

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 631.171

DOI: 10.26897/2687-1149-2022-1-28-34

МОДУЛЬ БАЗОВОЙ СТАНЦИИ ПРИЕМА-ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КРС**КИРСАНОВ ВЛАДИМИР ВЯЧЕСЛАВОВИЧ**[✉], *д-р техн. наук, профессор, заведующий отделом*¹
kirvv2014@mail.ru[✉]**ПАВКИН ДМИТРИЙ ЮРЬЕВИЧ**, *канд. техн. наук, заведующий лабораторией*¹
dimqaqa@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8769-8365>; Scopus Autor ID: 57212004781**ДОВЛАТОВ ИГОРЬ МАМЕДЯРЕВИЧ**, *канд. техн. наук, научный сотрудник*¹
dovlatovim@mail.ru**ЖМЫЛЕВ ВЛАДИМИР АЛЕКСАНДРОВИЧ**, *инженер*²¹ Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ; 109428, Российская Федерация, г. Москва, 1-й Институтский проезд, 5² АО «ЗИТЦ»; 124527, Российская Федерация, г. Зеленоград, Солнечная аллея, 8

Аннотация. Цифровая трансформация сельского хозяйства и животноводства предполагает наряду с созданием датчиков физиологического состояния КРС разработку модульных радиотехнических цифровых устройств приема-передачи информации. Разработанный модуль базовой станции осуществляет прием-передачу сигналов с датчиков-болусов, расположенных в рубце животного, по трем основным параметрам: кислотность, pH; температура; двигательная активность. Модуль БС состоит из двух частей, соединенных между собой кабелями: мини-компьютера Raspberry Pi 4, выполняющего функцию устройства управления, и внешнего модуля передачи данных, включающего в себя приемопередатчик для связи с датчиками-болусами, установленными на животных и GSM-модуль для выхода в Интернет и связи с сервером. Анализ данных основных параметров позволяет по соответствующим корреляционным зависимостям с помощью разработанного программного обеспечения контролировать физиологическое состояние животных. Разработана принципиальная электрическая и структурная схемы модуля передачи данных, входящего в состав базовой станции. Также представлена блок-схема логической структуры программного обеспечения базовой станции. Разработана программа испытаний, включающая в себя проверку уровней сигналов в помещениях различного типа с использованием имитаторов – датчиков-болусов. Испытания показали, что измеренный в рассматриваемых помещениях уровень сигнала на различных высотах не превышает минимально допустимый уровень сигнала –70 дБ. Результаты проведенных испытаний позволили установить относительно равномерное распределение уровня сигнала в помещении и повышение неоднородности его в углах, что позволяет найти компромисс между параметрами системы и сделать необходимые расчеты для прогнозирования работы всего комплекса.

Ключевые слова: контролируемые параметры, датчик-болус, модуль передачи данных, базовая станция, структурная схема, радиоканал, уровень сигнала.

Формат цитирования: Кирсанов В.В., Павкин Д.Ю., Довлатов И.М., Жмылев В.А. Модуль базовой станции приема-передачи данных физиологического состояния КРС // Агроинженерия. 2022. Т. 24. № 1. С. 28-34. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2022-1-28-34>.

© Кирсанов В.В., Павкин Д.Ю., Довлатов И.М. Жмылев В.А., 2022



ORIGINAL PAPER

BASE STATION MODULE FOR RECEIVING AND TRANSMITTING DATA ON THE PHYSIOLOGICAL STATE OF CATTLE**VLADIMIR V. KIRSANOV**[✉], *DSc (Eng), Chief Research Engineer*¹
kirvv2014@mail.ru[✉]**DMITRIY YU. PAVKIN**, *PhD (Eng), Senior Research Engineer*¹
dimqaqa@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8769-8365>; Scopus Autor ID: 57212004781**IGOR M. DOVLATOV**, *PhD (Eng), Research Associate*¹
dovlatovim@mail.ru**VLADIMIR A. ZHMYLEV**, *engineer*²¹ Federal Scientific Agroengineering Center VIM; 5, 1st Institutskiy Proezd Str., Moscow, 109428, Russian Federation² JSC “ZITZ”, 8, Sunny Alley, Zelenograd, 124527, Russian Federation

Abstract. The digital transformation of agriculture and animal husbandry, in particular, involves, along with the development of sensors for the physiological state of cattle, the development of modular radio-technical digital devices for receiving and transmitting data. The developed module of the base station receives and transmits signals from bolus sensors located in the animal's rumen

according to three main parameters (acidity, pH; temperature; motor activity). The base station module consists of two parts connected by cables: a Raspberry Pi 4 minicomputer, which acts as a control device, and an external data transmission module, which includes a transceiver for communication with bolus sensors mounted on animals and a GSM module for Internet access and communication with the server. The analysis of these basic parameters makes it possible to monitor the physiological state of animals using the developed software according to the corresponding correlation relationships. The authors have developed basic electrical and structural diagrams of the data transmission module as part of the base station. Also, the article presents a block diagram of the logical structure of the base station software. A test program has been developed that includes checking signal levels in various types of rooms using sensor simulators-boluses. Tests have shown that the signal level measured in the rooms under consideration at various heights does not exceed the minimum permissible signal level -70 dB. The experimental results have established a relatively uniform signal level distribution in the room and increased heterogeneity in the corners, which makes it possible to find a compromise between the system parameters and make the necessary analyses to predict the performance of the entire complex.

Key words: controlled parameters, bolus sensor, data transmission module, base station, block diagram, radio channel, signal level.

For citation: Kirsanov V.V., Pavkin D.Yu., Dovlatov I.M., Zhmylev V.A. Base station module for receiving and transmitting data on the physiological state of cattle. *Agricultural Engineering (Moscow)*, 2022; 24(1): 28-34. (In Rus.). <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2022-1-28-34>.

Введение. Осуществляемые меры по импортозамещению в отраслях животноводства создают благоприятные условия для развития и повышения доходности отечественных сельхозпредприятий [1].

Для получения качественных продуктов питания необходимо осуществлять постоянный контроль за условиями кормления и содержания животных, тем самым способствуя улучшению физиологического состояния дойного стада и, как следствие, повышению его продуктивности [2-4].

Колебание микроклимата в животноводческих помещениях, отсутствие активного моциона, нарушение условий кормления и содержания являются основными стресс-факторами, снижающими возможности реализации генетического потенциала животных [2, 5, 6].

С помощью датчиков-болусов, размещаемых в рубце коровы, можно определять такие важные параметры, как кислотность рубца желудка (рН), температуру, двигательную активность и др., и по соответствующим корреляционным зависимостям уже оценивать физиологическое состояние животных. Так, снижение рН рубца ниже заданного порогового значения снижает фертильность животных и может привести к гибели и лизису грамотрицательных бактерий рубца и, следовательно, к увеличению количества липополисахаридов, которые могут вызвать более высокий уровень воспалительных процессов, ведущих к превышению допустимого уровня сывороточного белка [7-9].

Информация о рН рубца позволяет оценивать состав рациона кормления коров. Суточные колебания рН обусловлены потреблением корма, а колебания температуры могут рассматриваться как следствие потребления воды животными [10, 11]. Таким образом, можно в комплексе оценить качество и количество потребляемого корма и воды. Для передачи информации с датчиков в компьютер необходима разработка базовой станции.

Цель исследования: разработка модуля базовой станции приема-передачи сигналов с датчиков физиологического состояния КРС.

Материалы и методы. Модуль базовой станции (БС) предназначен для приема сигналов от датчиков-болусов и отправки данных телеметрии на облачное хранилище, реализованное в программном обеспечении (ПО) комплекса. Модуль является промежуточным узлом между датчиками-болусами, находящимися непосредственно в рубце

животных, и программным обеспечением комплекса. Поэтому важно, чтобы данный модуль обладал высокой надежностью и обеспечивал весь требуемый функционал.

Условно модуль базовой станции можно подразделить на две части: управляющее устройство и модуль передачи данных.

Управляющее устройство выполняет функции регистрации вышедших на связь абонентов (животных), выдает команды на осуществление с ними сеансов связи, в течение которых происходит передача данных, регулирует потенциально возможные нештатные ситуации в сети. Помимо обеспечения приема данных от абонентов сети (датчиков-болусов) и дополнительных абонентов (модуль микроклимата), управляющее устройство выполняет функцию хранения резервной базы данных параметров животных. Обработка данных телеметрии осуществляется на удаленном сервере, к которому пользователь имеет доступ посредством веб-интерфейса и в котором представлены результаты работы программного обеспечения комплекса. Отправку данных телеметрии управляющее устройство может реализовывать как с помощью проводного и беспроводного (Wi-Fi) подключения к сети Интернет, так и посредством GSM- модема, способного подключиться к Интернету и предполагающего возможность работы на удаленных фермах.

Модуль передачи данных получает команды от управляющего устройства и осуществляет прием и передачу данных посредством радиоканала. В модуле передачи данных реализованы приемопередатчик в виде микросхемы, аналоговый тракт, требуемый для обеспечения работы микросхемы приемопередатчика, антенные устройства и микроконтроллер, отвечающий за управление соответствующими периферийными устройствами. Микросхема приемопередатчика используется для осуществления связи между модулем передачи данных и абонентами, в качестве которых могут быть датчики-болусы, модуль микроклимата и др. Микросхема приемопередатчика является типовой микросхемой приложений интернета вещей (IoT), позволяющей осуществлять беспроводной сбор данных телеметрии в течение длительного срока, что требует наличия автономного источника питания в датчиках-болусах. Поэтому при разработке подобных систем необходим компромисс между потреблением и мощностными характеристиками приемопередатчика,

которые определяют дальность действия, надежность и другие радиотехнические параметры.

В модуле передачи данных реализована также микросборка SIM800L, обеспечивающая функцию GSM-модема. Обмен информацией модуля передачи данных и управляющего устройства реализован проводным соединением, которое подключается к разъему, установленному на печатной плате модуля передачи данных.

Для взаимодействия с сервером, на котором реализовано ПО комплекса, подключение к сети всего комплекса происходит с участием модуля передачи данных.

Начальным этапом разработки базовой станции стала разработка принципиальных электрических и структурных схем для модуля передачи данных в составе базовой станции.

Модуль БС состоит из двух частей, соединенных между собой кабелями: мини-компьютера Raspberry Pi 4, выполняющего функцию устройства управления, и внешнего

модуля передачи данных, включающего в себя приемопередатчик для связи с датчиками-блусомами, установленными на животных и GSM-модуль для выхода в Интернет и связи с сервером.

Компьютер Raspberry Pi 4 обеспечивается питанием посредством адаптера, подключаемого к разъему USB Type-C. Питание и управление модуля передачи данных осуществляются посредством подключения с помощью проводов к компьютеру Raspberry Pi, для чего на печатную плату модуля передачи данных устанавливается 40-выводной разъем.

Печатные платы модуля передачи данных и Raspberry Pi 4 устанавливаются в стандартный корпус на закрепленные в корпусе стойки для печатных плат. В корпусе предусмотрены отверстия для выводов внешних разъемов, установленных на печатных платах.

Фрагмент сборочного чертежа и модуль базовой станции представлены на рисунке 1.

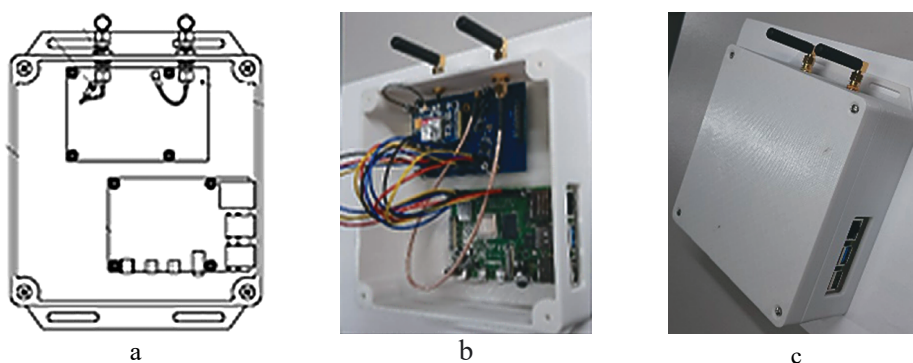


Рис. 1. Модуль базовой станции:

а – фрагмент сборочного чертежа модуля базовой станции; б – внутренний вид модуля базовой станции; в – модуль базовой станции в собранном виде

Fig. 1. Base station module:

a – fragment of an assembly drawing of the base station module; б – internal view of the base station module; в – base station module assembled

На рисунке 2 представлен фрагмент, входящий в общую принципиальную электрическую схему базовой станции, а именно GSM-модуль для связи с сервером данных. В нашем случае выбрана микросборка SIM800L, которая структурно и функционально упрощена по сравнению со стандартной микросхемой, но при этом выполняет весь требуемый в данной разработке функционал.

В схеме SIM800L питание осуществляется от Raspberry Pi напряжением +5В, которое подается на первый вывод микросборки SIM800L. Выводы 4 и 5 используются для связи с микрокомпьютером по протоколу UART. Выводы 6 и 2 подключаются на землю. Вывод 7, используемый для сброса настроек через конденсатор, подключается к земле.

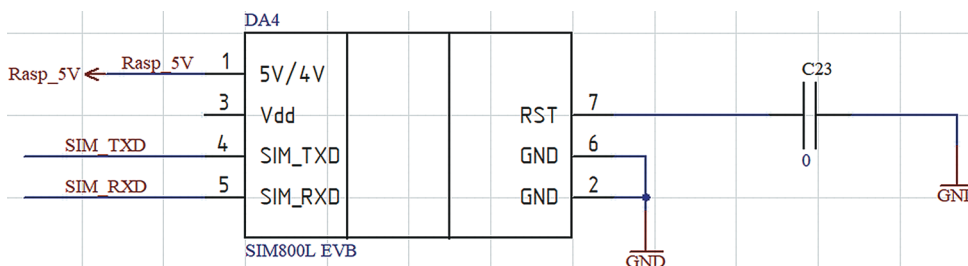


Рис. 2. Фрагмент принципиальной элетрической схемы с микросборкой SIM800L

Fig. 2. Fragment of an electrical circuit diagram with microassembly SIM800L

На рисунке 3 представлен фрагмент, входящий в общую структурную схему базовой станции. Для управления, отладки и прошивки микросхемы

приемопередатчика и микропроцессора в модуле передачи данных устанавливается штырьевой дюймовый разъем.

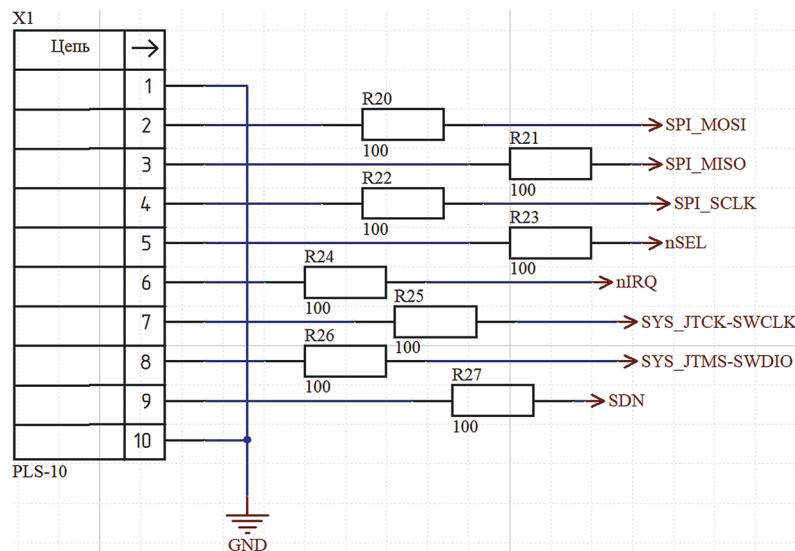


Рис. 3. Фрагмент структурной схемы со штырьевым разъемом

Fig. 3. Fragment of a block diagram with a pin connector

Крайние выводы 1 и 10 подключены к земле. Выводы 2, 3 и 4 отведены под протокол связи SPI. Контакт 5 подключается к разрешающему управляющему сигналу микросхемы приемопередатчика. Контакт 6 – сигнал прерывания той же микросхемы приемопередатчика. Контакты 7 и 8 используются для прошивки и отработки ПО микроконтроллера. Контакт 9 отведен

под управляющий сигнал плавного выключения микросхемы приемопередатчика. На всех управляющих линиях штырьевого разъема установлены токоограничивающие резисторы 100 Ом.

Основные логические функции разработанного программного обеспечения базовой станции представлены в виде блок-схемы на рисунке 4.

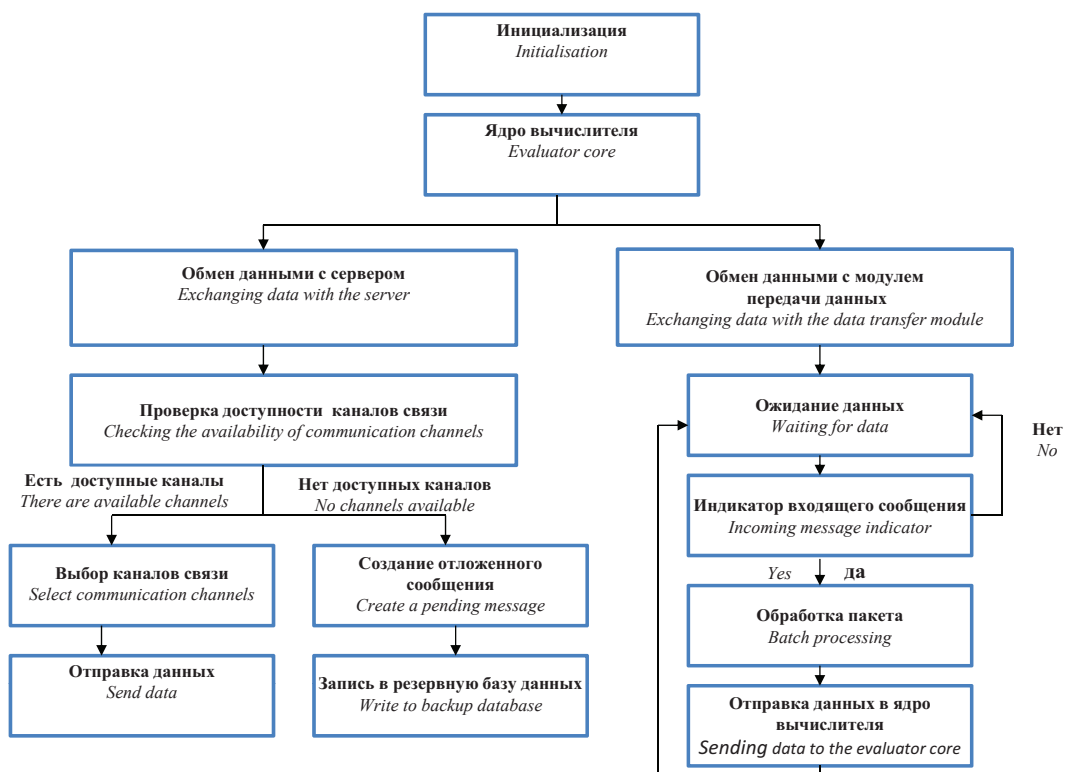


Рис. 4. Блок-схема программного обеспечения модуля базовой станции

Fig. 4. Block diagram of the base station module software

Результаты и обсуждение. Базовая станция и датчики-бюлосы в составе комплекса мониторинга КРС являются радиотехническими устройствами. Параметры дальности

действия, вероятности ошибки при передаче информации, потребления энергии связаны между собой. Радиотехнические параметры зависят от аппаратных средств

и от условий распространения. Моделирование работы радиотехнической системы является сложной математической задачей и показывает приемлемые результаты в основном на моделях большого расстояния. Это связано с трудностью учета всех факторов, влияющих на распространение и отражение радиосигнала, особенно когда необходимо учесть движущиеся объекты и изменение их параметров. При развертывании системы связи в основном осуществляются примерный расчет радиотехнических параметров и дополнительная настройка узлов системы в зависимости от условий распространения сигнала. При разработке модуля базовой станции для абонентов сети (датчиков-болюсов) был определен условный уровень сигнала в -70 дБ, при котором можно прогнозировать гарантируемое качество сеансов связи, зависящее от выбранной вероятности битовой ошибки. Для исследования работоспособности системы связи было принято решение о проведении испытаний, приближенных к реальным условиям эксплуатации. Объектом испытаний выступает модуль базовой станции.

Для проведения испытаний разработан имитатор датчика-болюса (ИДБ), имеющий такой же радиочастотный передатчик, как в датчике-болюсе, и выполняющий функцию измерения уровня принятого сигнала в условных единицах мощности принятого пакета (RSSI) и отправки данных об измеренном уровне принятого сигнала на базовую станцию.

План испытаний включал в себя следующие проверочные мероприятия:

- проверка показателей назначения объекта испытаний. Объект испытания проверяется на соответствие «Конструктивным требованиям» с применением разработанной «Методики проверки показателей назначения объекта испытаний»;
- определение минимально возможных значений параметров объекта испытаний. При проведении испытаний использовались методики определения уровней сигнала в помещениях типов «Холл» и «Коридор».

Испытания включают в себя проверку возможности одновременной поддержки абонентов, проверку возможности подключения к сети беспроводным способом и проверку возможности подключения к локальной сети.

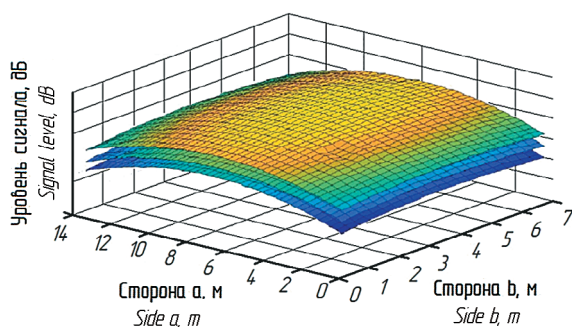


Рис. 5. Распределение уровней сигнала в помещении типа «Холл» на высоте 0,7; 0,8 и 0,9 м

Fig. 5. Distribution of signal levels in a “Hall” type room at a height of 0.7; 0.8 and 0.9 m

Результаты исследований, отраженные на рисунках 5 и 6, позволяют сделать следующие выводы.

На всех трех высотах измеренный показатель уровня сигнала в обоих типах помещений

Проверки показателей назначения объекта испытаний – таких, как возможности одновременной поддержки абонентов и подключения к сети, являются стандартными процедурами. Научный интерес представляют испытания по определению минимально возможных значений параметров объекта испытаний. Суть данного испытания сводится к передаче тестового пакета от базовой станции к имитатору датчика-болюса, измеряющему уровень принятого пакета. Измеренный уровень сигнала фиксируется во всех точках измерений сигнала. Если уровень принятого сигнала ИДБ будет выше определенного уровня сигнала -70 дБ, при котором можно прогнозировать гарантируемое качество сеансов связи, то объект испытаний будет считаться выдержавшим их по данному пункту.

Методики определения уровней сигнала в помещениях типов «Холл» и «Коридор» устанавливают способы определения минимально возможных значений параметров объекта испытаний на основе применения тех или иных технических решений при разработке объекта испытаний.

Испытания включают в себя проверки уровней сигналов в помещениях различного типа. Испытания по определению уровней сигналов в помещении типа «Холл» были выполнены в соответствии с «Методикой определения уровней сигнала».

Для помещения типа «Коридор» были определены положения для проведения измерения. При этом n (количество положений ИДБ по стороне a измеряемой комнаты) составило 6 положений, m (количество положений ИДБ по стороне b измеряемой комнаты) – 133 положения. В итоге количество положений ИДБ для проведения измерений составило 798 ед. Уточним, что для комнаты типа «Холл» количество измерений по обеим сторонам примерно одинаково. Измерения проводились для трех высот нахождения ИДБ: 0,7; 0,8; 0,9 м. Необходимость измерения на трех различных высотах обусловлена различными габаритами животных, а также дополнительной статистикой, в некоторой степени показывающей повторяемость результатов испытаний.

По полученным в ходе испытаний результатам построены графики распределения уровней сигнала в помещениях типов «Холл» (рис. 5) и «Коридор» (рис. 6).

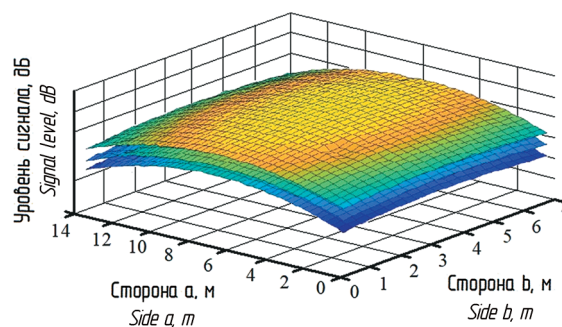


Рис. 6. Распределение уровней сигнала в помещении типа «Коридор» на высоте 0,7; 0,8 и 0,9 м

Fig. 6. Distribution of signal levels in a “Corridor” type room at a height of 0.7; 0.8 and 0.9 m

не превышает минимально допустимый уровень сигнала, равный -70 дБ, что соответствует предъявляемым требованиям. При этом наименьшее измеренное значение уровня сигнала базовой станции в помещении типа

«Холл» составило -61,4 дБ, а в помещении типа «Коридор» – -67,6 дБ. Отмечены относительно равномерное распределение уровня сигнала в помещении и повышение неоднородности в углах.

В дальнейших исследованиях планируется разработать лабораторный образец «Болюс», который будет помещён в рубец животного через фистулу.

Библиографический список

1. Сорокин В.С. Развитие рынка продукции животноводства в системе обеспечения продовольственной безопасности России // *Агроинженерия*. 2020. № 2 (96). С. 40-45. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2020-2-40-45>
2. Сердюченко И.В., Калмыков З.Т., Бобкин С.С., Балюк Л.С. Характеристика содержания и кормления КРС в условиях молочно-товарной фермы № 10 АХ «Кубань» Кореновского района // *Аллея науки*. 2018. Т. 7, № 6 (22). С. 523-526.
3. Свитенко О.В., Сердюченко И.В. Химический состав мяса бычков голштинской породы // *Научное обеспечение АПК: Сборник статей по материалам X Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 120-летию И.С. Косенко*; Отв. за вып. А.Г. Кошчаев. Краснодар: КубГАУ, 2017. С. 271-272.
4. Довлатов И.М., Прошкин Ю.А. Блок автоматизации устройства автоматического обеззараживания воздуха и контроля времени освещения в птичниках // *Агротехника и энергообеспечение*. 2019. № 2 (23). С. 82-90.
5. Свитенко О.В., Сердюченко И.В. Повышение молочной продуктивности голштинских первотелок // *Животноводство юга России*. 2017. № 6 (24). С. 24-25.
6. Довлатов И.М., Рудзик Э.С. Улучшение микроклимата в сельскохозяйственных помещениях озоном на примере птичников // *Сборник статей по итогам II Международной научно-практической конференции «Горячкинские чтения», посвященной 150-летию со дня рождения академика В.П. Горячкина*. 2019. С. 448-452.
7. Alzahal O., Kebreab E., France J., Froetschel M., McBride B.W. Ruminant temperature may aid in the detection of subacute ruminal acidosis. *Journal of Dairy Science*. 2008. № 91. Pp. 202-207
8. Дорохов А.С., Кирсанов В.В., Владимиров Ф.Е., Павкин Д.Ю., Гелетий Д.Г., Юрочка С.С., Матвеев В.Ю. Температура и уровень pH рубца КРС как показатели вероятности репродуктивного успеха // *Вестник НГИЭИ*. 2019. № 6 (97). С. 117-126.
9. Arcidiacono C., Porto S.M.C., Mancino M., Cascone G. Development of a threshold-based classifier for real-time recognition of cow feeding and standing behavioural activities from accelerometer data. *Comp. Electron. Agricult.* 2017. № 134. Pp. 124-134.
10. Mudziwepasi S.K., Scott M.S. Assessment of a wireless sensor network-based monitoring tool for zero effort technologies: a cattle-health and movement monitoring test case. 2014 IEEE6th Int. Conf. Adaptive Science & Technology (ICAST), Ota, Nigeria, 2014. 29 October. Pp. 1-6.
11. Владимиров Ф.Е., Кирсанов В.В., Павкин Д.Ю., Юрочка С.С., Никитин Е.А., Гелетий Д.Г., Рузин С.С. Измерение pH и температуры рубца у коров в послеродовой

Выводы

Результаты проведенных испытаний позволили установить относительно равномерное распределение уровня сигнала в помещении и повышение неоднородности его в углах, что позволяет найти компромисс между параметрами системы и сделать необходимые расчеты для прогнозирования работы всего комплекса.

References

1. Sorokin V.S. Razvitiye rynka produktsii zhivotnovodstva v sisteme obespecheniya prodovol'stvennoy bezopasnosti Rossii [Development of the market of livestock products in the system of ensuring food security in Russia]. *Agricultural Engineering*, 2020; 2 (96): 40-45. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2020-2-40-45> (In Rus.)
2. Serdyuchenko I.V., Kalmykov Z.T., Bobkin S.S., Balyuk L.S. Kharakteristika sodержaniya i kormleniya KRS v usloviyakh molochno-tovarnoy fermy No. 10 AKh "Kuban" Korenovskogo rayona [Characteristics of the content and feeding of cattle in the conditions of dairy farm No. 10 "Kuban", Korenovka district. *Alleya Nauki*, 2018; 7 (6): 523-526. (In Rus.)
3. Svitenko O.V., Serdyuchenko I.V. Khimicheskiy sostav myasa bychkov golshtinskoy porody [Chemical composition of the meat of Holstein gobies]. In: *Nauchnoe obespechenie APK: sbornik statey po materialam Vserossiyskoy konferentsii molodykh uchenykh, posvyashchennoy 120-letiyu I.S. Kosenko*. Ed. by A.G. Koshchaev. Krasnodar, KubGAU, 2017: 271-272. (In Rus.)
4. Dovlatov I.M., Proshkin Yu.A. Blok avtomatiki ustroystva avtomaticheskogo obezrazhivaniya vozdukhа i kontrolya vremeni osvesheniya v ptichnikakh [Automation unit of the device for automatic air disinfection and lighting time control in poultry houses]. *Agrotekhnika i energoobespechenie*, 2019; 2 (23): 82-90. (In Rus.)
5. Svitenko O.V., Serdyuchenko I.V. Povyshenie molochnoi produktivnosti holshtinskikh pervotelok [Improving the milk productivity of Holstein first-heifers]. *Zhivotnovodstvo Yuga Rossii*, 2017; 6(24): 24-25. (In Rus.)
6. Dovlatov I.M., Rudzik E.S. Uluchsheniye mikroklimate v sel'skokhozyaystvennykh pomeshcheniyakh ozonom na primere ptichnikov [Improving the microclimate in agricultural premises with ozone as exemplified by poultry houses]. In: *Sbornik statey po itogam II mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Goryachkinskiye chteniya", posvyashchennoy 150-letiyu so dnya rozhdeniya akademika V.P. Goryachkina*, 2019: 448-452. (In Rus.)
7. Alzahal O., Kebreab E., France J., Froetschel M., McBride B.W. Ruminant temperature may aid in the detection of subacute ruminal acidosis. *Journal of Dairy Science*, 2008; 91: 202-207.
8. Dorokhov A.S., Kirsanov V.V., Vladimirov F.E., Pavkin D.Yu., Geletiy D.G., Yurochka S.S., Matveyev V.Yu. Temperatura i uroven' rN rubtsа KRS kak pokazateli veroyatnosti reproduktivnogo uspekha [Temperature and pH level of the cattle rumen as indicators of probability of reproductive success]. *Vestnik NGIEI*, 2019; 6 (97): 117-126. (In Rus.)
9. Arcidiacono C., Porto S.M.C., Mancino M., Cascone G. Development of a threshold-based classifier for real-time recognition of cow feeding and standing behavioural activities from accelerometer data. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2017; 134: 124-134. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.01.021>
10. Mudziwepasi S.K., Scott M.S. Assessment of a wireless sensor network based monitoring tool for zero effort technologies: a cattle-health and movement monitoring test case. *IEEE International Conference on Adaptive Science and Technology, ICAST*, 2015. <https://doi.org/10.1109/ICASTECH.2014.7068068>
11. Vladimirov F.E., Kirsanov V.V., Pavkin D.Yu., Yurochka S.S., Nikitin Ye.A., Geletiy D.G., Ruzin S.S. Izmereniye pH i temperatury rubtsа u korov v poslerodovoy period dlya diagnostiki atsidozа [Measuring the pH and temperature of the rumen in cows in the

период для диагностики ацидоза // *Инновации в сельском хозяйстве*. 2019. № 3 (32). С. 225-232.

12. Андреев Р.Н., Леонов С.Ю., Печенин Е.А. Анализ базовых станций для систем радиосвязи уис на основе многолучевых антенных решеток // *Актуальные проблемы деятельности подразделений УИС: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции*. В 2 ч. 2019. С. 265-267.

13. Кочин В.П., Воротницкий Ю.И., Стрикелев Д.А. Быстрая оценка мощности WI-FI-сигнала при прохождении препятствий в пределах здания // *Вестник БГУ. Серия 1 «Физика. Математика. Информатика»*. 2013. № 1. С. 45-50.

Критерии авторства

Кирсанов В.В., Павкин Д.Ю., Довлатов И.М., Жмылев В.А. выполнили теоретические исследования, на основании полученных результатов провели эксперимент и подготовили рукопись. Кирсанов В.В., Павкин Д.Ю., Довлатов И.М., Жмылев В.А. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 03.06.2021

Одобрена после рецензирования 13.12.2021

Принята к публикации 17.12.2021

post-breeding period to diagnose acidosis]. *Innovatsii v sel'skom khozyaystve*, 2019; 3 (32): 225-232. (In Rus.)

12. Andreev R.N., Leonov S.Yu., Pechenin E.A. Analiz bazovykh stantsiy dlya sistem radiosvyazi UIS na osnove mnogoluchevykh antennykh reshetok [Analysis of base stations for radio communication systems based on multipath antenna arrays]. In: *Aktual'nye problemy deyatel'nosti podrazdeleniy UIS. Sbornik materialov Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii System*. In 2 parts. 2019: 265-267. (In Rus.)

13. Kochin V.P., Vorotnitsky Yu.I., Strickelev D.A. Bystraya otsenka moshchnosti WI-FI-signal'a pri prokhozhenii prepyatstviy v predelakh zdaniya [Rapid assessment of the WI-FI signal power when passing obstacles within the building]. *Vestnik BGU. Seriya 1, Fizika. Matematika. Informatika*, 2013; 1: 45-50. (In Rus.)

Contribution

V.V. Kirsanov, D.Yu. Pavkin, I.M. Dovlatov, V.A. Zhmylev performed theoretical studies, and based on the results obtained, conducted the experiment and wrote the manuscript. V.V. Kirsanov, D.Yu. Pavkin, I.M. Dovlatov, V.A. Zhmylev have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received 03.06.2021

Approved after reviewing 13.12.2021

Accepted for publication 17.12.2021