

ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА /
TECHNOLOGIES, MACHINES AND EQUIPMENT FOR THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2024.43.4>

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОДУЛЯ ДЛЯ СБОРА ИНФОРМАЦИИ О ПАРАМЕТРАХ МИКРОКЛИМАТА В
ЖИВОТНОВОДЧЕСКОМ ПОМЕЩЕНИИ НА БАЗЕ ARDUINO UNO

Научная статья

Аннотация

Современные прогрессивные информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) стремительно внедряются во все сферы агропромышленного комплекса (АПК). «Умное» сельское хозяйство позволяет в разы приумножать и интенсифицировать производство, переработку и реализацию продукции растениеводства и животноводства. В данной работе рассматривается разработка и создание модуля, способного собирать, хранить и передавать данные об основных параметрах микроклимата в животноводческом помещении на базе Arduino UNO. Предлагается использование цифровых измерительных модулей (датчик температуры и относительной влажности воздуха (DHT22), датчик освещённости (BH1750) и датчик газа (MQ-135)) для сбора и хранения данных, адаптированных к всевозможным вариациям температуры, влажности воздуха и концентрации газов. Полученная информация о микроклиматических параметрах позволит принять действенные меры сельхозпроизводителям по содержанию животных в оптимальных условиях, что, в свою очередь, приведет к увеличению их продуктивности и сокращению издержек.

Ключевые слова: микроклимат, животноводство, IoT, Arduino UNO.

DESIGN OF A MODULE FOR COLLECTING INFORMATION ABOUT MICROCLIMATE PARAMETERS IN AN
ANIMAL HOUSE BASED ON ARDUINO UNO

Research article

Abstract

Modern progressive information and communication technologies (ICT) are rapidly being introduced into all areas of the agro-industrial complex (AIC). «Smart» agriculture makes it possible to significantly increase and intensify the production, processing and sale of crop and livestock products. This work discusses the development and creation of a module capable of collecting, storing and transmitting data on the main parameters of the microclimate in a livestock building based on Arduino UNO. It is proposed to use digital measuring modules (temperature and relative humidity sensor (DHT22), light sensor (BH1750) and gas sensor (MQ-135)) to collect and store data adapted to all possible variations in temperature, air humidity and gas concentrations. The information obtained about microclimatic parameters will allow agricultural producers to take effective measures to keep animals in optimal conditions, which in turn will lead to an increase in their productivity and a reduction in costs.

Keywords: microclimate, livestock farming, IoT, Arduino UNO.

Введение

В настоящее время активно ведутся исследования, разрабатываются проекты, совершенствуются методы и подходы по внедрению автоматизированных и роботизированных комплексов в АПК [1]. Информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) динамично и достаточно быстрыми темпами интегрируются во все сектора сельского хозяйства [2]. К примеру, внедрение ИКТ в растениеводство позволяет анализировать информацию о физических параметрах окружающей среды, таких как температура и влажность. Это ведет к улучшению качества и урожайности сельскохозяйственной продукции, соответственно, к увеличению рентабельности. «Умное» животноводство, подразумевает автоматизированное управление техническими системами на фермах с помощью смартфонов. Что также приводит к сокращению затрат и увеличению продуктивности животных [3], [4]. Множество технологических проектов в сельском хозяйстве реализуются с помощью цифровых технологий «Интернет вещей» – Internet of Things – IoT. Интернет вещей позволяет получать информацию о внешней среде при помощи различного рода средств измерения, состоящих из простых датчиков (температуры, влажности, давления), приборов учёта, а также интегрированных измерительных модулей. С помощью настоящих технологий появилась возможность собирать и накапливать данные больших объёмов с последующей их обработкой, а также передавать эти данные на различные интерактивные устройства (смартфоны, компьютеры) [5], [6]. Быструю и одновременно качественную разработку интерактивных систем можно осуществить при помощи вычислительной платформы Arduino. Данная платформа включает в себя простую плату с микроконтроллером, а также специальную среду разработки для написания программного обеспечения (ПО). Популярность данной платформы связана с доступностью написания скетчей, исходного кода, отсутствием ограничений и возможностью независимого использования и распространения.

Сектор животноводства во многом зависит от условий содержания и разведения животных (птиц). В животноводческих помещениях сконцентрировано большое количество загрязнителей, переносимых по воздуху, вредных газов, пыли, микроорганизмов. Стремительное их образование определяется природно-климатическими условиями окружающей среды, плотностью размещения животных в помещении, типами кормов, а также площадью помещения, системой обработки, уровнем вентилирования воздуха, температурным режимом в помещении и т.д. В большей степени именно микроклиматические параметры (температура, влажность, газовый состав) напрямую влияют на производительность и продуктивность животных (птиц). Максимально допустимый уровень параметров микроклимата определен для каждой возрастной группы животных (птиц) и зависит как от продуктивных, так и

физиологических способностей [7], [8], [9]. Слишком высокие значения температуры и влажности окружающей среды могут спровоцировать тепловой стресс у животных, что вызовет снижение аппетита, проблемы с пищеварением, замедление прироста веса и снижение продуктивности. К примеру, содержание крупного рогатого скота (КРС) при температуре выше 24°C и влажности 59% приводит к нарушению их терморегуляции и как следствие происходят физиологические, поведенческие и продуктивные изменения. Снижается потребление корма на 10–30%, уменьшается двигательная активность на 20–50%, снижается молочная продуктивность до 35%, увеличивается падеж молодняка на 5–40%, а 10–15% рожденных при этом телят часто рождаются больными и имеют впоследствии пониженные продуктивные показатели. При беспривязном содержании на глубокой подстилке допускается содержание животных при температуре 6°C, что на 4°C ниже, чем при привязном содержании. Температура в родильном отделении должна поддерживаться на уровне 14–48°C [10].

Несмотря на значительное число фундаментальных и прикладных исследований, отсутствуют системные решения, учитывающие реакцию организма животного на тепловые стрессы и вызывающие их причины. Поэтому на сегодняшний день совершенствование методов и технических средств, которые позволят контролировать параметры микроклимата в животноводческих помещениях, является актуальной задачей. В данное время не все хозяйства имеют возможность отслеживать и управлять состоянием окружающей среды в животноводческом помещении из-за высокой стоимости технического оборудования. С помощью инновационных, адаптированных, цифровых технологий появляется возможность минимизировать затраты на получение оптимальной информации о температуре, влажности, химическом составе воздуха, освещённости и других факторах [11]. В работе обсуждается создание прототипа модуля для сбора информации о микроклимате в животноводческом помещении на платформе Arduino, в состав которой входит среда разработки скетчей (программ) Arduino UNO. Рассматриваемая разработка содержит цифровые датчики температуры и влажности, газового состава воздуха, а также освещённости, интеллектуальные измерительные модули для сбора и хранения данных, адаптированные к всевозможным условиям окружающей среды животноводческого помещения. Научно-исследовательская цель работы состоит в поиске решения проблемы надежного сбора и хранения данных о микроклимате с помощью недорогих комплектующих и аппаратной платформы Arduino с открытым исходным кодом.

Методы и принципы исследования

Для реализации заявленной цели нами было решено использовать программируемую аппаратную платформу Arduino, с помощью которой можно программировать и подключать датчики к различным модулям, в том числе обеспечивающее подключение к интернету по Wi-Fi. В среде Arduino допускается использование совместимых с ней различных микроконтроллеров. Определены микроконтроллеры ESP8266 и ATmega328, обладающие высокой скоростью работы и доступностью в использовании. Микроконтроллер ESP8266 это одноядерный процессор с частотой 80 МГц, имеющий несколько входов/выходов (general-purpose input/output (GPIO)) прямого управления, поддерживающие различные протоколы (SPI, I2C, UART, ADC, DAC и PWM). Микроконтроллер ATmega328 оснащен 8-битным процессором AVR RISC, выполняющий сложные инструкции с огромной точностью, обладает увеличенной памятью – 32 КБ флэш-памяти и большим числом входов/выходов (54 цифровых и 16 аналоговых). Аппаратное обеспечение на кристалле включает в себя внутренние генераторы, таймеры, UART, SPI, USB, подтягивающие резисторы, широтно-импульсную модуляцию, АЦП, аналоговый компаратор, драйверы ЖК-дисплея до 4x40 и сторожевые таймеры. Для измерения параметров окружающей среды в животноводческом помещении выбраны специальные цифровые датчики, которые подключаются к портам ввода-вывода микроконтроллера (рис. 1). Датчик DH22 измеряет температуру в интервале от – 40°C до + 125°C и влажность воздуха в интервале от 0% до 100%. Датчик качества воздуха MQ-135 способен обнаруживать токсичные вещества в воздухе, такие как дым, углекислый газ, аммиак, бензин, спирты, оксид азота и т.д. Диапазон измерения концентрации в миллионных долях – ppm (Parts per million, 1 ppm = 0,0001%): аммиак 10 ppm – 300 ppm, бензин 10 ppm – 1000 ppm, спирт 10 ppm – 300 ppm. В первую очередь данный датчик измеряет в воздухе концентрацию CO₂ (10 ppm – 1000 ppm). Также для измерения уровня освещённости в животноводческом помещении используется 16-битный датчик освещённости BH1750 с диапазоном измерения от 1 до 65535 лк. Данный датчик чувствителен к видимому свету и практически не подвержен влиянию инфракрасного излучения. Данные датчики доступны по цене, адаптированы к различным колебаниям окружающей и могут быть использованы для измерений параметров микроклимата в животноводческом помещении. Однако для получения достоверных значений параметров требуется калибровка средств измерения, произвести которую планируется в дальнейшем с представлением результатов в следующей работе. Для защиты электронных компонентов устройства от влияния тяжёлых и неблагоприятных условий воздушной среды (повышенная влажность и концентрация аммиака, запыленность и др.) животноводческого помещения использованы заливочные компаунды, а также плотный корпус. Разработана функциональная схема модульного устройства для измерения основных параметров микроклимата в животноводческом помещении (рис. 1). Устройство подключается к сети с напряжением 220 В и с помощью блока питания преобразуется переменный ток из розетки в постоянный ток с напряжением 5 В. На мобильном устройстве (смартфон, ноутбук) подключается режим точки доступа с подключением Internet. Далее открывается веб-страница с графическим изображением основных параметров микроклимата. Если устройство не подключено к сети Wi-Fi, то после его включения все показания микроклиматических параметров записываются и сохраняются на microSD карте. Написан листинг программ контроллеров ATmega328p и ESP8266. Arduino UNO базе микроконтроллера ATmega328p каждую секунду проверяет показания с датчиков и отправляет их на ESP8266. ESP8266 обрабатывает данные и отправляет их на веб-страницу.

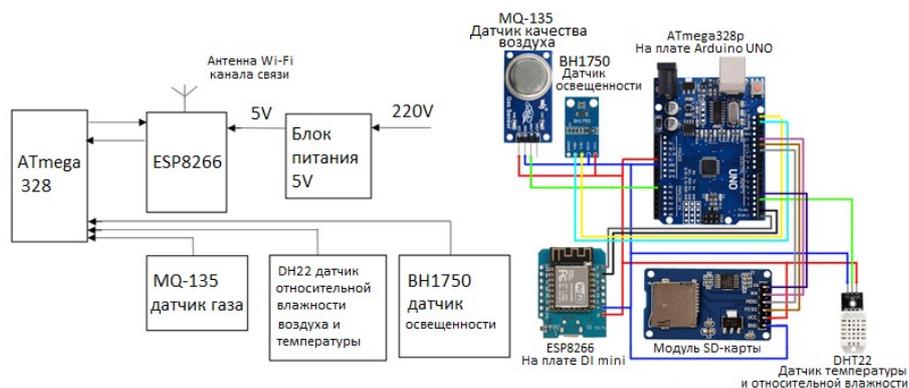


Рисунок 1 - Функциональная схема модуля для сбора информации о параметрах микроклимата в животноводческом помещении

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2024.43.4.1>

Для апробирования работы устройства измерения параметров микроклимата выбрана учебная ферма ФГБОУ ВО Иркутского ГАУ имени А. А. Ежовского, которая расположена в п. Молодёжном Иркутского района, Иркутской области. Учебная ферма состоит из нескольких помещений: административное помещение (администрация и учебные аудитории), помещение для содержания кроликов и мелкого рогатого скота (правое крыло) и помещение для крупного рогатого скота (левое крыло). Модуль был установлен в помещении для содержания КРС, в котором на момент измерений находились молодые телята (рис. 2а). Устройство с датчиками измерений параметров микроклимата и освещённости закреплен на уровне головы телят (рис. 2б)

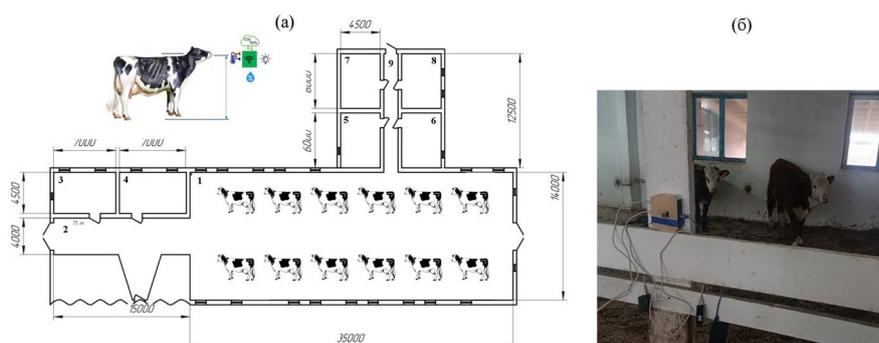


Рисунок 2 - Учебная ферма ФГБОУ ВО Иркутского ГАУ:

(а) план помещения для содержания КРС (левое крыло): 1) стойловое помещение; 2) тамбур; 3) помещение для хранения кормов; 4) помещение для приготовления влажного корма; 5) служебное помещение; 6) щитовая; 7) кладовая; 8) учебный доильный зал; 9) коридор; (б) расположение модуля для сбора информации о параметрах микроклимата

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2024.43.4.2>

Основные результаты

В результате разработан модуль для сбора информации о параметрах микроклимата в животноводческом помещении. Созданное устройство реализует работу WEB сервера на базе кристаллов ESP8266, ATmega328 и позволяет передавать данные параметров окружающей среды на любые сетевые устройства. На рисунке 3 представлены первые некалиброванные результаты измерений температуры (t , °C), относительной влажности воздуха (φ , %), газового состава воздуха (h , ppm) и освещённости (E , лк) на учебной ферме Иркутского ГАУ. Измерения проводились 21 ноября 2023 г. в дневное время продолжительностью около часа. В это время температура воздуха составила -6°C . По данным графика видно, что датчики реагируют на какие-либо изменения в окружающей среде. Например, зафиксировано изменение температуры и влажности, которое связано с тем, что в это время проводилась уборка навоза и в помещении были открыты двери.

На данном этапе работы формирование стоимости разрабатываемого модуля состоит из комплектующих частей, анализаторов параметров микроклимата и затрат на приобретение оборудования для сборки и отладки модуля. При этом оборудование может быть использовано в будущем для сборки аналогичных модулей. В связи с этим окончательная стоимость модуля мониторинга параметров микроклимата весьма условна.

Расчет окупаемости предлагаемой разработки возможен при составлении бизнес-плана и реализации проекта системы мониторинга микроклимата в животноводческих помещениях, куда будет входить разработанный модуль.

Непрерывный мониторинг основных параметров микроклимата позволит детально проанализировать условия содержания животных на ферме, выявить проблемы и принять действенные меры по их устранению.

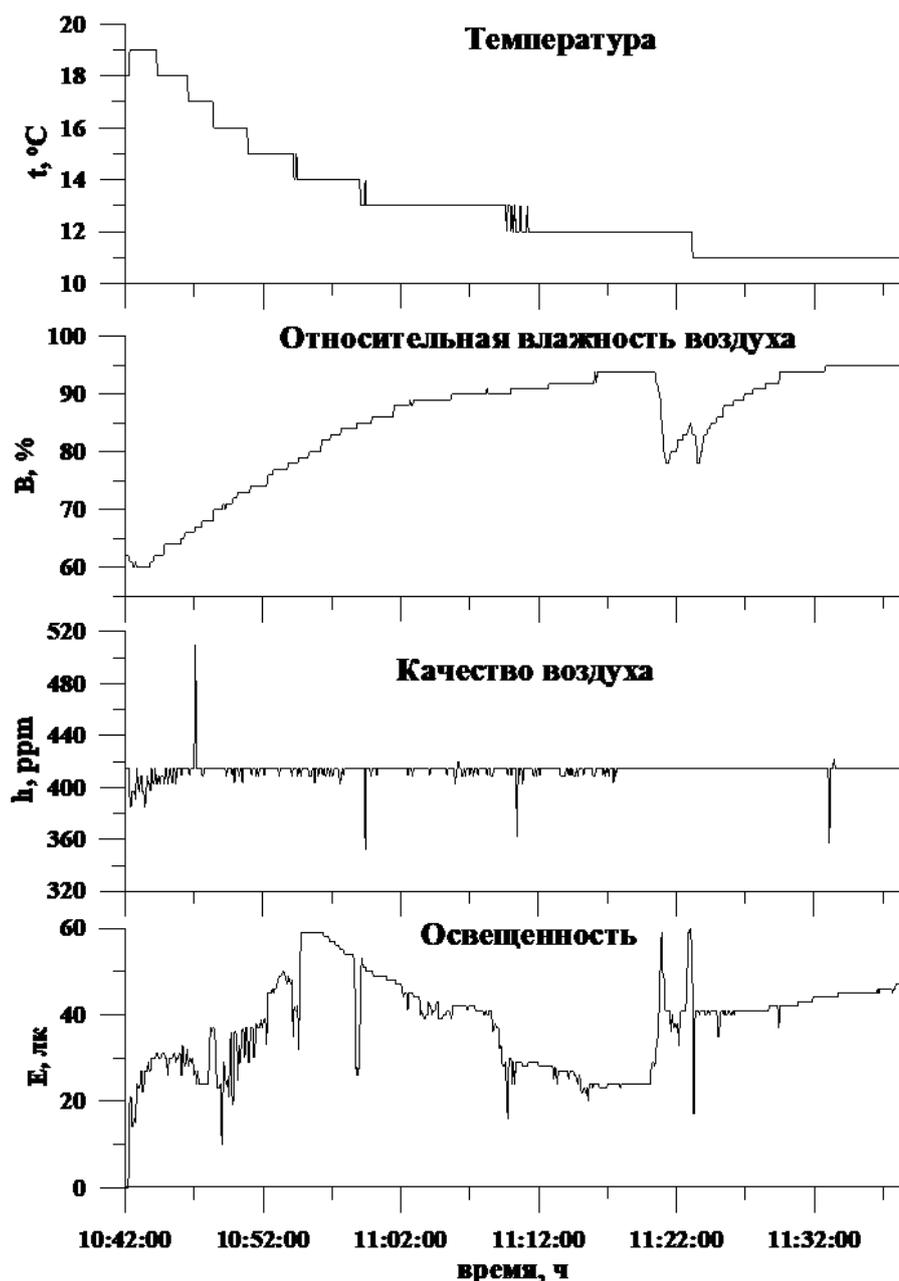


Рисунок 3 - Данные температуры, относительной влажности, газового состава и освещённости в животноводческом помещении (учебная ферма ФГБОУ ВО Иркутского ГАУ)

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2024.43.4.3>

Заключение

Разработан и создан модуль для сбора информации о параметрах микроклимата в животноводческом помещении на базе Arduino UNO. Разработанный автоматизированный модуль позволяет наблюдать в режиме реального времени основные параметры микроклимата в помещении для содержания животных (птиц) разного вида. Кроме того, накопленные данные будут полезны для научных исследований в области животноводства, а также для моделирования системы управления микроклиматом в животноводческом помещении для каждой возрастной группы животных (птиц) с учетом их физиологических и продуктивных способностей. Данный модуль относительно недорого стоит и может быть доступен небольшим крестьянско-фермерским хозяйствам, семейным фермам, а также различным сельскохозяйственным предприятиям.

Работа выполнена в рамках конкурса «Студенческий стартап» Фонда содействия инновациям (<https://fasie.ru/>), а также в рамках конкурса НИОКР молодых ученых на соискание гранта ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет имени А. А. Ежовского».

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Клибанова Ю. Ю. Разработка автоматизированной системы диагностики микроклимата в животноводческих комплексах / Ю. Ю. Клибанова, И. Е. Гамаюнов // Проблемы и перспективы устойчивого развития агропромышленного комплекса : Материалы II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, п. Молодежный, 05–06 ноября 2020 года. — п. Молодежный : Иркутский государственный аграрный университет им. А. А. Ежевского, 2020. — С. 170–177.
2. Bao J. Artificial Intelligence in Animal Farming: A systematic literature review / J. Bao, Q. Xie // Journal of Cleaner Production. — 2022. DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.129956
3. Kim G. M. A Case Study on Smart Livestock with Improved Productivity after Information and Communications Technologies Introduction / G. M. Kim // International Journal of Advanced Culture Technology. — 2021. — № 19(1). — P. 177–182. DOI: 10.17703/IJACT.2021.9.1.177
4. Arulmozhi E. Machine Learning-Based Microclimate Model for Indoor Air Temperature and Relative Humidity Prediction in a Swine Building / E. Arulmozhi, J. K. Basak, T. Sihalath et al. // Animals. — 2021. — № 11. — P. 222. DOI: 10.3390/ani11010222
5. Лесников А. С. Особенности технологии интернет вещей / А. С. Лесников, А. П. Суворов // Вестник Воронежского института высоких технологий. — 2020. — № 2(33). — С. 24–27.
6. Park J. K. Animal Monitoring Scheme in Smart Farm using Cloud-Based System / J. K. Park, E. Y. Park // ECTI-CIT Transactions. — 2020. — V. 15. — № 1. — P. 24–33. DOI: 10.37936/ecti-cit.2021151.240087
7. Ильин Р. М. Обоснование параметров системы мониторинга микроклимата в животноводческих помещениях / Р. М. Ильин, С. В. Второй // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. — 2017. — № 92. — С. 212–217.
8. Павлов С. А. Параметры микроклимата животноводческих помещений и их влияние на организм животного / С. А. Павлов // Климат, экология и сельское хозяйство Евразии : Материалы XII международной научно-практической конференции, п. Молодежный, 27–28 апреля 2023 года. — п. Молодежный : Иркутский государственный аграрный университет им. А. А. Ежевского, 2023. — С. 281–286.
9. Кульмакова Н. И. Зоогиена : учебное пособие для вузов / Н. И. Кульмакова, И. Н. Хакимов и др. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 208 с.
10. Ветеринарно-санитарные требования «Ветеринарно-санитарные требования при проектировании, строительстве, реконструкции и эксплуатации животноводческих помещений» от 23.05.2017 № РД-АПК 3.10.07.05-17 // Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. — 2017.
11. Клибанова Ю. Ю. Опытный образец интеллектуальной системы измерения микроклиматических параметров животноводческого помещения / Ю. Ю. Клибанова, Р. Е. Барахтенко, А. Е. Гусаров // Климат, экология и сельское хозяйство Евразии : Материалы XII международной научно-практической конференции, п. Молодежный, 27–28 апреля 2023 года. Том II. — п. Молодежный : Иркутский государственный аграрный университет им. А. А. Ежевского, 2023. — С. 90–95.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Klibanova Yu. Yu. Razrabotka avtomatizirovannoj sistemy diagnostiki mikroklimate v zhivotnovodcheskih kompleksah [Development of an Automated System for Diagnosing Microclimate in Livestock Complexes] / Yu. Yu. Klibanova, I. E. Gamayunov // Problemy i perspektivy ustojchivogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa : Materialy II Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, p. Molodezhnyj, 05–06 nojabrja 2020 goda [Problems and Prospects of Sustainable Development of the Agro-Industrial Complex : Materials of the II All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation, Molodezhny settlement, November 05-06, 2020]. — Molodezhny settlement : Irkutsk State Agrarian University named after A. A. Yezhevsky, 2020. — P. 170–177. [in Russian]
2. Bao J. Artificial Intelligence in Animal Farming: A systematic literature review / J. Bao, Q. Xie // Journal of Cleaner Production. — 2022. DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.129956
3. Kim G. M. A Case Study on Smart Livestock with Improved Productivity after Information and Communications Technologies Introduction / G. M. Kim // International Journal of Advanced Culture Technology. — 2021. — № 19(1). — P. 177–182. DOI: 10.17703/IJACT.2021.9.1.177
4. Arulmozhi E. Machine Learning-Based Microclimate Model for Indoor Air Temperature and Relative Humidity Prediction in a Swine Building / E. Arulmozhi, J. K. Basak, T. Sihalath et al. // Animals. — 2021. — № 11. — P. 222. DOI: 10.3390/ani11010222
5. Lesnikov A. S. Osobennosti tehnologii internet veshhej [Features of the Internet of Things Technology] / A. S. Lesnikov, A. P. Suvorov // Vestnik Voronezhskogo instituta vysokih tehnologij [Bulletin of the Voronezh Institute of High Technologies]. — 2020. — № 2(33). — P. 24–27. [in Russian]

6. Park J. K. Animal Monitoring Scheme in Smart Farm using Cloud-Based System / J. K. Park, E. Y. Park // ECTI-CIT Transactions. — 2020. — V. 15. — № 1. — P. 24–33. DOI: 10.37936/ecti-cit.2021151.240087
7. Ilyin R. M. Obosnovanie parametrov sistemy monitoringa mikroklimata v zhivotnovodcheskih pomeshhenijah [Substantiation of Parameters of the Microclimate Monitoring System in Livestock Premises] / R. M. Ilyin, S. V. Vtoriy // Tehnologii i tehnicheckie sredstva mehanizirovannogo proizvodstva produkcii rastenievodstva i zhivotnovodstva [Technologies and Technical Means of Mechanized Production of Crop and Livestock Products]. — 2017. — № 92. — P. 212–217. [in Russian]
8. Pavlov S. A. Parametry mikroklimata zhivotnovodcheskih pomeshhenij i ih vlijanie na organizm zhivotnogo [Parameters of the Microclimate of Livestock Premises and Their Effect on the Animal's Body] / S. A. Pavlov // Klimat, jekologija i sel'skoe hozjajstvo Evrazii : Materialy XII mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, p. Molodezhnyj, 27–28 aprelja 2023 goda [Climate, Ecology and Agriculture of Eurasia : Materials of the XII International Scientific and Practical Conference, Molodezhny settlement, April 27–28, 2023]. — Molodezhny settlement : Irkutsk State Agrarian University named after A. A. Yezhevsky, 2023. — P. 281–286. [in Russian]
9. Kulmakova N. I. Zoogigiena : uchebnoe posobie dlja vuzov [Zoohygiene : textbook for universities] / N. I. Kulmakova, I. N. Khakimov et al. — St. Petersburg : Lan, 2021. — 208 p. [in Russian]
10. Veterinarno-sanitarnye trebovanija «Veterinarno-sanitarnye trebovanija pri proektirovanii, stroitel'stve, rekonstrukcii i jekspluatacii zhivotnovodcheskih pomeshhenij» [Veterinary and sanitary requirements "Veterinary and Sanitary Requirements for the Design, Construction, Reconstruction and Operation of Livestock Facilities"] dated 23.05.2017 No. RD-APK 3.10.07.05-17 // Ministerstvo sel'skogo hozjajstva Rossijskoj Federacii [Ministry of Agriculture of the Russian Federation]. — 2017. [in Russian]
11. Klibanova Yu. Yu. Opytnyj obrazec intellektual'noj sistemy izmerenija mikroklimataticheskih parametrov zhivotnovodcheskogo pomeshhenija [Prototype of an Intelligent System for Measuring Microclimatic Parameters of Livestock Premises] / Yu. Yu. Klibanova, R. E. Barakhtenko, A. E. Gusarov // Klimat, jekologija i sel'skoe hozjajstvo Evrazii : Materialy XII mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, p. Molodezhnyj, 27–28 aprelja 2023 goda. Tom II [Climate, Ecology and Agriculture of Eurasia : Materials of the XII International Scientific and Practical Conference, Molodezhny settlement, April 27–28, 2023. Volume II]. — Molodezhny settlement : Irkutsk State Agrarian University named after A. A. Yezhevsky, 2023. — P. 90–95. [in Russian]