

не нужны, так как уровни постоянного тока на выходах будут отличаться друг от друга не более чем на несколько десятых вольта. Если необходима точная установка, дополнительным потенциометром 500 кОм можно сделать постоянный ток, текущий через нагрузку, равным нулю.

В результате моделирования были подобраны оптимальные параметры элементов мостового усилителя для получения максимальной мощности в нагрузке (оптимальные параметры элементов показаны на рисунке 1). Затем возможно виртуально разместить элементы схемы на плате, провести её трассировку и приступить к созданию реального устройства.

Таким образом, программа Micro-Cap позволяет достаточно легко проектировать электронные схемы, подбирать и изменять типы и номиналы элементов для задания различных режимов работы схемы; просмотреть входные, выходные и промежуточные сигналы с целью корректировки схемы и получения необходимых выходных параметров.

#### Литература

1. Матвеев И.П. Методика применения программы схемотехнического моделирования Micro-Cap в учебном процессе // Информатизация образования, №1, с.44-54, 2012 г.
2. Граф Р., Шиитс В. Энциклопедия электронных схем // М.: ДМК-пресс – 2010 – с.77.

УДК 681.51; 621.314; 621.316

### **РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ**

**Клибанова Ю.Ю.**, к.ф.-м.н., доцент, **Павлов С.А.**, PhD в области ветеринарии, к.в.н.,  
**Брахтенко Р.Е.**, студент, **Гусаров А.Е.**, студент

Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, г. Иркутск

В работе рассматривается разработка и создание прототипа интеллектуальной системы диагностики параметров микроклимата животноводческих помещений, предполагающая наличие цифровых измерительных модулей для сбора и хранения данных, адаптированных к всевозможным вариациям температуры, влажности воздуха и концентрации различных видов газов.

Одним из важных показателей в животноводческом помещении является обеспечение благоприятной окружающей среды, определяющей устойчивость внутреннего равновесия организма животного [4, 5]. Поэтому необходим постоянный контроль и поддержание основных параметров микроклимата (температуры, влажности, скорости движения воздуха), а также других факторов комфортности среды (газового состава воздуха, освещения) в помещении для содержания животных. На сегодняшний день в России и за рубежом разработаны устройства для измерения и контроля параметров микроклимата в режиме реального времени для различного вида помещений. Однако данные системы в основном контролируют два параметра температуру и относительную влажность воздуха, и не учитывают состояние газового состава воздуха. И, как правило, большинство таких устройств адаптированы для работы в помещении с неагрессивной окружающей средой (цех по производству колбас, фармацевтическое помещение и т.д.) [1]. Инновационные цифровые технологии позволяют разрабатывать такие системы, с помощью которых можно получать любую необходимую информацию о параметрах окружающей среды. Для реализации проекта разработки прототипа системы диагностики параметров микроклимата животноводческих помещений нами использована программируемая аппаратная платформа Arduino UNO, допускающая использование в ней различных микроконтроллеров, датчиков температуры и влажности, газового состава воздуха и освещённости, а также подключение к интернету по Wi-Fi [2, 3, 6]. На рисунке 1 показан внешний вид и компоненты прототипа цифровой системы диагностики микроклимата животноводческих помещений. Выбраны

## Секция 2: Энерготехнологии и автоматизация технологических процессов АПК

микроконтроллеры ESP8266 и ATmega328, обладающие высокой скоростью работы и доступностью в использовании. Для измерения температуры и влажности использован датчик HTU21D, который выдает более точные показания, в отличие распространённого DHT22, и калибруется на заводе. Для измерения качества воздуха применялся датчик MQ-135, который способен обнаруживать различные газы, включая аммиак, дым, бензол, угарный газ и др. У него широкий диапазон измерения концентрации газов в ppm (1 ppm = 0,0001%). BH1750 - 16-битный датчик освещенности с диапазоном измерения от 1 до 65535 лк. Все эти датчики доступны по цене, просты в использовании и установке, потребляют небольшое количество энергии и адаптированы к различным колебаниям окружающей.

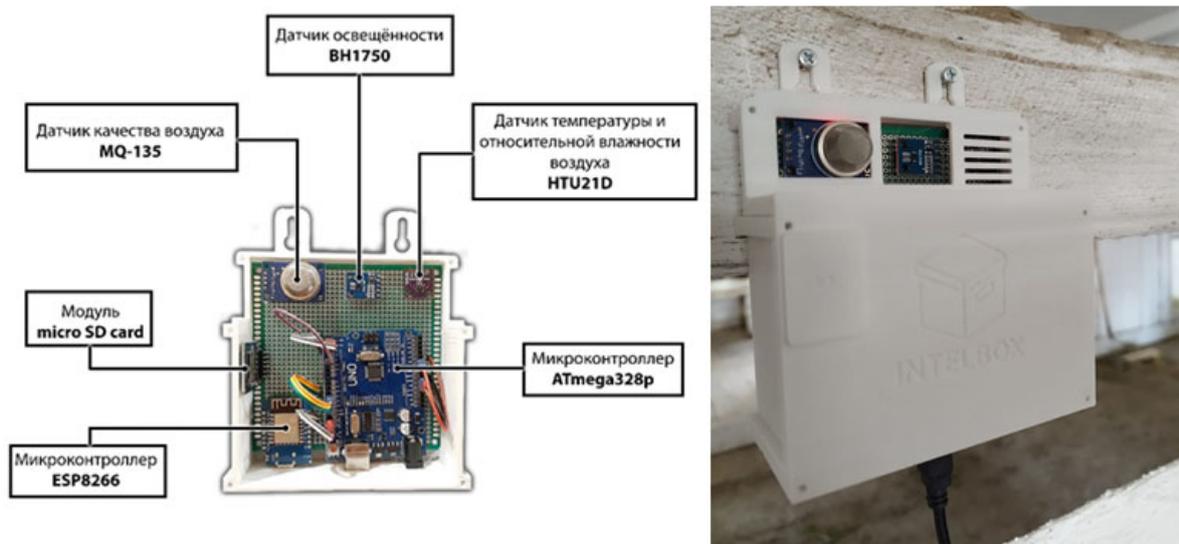


Рисунок 1 – Внешний вид и компоненты прототипа цифровой системы диагностики микроклимата животноводческих помещений

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, а так же с помощью портативных аккумуляторов, емкостью от 20000 мАч. Для защиты электронных компонентов устройства от влияния тяжёлых и неблагоприятных условий воздушной среды (повышенная влажность и концентрация аммиака, запыленность и др.) животноводческого помещения использован плотный корпус. Степень защиты IP (International/Ingress Protection Rating) устройства должна быть не ниже IP67. В первую очередь нужно защитить плату управления, модуль SD карты. Разработан чертёж корпуса устройства и с помощью программы Blender 3D по чертежу создана 3D модель в формате STL. STL файл экспортирован через программу PrusaSlicer в набор команд и координат(gcode) и воссоздан на 3D принтере методом наплавления (FMD). Написан листинг программ контроллеров ATmega328p и ESP8266. Arduino UNO базе микроконтроллера ATmega328p ежесекундно проверяет показания с датчиков и отправляет их на ESP8266. ESP8266 обрабатывает данные и отправляет их на веб страницу. Предложенный прототип дает представление о работе и функционировании интеллектуальной системы при определённых условиях. В настоящее время ведутся работы по испытанию прототипа системы в реальных производственных условиях (помещения по содержанию КРС, в частности на учебной ферме ФГБОУ ВО Иркутского ГАУ). Проводятся замеры параметров микроклимата сертифицированными приборами для анализа точности показаний цифровых датчиков. Данный проект реализован в рамках конкурса «Студенческий Стартап» Фонда содействия инновациям, а так же в рамках конкурса НИОКР молодых ученых на соискание гранта ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет имени А.А. Ежовского» [7].

Литература

1. 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. – 92. – 2017. – с. 212-217.
2. 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.
3. 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. – EDN YHFLDF.
4. Павлов, С.А. Обоснование соблюдения основных параметров микроклимата при содержании крупного рогатого скота / С. А. Павлов, Ю. Ю. Клибанова, Р. Е. Барахтенко, А. Е. Гусаров // Проблемы и перспективы устойчивого развития агропромышленного комплекса : Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти Александра Александровича Ежевского, п. Молодежный, 16–17 ноября 2023 года. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2023. – С. 289-294.
5. 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.
6. Павлов, С. А. Проектирование модуля для сбора информации о параметрах микроклимата в животноводческом помещении на базе Arduino UNO / С. А. Павлов, Ю. Ю. Клибанова, Р. Е. Барахтенко, А. Е. Гусаров // Journal of Agriculture and Environment. – 2024. – № 3(43). – <https://doi.org/10.23649/JAE.2024.43.4>
7. Павлов, С. А. Система диагностики параметров микроклимата животноводческих помещений «intelbox» / С. А. Павлов, Ю. Ю. Клибанова, Р. Е. Барахтенко, А. Е. Гусаров // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии : Материалы XIII Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского», п. Молодежный, 25–26 апреля 2024 года. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2024. – С. 225-231.

УДК 63:004.738.5

**МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ  
ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ В АПК**

**Ковалев В.А.**, к.т.н, доцент, **Крутов А.В.**, к.т.н, доцент, **Скочек И.И.**

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Одной из основополагающих технологий 4-й промышленной революции (Индустрии 4.0) является Интернет Вещей (Internet of Things – IoT). Под ним понимают концепцию сети передачи данных между физическими объектами («вещами»), оснащёнными встроенными средствами и технологиями для взаимодействия друг с другом или с внешней средой [1].