зрения (со схематичным указанием радиуса их обзора), ворота и единый блок управления системой, представлена на рисунке 1.

Единый блок управления системой включает в себя подключение и питание модулей, а также компьютер для управления модулями камер. Скорость записи видеоизображений – 5...10 кадров/с. При режиме работы камер с менее чем 5 кадрами/с изображения



**Рис. 1. Схема модулей рабочей секции раскола:**

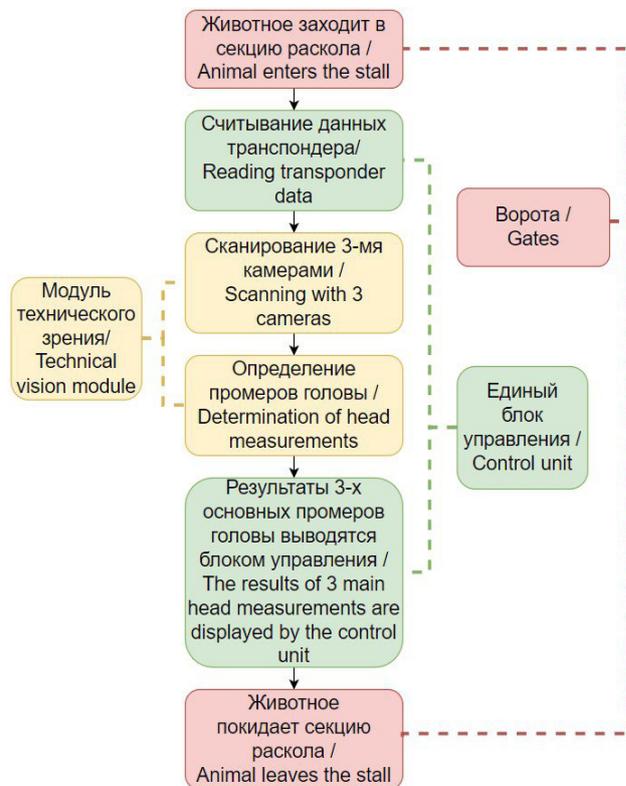
1 – ворота; 2 – модуль технического зрения;  
3 – единый блок управления

**Fig. 1. Schematic diagram of the splitting working section modules:**  
1 – gate; 2 – vision module; 3 – single control unit

являются нечёткими, и система не может определить искомые точки на голове животного. Для управления элементами разработанной системы использовался панельный компьютер с установленной системой Windows 10 (64 бит), объёмом оперативной памяти 4 Гб, с установленным жёстким диском на 250 Гб, частота процессора составляла 1,99 ГГц.

Рабочая секция имеет прямоугольную форму и выполнена в виде проходного станка. Каркас и узлы станка сконструированы на основе стальных труб. Ворота, боковые стенки, пандусы и верхние крепёжные элементы собраны методом сварки. Между собой элементы закрепляются на болтовые соединения. Максимальный вес исследуемого животного составлял 1200 кг.

*Общее описание работы системы линейной оценки экстерьера крупного рогатого скота.* Животное заходит в секцию раскола для автоматической оценки параметров. Когда система «понимает», что животное находится в зоне сканирования, она создает трёхмерные изображения и передаёт их в блок обработки информации. Там система определяет область интереса (голову) и, анализируя трёхмерные карты «головы», уточняет область интереса по искомым точкам. После измерения полученные данные выводятся на экран. Блок-схема алгоритма работы системы представлена на рисунке 2.



**Рис. 2. Блок-схема снятия линейных параметров головы**

**Fig. 2. Block diagram of taking linear parameters of the head**

Для старта нужно, чтобы корова зашла в рабочую секцию, после чего считывается RFID-метка, которая сигнализирует трём камерам о сканировании интересующей области с последующим определением промеров. После расчёта трёх основных промеров головы данные подаются на единый блок управления. Затем ворота открываются, и корова попадает в проходную секцию системы.

В нашей работе из блок-схемы мы рассматриваем только эпизод с модулем технического зрения и фокусируемся исключительно на областях, которые сканируют три камеры (рис. 1), изучаем возможность сканирования трёх промеров головы с помощью цифрового зрения.

### Результаты и их обсуждение

Бесконтактная линейная оценка экстерьера крупного рогатого скота производится путем прохода животного из накопительного стойла коров через секции раскола (рис. 1). Животные поступают в секции раскола по одному или по двое. Размещение второго животного в первой (проходной) секции раскола позволит снизить стресс у животного, находящегося во второй (рабочей) секции и подлежащего сканированию. В рабочей секции животное останавливается, производится сканирование искомым частям тела, после чего животное выходит через третью (проходную) секцию системы бесконтактной оценки экстерьера крупного рогатого скота. Проходные секции раскола будут более подробно описаны в будущих работах.

В исследованиях А.Н. Ручай и др. представлены результаты по совершенствованию технологии измерения линейных промеров статей тела племенного мясного скота на основе герефордской породы [9], когда были рассмотрены 17 промеров экстерьера с помощью 3D-камер, но линейные промеры

головы не изучались. Также С.Д. Батанов и др. рассматривали бесконтактный метод оценки телосложения крупного рогатого скота с использованием мобильных измерительных систем и изучали шесть промеров экстерьера, в которые не входили промеры головы [10].

Голова крупного рогатого скота является отражением породности и особенности конституции животных. Голову крупного рогатого скота оценивают по размеру и общему строению с учётом того, насколько она соответствует возрасту, породе и полу животного.

Разрабатываемая система по данным, полученным с верхних и боковых камер, позволит автоматическим и бесконтактным методом получить три основных промера головы крупного рогатого скота: длину головы, длину лба и наибольшую ширину лба (рис. 3).

Из данных рисунка 3 следует, что расстояние между точками 1 и 5 соответствует длине головы (измеряется от затылочного гребня до носового зеркала); расстояние между точками 2 и 5 – длина лба (измеряется от середины затылочного гребня до линии, соединяющей внутренние углы глаз; расстояние между точками 3 и 4 – наибольшая ширина лба (измеряется в наиболее удаленных точках глазных орбит). На основе данных промеров вычисляется индекс широкости:

$$i_h = \frac{Hl}{Dl} \cdot 100, \quad (1)$$

где  $Hl$  – наибольшая ширина лба;  $Dl$  – длина лба.

Так же вычисляется индекс большеголовости:

$$i_b = \frac{Dl}{Vk} \cdot 100, \quad (2)$$

где  $Vk$  – высота в крестце.

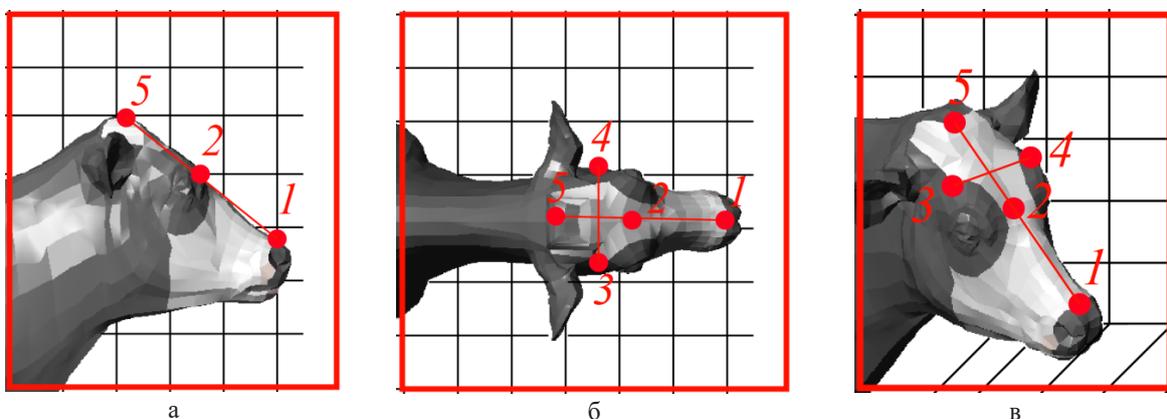


Рис. 3. Оцениваемые промеры (длина головы и лба, наибольшая ширина лба):

а – вид сбоку; б – вид сверху; в – изометрия

Fig. 3. Measurements (head length, forehead length, maximum forehead width):

а – side view; б – top view; в – isometric view

По данным профессора Е.Ф. Лискуна, голова, которая составляет не более 26% от длины тела, считается короткой, а свыше 34% – длинной. О величине головы можно судить по индексу большеголовости. Данный индекс в среднем у коров молочного направления продуктивности составляет 40%, у мясомолочного – 36,8%, у мясного – 34,5%. Нормальная ширина лба в зависимости от породы составляет 29...34% её длины. Индекс широколобости составляет около 45%.

По вышеизложенным данным можно определить непропорциональность головы к туловищу для молочных и молочно-мясных пород: например, «бычья» голова для коровы и «коровья» – для быка. А для мясных пород можно определить следующие недостатки: голова тяжёлая, грубая, не типичная для породы.

Таким образом, для создания нейронной сети разрабатываемой системы бесконтактной оценки экстерьера нужны промеры головы, но они не указываются в научных трудах по изучению экстерьерных особенностей крупного рогатого скота.

Рациональное месторасположение трёхмерной камеры в системе бесконтактной оценки экстерьера крупного рогатого скота относительно сканируемых точек определяется с учётом минимального и максимального фокусного расстояния камеры, угла обзора камеры, угла наклона сканируемой части тела коровы (рис. 1).

При определении рационального месторасположения трёхмерной камеры в системе предварительно экспериментальным путем предопределялся угол наклона головы, при котором возможно сканирование интересующей области головы. Поскольку при ходьбе животное не держит голову статично и ее наклон изменяется, определение промеров усложняется. Для этого цифровой камерой, установленной над коровой на высоте 2,1 м, производилась съёмка 15 коров зебувидного типа чёрно-пёстрой породы при наклоне головы коровы под углом 45, 60 и 80° (рис. 4). При наклоне головы 45° все искомые точки для измерения промеров входят в кадр и позволяют более точно измерить промеры головы, тогда как угол наклона 60° показал, что искомые точки входят в кадр, но достоверность снятых промеров головы при таком наклоне будет меньше, чем при наклоне под углом 45°. При наклоне головы коровы под углом 80° все точки находятся в одной плоскости, и система не может корректно определить искомые точки.

При невозможности сканирования искомых точек верхней камерой в случае наклона головы коровы под углом более 60° камера, расположенная перед коровой, начинает автоматическое сканирование интересующей области. Камера не должна мешать прохождению коровы по системе, её расположение должно быть на расстоянии не менее 2 м от точки интереса и на высоте 1,3...1,5 м от пола.

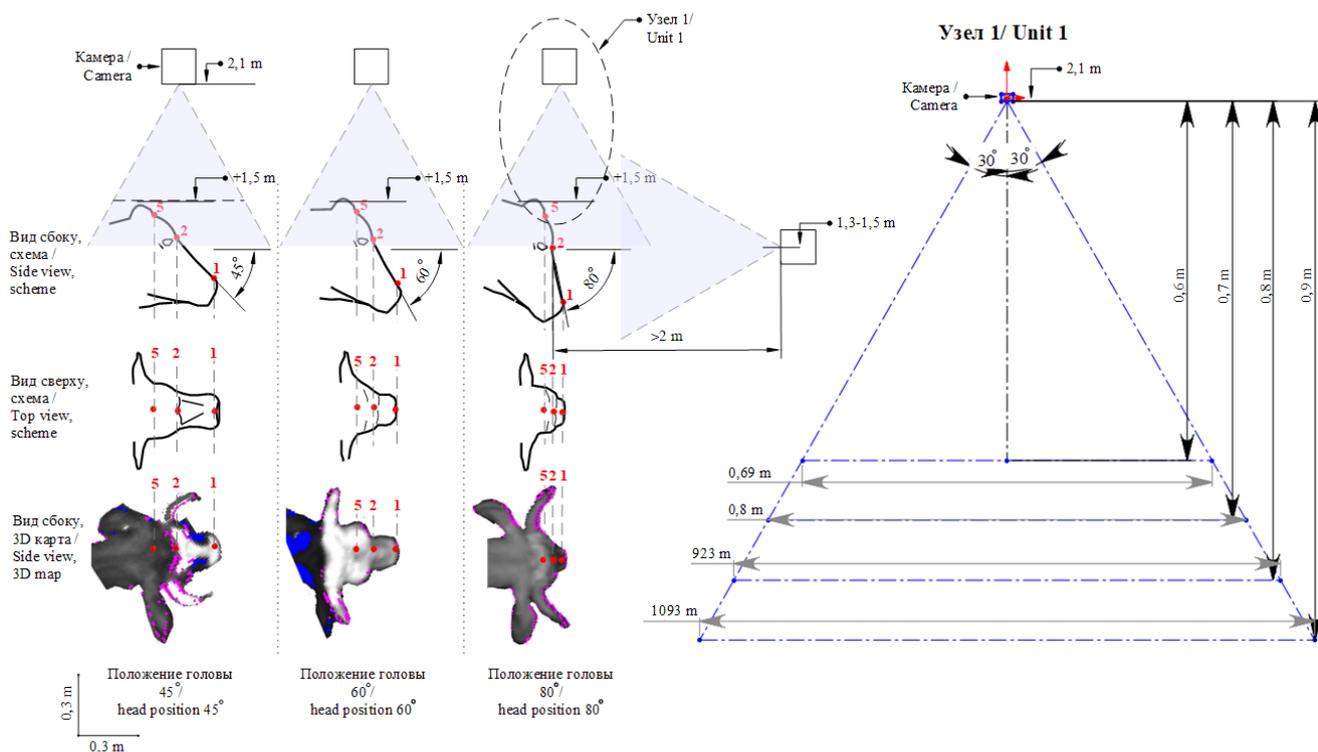


Рис. 4. Схема положения головы коровы при наклоне под углом 45°, 60° и 80° относительно камеры  
 Fig. 4. Diagram of the of the position of the cow's head when tilted at 45°, 60° and 80° relative to the camera

Ожидаемый эффект от внедрения системы бесконтактной оценки экстерьерера заключается в следующем:

1. Повышение точности оценки. Использование автоматической оценки систем позволит исключить человеческий фактор и ошибки, связанные с субъективной оценкой.

2. Экономия времени. Прогнозное время оценки одного животного составляет в среднем 1 мин. Система может обрабатывать большое количество данных в режиме реального времени, что позволяет быстро получить информацию об экстерьере животных.

3. Снижение затрат на персонал. Обслуживание автоматической системы проводится двумя сотрудниками, количество которых значительно меньше, чем при бонитировке с использованием мерной палки, мерной ленты и т.д.

4. Совершенствование процесса бонитировки. Система позволяет отслеживать динамику изменений экстерьерера животных, строить экстерьерные профили. В последующем автоматическая система оценки экстерьерера будет являться частью процесса бонитировки. На основании ряда признаков данные об экстерьерах животных будут использоваться при селекционном отборе животных под конкретные задачи фермы.

К недостаткам автоматической системы линейной оценки экстерьерера бесконтактным методом можно отнести следующее:

1. Высокая стоимость. Внедрение системы потребует значительных инвестиций для создания инфраструктуры. Значительную роль при расчёте экономической эффективности от внедрения системы будет играть стоимость вложений при строительстве.

2. Зависимость от технологий. Если система выйдет из строя или потеряет соединение с интернетом,

это может привести к потере данных и снижению эффективности работы.

3. Необходимость постоянного обновления ПО. Система автоматической оценки экстерьерера должна постоянно обновляться для повышения точности работы, что обуславливает необходимость подключения фермы к сети Интернет.

4. Возможность ошибок в данных. Исключение человеческого фактора при оценке экстерьерера не гарантирует качественную работу системы в силу влияния других факторов.

## Выводы

1. Разрабатываемая система позволит автоматически в бесконтактном режиме получать промеры головы: длину головы, длину лба и наибольшую ширину лба.

2. Используя полученные промеры головы, система в автоматическом режиме рассчитывает индексы широколобости и большеголовости, которые позволяют выявлять несоответствие коров разным направлениям продуктивности.

3. Эффективность съёмки системы и точное измерение промеров головы обеспечиваются при наклоне головы коровы относительно камеры под углом 45° и расположении верхней камеры на уровне 2 м от пола. При наклоне головы под углом 65° и выше съёмка осуществляется фронтальной камерой, расположенной на расстоянии не менее 2 м от точки интереса и на высоте 1,3...1,5 м от пола.

В последующих работах будет производиться обоснование рациональных конструктивных и режимно-технологических параметров функционирования макета.

## Список источников

1. 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>

2. 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 (49). С. 55-62. EDN: ZAERKH

3. Кравченко В.Н., Зимогорский В.К. Перспективы цифровизации молочного животноводства // Техника и технологии в животноводстве. 2020. № 4 (40). С. 4-13. EDN: CDUXGM

4. Кошаев А.Г., Усенко В.В., Лихоман А.В. Здоровье животных – основной фактор эффективного животноводства // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 99. С. 201-210. EDN: SGTNXP

5. Shi Ch., Zhang J., Teng G. Mobile measuring system based on LabVIEW for pig body components estimation in a large-scale farm. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2019;156:399-405. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.11.042>

## References

1. 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>

2. Batanov S.D., Baranova I.A., Starostina O.S. Model for predicting milk productivity of cows based on their exterior characteristics. *Vestnik Bashkir State Agrarian University*. 2019;1(49):55-62. <https://doi.org/10.31563/1684-7628-2019-49-1-55-62> (In Russ.)

3. Kravchenko V.N., Zimogorskiy V.K. Prospects for dairy farming digitalization. *Machinery and Technologies in Livestock*. 2020;4:4-13. (In Russ.)

4. Koshchaev A.G., Usenko V.V., Lihoman A.V. animal health – critical factors of the livestock. *Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*. 2014;99:201-210. (In Russ.)

5. Shi Ch., Zhang J., Teng G. Mobile measuring system based on LabVIEW for pig body components estimation in a large-scale farm. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2019;156:399-405. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.11.042>

6. Sirota A.A., Mitrofanova Ye. Yu., Milovanova A.I. Analysis of algorithms for searching objects in images using various

6. Сирота А.А., Митрофанова Е.Ю., Милованова А.И. Анализ алгоритмов поиска объектов на изображениях с использованием различных модификаций сверточных нейронных сетей // Вестник Воронежского государственного университета. Серия «Системный анализ и информационные технологии». 2019. № 3. С. 123-137. EDN: BXVPPQ

7. Zhengxia Z., Zhenwei S., Yuhong G., Jieping Y. Object Detection in 20 Years: A Survey. *Computer Vision and Pattern Recognition*. 2019:1905.05055v2. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1905.05055>

8. Власенкова Т.А., Козырева Ю.Ю. Цифровизация как основа эффективного ведения сельского хозяйства // Менеджмент в АПК. 2021. № 2. С. 11-16. EDN: NTTEVS

9. Ручай А.Н., Дорофеев К.А., Колпаков В.И., Джуламанов К.М., Кобер В.И. Разработка бесконтактной системы измерения морфологических признаков мясного скота // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103, № 2. С. 157-164. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-103-2-157>

10. Batanov S., Starostina O., Baranova I. Non-contact methods of cattle conformation assessment using mobile measuring systems. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019;315(3):032006. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/315/3/032006>

#### Информация об авторах

**Сергей Сергеевич Юрочка**<sup>1</sup>, канд. техн. наук, старший научный сотрудник; [yurochkasr@gmail.com](mailto:yurochkasr@gmail.com); <https://orcid.org/0000-0002-2511-7526>

**Савр Олегович Базаев**<sup>2</sup>, канд. с.-х. наук, научный сотрудник; [sbazaeff@yandex.ru](mailto:sbazaeff@yandex.ru); <https://orcid.org/0000-0002-3028-5081>

**Артем Рустамович Хакимов**<sup>3</sup>, младший научный сотрудник; [arty.hv@gmail.com](mailto:arty.hv@gmail.com); <https://orcid.org/0000-0002-4332-9274>

**Александра Александровна Поликанова**<sup>4</sup>, магистрант, специалист; [al.polikanova@mail.ru](mailto:al.polikanova@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-3476-205X>

<sup>1,2,3,4</sup> Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ; 109428, Российская Федерация, г. Москва, 1-й Институтский проезд, 5

#### Вклад авторов

С.С. Юрочка – научное руководство, формулирование основных направлений исследования;

С.О. Базаев – сбор данных для исследования, формирование текста и общих выводов;

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

А.А. Поликанова – обработка результатов исследования, доработка текста и общих выводов;

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов и несут ответственность за плагиат

Статья поступила 25.10.2023, после рецензирования и доработки 12.12.2023; принята к публикации 13.12.2023

modifications of convolutional neural networks. *Vestnik of Voronezh State University. Series: Systems Analysis and Information Technologies*. 2019;3:123-137. (In Russ.)

7. Zhengxia Z., Zhenwei S., Yuhong G., Jieping Y. Object Detection in 20 Years: A Survey. *Computer Vision and Pattern Recognition*. 2019:1905.05055v2. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1905.05055>

8. Vlasenkova T.A., Kozyreva Yu.Yu. Digitalization as a basis for efficient agriculture. *Management in Agriculture*. 2021;2:11-16. (In Russ.)

9. Ruchay A.N., Dorofeyev K.A., Kolpakov V.I., Dzhulamanov K.M., Kober V.I. Development of a non-contact system for measuring morphological traits of beef cattle. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2020;103(2):157-164. (In Russ.) <https://doi.org/10.33284/2658-3135-103-2-157>

10. Batanov S., Starostina O., Baranova I. Non-contact methods of cattle conformation assessment using mobile measuring systems. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019;315(3):032006. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/315/3/032006>

#### Author Information

**Sergey S. Yurochka**<sup>1</sup>, CSc (Eng), Senior Research Engineer; [yurochkasr@gmail.com](mailto:yurochkasr@gmail.com); <https://orcid.org/0000-0002-2511-7526>

**Savr O. Bazaev**<sup>2</sup>, CSc (Eng), Researcher; [sbazaeff@yandex.ru](mailto:sbazaeff@yandex.ru); <https://orcid.org/0000-0002-3028-5081>

**Artem R. Khakimov**<sup>3</sup>, postgraduate student, Junior Research Engineer; [arty.hv@gmail.com](mailto:arty.hv@gmail.com); <https://orcid.org/0000-0002-4332-9274>

**Aleksandra A. Polikanova**<sup>4</sup>, MSc student, specialist; [al.polikanova@mail.ru](mailto:al.polikanova@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-3476-205X>

<sup>1,2,3,4</sup> Federal Scientific Agroengineering Center VIM, 1st Institutskiy Proezd Str., 5, Moscow, 109428, Russian Federation

#### Author Contributions

S.S. Yurochka – research supervision, formulation of the main research goals;

S.O. Bazaev – data curation, original draft preparation;

A.R. Khakimov – literature review, processing of research results, original draft preparation;

A.A. Polikanova – processing of the study results, finalizing (reviewing and editing) of the manuscript.

All authors have read and approved the final manuscript

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article and bear equal responsibility for plagiarism.

**Received 25.10.2023; Revised 12.12.2023; Accepted 13.12.2023.**