

С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университетінің Ғылым жаршысы (пәнаралық) = Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С.Сейфуллина (междисциплинарный). - 2020. - №4 (107). - С.147-157

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ БЕССТРЕССОВОГО ВЗВЕШИВАНИЯ ИДЕНТИФИЦИРОВАННЫХ ЖИВОТНЫХ

А.Б.¹Мирманов, ассоц. профессор

А.С.¹Алимбаев, м.т.н.

С.Б.¹Байгуаныш, м.т.н.

Н.К.¹Набиев, к.т.н.

А.С.¹Шарипов, м.т.н.

А.С.¹Кокчолоков, м.т.н.

Карателли, профессор, Ph.D.

*¹Казахский агротехнический университет им. Сейфуллина,
Республика Казахстан, 010011, Нур-Султан, пр.Женис, 62*

*²Технический университет Эйнховена,
Нидерланды, 5600 МБ Эйнховен, п/я 503
mirmanov.a@mail.ru*

Аннотация.

Автоматизированные системы и вычислительные методы, направленные на повышение производительности, всё больше находят свое применение в животноводстве. В статье представлена система бесстрессового взвешивания крупного рогатого скота, опознаваемого с помощью ультразвуковой идентификации. Предложена новая конструкция весов, представляющая собой специальную платформу для определения массы тела животного по давлению только передних копыт. Проведено статистическое моделирование деформации конструкции. Представлены аппаратные и программные элементы системы, которая определяет неполный вес, время посещения и продолжительность нахождения у поилки. Выполнено моделирование беспроводного канала UHF FRID для определения оптимального угла размещения антенны считывателя. Разработан двухпоточный алгоритм работы весовой платформы. Для организации опытов на молочной ферме были установлены две весовые платформы. Получены предварительные результаты по динамике привеса идентифицированного животного. Предлагаемая система относится к аграрному Интернету вещей, и будет полезна фермерам для оценки индивидуальной производительности животных.

Ключевые слова: прецизионное животноводство, Интернет вещей, автоматическое взвешивание, радиочастотная идентификация, имитационное моделирование

Введение

Развитие молочного животноводства в Казахстане имеет стратегическое значение, так как молоко и молочные продукты востребованы всеми слоями населения. Обеспечение населения доступной и качественной молочной продукцией является важной социально-экономической задачей.

Затраты сельхозпроизводителей на производство 1 тонны молока в Казахстане в среднем составляют 282,1 доллар США. В структуре себестоимости производства молока наибольший удельный вес составляют затраты на формирование кормовой базы – 45%, а также на заработную плату приходится 17% [1]. По данным информационного агентства Milknews, прибыль, получаемая всеми участниками производства молока, составляет около 18% розничной цены товара, в том числе прибыль сельхозпроизводителя – около 10%, перерабатывающего предприятия и розничной сети – порядка 5% [1].

Для наращивания объемов производства сырого молока немаловажным является стимулирование применения новых технологий содержания скота и производственных процессов (кормление, доение и

т.п.), а также обмен опытом по осуществлению селекционно-племенной работы.

Системы телеметрии и мониторинга сельскохозяйственного производства считаются одними из самых инновационных технологий прецизионного животноводства и представляют собой автоматические системы сбора и передачи информации, а также анализа данных и принятия решений.

Важным показателем развития ремонтного молодняка является его живая масса. Чтобы добиться максимальной точности, взвешивание необходимо проводить несколько раз. Использование обычных промышленных или электронных весов не исключает участие человека. Кроме того, взвешивание должно производиться независимо от местонахождения животных, будь то ферма или отдаленное пастбище. В связи с этим поиск новых полностью автоматизированных решений по определению веса крупного рогатого скота является актуальной.

Внедрение радиочастотных идентификационных меток стало первой ступенью к прецизионному животноводству [2,3]. Стало

возможным создать системы для оценки отдельно каждого животного. В мировой практике радиочастотная идентификация животных регламентируется стандартами ISO11784, ISO11785, ISO 18000-2 для радиointерфейса на частотах ниже 135 кГц [4] и ISO 18000-6 для высокочастотного диапазона 860-956 МГц [5].

Канадская компания GrowSafe Systems Ltd. продает систему, которая позволяет измерять вес животных, оснащённых электронными ушными бирками LP RFID [6]. При каждом посещении кормушки система обнаруживает их и записывает время и вес. В каждой кормушке есть металлические решетки для свободного индивидуального доступа к ней в любой момент времени.

Еще одна система, использующая LP RFID для мониторинга крупного рогатого скота – Intergado [7]. Принцип

действия идентичен Growsafe и изначально проектировался для использования в замкнутом пространстве, но его можно устанавливать открытым отгоном, для этого требуются большие затраты из-за специфики сборки.

Вышеупомянутые решения дают эффективные результаты, однако они построены с использованием технологий и оборудования, требующих больших финансовых вложений, что может сделать их непригодными для использования в экстенсивном животноводстве на свободном выгуле. Кроме того, требуются дополнительные затраты, связанные с транспортировкой из Америки и адаптацией к месту, где они устанавливаются.

В сравнении с GrowSafe и Intergado представленная в статье система менее дорогостоящая, собирается и обслуживается в Казахстане

Материалы и методы исследований

Платформа для сбора телеметрических данных с КРС при водопое состоит из аппаратно-программных компонентов, направленных на получение информации о живой массе животного, опознанного посредством ультразвуковой идентификации. Дополнительная обработка данных позволяет получить информацию о

количестве подходов к водопою, времени и продолжительности питья. Общим решением с GrowSafe является метод взвешивания, при котором животное оказывает давление на весовую платформу только передними копытами.

На рисунке 1 показана разработанная структурная схема аппаратной части экспериментального образца

оборудования для удаленного
контроля живой массы

идентифицированных животных.

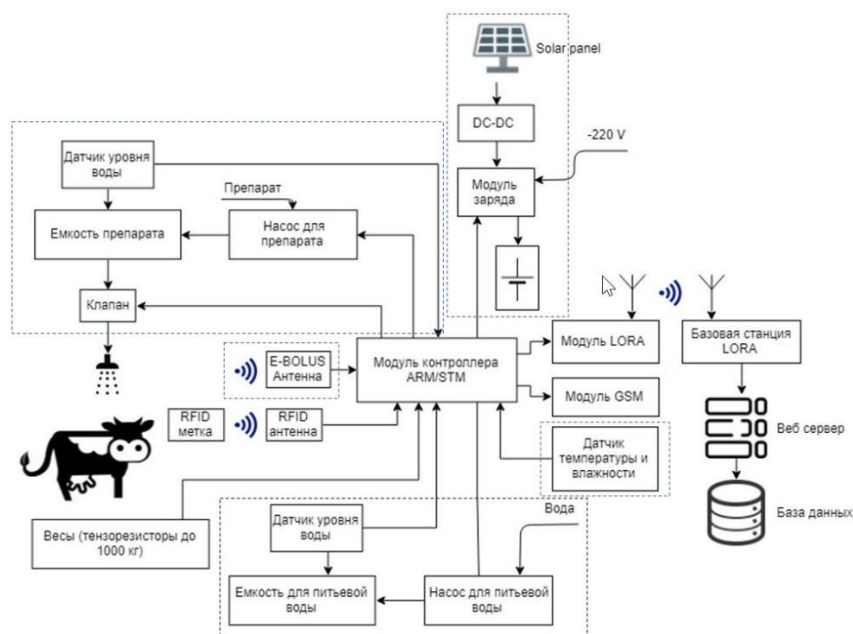


Рисунок 1 – Структурная схема системы сбора телеметрических данных с КРС при потреблении воды

Для организации идентификации животных использованы UHF RFID считыватель и ушные метки. Для взвешивания использованы тензометрические датчики. Связь с сервером поддерживается по радиоканалам LoRaWAN, GSM и WiFi. Солнечная электростанция обеспечивает автономное электроснабжение в полевых условиях. Пунктиром указаны элементы, которые могут не входить комплектацию, в зависимости от места установки и уровня функциональности оборудования.

Конструкция весовой платформы имеет прямой срез для удобства подставки к любой поилке на ферме (Рисунок 2а). Для большей доступности к тензометрическим датчикам предусмотрено крепление, на которое оказывает давление только поддон, на который становится животное (Рисунок 2б). Предусмотрены металлические кабель-каналы по боковой стенке весовой платформы от датчиков давления к блоку электроники, с невозможностью доступа животными и образованию конденсата.



а)

б)

Рисунок 2 – Цельная конструкция (а) и поддон с датчиками давления (б) экспериментального образца

На этапе моделирования в САПР «КОМПАС 3D» был проведен статистический анализ деформации креплений тензометрических датчиков (Рисунок 3). При нагрузке в 2000 Н деформация не превысила 0,36 мм, это гарантирует отсутствие влияния конструкции на показания датчиков давления.

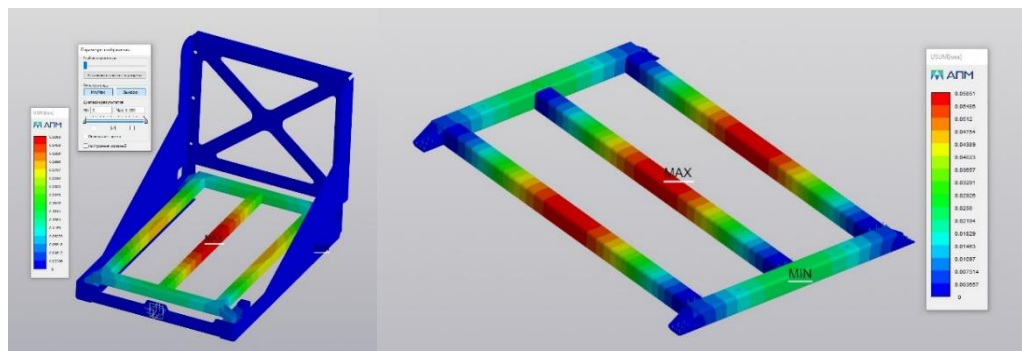


Рисунок 3–Статистический анализ опоры крепления датчиков давления на деформацию

В разработке системы для радиочастотной идентификации выбран стандарта ISO 18000-6 с несущей частотой 868 МГц.

Для считывания ушных бирок используется модуль Chafon CF-MU930T с антенной UHF RFID 9dbi [8]. Для успешного считывания метки необходимо было подобрать оптимальный угол размещается антенны UHF RFID. В результате экспериментальных исследований было установлено расстояние от метки до антенны и

рекомендуемая мощность излучения патч-антенны в диапазоне 18-20dBm с коэффициентом усиления 9dBi[9]. Дополнительно было проведено компьютерное моделирование RFID компонентов и их взаимодействие в программе «COMSOL Multiphysics» (Рисунок 4).

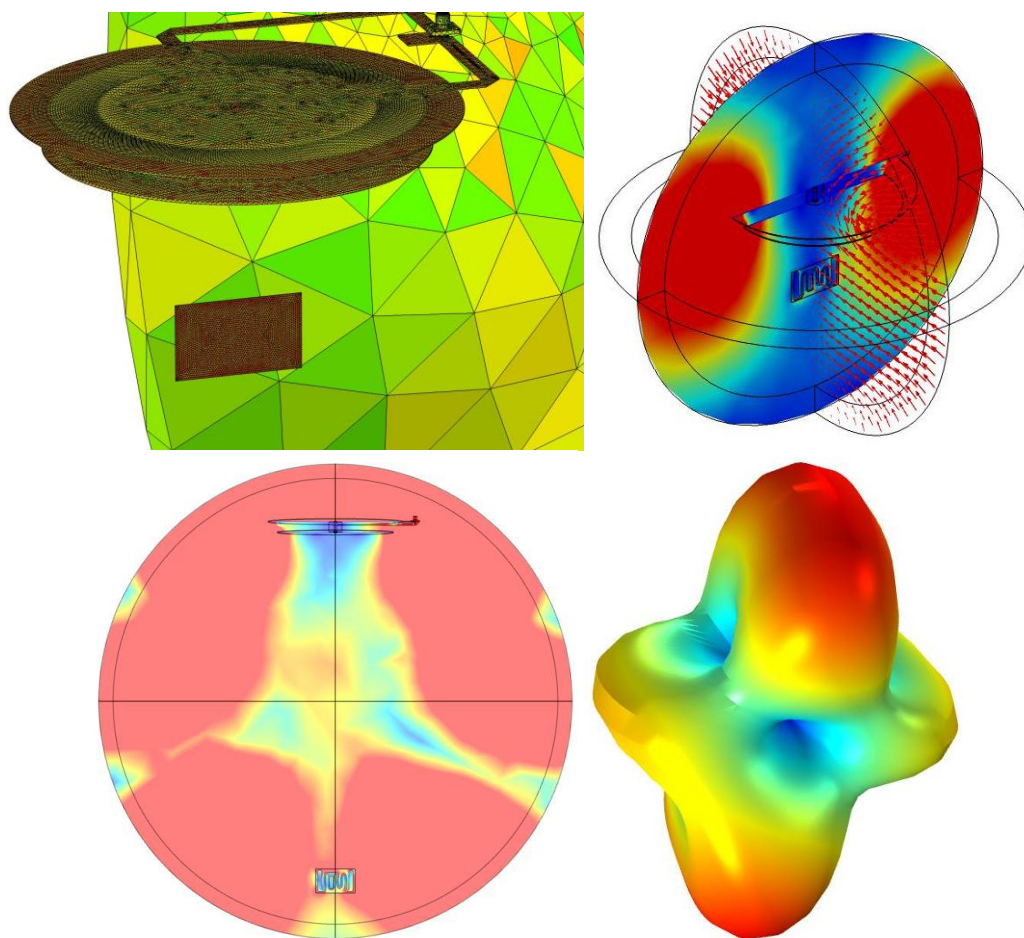


Рисунок 4 – Моделирование электрического поля UHF RFID системы

RFID-метка изготовлена из полипропиленовой доски толщиной 0,2 мм с тонким встроенным алюминиевым рисунком, который моделируется

как идеальный электрический проводник (ПЕС). Возбуждение порт метки производится патч-антенной. Используя модель (Рисунок 4), можно быстро оценить

качество беспроводного канала между излучаемой антенной и антенной ушной бирки.

Анализ распределения электрического поля в зависимости от расположения ушной метки относительно антенны считывателя, был выбран угол размещения патч-антенны равный

38° градусам относительно потолка платформы и 26° градусов относительно боковой стенки конструкции таким образом, чтобы ухо животного находилось в прямой видимости. Крепление антенны на платформе показано на рисунке 5.



Рисунок 5 – Размещение антенны под определённым углом на специальном кронштейне

Согласно структурной схемы системы сбора телеметрических данных разработан блок электроники весовой платформы. В условиях высокой влажности, температурных перепадов и вмешательства животных в кабельные каналы, электронные компоненты были полностью скрыты от внешнего воздействия. Разработана компоновка корпуса с электроникой (Рисунок 6). Корпус соответствует классу герметизации IP65 для защиты электрооборудования от проникновения твёрдых предметов и воды в соответствии с международным стандартом IEC 60529 (DIN 40050, ГОСТ 14254-96). Корпус с электронными

компонентами и антенной находится в верхней части платформы, снизу закрыт винилом для ограничения доступа, со стороны «условного входа» для обзора закреплено оргстекло, при этом оно не вносит дополнительное затухание сигнала передачи данных (Рисунок 5).

Электронная часть весовой платформы собрана по разработанной структурной схеме [10], в которой четыре тензометрических датчика через уравнитель подключены к контроллеру Arduino. Датчики давления рассчитаны на 350кг каждый, что позволяет платформе в сумме взвешивать вес до 1400кг. Значения веса по порту протоколу

I2C стандарта RS-232 отправляются на основной контроллер системы Raspberry Pi. Идентификационные данные приходят со считывателя UHF RFID системы. После обработки Raspberry Pi отправляет данные в облачный сервер. Для организации служебного канала

связи используется WiFi модуль одноплатного компьютера. Для организации связи при удаленном подключении используется модуль LoRa32u4 II, также, для отправки окончательных данных, используется подключение по каналу GSM/GPRS.



Рисунок 6 – Внутренняя компоновка электронного блока

1 – Считыватель UHF RFID, 2 – Одноплатный компьютер, 3 – Блок управления опрыскиванием, 4 – Модуль передачи LoRa, 5 – Адаптер электропитания

Основная часть кода программы управления весами написана на языке Python 3.7.

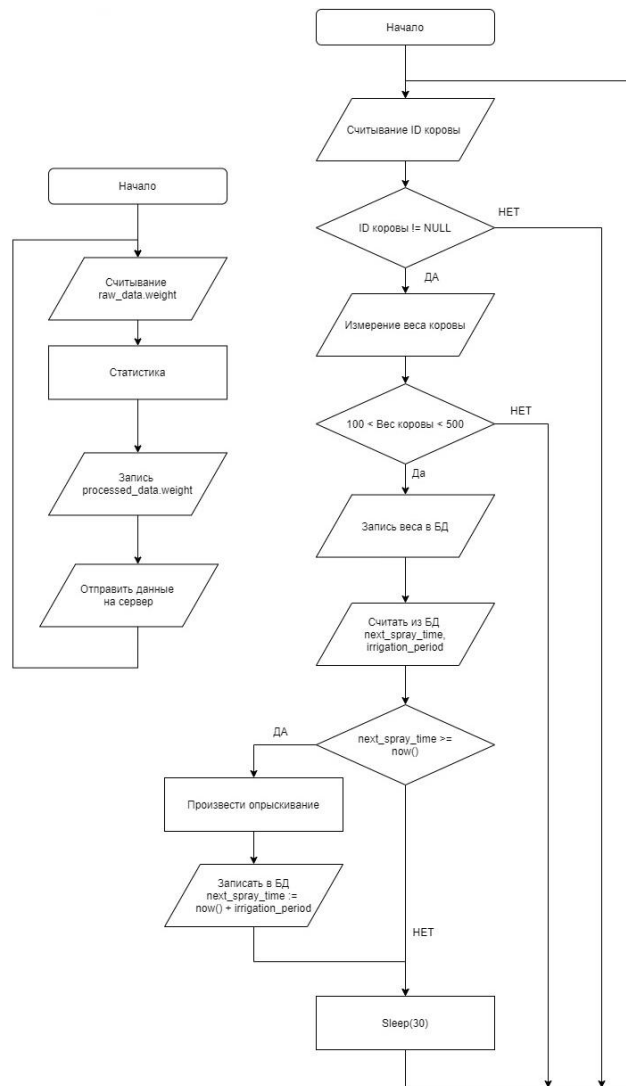


Рисунок 7 – Алгоритм программы управления весовой платформой [10]

Разработан алгоритм (Рисунок 7), представляющий собой два параллельных потока. Один - производит идентификацию, измерение веса и запись в базу данных. Второй –

работу по обработке и хранению данных в памяти одноплатного компьютера Raspberry Pi, а также отвечает за отправку информации на сервер с адресом 194.4.56.86.

Результаты исследований

Для проведения испытаний разработанного экспериментального образца по определению живой массы и идентификации была выбрана молочная ферма «Мамбетов и Ко», в качестве опытной группы

определено 86 голов крупного рогатого скота в возрасте 10-12 месяцев, содержащихся в одном загоне. Для большего охвата поголовья загона и исключения образования столпотворения животных у платформ, было

решено установить их по разные стороны загона, то есть – на одну поилку одни весы (Рисунок 8). Так как ширина поилки значительно превышает ширину весов (1,5 метров против 0,6 метров),

дополнительно изготовлены конструкции для ограждения доступа к поилкам. После произведения монтажа двух платформ были подключены все необходимые сети.



Рисунок 8 – Установленные платформы в КТ «Мамбетов и К»

Получаемые данные формируют базу данных как на самой платформе, так и на сервере в ПО «Управление стадом». Ежедневно генерируется от 4 до 17 пакетов данных от каждого животного. В качестве примера в Таблице 1 приведены данные посещения весовой платформы

животным с ушной биркой ID 024216806с04, полученные со 2 августа по 31 октября 2020 года.

Согласно полученным данным, животное подходило к поилке 382 раза за 89 дней, в среднем 4,3 раза в сутки (Рисунок 9).

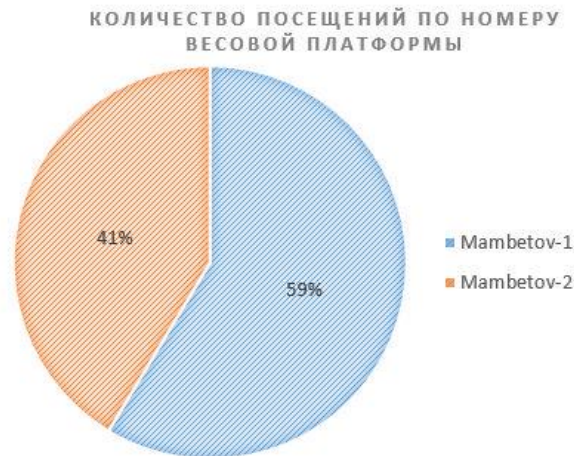


Рисунок 9 – Посещение коровой ID 024216806с04 платформ в КТ «Мамбетов и К»

В результате измерений веса формируется база данных, которая позволяет построить модель точного определения живой массы животного. На данном этапе разработки, можно дать

предварительную оценку динамики прироста веса животного. На рисунке 10 приведен график измерения веса и динамики массы идентифицированного животного.

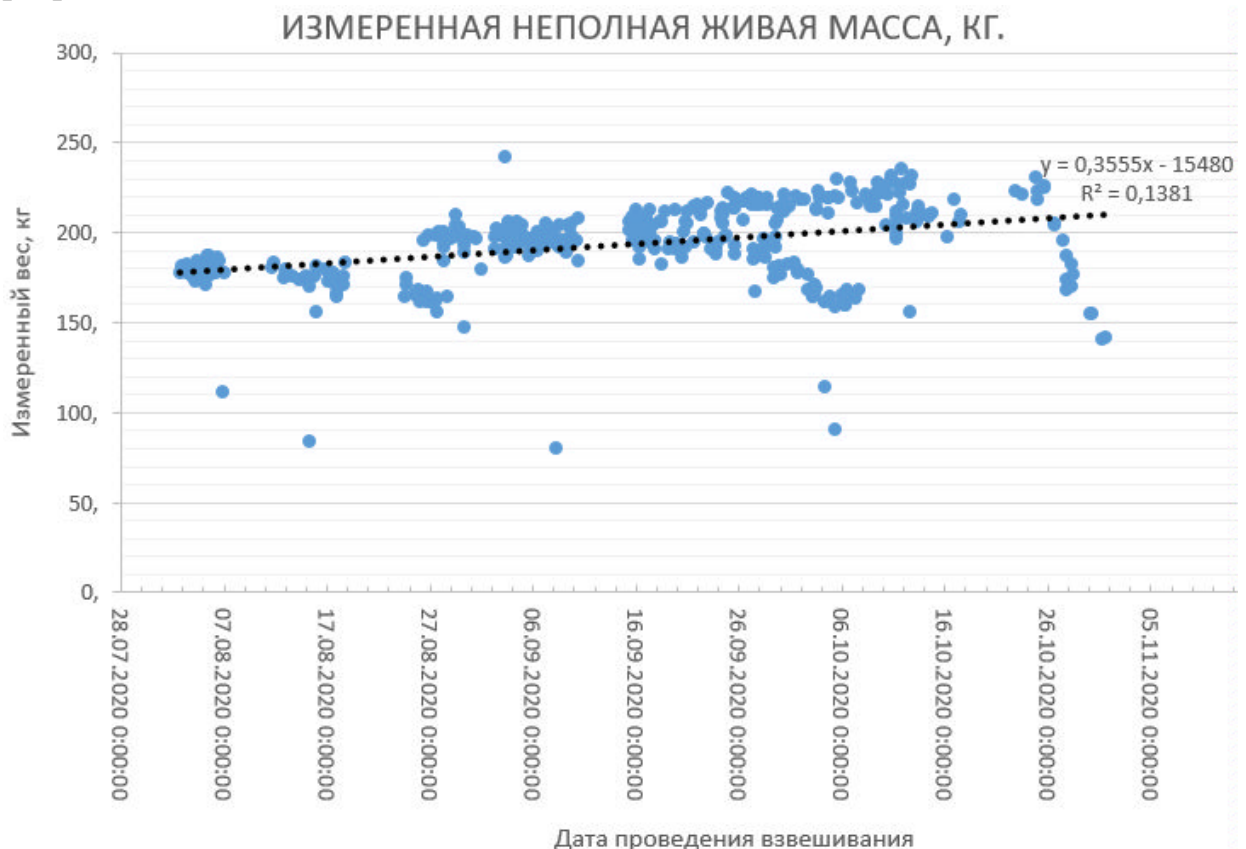


Рисунок 10 – Данные об измеренном весе и динамика роста массы коровы
ID024216806c04

Обсуждение полученных данных

Разработан экспериментальный образец оборудования для удаленного контроля идентификации, контроля живой массы крупного рогатого скота на пастбище.

На начальном этапе разработки и реализации были проведены теоретические и экспериментальные исследования отдельных компонентов системы, в частности модуля радиочастотной идентификации, станции определения веса, устройств ввода, обработки и хранения данных, модулей передачи их на удаленный сервер. Проведен выбор требуемой конструкционной схемы и параметров конструкции платформы для проведения взвешивания. Конструктивными особенностями экспериментального образца стало то, что весовая платформа имеет укороченную длину, вмещающую только передние копыта одного животного. Взвешивание

происходит под действием вертикальных сил на тензометрические датчики платформы. Определена программная и аппаратная часть блока электроники. Автоматическую идентификацию скота производит антенна при занятии одним из животных весовой платформы. Разработан алгоритм работы и написана программа управления системой, согласно которой, после завершения потребления воды и освобождения весовой платформы животным происходит передача полученных данных (вес, время и продолжительность потребления) на удаленный сервер. Вся система является автоматической и применима для непрерывного мониторинга потребления кормов (воды), что позволяет прогнозировать и определять различные условия, связанные со здоровьем, производительностью животного.

Заключение

Изготовлены экспериментальные образцы оборудования для удаленного контроля идентификации, контроля живой массы крупного рогатого скота при подходе к поилке, расположенным как внутри фермы, так и в открытом загоне. Проведены испытания разработанной платформы на молочной ферме.

В будущих работах будут приведены результаты обработки получаемых данных с платформ, а также разработаны новые

алгоритмы статистического анализа, которые позволят с высокой точностью определять живую массу контролируемых животных.

Настоящая работа выполнена в рамках ПЦФ МСХ РК BR06349515 «Трансферт и адаптация инновационных технологий для оптимизации производственных процессов на молочных фермах Северного Казахстана».

Список литературы

1 Обзор рынка молока и молочной продукции государств-членов Евразийского экономического союза [электрон. ресурс]. - 2019. – URL: http://www.eurasiancommission.org/ru/act/prom_i_agroprom/dep_agroprom/sensitive_products/ (дата обращения: 20.07.2020).

2 L.Ruiz-Garcia, L.Lunadei The role of RFID in agriculture: Applications, limitations and challenges // Computers and Electronics in Agriculture. – 2011. – Vol.79 – PP.42-50

3 F.Giametta, P.Catalano, G.La Fianza, A.Simoni Bovine RFID tracing system with livestock safety remote sensing // IEEE/SICE International Symposium on System Integration – Kyoto, 2011. - PP. 168-171

4 СТ РК ISO/IEC 18000-2-2013 Информационные технологии. Радиочастотная идентификация для управления объектами. Часть 2. Параметры для связи через радиointерфейс на частотах ниже 135 кГц. – Введ.01.01.2015. –Астана: Казахстанский институт стандартизации и сертификации, 2015. –172 с.

5 СТ РК ISO/IEC 18000-6-2013 Информационные технологии. Радиочастотная идентификация для управления объектами. Часть 6. Параметры для связи через радиointерфейс на частотах от 860 МГц до 960 МГц. – Введ.01.01.2015.. –Астана: Казахстанский институт стандартизации и сертификации, 2015. – 48с.

6 OurPlatform: AgriculturalAnalytics.[Электронный ресурс] / Официальный сайт GrowSafeSystems®. – Режим доступа: www.growsafe.com/our-platform, свободный. – Загл. с экрана

- 7 IntergadoBeef[электронный ресурс]: Официальный сайт Intergado. – Режим доступа: www.intergado.com.br/intergado-beef, свободный. – Загл. с экрана
- 8 Антенна для ультравысоких частот с круговой поляризацией и усилением 9dBi CF-R9002[Электронный ресурс]: Официальный сайт Chafon Technology Co. – Режим доступа: www.chafon.com/productdetails.aspx?pid=530, свободный. – Загл. с экрана
- 9 Мирманов А.Б., Набиев Н.К., Алимбаев А.С., Достанова К.М. Экспериментальные исследования дальности считывания ушных бирок UHF RFID системы // Modern Science. – 2020. – №.10-1 – С.434-438.
- 10 Жантурин Р.М. Достанова К.Р. Подсистема считывания веса с тензодатчиков устройства удаленного контроля массы крупного рогатого скота // Современные технологии: актуальные вопросы, достижения и инновации: сб. статей XXXI международ.науч.-практ.конф. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение», 2019. - С.20-23
- 11 А.с 12456 Программа работы платформы для определения живой массы и идентификации крупного рогатого скота / Мирманов А.Б., Алимбаев А.С., Байгуаныш С.Б., Набиев Н.К.; опубли. 09.10.2020

References

- 1 Overview of the market of milk and dairy products of the Member States of the Eurasian Economic Union [electron. resource]. - 2019. - URL: http://www.eurasiancommission.org/ru/act/prom_i_agroprom/dep_agroprom/sensitive_products/ (date accessed: 20.07.2020).
- 2 L. Ruiz-Garcia, L. Lunadei The role of RFID in agriculture: Applications, limitations and challenges // Computers and Electronics in Agriculture. - 2011. - Vol.79 - PP.42-50
- 3 F. Giametta, P. Catalano, G. La Fianza, A. Simoni Bovine RFID tracing system with livestock safety remote sensing // IEEE / SICE International Symposium on System Integration - Kyoto, 2011. - PP. 168-171
- 4 ST RK ISO/IEC 18000-2-2013 Information technology. RFID for facility management. Part 2. Parameters for communication via radio interface at frequencies below 135 kHz. - Enter. 01.01.2015. - Astana: Kazakhstan Institute for Standardization and Certification, 2015. -- 172 p.
- 5 ST RK ISO/IEC 18000-6-2013 Information technology. RFID for facility management. Part 6. Parameters for communication via radio interface at frequencies from 860 MHz to 960 MHz. - Enter. 01.01.2015. ... - Astana: Kazakhstan Institute of Standardization and Certification, 2015. - 48p.
- 6 Our Platform: Agricultural Analytics. [Electronic resource] / Official site of GrowSafe Systems®. - Access mode: www.growsafe.com/our-platform, free. - Title from the screen

7 Intergado Beef [electronic resource]: Official site of Intergado. - Access mode: www.intergado.com.br/intergado-beef, free. - Title from the screen

8 UHF antenna with circular polarization and 9dBi gain CF-R9002 [Electronic resource]: Official website of Chafon Technology Co. Access mode: www.chafon.com/productdetails.aspx?pid=530, free. - Title from the screen

9 Mirmanov A.B., Nabiev N.K., Alimbaev A.S., Dostanova K.M. Experimental studies of the reading range of UHF RFID ear tags // Modern Science. - 2020. - No. 10-1 - C.434-438.

10 Zhanturin R.M. Dostanova K.R. Subsystem for reading the weight from strain gauges of the device for remote control of the mass of cattle // Modern technologies: topical issues, achievements and innovations: collection of articles. articles XXXI international. scientific-practical. conf. - Penza: ICNS "Science and Education", 2019. - P.20-23

11 C.a 12456 Program of the platform for determining live weight and identification of cattle / Mirmanov A.B., Alimbaev A.S., Baiguanysh S.B., Nabiev N.K. ; publ. 09.10.2020

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED SYSTEM FOR STRESSLESS WEIGHING OF IDENTIFIED ANIMALS

A.B.¹Mirmanov, Assoc.Professor

A.S.¹Alimbayev, M.Sc

S.B.¹Baiguanysh, M.Sc

N.K Nabiev.¹, Cand. Tech. Sc.

A.S.¹Sharipov, M.Sc

A.S.¹Kokcholokov, M.Sc

Caratelli D.², Professor, Ph.D

*¹S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University,
62, Zhenis avenue, Nur-Sultan, 010011, Kazakhstan*

*²Eindhoven University of Technology
PO Box 513, 5600 MB Eindhoven, The Netherlands*

mirmanov.a@mail.ru

Precision animal husbandry requires new solutions for process control and selective breeding. Through an interdisciplinary approach, an IoT platform was developed, consisting of hardware and software, which can be used by farmers to obtain data on the dynamics of changes in animal weight. In this case, weighing is carried out voluntarily, that is, the animal itself stands on the weighing platform, without causing stress for itself and other animals in the pen. The design of the weighing platform resembles a "telephone booth" with an open entrance and a hole for the head, from the side presented to the drinker. At the stage of design development, a statistical analysis of parts for deformation was carried out, which showed permissible distortion values of no more than 0.36 mm at the point of

maximum load. Animal identification is carried out using ultra-high-frequency identification with a carrier frequency of 868 MHz. In the course of computer modeling and experimental research, the optimal angle of placement of the UHF RFID reading antenna was determined. As a result, the patch antenna is installed on a special bracket under the ceiling of the weighing platform at an angle of 38° relative to the pallet and 26° degrees at an angle to the side wall. The electronics unit was determined and an algorithm for controlling the operation of the weighing platform was developed. Data transfer to the server is carried out via LoRa and WiFi. Experimental tests were carried out on a dairy farm, in a pen with a livestock of 86 animals aged 10-12 months. The obtained data on the weight of each animal, the time and duration of the watering place support in making a decision on the quality of young cattle's replacements. As a result, the efficiency of the stress-free weighing system, the manufacturability of the proposed design and the efficiency of the developed software and hardware have been proven.

Keywords: precision animal husbandry, Internet of things, automatic weighing, radio frequency identification, simulation

СӘЙКЕСТЕНДІРІЛГЕН ЖАНУАРЛАРДЫ КҮЙЗЕЛІССІЗ ӨЛШЕУ ДІҢА ВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН ЖҮЙЕСІН ӨЗІРЛЕУ

А.Б.Мирманов¹, қауымдастырылған профессор,

А.С.Алимбаев¹, т.ғ.м.

С.Б.Байгуаныш¹, т.ғ.м.

Н.К.Набиев¹, т.ғ.к.

А.С.Шарипов¹, т.ғ.м.

А.С.Кокчолоков¹, т.ғ.м.

Д.Карателли², профессор, Ph.D

*¹С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Қазақстан Республикасы, 010011, Нұр-сұлтан, Жеңіс даңғылы, 62*

*²Эйндховен техникалық университеті,
Нидерланды, 5600 МБ Эйндховен, п/ж 503*

mirmanov.a@mail.ru

Дәлме-дәл мал шаруашылығы технологиялық процестерді басқару және селективті-асылдандыру жұмыстары үшін жаңа шешімдерді қажет етеді.

Пәнаралық тәсіл арқылы жануарлардың салмағының өзгеру динамикасы туралы мәліметтерді алуға арналған, фермерлерлер қолдана

алатын аппараттық және бағдарламалық қамтамасыз етілетін IoT платформасы әзірленді. Бұл жағдайда салмақ өлшеу өз еркімен жүзеге асырылады, яғни жануардың өзі салмақ платформасына түсіп, өзіне және қорадағы басқа жануарларға стресс тудырмайды. Салмақ платформасының құрылымдық шешімі, ұсынылған тамақтану жағынан басына арналған тесігімен ашық кіреберісі бар "телефон кабинасына" ұқсайды. Құрылымды әзірлеу кезеңінде бөлшектердің деформацияға статистикалық талдауы жүргізілді, ол максималды жүктеме нүктесінде 0,36 мм-ден аспайтын бұрмаланудың рұқсат етілген мәндерін көрсетті. Жануарды сәйкестендіру 868 МГц жиіліктегі жоғары жиілікті сәйкестендіру көмегімен жүргізіледі. Компьютерлік модельдеу және эксперименттік зерттеулер барысында UHF RFID оқу антеннасын орналастырудың ыңғайлы бұрышы анықталды. Нәтижесінде патч антеннасы паллетке қатысты 38° және бүйір қабырғаға қатысты 26° градус бұрышта салмақ платформасының төбесінің астына арнайы кронштейнге орнатылды. Электроника блогы анықталды және салмақ платформасының жұмысын басқару алгоритмі әзірленді. Серверге деректерді беру LoRa және WiFi арнасы арқылы жүзеге асырылады. Эксперименттік сынақтар сүт фермасында, 10-12 айлық 86 малдың басы бар қаламда жүргізілді. Әрбір жануардың салмағы, суару уақыты мен ұзақтығы туралы алынған мәліметтер ірі қара малдың төлін жөндеу сапасы туралы шешім қабылдауға қолдау көрсетеді. Нәтижесінде стрессіз өлшеу жүйесінің тиімділігі, ұсынылған құрылымның тиімділігі және дамыған бағдарламалық-аппараттық бөліктің өнімділігі дәлелденді.

Кілттік сөздер: дәл мал шаруашылығы, Интернет заттары, автоматты өлшеу, радиожілікті сәйкестендіру, имитациялық модельдеу

Благодарность

Работа выполнена в рамках ПЦФ МСХ РК, BR06349515 «Трансферт и адаптация инновационных технологий для оптимизации производственных процессов на молочных фермах Северного Казахстана».