

Животноводство и кормопроизводство. 2021. Т. 104, № 4. С. 57-66.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2021. Vol. 104, no 4. P. 57-66.

Научная статья
УДК 636.082
doi:10.33284/2658-3135-104-4-57

Оценка племенной ценности первотёлок абердин-ангусской породы разных генотипов с использованием бесконтактной автоматизированной системы

Киниспай Мурзагулович Джуламанов¹, Николай Павлович Герасимов², Владимир Иванович Колпаков³
^{1,2,3}Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия
¹kinispai.d@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8039-7471>
²nick.gerasimov@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2295-5150>
³vkolpakov056@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9658-7034>

Аннотация. На смену трудоёмким и субъективным методам оценки продуктивных и племенных качеств скота приходят автоматизированные системы, способные прогнозировать множество хозяйственно-полезных признаков. Цель наших исследований состояла в изучении формирования племенной ценности первотёлок абердин-ангусской породы разных генотипов с использованием бесконтактной автоматизированной системы оценки. Для этого в маточном стаде абердин-ангусской породы были выделены животные, принадлежащие к австралийской (n=15) и американской (n=15) селекциям. Определение промеров тела и живой массы проводилось с использованием автоматической идентификации морфологических характеристик каждого животного на основе 3D-камер. Абердин-ангусы американской селекции отличались наибольшей крупностью и массивностью на основе данных трёхмерного измерения. Они превосходили сверстниц абсолютно по всем параметрам весового и линейного роста. Субъективная оценка конституции и экстерьера, проведённая визуальным методом по 100-балльной шкале, подтверждала 3D данные о крупности и гармоничности телосложения первотёлок американской селекции. Таким образом, апробируемый метод бесконтактного определения племенной ценности в мясном скотоводстве обеспечивает экономию трудовых ресурсов при проведении полевого этапа бонитировки, позволяет избежать контакта человека с животным при измерении весового и линейного роста, повышает объективность и достоверность анализа и оценки селекционных процессов в племенных стадах и прогнозирование продуктивности мясного скота на основе результатов генетической экспертизы.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, первотёлки, абердин-ангусская порода, племенная ценность, живая масса, линейные промеры, бесконтактное измерение

Благодарности: работа выполнена в соответствии с планом НИР за 2021-2023 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ 0526-2021-0001).

Для цитирования: Джуламанов К.М., Герасимов Н.П., Колпаков В.И. Оценка племенной ценности первотёлок абердин-ангусской породы разных генотипов с использованием бесконтактной автоматизированной системы // Животноводство и кормопроизводство. 2021. Т. 104, № 4. С. 57-66. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-104-4-57>

Original article

The breeding value assessment of the first-calf cowbane Aberdeen-Angus breed of different genotypes using a contactless automated system

Kinispai M Dzhulamanov¹, Nikolay P Gerasimov², Vladimir I Kolpakov³

^{1,2,3}Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia
¹kinispai.d@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8039-7471>
²nick.gerasimov@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2295-5150>
³vkolpakov056@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9658-7034>

Abstract. The automated system take over from labor-intensive subjective methods of assessing productive and tribal qualities. It can predict many economic and useful features. The purpose of our research was to study the formation of breeding value of the Aberdeen-Angus breed of different genotypes using a contactless automated assessment system. For this, animals belonging to the Australian (n=15) and American (n=15) breeds were isolated in the breeder flock of the Aberdeen-Angus breed.

Body and live mass measurements were determined using automatic identification of morphological characteristics of each animal based on 3D cameras. The Aberdeen Angus of the American selection were characterized by the largest size and massive based on three-dimensional measurement data. They exceeded peers in absolutely all parameters of weight and linear growth. A subjective assessment of the constitution and points, carried out visually on a 100-point scale, confirmed 3D data on the size and harmoniousness of the first-calf cowbane frame of American selection. Thus, the tested method of contactless determination of breeding value in meat cattle breeding provides labor savings during the field stage of valuation, avoids human contact with an animal when measuring weight and linear growth, increases the objectivity and reliability of analysis and evaluation of breeding processes in breeding herds and predicts the productivity of meat cattle based on the results of genetic examination.

Keywords: cattle, first-calf cowbane, Aberdeen-Angus breed, breeding value, living mass, linear measurements, contactless measurement

Acknowledgments: the work was performed in accordance to the plan of research works for 2021-2023 FSBRI FRC BST RAS (No. 0526-2021-0001).

For citation: Dzhulamanov KM, Gerasimov NP, Kolpakov VI. The breeding value assessment of the first-calf cowbane Aberdeen-Angus breed of different genotypes using a contactless automated system. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2021;104(4):57-66. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-104-4-57>

Введение.

Продуктивные качества мясного скота очень тесно связаны с размерами тела и типом телосложения. Кроме того, перспективные и наиболее востребованные типы в мясном скотоводстве должны характеризоваться высокой интенсивностью весового роста. Именно в комбинации этих свойств животных обеспечивается массивность туш при убое (Alderson GLH, 1999). В то же время при создании высокопродуктивных товарных стад необходимо опираться на воспроизводство животных, характеризующихся конституциональной крепостью и повышенными адаптационными качествами к производственным условиям (Bene S et al., 2007; Ozkaya S and Bozkurt Y, 2009). В связи с этим возрастает потребность в повышении точности оценки этих экономических признаков. На смену трудоёмким и субъективным методам оценки продуктивных и племенных качеств скота должны прийти автоматизированные системы, способные прогнозировать множество хозяйственно-полезных признаков (Tasdemir S et al., 2011; Viazzi S et al., 2014; Kuzuhara Y et al., 2015; Kawasue K et al., 2017; Maki N et al., 2018).

Кроме того, достаточно полное представление о типичности и направлении продуктивности животных обеспечивает деление конституции на лептосомный и эйрисомный типы. Представители лептосомного типа характеризуются узостью осевого скелета на относительно высоких ногах с тонкой и длинной мускулатурой. Животные эйрисомной конституции отличаются сравнительной широкотелостью и массивностью туловища, более интенсивным формированием жировой ткани (Лефлер Т.Ф. и Багаев В.В., 2014).

Цель исследования.

Изучить формирование племенной ценности первотёлок абердин-ангусской породы разных генотипов с использованием бесконтактной автоматизированной системы оценки.

Материал и методы исследования.

Объект исследования. Коровы после первого отёла абердин-ангусской породы (n=30).

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями российских нормативных актов (1987 г.; Приказ Минздрава СССР № 755 от 12.08.1977 «О мерах по дальнейшему совершенствованию организационных форм работы с использованием экспериментальных животных») и «Guide for the Care and Use of Laboratory Animals» (National Academy Press, Washington, D.C., 1996). При проведении исследований были предприняты меры, чтобы свести к минимуму страдания животных и уменьшения количества исследованных опытных образцов.

Схема эксперимента. Группировка животных происходила на откормочной площадке ГК «Заречное» (Рамонский район, Воронежская область, Россия) на основе их происхождения: I группа – коровы австралийской селекции (n=15), II группа – американская селекция (n=15). Для подопытных животных были созданы одинаковые условия кормления и содержания.

Определение промеров тела и живой массы проводилось с использованием автоматической идентификации морфологических характеристик каждого животного на основе 3D-камер. Таким же образом определяли молочность коров по живой массе телёнка в возрасте 205 дней. Оценка конституции и экстерьера, выраженности типа телосложения осуществлялась в соответствии с нормативным документом (Амерханов Х.А. и др., 2012).

Метод определения типов телосложения основан на расчёте отклонений индексов телосложения (широкогрудости и широкозадости) отдельной особи от соответствующих крайних вариантов, встречающихся в популяции (Айсанов З.М., 1998).

Формулы расчёта индексов телосложения:

$$\text{Индекс широкогрудости} = \frac{\text{Ширина груди}}{\text{Обхват груди}} \times 100;$$

$$\text{Индекс широкозадости} = \frac{\text{Ширина в маклоках}}{\text{Обхват груди}} \times 100.$$

Составляющие типа телосложения рассчитывали по формуле:

$$\text{Составляющая по широкогрудости} = \frac{\text{Ш}_{\text{гmax}} - \text{Ш}_{\text{гi}}}{\text{Ш}_{\text{гmax}} - \text{Ш}_{\text{гmin}}} \times 100,$$

где $\text{Ш}_{\text{гmax}}$ и $\text{Ш}_{\text{гmin}}$ – соответственно максимальная и минимальная величина индекса широкогрудости в популяции.

Аналогичным образом рассчитывали составляющие по индексу широкозадости. Величина составляющей типа телосложения варьирует в пределах от 0 до 100. Составляющие в зависимости от их величины относили к определённому типу в соответствии со шкалой (табл. 1).

Таблица 1. Шкала распределения составляющих по типам телосложения
 Table 1. Distribution scale of components by frame size

Составляющая по индексу / Index component	Величина составляющей / Component value	Тип составляющей / Component type
Широкогрудости / Wide-chested	0-49,9	Эйрисомный/ Eurisomic
	50,0-100,0	Лептосомный/ Leptosomic
Широкозадости / Fat-bottomed	0-49,9	Эйрисомный/ Eurisomic
	50,0-100,0	Лептосомный/ Leptosomic

Методика дифференциации животных по типу основана на анализе комбинации двух составляющих по индексам телосложения. Учитывая все возможные комбинации двух составляющих, выделяли 4 типа телосложения: эйрисомный, эйри-лептосомный, лептосомный и лепто-эйрисомный.

На основании данных по отдельным промерам были рассчитаны объём тела по формуле:

$$V = \text{глубина груди} \times \text{длина туловища} \times \frac{\text{ширина груди} + \text{ширина зада}}{2}$$

где V – объём тела, м³.

Оборудование и технические средства. Исследования выполнялись на откормочной площадке ГК «Заречное» (Рамонский район, Воронежская область, Россия) с использованием 3D-камеры глубины Kinect («Microsoft corp.», США) и программ для ЭВМ:

– «Оценка живой массы крупного рогатого скота с использованием методов бесконтактной трёхмерной реконструкции форм животных» (Св-во гос. регистрации № 2019614397 от 4.04.2019 г.).

– «Трёхмерные математические инварианты для замены субъективных оценок экстерьера животного» (Св-во гос. регистрации № 2019614479 от 5.04.2019 г.).

Статистическая обработка. При обработке экспериментальных данных использовали методы вариационной статистики с помощью офисного программного комплекса «Microsoft Office» с применением программы «Excel» («Microsoft», США) с обработкой данных в «Statistica 10.0» («Stat Soft Inc.», США). Значимость межгрупповых различий оценивали апостериорным методом «критерий Тьюки для равных N». Достоверными считали значения при $P \leq 0,05$.

Результаты исследований.

При изучении морфологической характеристики первотёлок абердин-ангусской породы установлено влияние принадлежности к эколого-генетической группе на вариабельность весового и линейного роста (табл. 2).

Таблица 2. Морфологическая характеристика коров абердин-ангусской породы^b, ($X \pm Sx$)
Table 2. Morphological characteristic of the Aberdeen-Angus breed cows^b, ($X \pm Sx$)

Показатель/Indicator	Группа/ Group	
	I	II
Линейные промеры, см/ Linear measurements, cm		
Высота в холке/Height at the withers	127,0 \pm 1,43	130,5 \pm 0,90*
Высота в крестце/Height at hips	129,4 \pm 1,59	133,5 \pm 0,99*
Косая длина туловища/Oblique length of body	137,6 \pm 1,48	140,8 \pm 0,88
Ширина груди/ Chest breadth	43,6 \pm 0,98	46,5 \pm 0,58*
Глубина груди/ Chest depth	65,7 \pm 1,84	69,9 \pm 1,26
Обхват груди/ Chest girth	172,3 \pm 3,38	181,0 \pm 2,18*
Ширина в маклоках/ External angle of ilium width	45,3 \pm 1,15	48,5 \pm 0,63*
Ширина в тазобедренных сочленениях/ Width in hip joints	49,9 \pm 1,44	52,5 \pm 0,73
Полуобхват зада/ Half-girth of the back	108,8 \pm 1,77	113,7 \pm 1,00*
Обхват пясти/ Cannon bone girth	20,2 \pm 0,30	21,1 \pm 0,26*
Индексы телосложения, %/ Frame indices, %		
Широкогрудости/ Wide-chested	25,3 \pm 0,16	25,7 \pm 0,10*
Широкозадости/ Fat-bottomed	26,3 \pm 0,20	26,8 \pm 0,16
Сбитости/ Blockiness	125,0 \pm 1,18	128,5 \pm 0,96*

Примечание: ^b – проведена с использованием программы для ЭВМ «Трёхмерные математические инварианты для замены субъективных оценок экстерьера животного» (Св-во гос. регистрации № 2019614479 от 5.04.2019 г.)

* – разница между группами достоверна при $P \leq 0,05$

Note: ^b – the program "Three-dimensional mathematical invariants for replacing subjective assessments of the exterior of the animal" using for computers carried out (St. Register No. 2019614479 dated 5.04.2019)

* – the difference between the groups is significant at $P \leq 0.05$

Так, на основе данных трёхмерного измерения абердин-ангусы американской селекции отличались наибольшей крупностью и массивностью. Они превосходили сверстниц абсолютно по всем параметрам весового и линейного роста. Наиболее существенные различия установлены по высоте в холке – 3,5 см (2,76 %; $P < 0,05$), по высоте в крестце – 4,1 см (3,17 %; $P \leq 0,05$), по ширине в груди – 2,9 см (6,65 %; $P < 0,05$), по обхвату груди – 8,7 см (5,05 %; $P \leq 0,05$), по ширине в маклоках – 3,2 см (7,06 %; $P \leq 0,05$), по полуобхвату зада – 4,9 см (4,50 %; $P \leq 0,05$). Кроме того, первотёлки американского происхождения превосходили австралийских аналогов по индексам широкогрудости

на 0,4 % ($P \leq 0,05$), широкозадости – 0,5 % ($P \geq 0,05$) и сбитости – 3,5 % ($P \leq 0,05$). Таким образом, животные североамериканской селекции характеризовались лучшим развитием как осевого, так и периферического отделов скелета.

Возможности 3D измерения не ограничиваются определением линейных размеров животных. Предлагаемая система для реконструкции 3D объекта может с высокой точностью предсказать живую массу особей на основе полученных линейных измерений (табл. 3).

Таблица 3. Племенная ценность коров абердин-ангусской породы ($X \pm Sx$)
 Table 3. The breeding value of the Aberdeen-Angus breed cows ($X \pm Sx$)

Показатель/ Indicator	Группа/ Group	
	I	II
N, гол./ Heads number	15	15
Живая масса ^a , кг/ Live weight ^a , kg	609,7 \pm 30,47	673,9 \pm 19,26
Объём, м ³ / Volume, m ³	0,43 \pm 0,027	0,49 \pm 0,017
Молочность ^a , кг/ Milkiness ^a , kg	208,6 \pm 2,42	214,0 \pm 2,08
Оценка конституции и экстерьера, балл/ Assessment of constitution and points, score	79,0 \pm 2,59	86,0 \pm 1,96*
Выраженность типа телосложения, балл/ Frame type severity, score	10,6 \pm 0,52	12,0 \pm 0,00*
Оценка экстерьера и телосложения, балл/ Point and frame estimating, score	19,7 \pm 1,81	24,9 \pm 1,00*

Примечание:^a – проведена с использованием программы для ЭВМ «Оценка живой массы крупного рогатого скота с использованием методов бесконтактной трёхмерной реконструкции форм животных» (Св-во гос. регистрации № 2019614397 от 4.04.2019 г.)

Note: ^a – the program "Assessment of live mass of cattle using methods of contactless three-dimensional reconstruction of animal forms" using for computers carried out (St. Register No. 2019614397 dated 4.04.2019)

Так, бесконтактный метод оценки свидетельствует о превосходстве первотёлок американской селекции по весовому росту на 64,2 кг (10,53 %; $P \geq 0,05$), объёму тела – на 0,06 м³ (13,95 %; $P \geq 0,05$) и молочности – на 5,4 кг (2,59 %; $P \geq 0,05$).

Следует отметить, что субъективная оценка конституции и экстерьера, проведённая визуальным методом по 100-балльной шкале, подтверждала 3D данные о крупности и гармоничности телосложения. Также органолептический метод позволяет определить типичность породы, что является важнейшим критерием для отнесения к классности животных при бонитировке племенного скота. Так, визуальная оценка конституции первотёлок доказала значительное преимущество американских представительниц на 7,0 баллов (8,86 %; $P \leq 0,05$) по развитию экстерьера. Также достоверное превосходство установлено по выраженности типа телосложения на 1,4 балла (13,21 %; $P \leq 0,05$), хотя этот параметр основывался на трёхмерном измерении промера высоты в крестце. В целом суммарная оценка экстерьера и телосложения зафиксировала существенное превосходство первотёлок американской селекции на 5,2 балла (26,40 %; $P \leq 0,05$) относительно сверстниц австралийского происхождения.

Эколого-генетическая группа первотёлка абердин-ангусской породы детерминировала различия в формировании их типа телосложения (рис. 1).

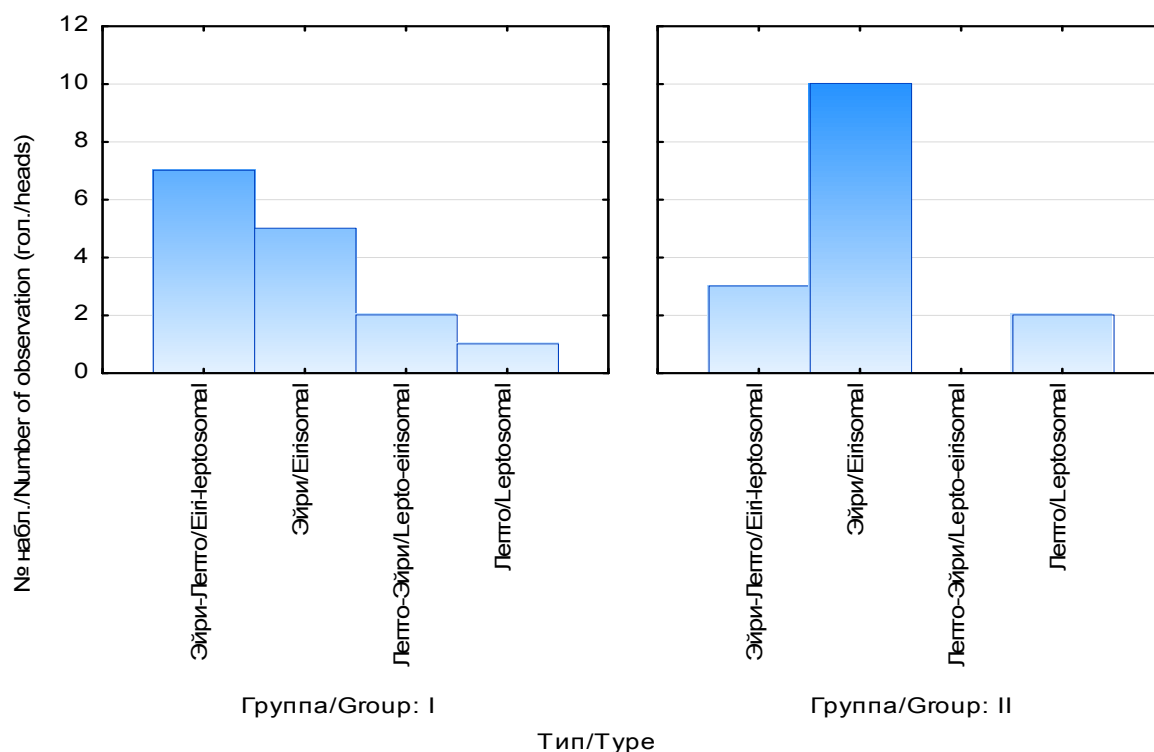


Рис. 1 – Распределение первотёлок абердин-ангусской породы по типам телосложения
Figure 1 – Distribution of the Aberdeen-Angus breed first-calf cowbans by frame types

Так, в группе австралийского происхождения большинство (60 %) животных принадлежало к переходным типам: эйри-лептосомному (46,7 %) и лепто-эйрисомному (13,3 %). На долю эйрисомных особей, наиболее типичных для мясного направления продуктивности, приходилась лишь треть молодняка (33,3 %), что в два раза ниже относительно группы американской селекции. Следует отметить, что абердин-ангусские первотёлки двух эколого-генетических групп имели сравнительно невысокую долю лептосомных (узкотелых и высокорослых) животных – 10 %, тогда как эйрисомных (широкотелых и компактных) составляла 50 %. Такой тип конституции свойственен для классических британских пород мясного скота.

Обсуждение полученных результатов.

Совершенствование оценки племенной ценности животных базируется, в первую очередь, на повышении объективности и точности измерений, а также снижения трудоёмкости и себестоимости проводимых зоотехнических мероприятий. Для достижения этих требований животноводческая наука взяла на вооружение современные достижения в области генетики, математического моделирования и цифровизации. В данной работе предлагается наиболее практичный метод бесконтактной оценки весового и линейного роста, который совместно с чипированием животных позволяет значительно минимизировать участие человека в племенной оценке мясного скота (Xiang Y et al., 2016; Salau J et al., 2017; Hertem TV et al., 2018). Автоматизация измерения живой массы и статей экстерьера апробирована в маточном стаде абердин-ангусской породы, представляющим две эколого-генетической группы (американскую и австралийскую селекции). В результате экспертной оценки установлено превосходство первотёлок американского происхождения по племенным и продуктивным качествам. Данные бесконтактного измерения параметров весового и линейного роста подтверждались визуальной оценкой животных. Подобная работа проведена в

племенном стаде герефордской породы и показала высокую точность оценки анатомо-морфологических характеристик коров (Ручай А.Н. и др., 2020). Однако в отечественной практике мясного скотоводства эти исследования носят единичный характер. В то время как в странах с развитой отраслью животноводства методика измерения статей тела крупного рогатого скота на основе цифрового анализа выделения вариации изображения с выведением их живой массы имеет крупномасштабное применение (Cozler YL et al., 2019; Song X et al., 2019; Nir O et al., 2018).

Заключение.

Апробируемый метод бесконтактного определения племенной ценности в мясном скотоводстве обеспечивает экономию трудовых ресурсов при проведении полевого этапа бонитировки, позволяет избежать контакта человека с животным при измерении весового и линейного роста, повышает объективность и достоверность анализа и оценки селекционных процессов в племенных стадах и прогнозирование продуктивности мясного скота на основе результатов генетической экспертизы.

Список источников

1. Айсанов З.М. Определение типов телосложения коров // Зоотехния. 1998. № 4. С. 5-8. [Aisanov ZM. Identification of cow type constitution. Zootekhnika. 1998;4:5-8. (In Russ)].
2. Лефлер Т.Ф., Багаев В.В. Характеристика экстерьера методом промеров и индексов телосложения // Вестник КрасГАУ. 2014. № 9(96). С. 142-146. [Lefler TF, Bagaev VV. The exterior characteristics by the method of the body-build measurements and indexes. The Bulletin of KrasGAU. 2014;9(96):142-146. (In Russ)].
3. Порядок и условия проведения бонитировки племенного крупного рогатого скота мясного направления продуктивности / Х.А. Амерханов, И.М. Дунин, В.И. Шаркаев и др. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2012. 39 с. [Amerkhanov KhA, Dunin IM, Sharkaev VI et al. Poryadok i usloviya provedeniya bonitirovki plemennogo krupnogo rogatogo skota myasnogo napravleniya produktivnosti. Moscow: FGBNU «Rosinformagrotekh»; 2012:39 p. (In Russ)].
4. Разработка бесконтактной системы измерения морфологических признаков мясного скота / А.Н. Ручай, К.А. Дорофеев, В.И. Колпаков, К.М. Джуламанов, В.И. Кобер // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103. № 2. С. 157-164. [Ruchay AN, Dorofeev KA, Kolpakov VI, Dzhulamanov KM, Kober VI. Development of a non-contact system for measuring morphological characteristics of beef cattle. Animal Husbandry and Fodder Production. 2020;103(2):157-164. (In Russ)]. doi: 10.33284/2658-3135-103-2-157
5. Alderson GLH. The development of a system of linear measurements to provide an assessment of type and function of beef cattle. Animal Genetic Resources. 1999;25:45-55. doi: 10.1017/S1014233900005782
6. Bene S, Nagy B, Nagy L, Kiss B, Polgár JP, Szabó F. Comparison of body measurements of beef cows of different breeds. Archiv Tierzucht. 2007;50(4):363-373. doi: 10.5194/aab-50-363-2007
7. Ozkaya S, Bozkurt Y. The accuracy of prediction of body weight from body measurements in beef cattle. Archiv Tierzucht. 2009;52(4):371-377. doi: 10.5194/aab-52-371-2009
8. Cozler YL, Allain C, Caillot A, Delouard JM, Delattre L, Luginbuhl T, Faverdin P. High-precision scanning system for complete 3d cow body shape imaging and analysis of morphological traits. Computers and Electronics in Agriculture. 2019;157:447-453. doi: 10.1016/j.compag.2019.01.019
9. Hertem TV, Tello AS, Viazzi S, Steensels M, Bahr C, Romanini CEB, Lokhorst K, Maltz E, Halachmi I, Berckmans D. Implementation of an automatic 3D vision monitor for dairy cow locomotion in a commercial farm. Biosystems Engineering. 2018;173:166-175. doi: 10.1016/j.biosystemseng.2017.08.011
10. Kawasue K, Win KD, Yoshida K, Tokunaga T. Black cattle body shape and temperature measurement using thermography and kinect sensor. Artificial Life and Robotics. 2017;22(4):464-470. doi: 10.1007/s10015-017-0373-2

11. Kuzuhara Y, Kawamura K, Yoshitoshi R, Tamaki T, Sugai S, Ikegami M, Kurokawa Y, Obitsu T, Okita M, Sugino T, Yasuda T. A preliminarily study for predicting body weight and milk properties in lactating Holstein cows using a three-dimensional camera system. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2015;111:186-193. doi: 10.1016/j.compag.2014.12.020
12. Maki N, Nakamura S, Takano S, Okada Y. 3D model generation of cattle using multiple depthmaps for ICT agriculture. Barolli L, Terzo O, editos. *Complex, intelligent, and software intensive systems: proceedings of the 11th international conference on complex, intelligent, and software intensive systems (CISIS 2018)*. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. Cham: Springer International-Publishing. 2018;611:768-777. doi: 10.1007/978-3-319-61566-0_72
13. Nir O, Parmet Y, Werner D, Adin G, Halachmi I. 3D computer-vision system for automatically estimating heifer height and body mass. *Biosystems Engineering*. 2018;173:4-10. doi: 10.1016/j.biosystemseng.2017.11.014
14. Salau J, Haas JH, Junge W, Thaller G. A multi-kinect cow scanning system: Calculating linear traits from manually marked recordings of holstein-friesian dairy cows. *Biosystems Engineering*. 2017;157:92-98. doi: 10.1016/j.biosystemseng.2017.03.001
15. Song X, Bokkers EAM, van Mourik S, Groot Koerkamp PWG, van der Tol PPJ. Automated body condition scoring of dairy cows using 3-dimensional feature extraction from multiple body regions. *Journal of Dairy Science*. 2019;102(5):4294-4308. doi: 10.3168/jds.2018-15238
16. Tasdemir S, Urkmez A, Inal S. Determination of body measurements on the holstein cows using digital image analysis and estimation of live weight with regression analysis. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2011;76(2):189-197. doi: 10.1016/j.compag.2011.02.001
17. Viazzi S, Bahr C, Hertem TV, Schlageter-Tello A, Romanini CEB, Halachmi I, Lokhorst C, Berckmans D. Comparison of a three-dimensional and two-dimensional camera system for automated measurement of back posture in dairy cows. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2014;100:139-147. doi: 10.1016/j.compag.2013.11.005
18. Xiang Y, Nakamura S, Tamari H, Takano S, Okada Y. 3D model generation of cattle by shapefrom-silhouette method for ICT agriculture. Barolli L, Xhafa F, Ikeda M, editors. *Proceedings – 10th International conference on complex, intelligent, and software intensive systems (CISIS 2016)*, Fukuoka Institute of technology (FIT)6-8 July 2016; Japan, Fukuoka: IEEE, 2016:611-616. doi: 10.1109/CISIS.2016.104

References

1. Aisanov ZM. Identification of cow type constitution. *Zootekhiya*. 1998;4:5-8.
2. Lefler TF, Bagaev VV. The exterior characteristics by the method of the body-build measurements and indexes. *The Bulletin of KrasGAU*. 2014;9(96):142-146.
3. Amerkhanov KhA, Dunin IM, Sharkaev VI et al. The procedure and conditions for the bonitioning of breeding cattle of the meat direction of productivity. Moscow: FGBNU «Rosinformagrotekh»; 2012:39 p.
4. Ruchay AN, Dorofeev KA, Kolpakov VI, Dzhulamanov KM, Kober VI. Development of a non-contact system for measuring morphological characteristics of beef cattle. *Animal husbandry and fodder production*. 2020;103(2):157-164. doi: 10.33284/2658-3135-103-2-157
5. Alderson GLH. The development of a system of linear measurements to provide an assessment of type and function of beef cattle. *Animal Genetic Resources*. 1999;25:45-55. doi: 10.1017/S1014233900005782
6. Bene S, Nagy B, Nagy L, Kiss B, Polgár JP, Szabó F. Comparison of body measurements of beef cows of different breeds. *Archiv Tierzucht*. 2007;50(4):363-373. doi: 10.5194/aab-50-363-2007
7. Ozkaya S, Bozkurt Y. The accuracy of prediction of body weight from body measurements in beef cattle. *Archiv Tierzucht*. 2009;52(4):371-377. doi: 10.5194/aab-52-371-2009

8. Cozler YL, Allain C, Caillot A, Delouard JM, Delattre L, Luginbuhl T, Faverdin P. High-precision scanning system for complete 3d cow body shape imaging and analysis of morphological traits. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2019;157:447-453. doi: 10.1016/j.compag.2019.01.019
9. Hertem TV, Tello AS, Viazzi S, Steensels M, Bahr C, Romanini CEB, Lokhorst K, Maltz E, Halachmi I, Berckmans D. Implementation of an automatic 3D vision monitor for dairy cow locomotion in a commercial farm. *Biosystems Engineering*. 2018;173:166-175. doi: 10.1016/j.biosystemseng.2017.08.011
10. Kawasue K, Win KD, Yoshida K, Tokunaga T. Black cattle body shape and temperature measurement using thermography and kinect sensor. *Artificial Life and Robotics*. 2017;22(4):464-470. doi: 10.1007/s10015-017-0373-2
11. Kuzuhara Y, Kawamura K, Yoshitoshi R, Tamaki T, Sugai S, Ikegami M, Kurokawa Y, Obitsu T, Okita M, Sugino T, Yasuda T. A preliminary study for predicting body weight and milk properties in lactating Holstein cows using a three-dimensional camera system. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2015;111:186-193. doi: 10.1016/j.compag.2014.12.020
12. Maki N, Nakamura S, Takano S, Okada Y. 3D model generation of cattle using multiple depthmaps for ICT agriculture. Barolli L, Terzo O, editors. *Complex, intelligent, and software intensive systems: proceedings of the 11th international conference on complex, intelligent, and software intensive systems (CISIS 2018)*. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. Cham: Springer International-Publishing. 2018;611:768-777. doi: 10.1007/978-3-319-61566-0_72
13. Nir O, Parmet Y, Werner D, Adin G, Halachmi I. 3D computer-vision system for automatically estimating heifer height and body mass. *Biosystems Engineering*. 2018;173:4-10. doi: 10.1016/j.biosystemseng.2017.11.014
14. Salau J, Haas JH, Junge W, Thaller G. A multi-kinect cow scanning system: Calculating linear traits from manually marked recordings of holstein-friesian dairy cows. *Biosystems Engineering*. 2017;157:92-98. doi: 10.1016/j.biosystemseng.2017.03.001
15. Song X, Bokkers EAM, van Mourik S, Groot Koerkamp PWG, van der Tol PPJ. Automated body condition scoring of dairy cows using 3-dimensional feature extraction from multiple body regions. *Journal of Dairy Science*. 2019;102(5):4294-4308. doi: 10.3168/jds.2018-15238
16. Tasdemir S, Urkmez A, Inal S. Determination of body measurements on the holstein cows using digital image analysis and estimation of live weight with regression analysis. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2011;76(2):189-197. doi: 10.1016/j.compag.2011.02.001
17. Viazzi S, Bahr C, Hertem TV, Schlageter-Tello A, Romanini CEB, Halachmi I, Lokhorst C, Berckmans D. Comparison of a three-dimensional and two-dimensional camera system for automated measurement of back posture in dairy cows. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2014;100:139-147. doi: 10.1016/j.compag.2013.11.005
18. Xiang Y, Nakamura S, Tamari H, Takano S, Okada Y. 3D model generation of cattle by shapefrom-silhouette method for ICT agriculture. Barolli L, Xhafa F, Ikeda M, editors. *Proceedings – 10th International conference on complex, intelligent, and software intensive systems (CISIS 2016)*, Fukuoka Institute of technology (FIT)6-8 July 2016; Japan, Fukuoka: IEEE, 2016:611-616. doi: 10.1109/CISIS.2016.104

Информация об авторах:

Киниспай Мурзагулович Джуламанов, доктор сельскохозяйственных наук, руководитель селекционно-генетического центра по мясным породам скота, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)30-81-74.

Николай Павлович Герасимов, доктор биологических наук, старший научный сотрудник селекционно-генетического центра по мясным породам скота, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8-912-358-96-17.

Владимир Иванович Колпаков, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник селекционно-генетического центра по мясным породам скота, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)30-81-74.

Information about the authors:

Kinispai M Dzhulamanov, Dr. Sci. (Agriculture), Head of the Breeding and Genetic Center For Beef Cattle Breeds, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 460000, Russia, 29 9 Yanvarya St., tel.: 8(3532)30-81-74.

Nikolay P Gerasimov, Dr. Sci. (Biology), Senior Researcher, Breeding and Genetic Center For Beef Cattle Breeds, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 460000, Russia, 29 9 Yanvarya St., cell: 8-912-358-96-17.

Vladimir I Kolpakov, Cand. Sci (Agriculture), Researcher of the Breeding and Genetic Center For Beef Cattle Breeds, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 460000, Orenburg, 29 9 Yanvarya St., tel.: 8(3532)30-81-74.

Статья поступила в редакцию 15.11.2021; одобрена после рецензирования 23.11.2021; принята к публикации 13.12.2021.

The article was submitted 15.11.2021; approved after reviewing 23.11.2021; accepted for publication 13.12.2021.