

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОМЕРОВ ТЕЛА И ЖИВОЙ МАССЫ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ЧЕРНО-ПЕСТРОЙ ПОРОДЫ

В.В. Азаренко,

академик-секретарь Отделения аграрных наук НАН Беларуси, докт. техн. наук, доцент

Е.Л. Жилич,

зав. лабораторией РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

Ю.Н. Рогальская,

науч. сотр. РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

В статье описаны методика, материалы и результаты экспериментального исследования устройства для дистанционного определения промеров тела и живой массы крупного рогатого скота. Рассмотрены принципы размещения и использования устройства в производственных условиях. Определены конструктивные параметры макетной установки. Приведены принципы измерения и результаты промеров тела животных на молочно-товарной ферме.

Ключевые слова: промеры тела, живая масса, экстерьер, поперечная длина туловища, седалищные бугры, 3-D камера.

The article outlines the methodology, materials, and results of an experimental research on a device for remote body measurements and live weight determination of cattle. It considers the principles of placement and use of the device in production conditions. The design parameters of the model installation are defined. The principles of measurement and the results of animal body measurements on a dairy farm are presented.

Keywords: body measurements, live weight, exterior, thoracic width, ischial tubercles, 3-D camera.

Введение

В условиях современного скотоводства одной из наиболее трудоемких технологических операций является взвешивание животных [1], которое в сельскохозяйственных организациях проводится не менее двух раз в месяц. Это требуется для определения состояния здоровья животного, количества необходимого корма, а также готовности к убою [1, 2]. Для взвешивания используются стационарные либо передвижные весы, что требует значительных затрат времени и человеческих ресурсов. Другие параметры животных (объем тела, площадь кожи и т. п.) в настоящее время определяются только после убоя, поскольку это очень затратный и в целом небезопасный процесс [3].

Важную научно-практическую задачу представляет собой контроль живой массы и упитанности животных в ходе технологического процесса откорма, выращивания ремонтного молодняка, а также мониторинг живой массы лактирующих и сухостойных коров. Взвешивание представляет собой не только трудоемкий и травмоопасный процесс, но и выступает как негативный стресс-фактор, снижающий продуктивность и влияющий на здоровье животных.

Альтернативой процессу взвешивания является способ определения живой массы крупного рогатого скота по промерам тела. Промеры берут с помощью мерной палки, циркуля, штангенциркуля и мерной ленты. Чтобы показатели были более точными, измерения делают дважды, а некоторые промеры берут с обеих сторон тела, что также является небезопасным.

На сегодняшний день применяются следующие способы определения живой массы по промерам тела: по Тухановскому, Клювер-Штрауху, Фровейну, Эклзу, а также с помощью специальной ленты-измерителя [4].

При вычислении живой массы по способу Тухановского берут два промера мерной лентой (см) – прямую длину туловища и обхват груди за лопатками. Живую массу в этом случае вычисляют как произведение поправочного коэффициента, обхвата груди за лопатками и прямой длины туловища, деленной на 100. Поправочный коэффициент в данном случае составляет: для молочных пород – 2, для мясных – 2,5.

При вычислении живой массы по способу Клювер-Штрауха берут два промера мерной лентой (см): косую длину туловища и обхват груди за лопатками. Живую массу при этом вычисляют пользуясь постоянными таблицами для взрослых животных и молодняка, в которых на пересечении граф данных обхвата

груди и косой длины туловища находят показатель живой массы животного [5-7].

Аналогичным способом можно определить живую массу крупного рогатого скота по Фровейну.

Для определения живой массы скота по К. Г. Эклзу берется промер «обхват груди» и по специальной таблице определяется живая масса скота с учетом породы.

Определение живой массы с помощью ленты-измерителя проводится после измерения обхвата груди за лопатками. Лента-измеритель имеет две стороны (черного цвета – для измерения у черных и черно-пестрых пород; красного цвета – для измерения у красных и красно-пестрых пород). Каждая из сторон имеет два столбца цифр (с меньшим значением – для установления живой массы телочек и коров; с большим – для определения живой массы бычков и быков) [1-3; 8].

Определение живой массы по промерам тела производят только при отсутствии весов на ферме. Чаще всего этот способ используют при племенном скотоводстве для записи крупного рогатого скота в государственную племенную книгу (ГПК). Использование данного способа является крайне травмоопасным как для персонала, так и для самого животного [5; 8].

Для повышения эффективности процесса определения живой массы и промеров тела крупного рогатого скота необходима разработка устройства для дистанционного определения данных показателей, что в конечном итоге позволит снизить риск опасной реакции животных на стресс, травмирования персонала фермы и существенно сократить время получения искомых показателей [9-11].

Цель работы – экспериментальные исследования и определение рациональных конструктивных параметров макетного образца устройства для дистанционного определения промеров тела и живой массы крупного рогатого скота (КРС) черно-пестрой породы.

Основная часть

Исследования проводились на экспериментальной базе «Зазерье» РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства».

Макетный образец устройства для дистанционного определения промеров тела и живой массы КРС должен обеспечивать фото и видеофиксацию объекта измерения, определение величины промера тела, определение и расчет живой массы, а также вывод информации.

Принципиальная схема макетного образца данного устройства представлена на рисунке 1.

Рама 1 предназначена для ограничения перемещения КРС и размещения основных узлов. Кронштейн 2 предназначен для фиксации камеры с возможностью изменения ее положения вдоль координатных осей. 3-D камера 3 используется для снятия промеров путем записи видимого света и невидимого инфракрасного излучения, что позволяет создавать трехмерную карту глубины окружающей среды. Блок питания 4 предназначен для энергообеспечения источников питания.

Для фиксации данных и последующей их обработки использовался пакет программ «Microsoft Office», а также «Cowsize», «Statistica 13» и «RealSense».

В зависимости от конфигурации доильного зала при определении промеров тела молочного поголовья устройство может располагаться следующим образом [12]:

- индивидуально на каждом доильном месте (целесообразно при роботизированной технологии доения, поскольку оптический элемент дополнительно может применяться для контроля положения коров относительно доильного места);

- в зоне входной калитки доильной установки (рис. 2);

- в проходе возвратной галереи (рис. 3).

Такое расположение устройства (рис. 2-3) можно практически реализовать на базе любого доильного зала [13]. Для животных, выращиваемых на откорме, для определения живой массы данное устройство можно использовать при монтаже в помещении для содержания, в удобном и безопасном месте с учетом наличия ровной поверхности и соблюдения высоты установки оптического устройства.

Определение конструктивных параметров макетной установки производили опытным путем на основе технических характеристик применяемого оборудования [14]. В качестве основного исполнительного элемента данного устройства используется 3D-камера Intel RealSense Depth Camera D415, принцип работы которой заключается в записи видимого света и невидимого инфракрасного излучения, что позволяет создавать трехмерную карту глубины окружающей среды [15-17].

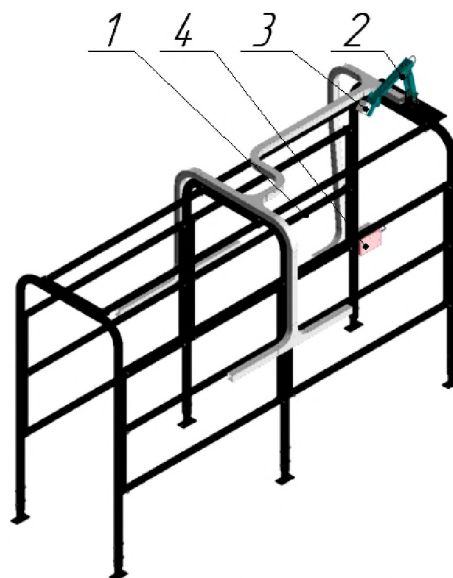


Рисунок 1. Принципиальная схема макетного образца устройства для дистанционного определения промеров тела и живой массы КРС: 1 – рама; 2 – кронштейн; 3 – 3-D камера; 4 – блок питания

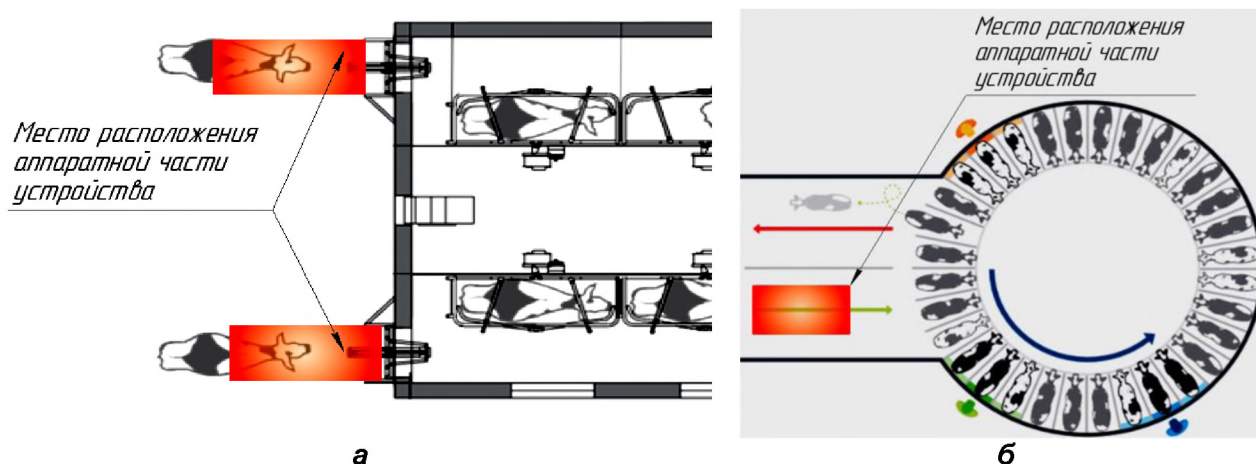


Рисунок 2. Расположение устройства для дистанционного определения промеров тела в коридоре преддоильного зала: а – доильный зал (установка) «Тандем»; б – доильный зал (установка) «Карусель»

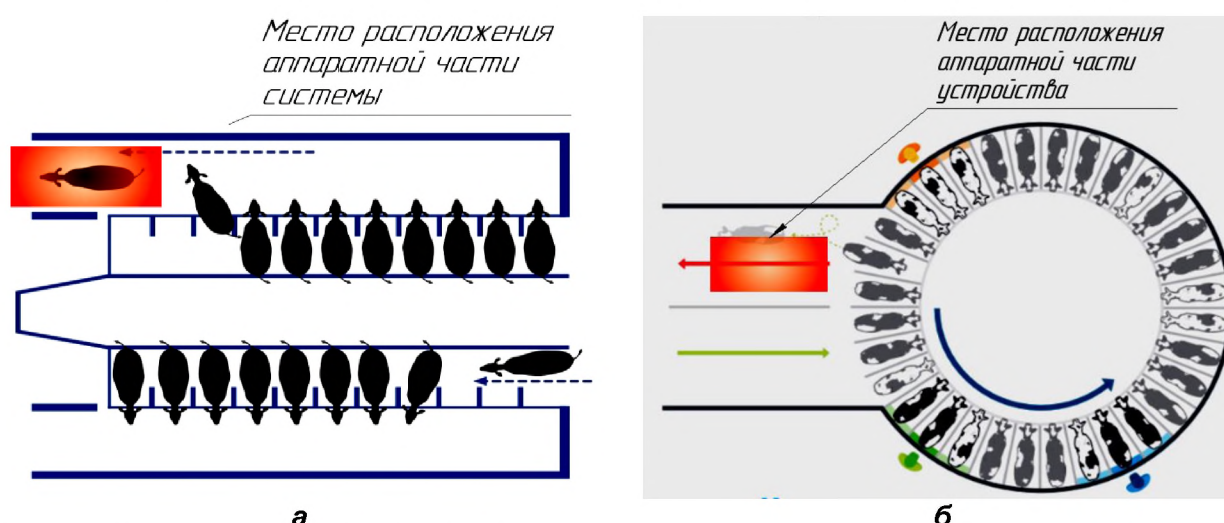


Рисунок 3. Расположение устройства для дистанционного определения промеров тела в коридоре возвратной галереи: а – доильный зал (установка) «Параллель»; б – доильный зал (установка) «Карусель»

На основе возможностей исполнительного элемента, а также анатомических особенностей крупного рогатого скота установлена возможность снятия следующих промеров тела:

- поперечная длина туловища в области лопаток;
- наибольшая поперечная длина туловища;
- поперечная длина туловища в области седалищных бугров;
- продольная длина туловища;
- высота в седалищных буграх;
- высота в холке.

Примеры снятия промеров тела коров черно-пестрой породы представлены на рисунках 4-8.

Данные по промерам тела и массе для 50 голов стада КРС черно-пестрой породы представлены в таблице 1.

В ходе экспериментальных исследований установлены следующие конструктивные параметры макетной установки, обеспечивающие достоверное снятие заданных промеров:

- высота установки 3D-камеры – не менее 2650 мм, но не более 3100 мм (определяется экстерьерными особенностями с учетом выбранного угла обзора сенсора глубины/LIDAR-а – 65x40 град);
- разрешение сенсора RGB, max – 1920x1080;
- угол обзора сенсора RGB – 69x43 град;
- частота кадров – не менее 10 в/с;
- угол поворота камеры – 180° (параллельно поверхности пола);
- ширина прохода – не менее 900 мм.

Для обработки полученных данных первоначально необходимо произвести дисперсионный анализ с целью сравнения средних значений двух или более выборок. Он позволяет определить, различаются ли средние значения между группами или же различия случайны [18]. Дисперсионный анализ позволит одновременно изучать действие нескольких независимых факторов, при этом можно будет определить, как эффект каждого фактора в изменчивости изучаемого признака, так и их взаимодействие [19, 20].

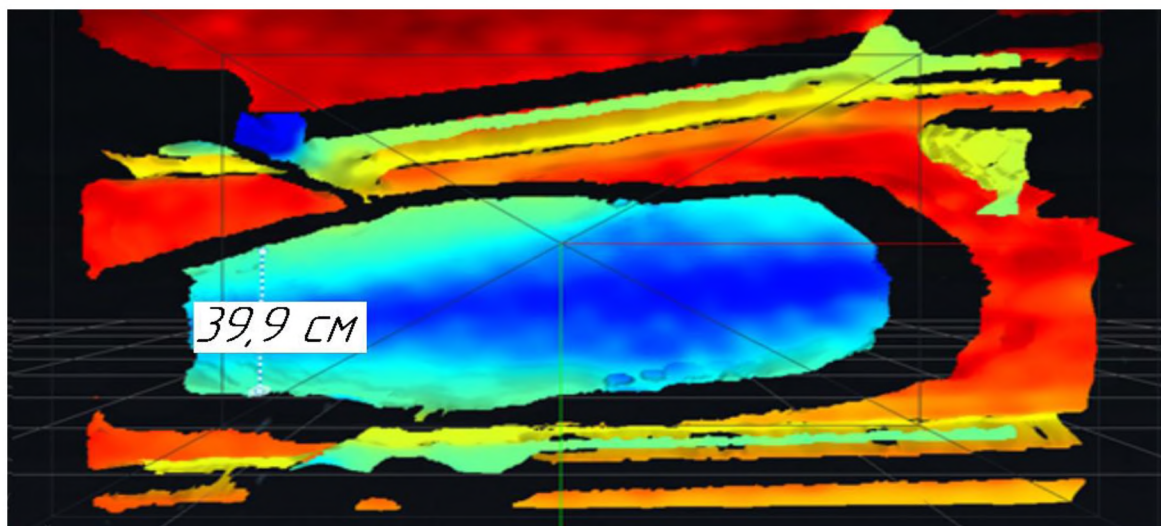


Рисунок 4. Поперечная длина туловища в области лопаток (39,9 см)

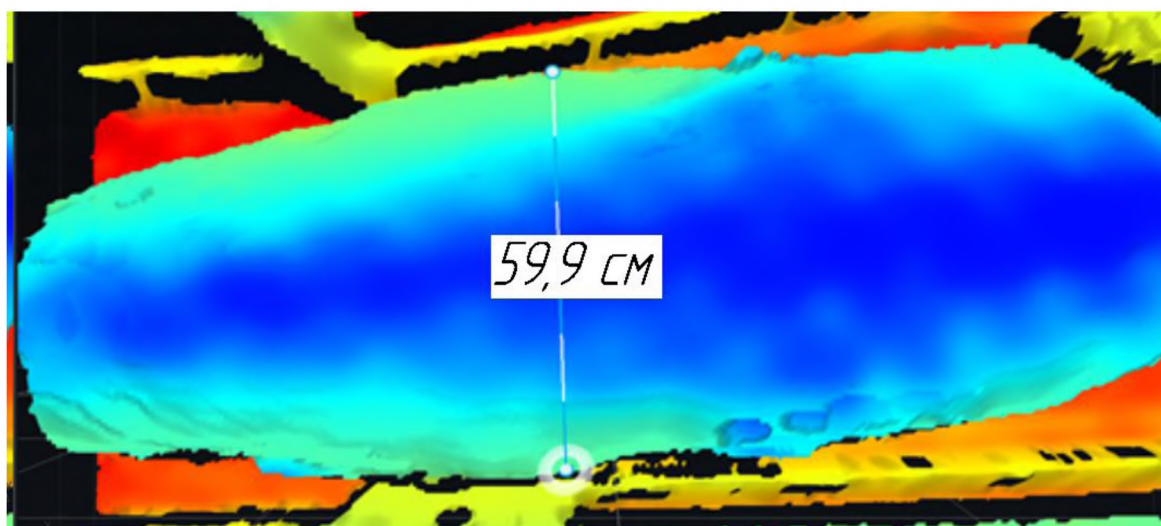


Рисунок 5. Наибольшая поперечная длина туловища (59,9 см)

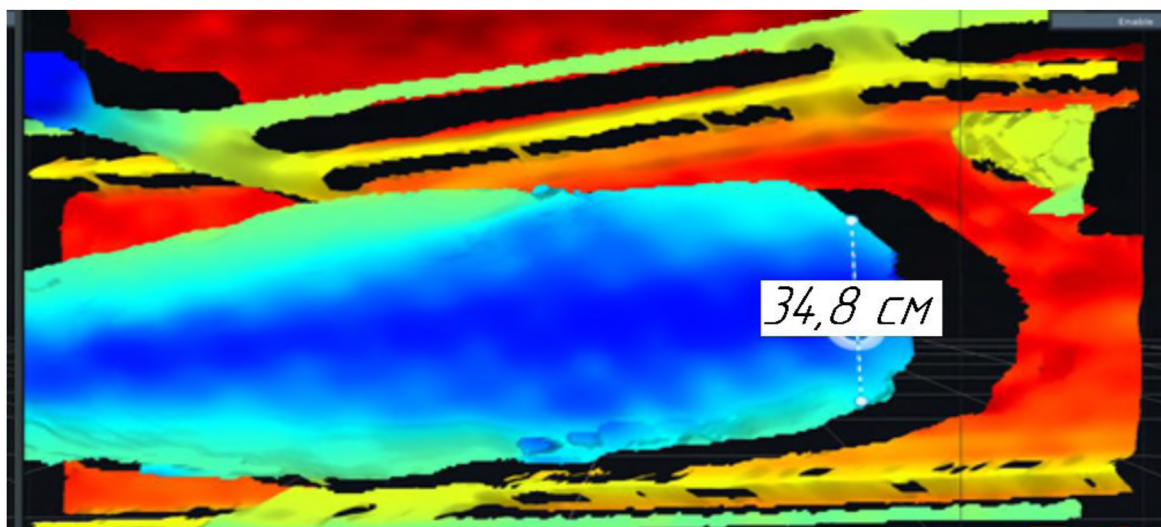


Рисунок 6. Поперечная длина туловища в области седельных бугров (34,8 см)

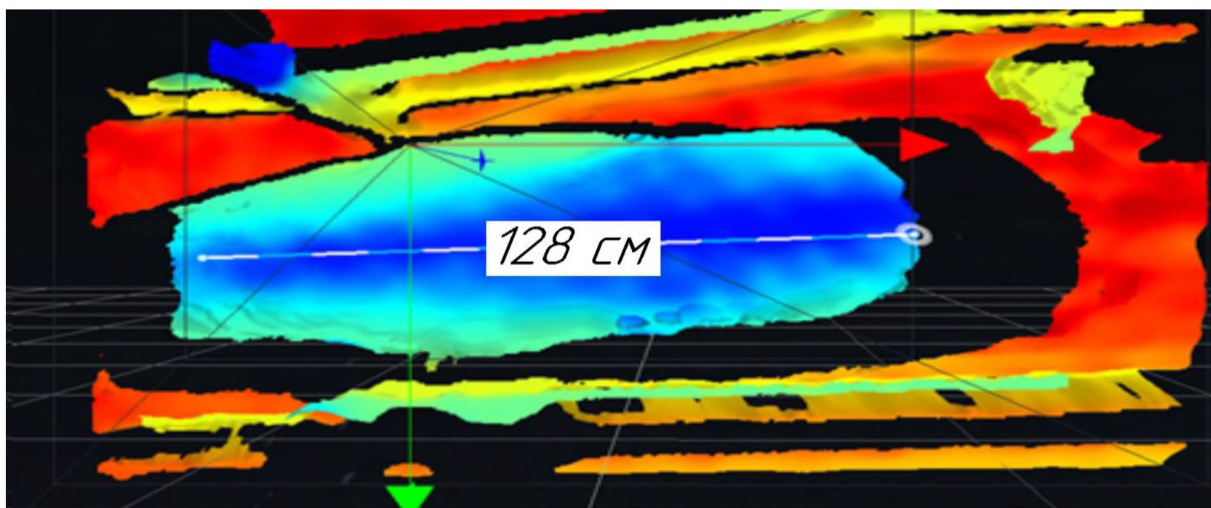
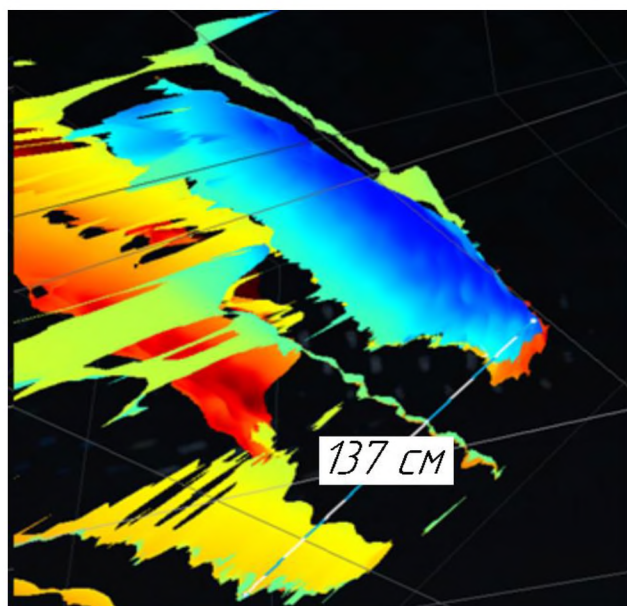
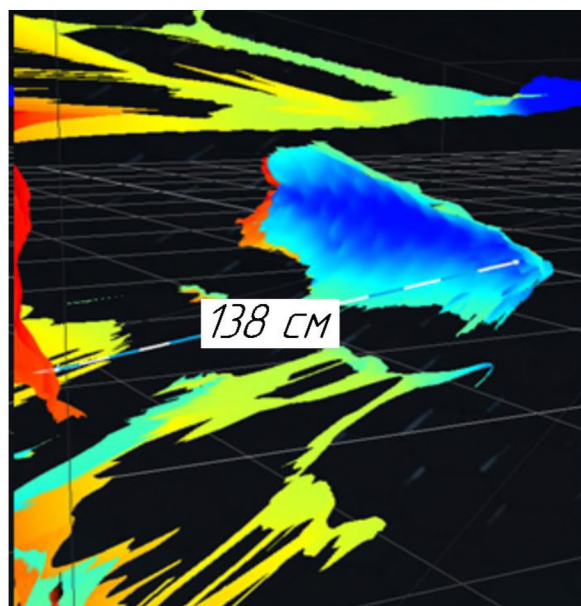


Рисунок 7. Продольная длина туловища (128,0 см)



а



б

Рисунок 8. Высота в седалищных буграх и холке:
а – высота в седалищных буграх (137,0 см); б – высота в холке (138,0 см)

Закключение

Регулярное взвешивание и перевеска крупного рогатого скота являются неотъемлемой частью грамотного ведения зоотехнического учета на молочно-товарных фермах и комплексах, обеспечивающие мониторинг изменения живой массы в динамике, что позволяет рационально расходовать корма, балансировать рационы, а также следить за продуктивными показателями и здоровьем животных в целом. Применяемые на сегодняшний день способы определения живой массы крупного рогатого скота имеют ряд ограничений, ввиду чего их использование в условиях скотоводства ограничено. Интеграция бесконтактного дистанционного устройства для определения живой массы в систему менеджмента стада позволит

в автоматическом режиме производить ежедневный мониторинг живой массы крупного рогатого скота.

В ходе исследований установлены основные конструктивные параметры устройства для бесконтактного дистанционного определения живой массы крупного рогатого скота:

- высота установки 3D-камеры – не менее 2650 мм, но не более 3100 мм (определяется экстерьерными особенностями, с учетом выбранного угла обзора сенсора глубины/LIDAR-а – 65x40 град);
- разрешение сенсора RGB, max – 1920x1080;
- угол обзора сенсора RGB – 69x43 град;
- частота кадров – не менее 10 в/с;
- угол поворота камеры – 180° (параллельно поверхности пола);
- ширина прохода – не менее 900 мм.

Таблица 1. Промеры тела и живая масса дойного КРС (ЭБ «Зазерье»)

№ п/п	Длина за лопатками, см	Наибольшая ширина туловища, см	Длина в седалищных буграх, см	Длина от лопаток до седалищных бугров, см	Высота в седалищных буграх, см	Высота в холке, см	Масса, кг
	<i>Var 1</i>	<i>Var 2</i>	<i>Var 3</i>	<i>Var 4</i>	<i>Var 5</i>	<i>Var 6</i>	<i>Var 7</i>
1	33,6	56,7	33,6	124	137	138	464
2	39,9	59,9	34,8	128	141	140	483
3	35,1	59,7	38,7	134	145	144	499
4	38,4	59,5	38,7	136	147	140	503
5	36,5	60,8	40,0	140	145	146	514
6	34,9	59,4	30,4	128	136	134	467
7	32,7	59,3	32,9	124	137	137	464
8	36,8	60,2	37,0	136	147	145	509
9	36,7	58,3	35,6	141	140	138	499
10	36,3	57,8	32,3	129	133	132	465
11	38,5	61,3	35,9	146	147	146	525
12	34,2	58,9	36,6	131	140	140	482
13	38,1	55,1	35,4	149	142	143	514
14	29,9	52,4	33,5	125	134	135	454
15	43,5	60,5	38,2	138	143	144	508
16	34,8	54,9	37,5	141	141	143	499
17	36,8	52,1	36,5	122	132	135	456
18	36,3	55,6	36,6	128	131	131	463
19	33,6	55,5	35,9	129	135	136	469
20	37,3	67,8	32,6	125	135	137	477
21	35,8	59,2	38,0	121	135	138	466
22	39,7	62,1	36,1	128	144	148	495
23	35,9	60,3	40,2	132	144	149	500
24	33,6	54,2	36,1	129	135	137	468
25	34,4	64,4	36,4	126	134	137	473
26	33,5	56,3	32,3	121	132	136	454
27	35,6	62,3	33,5	128	137	138	478
28	32,2	66,6	33,1	133	144	144	498
29	30,1	58,9	29,7	126	130	134	455
30	35,9	69,2	32,4	126	140	141	485
31	35,1	70,3	38,0	131	142	145	501
32	34,0	69,7	34,9	133	145	147	504
33	35,2	56,1	38,2	130	138	139	478
34	33,2	68,5	34,6	133	142	145	501
35	35,7	61,0	30,5	134	138	142	489
36	40,2	62,8	30,5	126	135	137	473
37	36,7	57,9	35,2	132	136	137	477
38	38,7	46,9	28,9	119	128	128	434
39	38,3	69,2	33,3	137	142	145	510
40	35,3	62,7	32,3	136	137	139	487
41	36,2	57,8	38,5	132	136	139	481
42	38,3	68,1	31,6	138	142	145	512
43	35,0	60,9	35,3	135	137	138	488
44	31,4	68,5	31,1	142	144	144	514
45	34,9	67,5	33,5	137	136	138	491
46	35,3	69,2	30,7	134	143	143	497
47	36,1	55,8	27,5	120	124	129	446
48	33,3	68,5	34,6	149	146	148	525
49	35,5	56,9	35,3	134	139	139	484
50	33,9	56,1	35,9	131	137	138	477
max	44,0	70,0	40,0	149	147	149	525
min	29,9	46,9	27,5	119	124	128	434
ср. знач.	35,7	60,6	34,6	131,8	138,5	139,8	484,9

Статистическая обработка и анализ полученных данных позволят обосновать режимы работы разрабатываемого устройства для интеграции с различным оборудованием ферм и комплексов с учетом конкрет-

ных технологических условий и фенотипических особенностей для различных половозрастных групп крупного рогатого скота.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Экстерьер, конституция и продуктивность крупного рогатого скота: учеб.-метод. пособие по дисциплине «Молочное скотоводство» для студентов по специальности 1-74 03 01 «Зоотехния» и слушателей ФПК и ПК / М.М. Карпеня [и др.]. – Витебск: ВГАВМ. – 2020. – 68 с.
2. Яковлева, С.Е. Влияние экстерьерных показателей и типа конституции на уровень молочной продуктивности коров черно-пестрой породы / С.Е. Яковлева, С.И. Шепелев, Е.А. Лемеш // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. – 2018. – № 21 (1). – С. 25-29.
3. Миронов, Е.Г. Формирование расширенного списка линейных признаков оценки экстерьера молочного КРС на основе международного и российского опыта / Е.Г. Миронов, А.Ю. Логачева, И.Ю. Джой, А.А. Самохвалов // Генетика и разведение животных. – 2024. – № 3. – С. 60-76.
4. Жилич, Е.Л. К вопросу дистанционного определения промеров тела и упитанности КРС / Е.Л. Жилич, Ю.Н. Рогальская, В.В. Никончук // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-техн. конф., посвященной 95-летию со дня рождения академика С.И. Назарова, Минск, 19-20 октября 2023 г. – Минск: Белорусская наука, 2023. – С. 89-93.
5. Актуальные проблемы сельского хозяйства и перспективы развития: материалы Всероссийской (национальной) науч.-практ. конф., посвященной 60-летию Научно-исследовательского института ветеринарии Восточной Сибири – филиала СФНЦА РАН и 300-летию РАН, Чита, 25 октября 2024 г. – Чита: Институт развития образования Забайкальского края, 2024. – 220 с.
6. Модель информационной системы оценки структуры молочного стада крупного рогатого скота / Н.Д. Амбросенко, С.Н. Титовский, В.В. Калитина, Н.В. Титовская // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2023. – Т. 12, № 3 (63). – С. 50-56.
7. Иванов, Ю.А. Использование искусственного интеллекта при оценке экстерьера КРС / Ю.А. Иванов, А.Р. Зарикеев // Техника и технологии в животноводстве. – 2021. – № 4 (44). – С. 6-10. –
8. Об утверждении зоотехнических правил о порядке определения продуктивности племенных животных, племенных стад, оценки фенотипических и генотипических признаков племенных животных: постановление Министерства сельского хозяйства и продовольствия Респ. Беларусь от 3 сентября 2013 г. № 44. – Минск, 2013. – 40 с.
9. Агейкин, А.Г. Основы зоотехнии: практикум / А.Г. Агейкин, Т.А. Удалова, А.А. Нагибина. – Красноярск: Красноярский гос. аграр. ун-т, 2022. – 285 с.
10. Зеленков, П.И. Современные требования к желательному типу коров в молочном скотоводстве / П.И. Зеленков // Известия Оренбургского гос. аграр. ун-та. – 2005. – № 1 (5). – С. 124-127.
11. Практикум по разведению сельскохозяйственных животных: учеб. пособие. – Ч. 1: Экстерьер и конституция сельскохозяйственных животных / А.И. Любимов [и др.]. – Ижевск: Ижевская ГСХА. – 2012. – 150 с.
12. Шеховцев, Г.С. Мировой опыт определения живой массы КРС / Г.С. Шеховцев, И.П. Прохоров, А.Н. Пикуль // Эффективное животноводство. – 2021. – № 5 (171). – С. 132-134.
13. Текеев, М.А.Э. Критерии оценки упитанности коров в разные периоды лактации / М.А.Э. Текеев, Х.Э. Текеева // Известия Оренбургского гос. аграр. ун-та. – 2019. – № 2 (76). – С. 215-217.
14. Немирович, С.И. Рекомендации к оптикоэлектронной системе для бесконтактного измерения массы КРС / С.И. Немирович, И.И. Гируцкий, А.Г. Сеньков // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии: материалы XIV Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 80 – летию Победы в Великой Отечественной войне, п. Молодежный, 24–25 апреля 2025 г. / Иркутский гос. аграр. ун-т им. А.А. Ежевского. – П. Молодежный, 2025. – С. 411-418.
15. Балльная оценка упитанности молочного скота. – URL: <https://wwsrussia.ru/assets/prod/img/articles/ba.pdf>. (дата обращения: 24.08.2025).
16. Оценка упитанности коров. – URL: <https://dzen.ru/a/XtdUNY9eFVFqWcQ9> (дата обращения: 05.09.2025).
17. Преснякова, А.К. Приросты живой массы у молодняка мясного скота различных генотипов по SNP cast C283T в постнатальном онтогенезе / А.К. Преснякова, Ф.Р. Валитов, Т.А. Седых // Перспективы развития современного агропромышленного комплекса: материалы III Междунар. науч.-практ. конф., Уфа, 30 ноября 2023 г. / Уфимский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук. – Уфа, 2023. – С. 264-272.
18. Жилич, Е.Л. К вопросу определения живой массы и упитанности КРС / Е.Л. Жилич, Ю.Н. Рогальская, В.В. Никончук // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 17–18 октября 2024 г. – Минск: Белорусская наука, 2024. – С. 164-170.
19. ISO/TR 29901:2007 Selected illustrations of full factorial experiments with four factors. – URL: <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:tr:29901:ed-1:v1:en> (date of access: 12.09.2025).
20. Рекомендации по стандартизации Р 1323565.1.002-2017. Статистические методы. Иллюстрации полного факторного эксперимента с четырьмя факторами / Федеральное агентство по техническому регулированию и методологии. – М.: Стандартиформ, 2017. – 50 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 30.09.2025