УДК 004

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА АППАРАТНОГО И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ МИКРОКЛИМАТИЧЕСКОЙ МЕТЕОСТАНЦИИ

Раевский В.А.
канд. техн. наук,
Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского,
Калуга, Россия

Липатова М. А.
магистрант,
Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского,
Калуга, Россия

Аннотация

В представленной статье сравнивается функционал существующих устройств, анализируются их достоинства и недостатки; приводится обоснование актуальности разработки микроклиматической метеостанции с возможностью интеграции в систему «умный дом». Определяются требования к системе контроля качества воздуха и параметров микроклимата на основе существующих стандартов и Технического задания Заказчика. Проводится сравнительный анализ и обоснование выбора аппаратного и программного обеспечения для реализации микроклиматической метеостанции.

Ключевые слова: микроклиматическая метеостанция, аппаратное обеспечение, программное обеспечение, обоснование выбора.

CHOICE JUSTIFICATION OF HARDWARE AND SOFTWARE FOR IMPLEMENTATION MICROCLIMATIC WEATHER STATION

Raevsky V.A.
Candidate of Technical Sciences,
Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovski,
Kaluga, Russia

Lipatova M.A.
Master's Degree Student,
Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovski,
Kaluga, Russia

Abstract
The presented article compares the functionality of existing devices, analyzes their advantages and disadvantages; substantiates the relevance of developing a microclimatic weather station with the possibility of integration into the smart home system. The requirements for the air quality control system and microclimate parameters are determined based on existing standards and the Customer's Technical Specifications. A comparative analysis and justification of the choice of hardware and software for the implementation of a microclimatic weather station is carried out.

Keywords: microclimatic weather station, hardware, software, justification of the choice.

Обоснование актуальности разработки системы контроля качества воздуха и параметров микроклимата (микроклиматической метеостанции). В настоящее время на рынке представлено большое

количество метеостанций, предназначенных для контроля микроклимата помещений. Был проведен анализ функционала некоторых устройств и на его основе определены достоинства и недостатки вышеназванных систем контроля.

На рис. 1 представлен цифровой гигрометр комнатный MINI 3 для измерения влажности и температуры; может использоваться как в домашних условиях, так и в офисах, школах, больницах и других общественных местах [14]. Стоимость: 300 руб.

Рис. 1 – Гигрометр комнатный для измерения влажности и температуры

Функционал устройства:

1) Измерение показателей температуры и влажности в реальном времени.
2) Отображение значений на дисплее.

Достоинства:

1) Компактность.
2) Крупный шрифт.
3) Индикатор комфорта.

Недостатки:

1) Не может собирать статистику по показателям микроклимата.
2) Измеряет только температуру и влажность.

3) Не может быть интегрирован в систему умного дома.

Многофункциональная домашняя погодная станция FanJu с тонким ЖК экраном с цветной подложкой и беспроводным датчиком в комплекте представлена на рис. 2 [16]. Стоимость: 2300 руб.

Рис. 2 – Многозонная метеостанция

Функционал устройства:

1) Основное устройство измеряет параметры микроклимата помещения, дополнительный датчик может быть установлен на улице.

2) Измеряет параметры: атмосферное давление, влажность в помещении, влажность снаружи, температура в помещении, температура снаружи.

3) Выводит измеренные значения на дисплей, а также время, фазу луны.

4) Выводит прогноз погоды на ближайшее время на основании показателей датчика снаружи.

Достоинства:

1) Дополнительный датчик.

2) Возможность составления прогноза.

3) Широкий диапазон измерения и различные форматы отображения данных.

Недостатки:

1) Измеряет только температуру, влажность и атмосферное давление.
2) Не может быть интегрирован в систему умного дома.
3) Высокая стоимость.

В качестве устройств, которые поддерживают интеграцию в систему умного дома, на рынке присутствуют отдельные датчики. Достоинство такого подхода заключается в том, что пользователь может установить датчики только на те показатели, которые планирует отслеживать. Недостаток подхода в том, что каждое устройство придется приобретать и настраивать отдельно; также отсутствует возможность сбора и просмотра статистики. Проведенный анализ [15, 18, 19, 20] показывает, что разработка микроклиматических метеостанций с полноценной интеграцией в системы «умного дома» не ведется.

Таким образом, разработка отечественной микроклиматической метеостанции, обеспечивающей снятие широкого спектра показателей микроклимата и имеющей возможность интеграции в систему «умного дома», является актуальной задачей.

Определение требований к системе контроля качества воздуха и параметров микроклимата. Существующие стандарты микроклимата помещений установлены в Постановлении Главного государственного санитарного врача РФ от 29 декабря 2010 г. № 189 [17]. Данные нормы регламентируют оптимальные и допустимые параметры температуры, влажности и других показателей для различных типов помещений:

1) Температурный режим. Оптимальные значения: 20-23°C для жилых помещений. Допустимые отклонения: ±2°C.

2) Влажность воздуха. Оптимальные значения: 45-50%. Допустимые отклонения: 40-60%.

3) Концентрация CO_2. Оптимальная концентрация углекислого газа для жилых помещений: до 400 ppm.

4) Атмосферное давление. Оптимальное значение 740 мм.рт.ст.

Анализ Технического задания Заказчика позволил определить следующие требования к системе:

1) Структура системы представляет собой физическое устройство на базе микроконтроллера с WI-FI-модулем с подключенными к нему датчиками, а также программное обеспечение, обеспечивающее корректную работу датчиков, анализ показаний и отправку данных по WI-FI.

2) Требования к надежности определяются снятием и выводом корректных данных, а также их безошибочной отправкой.

3) Требования к безопасности по отношению к работе ПО не выдвигаются.

4) Требования к эргономике и технической эстетике определяются внешним видом физического устройства.

5) Требования к защите информации от несанкционированного доступа определяются защищенным соединением между физическим устройством и Яндекс-станцией.

6) Требования по сохранности информации при авариях не выдвигаются, поскольку устройство способно работать в автономном режиме, а при таких условиях эксплуатации при нарушении работы устройства его достаточно перезапустить.

7) Требования к функциям, выполняемым системой:

– По отношению к физическому устройству: наличие дисплея, WI-FI-модуля, датчиков влажности, давления, температуры и углекислого газа.

– По отношению к ПО: обеспечение функционирования датчиков, анализ результатов замеров и построение соответствующих графиков на дисплее; отправка текущих данных по WI-FI на Яндекс станцию по запросу.

– Диагностика системы должна проводиться в течение двух недель с анализом показаний и сравнением с независимыми источниками.

– Требования к модернизации системы включают возможность расширения ассортимента датчиков, а также создание веб-приложения.

Сравнительный анализ и обоснование выбора микроконтроллеров для реализации системы контроля качества воздуха и параметров микроклимата. Правильный выбор микроконтроллера определяет эффективность и экономическую целесообразность проекта, особенно в условиях разработки IoT-решений, где требуется оптимальное сочетание производительности, энергопотребления и стоимости.

В таблице 1 приведены характеристики микроконтроллеров ESP32-C3, ESP32-S3, STM32, Arduino Mega [2, 8, 9, 11].

Таблица 1 – Характеристики микроконтроллеров

	ESP32-C3	ESP32-S3	STM32	Arduino Mega
Процессор	одноядерный RISC-V, до 160 МГц	двухъядерный RISC-V, до 240 МГц	одно- или двухъядерный ARM Cortex, 100-200 МГц	ATmega2560, 16 МГц
Память	4 МБ Flash; 800 КБ SRAM; 16 КБ RTC-RAM	4/16 МБ Flash; 384 КБ SRAM; 8 МБ RTC-RAM	Варьируется в зависимости от модели	256 МБ Flash; 8 КБ SRAM; 4 КБ EEPROM
Модули связи	Wi-Fi 2,4 ГГц; Bluetooth 5,0; BLE	Wi-Fi 6 (802.11ax); Bluetooth 5,2; BLE; Zigbee; LoRa	Требуется внешнее решение	54 цифровых входа/выхода (15 с ШИМ); 16 аналоговых входов
Безопас-ность	AES-128/256; SHA-256; RSA; ECC; RNG	Расширенный набор криптографических функций, аппаратное ускорение, защита памяти	Базовый набор защитных механизмов	-
Преиму-щества	Низкая стоимость, энергоэффектив-ность, встроенные беспроводные модули	Высокая производительность, встроенные современные беспроводные мо-дули, расширенная защита	Универсальность, разнообразие моделей, гибкость настройки	Большое количество портов ввода/вывода, простота использования, широкая экосистема

На основании приведенных характеристик и выделенных преимуществ, учитывая требования Технического задания Заказчика, можно сделать следующие выводы.

ESP32-C3 обладает оптимальной производительностью для большинства IoT-задач, процессор обеспечивает достаточную мощность для сборки данных, обработки простых алгоритмов, работы с беспроводными модулями. Обладает памятью, достаточной для основного кода, базовых алгоритмов и небольших буферов данных. Благодаря модулям Wi-Fi и Bluetooth обеспечивает достаточную скорость передачи данных, низкое энергопотребление и простоту интеграции в IoT-системы. Обладает оптимизированным энергопотреблением. Имеет достаточное количество алгоритмов обеспечения безопасности данных в простых задачах, не требующих повышенной безопасности. Обеспечивает оптимальное соотношение цена/качество для массового производства IoT-устройств, носимых устройств, умного дома, медицинских устройств и систем мониторинга.

ESP32-S3 обладает максимальной производительностью в линейке. Обладает многозадачностью, способен работать с мультимедиа, поддерживать высокие скорости передачи данных, а также обрабатывать сложные вычисления. Способен работать с большими размерами данных, обрабатывать медиаконтент, хранить сложные алгоритмы. Благодаря модулям Wi-Fi и Bluetooth способен обеспечивать высокую скорость передачи данных, обладает расширенным частотным диапазоном, но имеет более высокое энергопотребление. Обеспечивает повышенную защиту данных. Имеет сравнительную высокую стоимость, оптимален для использования в требовательных IoT-проектах, мультимедийных приложенных, промышленного интернета вещей, систем с высокими требованиями к безопасности.

STM32 обладает достаточной производительностью, обеспечивает гибкий выбор характеристик памяти внутри линейки. Обладает возможностью гибкой

настройки режимов энергопотребления и оптимизацией их под конкретную задачу, однако требует внешнего модуля для обеспечения беспроводной связи. Обеспечивает базовый набор механизмов защиты данных. Является универсальным решением для большинства проектов на основе микроконтроллера за счет своей гибкости.

Arduino Mega имеет сравнительно низкую производительность, обладает ограниченным объемом памяти. Не имеет встроенных модулей для беспроводной передач данных, оптимизированных режимов энергопотребления и встроенных механизмов защиты данных. Характерна низкая цена, доступность компонентов и низкая стоимость разработки, таким образом, оптимален для простых проектов, обучения и прототипирования.

Исходя из вышесказанного, для реализации системы выбран микроконтроллер ESP32-C3, поскольку для данного проекта он обладает наиболее подходящими характеристиками:

1) Обладает достаточно низкой стоимостью, что уменьшает себестоимость устройства.

2) Обладает встроенными модулями беспроводного обмена данными, которые обеспечивают стабильную передачу простейших данных. Данные проекта достаточно просты по структуре и малы по объему.

3) Обеспечивает базовую защиту данных. Данные проекта не относятся к данным, требующим повышенной защиты.

4) Обеспечивает удобные механизмы для разработки IoT-систем и интеграции в них, что позволит обеспечить достаточно быструю и эффективную работу с Яндекс.Станцией.

5) Доступность и дешевизна компонентов для проектирования устройства.

6) Обладает оптимизированным энергопотреблением, что позволит обеспечить долгую работу устройства без подзарядки.

7) Обладает достаточной производительностью и количеством памяти для разработки системы, поскольку данные представлены в небольшом объеме и сложность алгоритмов невысока.

Сравнительный анализ и обоснование выбора датчиков для реализации системы контроля качества воздуха и параметров микроклимата. На рынке существуют комбинированные датчики, которые могут снимать все требуемые параметры микроклимата. К ним относятся BME680, BME280, SHT31/SHT35 [3, 4, 6]; характеристики датчиков представлены в таблице 2.

На основании приведенных характеристик, учитывая требования Технического задания Заказчика, можно сделать следующие выводы.

Таблица 2 – Характеристики датчиков

	BME680	BME280	SHT31/SHT35
Температурный диапазон	от -40°C до +85°C	от -40°C до +85°C	от -40°C до +125°C
Точность температуры	±1.0°C	±1.0°C	±0,3°C
Диапазон влажности	0-100%	0-100%	0-100%
Точность влажности	±3%	±3%	±2%
Диапазон давления	300 – 1100 гПа	300 – 1100 гПа	-
Точность давления	±1 гПа	±1 гПа	-
Интерфейсы	I2C, SPI	I2C, SPI	I2C
Напряжение питания	1,8-3,8 В	1,7-3,6 В	1,7-3,6 В
Особенности	встроенный датчик газов (VOC)	-	-

ME680 обеспечивает высокую точность измерения по всем параметрам, имеет уникальный датчик газов (VOC) и низкое энергопотребление. Может быть использован при необходимости измерения качества воздуха, в проектах «умного дома» и в системах контроля загрязнений.

BME280 обеспечивает высокую точность измерения по всем параметрам, низкое энергопотребление. Отсутствует датчик газов. Может быть использован

при необходимости измерения микроклимата, в метеостанциях и системах микро-контроля.

SHT31/SHT35 обеспечивает самую высокую точность измерения по всем параметрам и имеет очень низкое энергопотребление. Может быть использован при высоких требованиях к точности, в медицинских устройствах, в лабораторных условиях

Исходя из вышесказанного, для реализации системы выбран датчик BME680 имеет достаточную точность измерений, содержит датчик газов, с помощью которого можно проводить определение качества воздуха, кроме того, существует несколько библиотек для написания программного обеспечения для этого датчика.

Сравнительный анализ и обоснование выбора лингвистического программного обеспечения для реализации системы контроля качества воздуха и параметров микроклимата. Проанализированы возможности существующих сред разработки программного обеспечения для микроконтроллера ESP32-C3 (Arduino IDE, PlatformIO, Eclipse). Определены следующие преимущества и недостатки.

Arduino IDE, классическая среда разработки, специально адаптированная для работы с микроконтроллерами Arduino и ESP32 [10].

Преимущества:

1) Простота использования: интуитивно понятный интерфейс, идеально подходит для начинающих.
2) Встроенная поддержка ESP32: готовые библиотеки и примеры кода.
3) Минимальные требования: легкая установка и настройка.
4) Обширное сообщество: множество готовых решений и примеров.
5) Удобная система обновлений: автоматическое обновление библиотек.
6) Встроенная консоль для мониторинга работы устройства.

Недостатки:

1) Меньше возможностей для отладки по сравнению с профессиональными IDE.

2) Нет расширенной системы сборки и управления зависимостями.

3) Некоторые современные библиотеки могут требовать дополнительной настройки.

4) Может «тормозить» при работе с большими проектами.

5) Меньше возможностей для интеграции с другими инструментами разработки.

PlatformIO, интегрированная среда разработки, работающая как расширение для популярных IDE (Visual Studio Code, Atom) [12]. Представляет полный набор инструментов для разработки, отладки и тестирования кода.

Преимущества:

1) Гибкая система сборки: поддержка множества платформ.

2) Расширенная функциональность: интеграция с системами контроля версий.

3) Поддержка различных IDE.

Недостатки:

1) Требует глубоких знаний для правильной настройки.

2) Имеет избыточный функционал для простых проектов.

3) Сложный интерфейс.

4) Необходимость дополнительных настроек для работы с ESP32.

Eclipse, профессиональная среда разработки с расширенными возможностями для работы с различными языками программирования и большими проектами [7].

Преимущества:

1) Профессиональная среда: подходит для крупных проектов.

2) Расширенная отладка: мощные инструменты для отладки.

3) Интеграция с инструментами: поддержка различных плагинов.

4) Многофункциональность: работа с множеством языков программирования.

Недостатки:

1) Большие временные трудозатраты на освоение.

2) Высокие требования к системным ресурсам.

3) Сложность настройки для работы с ESP32.

4) Избыточность для простых проектов.

Исходя из вышесказанного, принято решение использовать для разработки программного обеспечения микроклиматической метеостанции Arduino IDE, так как данная среда разработки имеет встроенную поддержку и готовые библиотеки для ESP32; системные требования минимальны, что позволит «не нагружать» систему.

Для работы с датчиком BME680 существует несколько популярных библиотек, рассмотрим функционал, преимущества и недостатки каждой из них.

Библиотека BME680, предназначена для работы с датчиком BME680, официальная библиотека от производителя датчика Bosch [13].

Основные функции:

1) Получение данных о температуре окружающей среды.

2) Определение относительной влажности воздуха.

3) Получение данных об атмосферном давлении для расчетов.

4) Определение концентрации газов (VOC) и индекса качества воздуха (IAQ).

5) Возможность настройки уровня пересэмплирования (oversampling) для повышения точности измерений температуры, влажности и давления.

Преимущества:

1) Разработана и поддерживается производителем датчика.

2) Интуитивный интерфейс и структурированная документация.

3) Все основные параметры доступны без дополнительных настроек.

4) Поддержка всех функций датчика BME680.

5) Возможность настройки параметров пересэмплирования для достижения необходимой точности.

6) Является открытой.

Недостатки:

1) Меньшие возможности для расширенных расчетов и настроек.

2) Взаимодействие с датчиком построено на тесном взаимодействии с датчиком на низком уровне.

Библиотека BSEC (Bosch Signal Conditioning), разработана компанией Bosch Sensortec для работы с датчиком BME680 [5]. Предназначена для точной обработки сигналов датчика, предоставляет расширенные функции и возможности для анализа данных с датчика.

Основные функции:

1) Выполняет сложную обработку сигналов, включая компенсацию температурных и барометрических данных.

2) Имеет расширенные алгоритмы для расчета индекса качества воздуха, учитывающие концентрацию газов и влажность.

3) Автоматическая компенсация ошибок и дрейфа характеристик датчика для повышения точности измерений.

4) Совместимость с платформами Arduino (SAM, ESP8266, AVR, ESP32).

Преимущества:

1) Поддержка множества архитектур микроконтроллеров.

2) Разработана и поддерживается производителем датчика.

3) Высокая точность измерений.

Недостатки:

1) Более сложная структура и больший размер кода по сравнению с другими библиотеками.

2) Некоторые функции могут требовать наличия определенных аппаратных возможностей на платформе.

3) Является закрытой библиотекой.

Библиотека Adafruit_BME680, разработана компанией Adafruit [1]. Предоставляет простой и удобный интерфейс для получения данных с датчика BME680. Включает в себя функции, использующие библиотеку BME680, поставляемую производителем.

Основные функции:

1) Получение точных данных о температуре окружающей среды.

2) Определение относительной влажности воздуха.

3) Получение данных об атмосферном давлении для расчетов.

4) Вычисление точки росы (температура, при которой воздух насыщен водяными парами).

5) Вычисление высоты над уровнем моря на основе данных о давлении.

6) Возможность настройки уровня пересэмплирования (oversampling) для повышения точности измерений температуры, влажности и давления.

Преимущества:

1) Интуитивный интерфейс, который легко интегрировать в проекты.

2) Понятная документация с множеством примеров.

3) Возможность настройки параметров пересэмплирования для достижения необходимой точности.

4) Полная поддержка всех функций датчика BME680 без необходимости использования дополнительных библиотек.

5) Большое сообщество пользователей, что облегчает поиск решений и примеров кода.

6) Является открытой.

7) Основана на работе с библиотекой, поставляемой производителем.

Недостатки:

1) Менее продвинутые алгоритмы расчета качества воздуха по сравнению с BSEC.

2) Ограниченная функциональность для специфических задач.

Таким образом, принято решение использовать библиотеку Adafruit_BME680, так как она является открытой, что позволяет вносить собственные изменения в алгоритмы расчетов; основана на библиотеке BME680, поставляемой производителем. Содержит функции, предоставляющие возможности абстрагирования от уровня физического устройства (в отличие от библиотеки BME680).

Библиографический список:

1. Adafruit BME680 : Adafruit Learning System / Adafruit Industries. – 2018. – 20 с. // Electronic Components Distributor | Micro-Semiconductor.com : [сайт]. – URL: https://www.micro-semiconductor.com/datasheet/dc-3660.pdf (дата обращения: 08.10.2025).

2. Arduino Mega 2560 Datasheet / Arduino. – [----?]. – 7 с. // Электроник74 : [сайт]. – URL: https://2150692.ru/files/arduino_mega2560_datasheet.pdf (дата обращения: 18.09.2025).

3. BME280 : Combined humidity and pressure sensor : Final datasheet / Bosch. – 2016. – 54 с. // Roboparts – интернет-магазин электронных компонентов в Санкт-Петербурге : [сайт]. – URL: https://roboparts.ru/upload/iblock/3ba/3ba8b9a547c432e79276186dd829340c.pdf (дата обращения: 23.09.2025).

4. BME680 : Low power gas, pressure, temperature & humidity sensor : Datasheet / Bosch. – 2019. – 54 с. // Shenzhen Mingjiada Electronic Co., LTD. - Electronic Components Distributor : [сайт]. – URL: http://www.mjdic.com/Attachments/202006/20200612_141851_193.pdf (дата обращения: 25.09.2025).

5. BME680 using the official Bosch Sensortec BSEC Library // Home Assistant Community : [сайт]. – URL: https://community.home-assistant.io/t/

bme680-using-the-official-bosch-sensortec-bsec-library/54103 (дата обращения: 05.10.2025).

6. Datasheet SHT3x-DIS : Humidity and Temperature Sensor / Sensirion. – 2016. – 21 с. // Системы автоматизации и Умный Дом | MegaD-2561 : [сайт]. – URL: https://ab-log.ru/files/File/Datasheets/SHT31.pdf (дата обращения: 25.09.2025).

7. Eclipse Documentation // Eclipse Foundation | Powering Open Innovation : [сайт]. – URL: https://www.eclipse.org/documentation/ (дата обращения: 01.10.2025).

8. ESP32-C3 Series : Datasheet Version 2.2 / Espressif Systems. – 2025. – 76 с. // Espressif : [сайт]. – URL: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-c3_datasheet_en.pdf (дата обращения: 19.09.2025).

9. ESP32-S3 Series : Datasheet Version 2.0 / Espressif Systems. – 2025. – 84 с. // Espressif : [сайт]. – URL: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-s3_datasheet_en.pdf (дата обращения: 21.09.2025).

10. Programming | Arduino Documentation // Arduino Docs | Arduino Documentation : [сайт]. – URL: https://docs.arduino.cc/programming/ (дата обращения: 02.10.2025).

11. RM0008 Reference manual : STM32F101xx, STM32F102xx, STM32F103xx, STM32F105xx and STM32F107xx advanced ARM-based 32-bit MCUs / STMicroelectronics. – 2011. – 1096 с. // RoboCraft : [сайт]. – URL: https://robocraft.ru/files/datasheet/STM32-RM0008_Reference_manual.pdf (дата обращения: 22.09.2025).

12. Your Gateway to Embedded Software Development Excellence – PlatformIO latest documentation : [сайт]. – URL: https://docs.platformio.org/en/latest/ (дата обращения: 30.09.2025).

13. Zanduino/BME680: Arduino Library to access the Bosch BME680 - temperature, pressure, humidity and gas sensor // GitHub Build and ship software on

a single, collaborative platform : GitHub : [сайт]. – URL: https://github.com/Zanduino/BME680 (дата обращения: 03.10.2025).

14. Гигрометр термометр комнатный // Интернет-магазин Wildberries : [сайт]. – URL: https://www.wildberries.ru/catalog/176583835/detail.aspx (дата обращения: 15.09.2025).

15. Капелюш, А. И. Разработка домашней метеостанции на основе аппаратной платформы Arduino / А. И. Капелюш, Е. М. Патрушев // Наука и молодежь : материалы XVI Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Барнаул, 22–26 апреля 2019 года / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова. Том 1. – Барнаул: Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, 2019. – С. 477-480.

16. Многозонная метеостанция. Погода, настольные часы, термометр, барометр, влажность, будильник // OZON маркетплейс : [сайт]. – URL: https://www.ozon.ru/product/mnogozonnaya-meteostantsiya-pogoda-nastolnye-chasy-termometr-barometr-vlazhnost-budilnik-2535409455/?at=99trQ3GK0HVzrkJEh35wZk9CqPvm2mTolO5NgtrAnMRv (дата обращения: 15.09.2025).

17. Об утверждении СанПиН 2.4.2.2821-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях» : Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 29.12.2010 N 189 : зарегистрировано в Минюсте России 3 марта 2011 г. N 19993 : редакция от 22.05.2019 / Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; Главный государственный санитарный врач российской федерации // Контур-норматив : [сайт]. – URL: https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=9&documentId=337046&ysclid=mgahjvd9ei719627251 (дата обращения: 17.09.2025).

18. Плытник, Е. А. Цифровая метеостанция / Е. А. Плытник, И. Н. Савелов // Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании : Сборник трудов II Международной научно-практической конференции, Балаково, 18 декабря 2019 года. Том 1. – Балаково: Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», 2020. – С. 220-223.

19. Самохвалов, Д. А. Умная метеостанция / Д. А. Самохвалов, И. С. Преснаков, А. О. Амоша [и др.] // Информационные технологии, системный анализ и управление (ИТСАУ-2024) : Сборник трудов XXII Всероссийской научной конференции молодых ученых, аспирантов и студентов. В 2-х томах, Таганрог, 05–07 декабря 2024 года. – Таганрог: ДиректСайнс (ИП Шкуркин Д.В.), 2024. – С. 476-482.

20. Ярославцева, Т. А. Разработка автоматизированной системы анализа данных с метеостанций и постов контроля качества воздуха / Т. А. Ярославцева, М. Ю. Глоба, А. С. Балева // Ляпуновские чтения – 2024 : Материалы 40-й международной конференции, Иркутск, 02–06 декабря 2024 года. – Иркутск: Институт динамики систем и теории управления им. В.М. Матросова СО РАН, 2024. – С. 253-254.

Оригинальность 81%