

**ВСЕРОССИЙСКИЙ КОНКУРС НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ И
ТВОРЧЕСКИХ РАБОТ МОЛОДЁЖИ
«МЕНЯ ОЦЕНЯТ В XXI ВЕКЕ»**

Направление: ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ;

**Тема: Исследование возможности использования и интеграции различных
информационных систем и технологий для мониторинга и анализа
микроклимата помещений учебного заведения**

Соискатель: Анисимов Вадим Дмитриевич

Научный руководитель: Сенников Андрей Олегович

Место выполнения работы: МАОУ «Лицей №38»

Содержание

	Стр.
Введение.	3
1 Обзор литературы.	6
1.1. Обзор датчиков.	7
1.2 Примеры внедрения систем мониторинга.	8
1.3 Заключение по обзору литературы.	10
2 Материалы и методики.	12
2.1. Выбор архитектуры информационной системы.	12
2.2. Выбор параметров измерения.	15
2.3. Выбор компонентной базы первичных измерительных преобразователей.	16
2.4. Методика проведения измерений и база исследований.	18
2.4.1 Методика проведения измерений.	18
2.4.2. База исследований.	21
3 Результаты и их обсуждение.	22
3.1. Архитектура, состав и изготовление информационно-измерительной системы.	22
3.1.1 Принципиальная схема ИИС.	22
3.1.2 Google Tables.	24
3.1.3 Датчики и сенсоры.	24
3.1.4. Схема подключения датчиков к контактам микроконтроллера.	31
3.2 Результаты измерений.	31
3.2.1 Измерение 1.	31
3.2.2 Измерение 2.	33
3.2.3 Измерение 3.	34
3.2.4 Измерение 4.	36
3.2.5 Измерение 5.	38
3.3 Выводы.	40
Заключение.	36
Список литературы.	38
Отзыв научного руководителя.	42

Введение

Актуальность настоящего исследования определяется тем, что в настоящее время в России и во всем мире все больше внимания уделяется вопросам качества окружающей среды, особенно внутри помещений, где люди проводят значительную часть своего времени. Микроклимат помещений является одним из условий комфортности. Давно доказано, что комфортные условия обеспечивают человеку не только сохранение оптимального самочувствия на рабочем месте, но и способствуют выявлению максимальной работоспособности [3]. Микроклимат организаций, осуществляющих образовательную деятельность, играет важную роль в обеспечении комфортных условий обучения и сохранения здоровья обучающихся и преподавателей.. [1]. Оптимальные параметры температуры, влажности, освещенности, концентрации углекислого газа и прочих параметров способствуют повышению эффективности образовательного процесса и снижению уровня утомляемости [2]. Однако контроль этих параметров часто остается нерегулярным и недостаточно автоматизированным, что может привести к ухудшению состояния здоровья обучающихся и снижению эффективности усвоения ими учебного материала.

Современные информационные системы и технологии предоставляют возможность автоматизировать процесс мониторинга и анализа микроклимата, что позволяет оперативно реагировать на изменения и поддерживать оптимальные условия в помещениях [7-11].

Данное исследование направлено на изучение существующего опыта по мониторингу микроклимата помещений, выбор или разработку информационной измерительной системы для оптимизации мониторинга и анализа микроклимата помещений образовательной организации.

Цель исследования: совершенствование системы мониторинга микроклимата помещений образовательной организации на основе предложенной модели Информационно-измерительной Системы (ИИС) обработки и визуализации данных, собранных с датчиков, и разработанного программного обеспечения.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Изучить современные подходы и технологии для мониторинга микроклимата помещений.
2. Разработать архитектуру Информационно-измерительной системы (ИИС), подобрать и интегрировать необходимые датчики для измерения ключевых параметров микроклимата.

3. Реализовать программное обеспечение для сбора, обработки и передачи данных от датчиков, с формированием интерфейса для визуализации данных на дисплее и веб-странице и сохранением данных измерений в облачном сервисе.

4. Провести анализ данных пилотного мониторинга показателей микроклимата помещений в реальных условиях образовательной организации с использованием возможностей предложенной системы (ИИС).

Методы исследования. При выполнении данной работы использовались следующие методы:

- аналитический (анализ научной литературы и технических документов для изучения существующих подходов к мониторингу микроклимата; анализ полученных в ходе тестирования ИИС данных соответствующих показателей микроклимата помещений);
- проектирование и моделирование системы с использованием схемотехнического программного обеспечения;
- программирование микроконтроллеров и создание пользовательских интерфейсов;
- экспериментальный (экспериментальное исследование и тестирование разработанного устройства в реальных условиях).
- графический (диаграммы полученных данных).

Теоретическая и практическая значимость. Теоретическая значимость работы заключается в систематизации знаний о современных технологиях мониторинга микроклимата и разработке методологических подходов к созданию подобных систем. Практическое значение состоит в создании прототипа информационной измерительной системы, которая может быть использована в образовательных организациях для улучшения условий обучения и повышения комфорта учащихся и преподавателей.

Личный вклад автора состоит в том, что он самостоятельно провел литературный поиск, выбрал оборудование и подготовил программное обеспечение для управления датчиками и визуализацией данных. Лично автором проведены испытания информационной системы в реальных условиях и проанализированы полученные результаты.

1 Обзор литературы

Современные организации, осуществляющие образовательную деятельность, при реализации образовательных программ в соответствии с требованиями Федерального закона «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 № 273-ФЗ, должны создавать условия для охраны здоровья обучающихся [2], в том числе, на основе соблюдения государственных санитарно-эпидемиологических правил и нормативов [3], установленных для микроклимата помещений, где проводятся занятия, поскольку это непосредственно влияет на здоровье и продуктивность обучающихся и преподавателей [1]. Допустимые величины параметров микроклимата в образовательных организациях, а именно: диапазон допустимой температуры воздуха в учебных кабинетах – 18-24°C; относительная влажность воздуха – 40-60%; скорость движения воздуха – не более 0,1 м/с. Аналогичные параметры установлены для столовой, актового зала, гардероба и вестибюля.

В последние годы значительно возрос интерес к использованию информационных систем и технологий для мониторинга и анализа микроклимата, что обусловлено развитием цифровых технологий и увеличением доступности соответствующего оборудования. Обеспечение необходимых параметров микроклимата в помещении является задачей, решить которую можно с использованием современных аппаратно-программных средств [5, 9].

Традиционно мониторинг микроклимата осуществлялся вручную с использованием отдельных приборов, таких как термометры, гигрометры и газоанализаторы. Однако такой подход был трудоемким и неэффективным, так как требовал постоянного присутствия оператора и регулярного обслуживания оборудования. С появлением микропроцессорной техники и беспроводных сетей стало возможным автоматизировать процессы сбора и анализа данных [11].

1.1 Обзор датчиков

Автоматизированные системы мониторинга микроклимата основываются на использовании датчиков, подключенных к центральному контроллеру или микрокомпьютеру. Эти системы могут измерять различные параметры, такие как температура, влажность, качество воздуха и даже уровень шума, предоставляя ценную информацию об окружающей среде в помещении, а затем передавать их на сервер для дальнейшей обработки и анализа [4; 6].

Существует множество типов датчиков, используемых для измерения различных параметров микроклимата. Наиболее распространенными среди них являются [10]:

– датчики температуры и влажности: DHT11, DHT22, SHT21, BME280. Эти датчики позволяют измерять температуру и относительную влажность воздуха с различной степенью точности и разрешения;

– датчики CO₂: MH-Z19, CCS811. Эти датчики используют принцип недисперсионной инфракрасной спектроскопии (NDIR) для определения концентрации углекислого газа в воздухе;

Для обработки и визуализации данных, собранных с датчиков, используются различные программные платформы. Среди них можно выделить:

– Node-RED: графическая платформа для программирования потоковых данных, позволяющая легко связывать различные компоненты системы мониторинга;

– Raspberry Pi: одноплатный компьютер, на котором можно запустить сервер для обработки и хранения данных, а также создать веб-интерфейс для их визуализации;

– Google Sheets/Google Таблицы: облачный сервис для хранения и анализа данных, позволяющий автоматически обновлять таблицы с данными измерений.

1.2 Примеры внедрения систем мониторинга

Вот несколько примеров успешного внедрения систем мониторинга микроклимата [7, 8].

В одной из средних школ Москвы была внедрена система мониторинга микроклимата на базе микроконтроллеров ESP32 и датчиков DHT22 (для измерения температуры и влажности), MH-Z19 (для измерения уровня CO₂) и BH1750 (для измерения освещенности). Данные с датчиков передавались на сервер, установленный на Raspberry Pi, и визуализировались через веб-интерфейс. Учителя и администрация школы получили возможность оперативно реагировать на изменения микроклимата, что помогло улучшить условия обучения и снизить риски для здоровья учеников.

В университете Санкт-Петербурга была разработана и внедрена система мониторинга микроклимата на базе Arduino и датчиков BME280 (для измерения температуры, влажности и давления), CCS811 (для измерения уровня CO₂) и MAX4466 (для измерения уровня шума). Данные собирались и отправлялись на сервер через Wi-Fi, после чего они обрабатывались и представлялись в виде графиков и таблиц на сайте университета. Студенты смогли следить за состоянием микроклимата в аудиториях и лабораториях, что положительно сказалось на их самочувствии и успеваемости.

В одном из крупных корпоративных офисов в Москве была внедрена система мониторинга микроклимата на базе промышленных датчиков Senseair S8 (для измерения уровня CO₂) и датчиков температуры и влажности производства Honeywell. Данные передавались в облачное хранилище и визуализировались через специальную панель

управления. Благодаря этому руководство офиса смогло вовремя выявлять зоны с повышенным содержанием CO₂ и принимать меры по улучшению вентиляции, что привело к снижению заболеваемости среди сотрудников.

В одной из школ Казани была внедрена система мониторинга микроклимата на базе микроконтроллеров NodeMCU и датчиков DHT11, MQ135 (для измерения уровня вредных газов) и LDR (для измерения освещенности). Данные передавались на сервер через локальную сеть, и учителя получали уведомления об отклонениях от нормы через SMS и электронную почту. Это позволило оперативно реагировать на изменения микроклимата и предотвратить возможные негативные последствия для здоровья учащихся.

Данные измерения проводятся не только в образовательных организациях Российской Федерации, но и в других странах мира. Например, проект «Непрерывный мониторинг качества внутреннего воздуха в школах Миннесоты» финансировался Законодательной комиссией по ресурсам штата Миннесота. Результаты этого проекта имеют значение для школ и законодательных органов всей страны [11]. Школы, участвующие в проекте, имеют разный возраст, тип и мощность используемого оборудования, они расположены в разных местах штата. В августе и сентябре 2003 года в них были установлены небольшие неподвижные мониторы с несколькими датчиками. Размер каждого монитора не превышает размер программируемого комнатного термостата. Анализ измерений проводился в августе 2004 года. Мониторы непрерывно передают данные о температуре, относительной влажности, концентрации углекислого газа (CO₂), угарного газа (CO), а также общей концентрации летучих органических соединений, выражающейся в процентном содержании органических запахов и газов. Эти данные передаются по Интернету на центральный сервер, который строит по этим данным графики и диаграммы. Пользователи при помощи компьютера, имеющего выход в Интернет, и пароля защиты могут просматривать эту графическую информацию

В рамках данных работ было однозначно показано, что единичное одномоментное традиционное измерение параметров воздуха не дает достоверной картины и для целей сравнения, эквивалентно блокнотному листу. В то же самое время непрерывный мониторинг с 20-секундным интервалом только в течение месяца эквивалентен набору данных, умещающихся в двенадцати томах 19-томной энциклопедии.

Эта особенность очень важна, т. к. было установлено, что условия в школьных зданиях непостоянны. Качество внутреннего воздуха непрерывно изменялось в течение дня, недели, месяца.

Анализируя предыдущий опыт, рабочая группа указала на недостатки традиционного, одномоментного подхода к измерению качества воздуха. Эти недостатки обусловлены тем,

что показатели качества воздуха в большинстве школ значительно изменяются в отдельных помещениях с течением времени.

1.3 Заключение по обзору литературы

Таким образом, имеются наглядные примеры, показывающие, что успешное внедрение систем мониторинга микроклимата помогает улучшить условия в учебных и рабочих помещениях, обеспечивая комфорт и безопасность для пользователей.

Поскольку мониторинг микроклимата включает в себя несколько этапов: сбор данных, их обработку, хранение и визуализацию, то каждый этап требует применения определенных технологий и инструментов.

Анализ литературных данных показал, что для качественного мониторинга микроклимата необходимы датчики, измеряющие его различные параметры:

- температурные датчики: термометры, термопары, термисторы;
- датчики влажности: гигрометры, емкостные сенсоры;
- датчики CO₂: инфракрасные газоанализаторы, электрохимические сенсоры;
- осветительные датчики: фотодиоды, фоторезисторы.

Современные датчики часто интегрируются в единую сеть через интерфейсы, такие как Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee и другие беспроводные протоколы связи. Это позволяет создавать распределенные системы мониторинга, охватывающие большие площади.

Обработку данных осуществляют микропроцессорные устройства, такие как микроконтроллеры (например, ESP32). Они выполняют первичную фильтрацию сигналов от датчиков, преобразование аналоговых значений в цифровые и передачу данных на серверы для дальнейшей обработки и хранения.

Хранение данных может осуществляться локально на устройствах (например, SD-карты) или удаленно на серверах. Популярными платформами для хранения данных являются облачные сервисы, такие как Google Cloud Platform, Amazon Web Services и Microsoft Azure. Эти платформы предоставляют возможность масштабирования хранилищ и обеспечивают высокую доступность данных.

Также используются базы данных реального времени, такие как InfluxDB, которые предназначены для хранения временных рядов данных. Они позволяют быстро извлекать и обрабатывать большие объемы данных.

Визуализация данных играет ключевую роль в анализе и принятии решений. Она помогает представить информацию в удобном для восприятия виде, выявлять тренды и аномалии. Существуют различные способы визуализации:

- графики и диаграммы: линейные графики, гистограммы, круговые диаграммы;

- тепловые карты (используются для представления пространственного распределения параметров микроклимата);
- панели управления (dashboards): Веб-интерфейсы, объединяющие различные виды графиков и таблиц для комплексного анализа данных.

Все это необходимо учитывать при разработке архитектуры информационной измерительной системы (ИИС), которая должна не только четко определять необходимые датчики для измерения ключевых параметров микроклимата, но и реализовывать программное обеспечение для сбора, обработки и передачи данных от датчиков, с формированием интерфейса для визуализации данных на дисплее и веб-странице и сохранением данных измерений в облачном сервисе.

2 Материалы и методики

2.1 Выбор архитектуры информационной системы

На рынке представлено множество готовых решений и комплектов для мониторинга микроклимата, которые могут подойти для реализации моей работы.

Для выбора подходящей системы был определен следующий набор требований к целевой информационной системе:

- простота использования;
- поддержка беспроводных интерфейсов подключения;
- низкая стоимость;
- отсутствие необходимости использования проприетарного программного обеспечения;
- возможность вывода данных в различных пользовательских интерфейсах (встроенный дисплей, web-браузер на любом устройстве), пользовательский интерфейс должен выглядеть одинаково;
- простая возможность хранить историю измерений без ограничения по размеру и времени;
- простая возможность проводить анализ полученных результатов;
- при необходимости расширения - объединение нескольких измерительных систем в единый измерительный комплекс.

Задачи исследования с той или иной степенью успешности могут решить следующие платформы.

Arduino Starter Kit: наборы Arduino включают в себя микроконтроллеры, датчики и аксессуары, позволяющие быстро начать разработку проектов в области Интернета вещей (IoT). В комплекте обычно идут датчики температуры, влажности, освещенности и другие.

Преимущества: простота сборки и программирования, обширная документация и сообщество поддержки.

Недостатки: может потребоваться дополнительная настройка и программирование для адаптации под конкретные нужды. Отсутствует интерфейс для поддержки беспроводной коммуникации.

ESP32 Development Board with Sensor Kits: мощный микроконтроллер с поддержкой Wi-Fi и Bluetooth, который идеально подходит для разработки IoT-проектов. Существуют комплекты, включающие ESP32 и набор датчиков, таких как DHT22, MH-Z19, BH1750 и другие.

Преимущества: высокая производительность, поддержка беспроводных коммуникаций, гибкость настройки.

Недостатки: требует определенных знаний в области электроники и программирования.

Particle Photon/Electron: предлагает готовые решения для IoT-разработчиков, включая микроконтроллеры Photon и Electron, которые поддерживают связь через Wi-Fi и сотовые сети соответственно. К ним можно подключить различные датчики и использовать облачную платформу Particle для сбора и анализа данных.

Преимущества: удобство использования, наличие облачной инфраструктуры, простота масштабирования.

Недостатки: стоимость заметно выше по сравнению с другими решениями, зависимость от облачных сервисов.

Raspberry Pi + GrovePi+: Raspberry Pi — миниатюрный компьютер, который можно использовать для создания сложных систем мониторинга. GrovePi+ — это плата расширения, позволяющая легко подключать различные датчики без необходимости пайки.

Преимущества: Мощь и универсальность Raspberry Pi, простота подключения датчиков благодаря GrovePi+.

Недостатки: более сложное программирование и настройка по сравнению с Arduino или ESP32.

Netatmo Weather Station: готовая система мониторинга погоды и микроклимата, включающая датчики температуры, влажности, давления, CO₂ и других параметров. Данные собираются и отправляются в облако, где их можно просматривать через мобильное приложение или веб-интерфейс.

Преимущества: Готовое решение, не требующее дополнительной настройки, удобный интерфейс для просмотра данных.

Недостатки: Ограниченная гибкость настроек, зависимость от фирменного ПО и облака. Стоимость.

Senseair S8 CO₂ Monitor: специализированный датчик CO₂, который можно использовать в составе системы мониторинга микроклимата. Он передает данные по различным интерфейсам, таким как UART, Modbus и другим.

Преимущества: высокая точность измерения CO₂, возможность интеграции с другими системами.

Недостатки: узкоспециализированное устройство, требуется дополнительное оборудование для полного мониторинга микроклимата.

После оценки преимуществ и недостатков перечисленных выше систем было принято решение о создании собственной информационно-измерительной системы на базе контроллера ESP32, т.е. функционально объединенной совокупности средств измерения,

микро-эвм, и вспомогательных устройств, предназначенных для выполнения конкретной измерительной задачи - определения качества микроклимата в помещениях.

Для этого будут использованы следующие технологические решения:

- закупка первичных измерительных преобразователей (датчиков) и подключение их к микро-ЭВМ ESP32 в единую измерительную систему;
- создание первичной версии исполняемого кода с помощью системы искусственного интеллекта Sber GigaChat. Адаптация и расширение первичного кода под специфику решаемых задач;
- использование технологии web сервер-клиент для ухода от необходимости использования проприетарного программного обеспечения;
- подключение дисплея Nextion для вывода получаемых данных в режиме реального времени;
- использование Google Tables в качестве инструмента хранения результатов измерений, исторических данных, а также гибкого инструмента по анализу полученных данных.

2.2 Выбор параметров измерения

Контроль микроклимата в помещении важен для поддержания комфортной и здоровой среды обитания людей. Основные параметры, которые следует контролировать, включают:

1. Температура.

Температура воздуха влияет на тепловое состояние организма человека. Оптимальная температура варьируется в зависимости от типа помещения и активности людей, но обычно находится в пределах 18–24 °С. Слишком высокая или низкая температура может вызывать дискомфорт, снижение работоспособности и даже ухудшение здоровья.

2. Относительная влажность.

Относительная влажность определяет количество водяного пара в воздухе относительно максимально возможного при данной температуре. Оптимальный уровень влажности составляет 40–60%. Низкая влажность приводит к сухости кожи и слизистых оболочек, а высокая — к ощущению духоты и увеличению риска развития грибков и плесени.

3. Концентрация углекислого газа (CO₂).

Высокий уровень CO₂ указывает на недостаточное проветривание помещения. Оптимальным считается содержание CO₂ до 1000 ppm (частей на миллион). При превышении этого значения у людей могут возникать головные боли, усталость и снижение концентрации внимания.

4. Качество воздуха (летучие органические соединения, VOC)

Летучие органические соединения (например, формальдегид, бензол) выделяются из строительных материалов, мебели, чистящих средств и других источников. Высокий уровень VOC может вызывать аллергические реакции, раздражение дыхательных путей и другие проблемы со здоровьем.

5. Концентрация взвешенных частиц

Концентрация взвешенных частиц в воздухе — это показатель, характеризующий содержание в воздухе твёрдых частиц и жидких капель. Это не единый загрязнитель, а смесь разных видов частиц органического и неорганического происхождения. К ним относятся пыль, пыльца, сажа, дым, химикаты, сульфаты, минеральная пыль. Взвешенные частицы представляют угрозу для здоровья человека, так как способны проникать глубоко в лёгкие и оседать там. Хроническое воздействие таких частиц усугубляет риск развития сердечно-сосудистых и респираторных заболеваний, а также рака лёгких.

Эти параметры взаимосвязаны, и изменение одного из них может повлиять на остальные. Поэтому важно проводить комплексный мониторинг всех указанных факторов для создания оптимальной среды в помещении.

2.3 Выбор компонентной базы первичных измерительных преобразователей

Для измерения основных параметров микроклимата в помещении (температура, влажность, концентрация углекислого газа, качество воздуха, концентрация взвешенных частиц) существуют различные типы датчиков. В исследовании были рассмотрены следующие варианты для выбранных параметров мониторинга микроклимата:

1. Температура:

- DS18B20: цифровой датчик температуры, работающий по протоколу 1-Wire. Он обладает хорошей точностью ($\pm 0.5^{\circ}\text{C}$) и простотой подключения;
- DHT11/DHT22: комбинированный датчик температуры и влажности. Хотя он менее точен, чем DS18B20, но удобен тем, что одновременно измеряет два параметра.

2. Влажность:

- DHT11/DHT22: как уже упоминалось выше, этот датчик также измеряет относительную влажность воздуха. DHT22 имеет лучшую точность и больший диапазон измерений по сравнению с DHT11;
- SHT31/SHT35: высокоточные датчики температуры и влажности от компании Sensirion. Они обеспечивают высокую стабильность и точность измерений.

3. Концентрация углекислого газа (CO_2):

– MH-Z19/MH-Z14A: недорогие и популярные датчики CO₂, работающие на принципе недисперсионной инфракрасной спектроскопии (NDIR). Они имеют хорошую чувствительность и достаточную точность для большинства применений;

– SenseAir S8: профессиональный датчик CO₂ с высокой точностью и стабильностью.

Подходит для критически важных приложений.

4. Датчик взвешенных частиц:

– Plantower PMS5003 – это лазерный датчик взвешенных частиц, который используется для измерения концентрации PM1.0, PM2.5 и PM10 в воздухе. Он широко применяется в системах мониторинга окружающей среды благодаря своей точности и компактным размерам. Основные характеристики этого датчика включают:

– точность измерений: Датчик способен измерять концентрацию взвешенных частиц с высокой точностью, что делает его подходящим для использования в различных приложениях, таких как системы умного дома, мониторинг загрязнения воздуха в помещениях и на открытом пространстве;

– компактность: благодаря своим небольшим размерам, этот датчик легко интегрируется в различные устройства и системы мониторинга;

– широкий диапазон измерений: Plantower PMS5003 может измерять частицы размером от 0,3 до 10 микрон, что позволяет ему эффективно отслеживать загрязнение воздуха различными видами твердых частиц;

– простота интеграции: Этот датчик имеет стандартный интерфейс UART, что упрощает его подключение к микроконтроллерам и другим устройствам.

5. Датчик летучих органических соединений (VOC):

MP503 – это датчик летучих органических соединений (VOC), который предназначен для обнаружения широкого спектра газов, включая спирты, альдегиды, кетоны и углеводороды. Этот датчик часто используется в системах контроля качества воздуха внутри помещений, а также в промышленных зонах. Его ключевые особенности:

– высокая чувствительность: обладает хорошей чувствительностью к различным видам летучих органических соединений, что позволяет точно определять уровень загрязнения воздуха этими веществами;

– низкое энергопотребление: потребляет мало энергии, что делает его идеальным выбором для портативных устройств и систем с ограниченным источником питания;

– устойчивость к внешним условиям: MP503 устойчив к воздействию влаги и температурных колебаний, что расширяет возможности его применения в различных климатических условиях.

2.4 Методика проведения измерений и база исследований

2.4.1 Методика проведения измерений

Для проведения измерений были выполнены следующие этапы:

Этап 1. Подготовка оборудования.

Шаг 1.1. Сбор компонентов, необходимых для системы:

- ESP32-контроллер;
- датчики (температура, влажность, CO₂ и др.);
- дисплей Nextion;
- кабели и разъемы;
- монтажные платы;
- источник питания.

Шаг 1.2. Подключение датчиков.

Подключить датчики к ESP32 согласно схеме подключения. Убедиться, что все контакты правильно соединены и нет коротких замыканий.

Шаг 1.3. Программирование ESP32.

Создать первичную версию исполняемого кода с помощью системы искусственного интеллект Sber GigaChat. В Arduino IDE провести необходимую доработку под выбранные датчики и контакты подключения, параметры представления данных в пользовательских интерфейсах, параметры подключения к Google Tables.

Загрузить прошивку на ESP32, которая будет управлять сбором данных с датчиков, передачей данных на дисплей и веб-сервер, а также сохранять данные в Google Таблицу. Убедиться, что код работает без ошибок. При необходимости внести корректировки.

Шаг 1.4. Настройка дисплея Nextion.

В IDE Nextion Editor настроить дисплей Nextion для отображения данных с датчиков и параметров подключения. Это включает создание интерфейсов, кнопок и других элементов управления.

Шаг 1.5. Создание корпуса информационно-измерительной системы.

Спроектировать в системе Fusion 360 корпус ИИС, экспортировать модель в программу Cure, распечатать корпус на 3D-принтере

Произвести монтаж дисплея, датчиков, печатных плат в полученный корпус ИИС

Шаг 1.6. Тестирование системы.

Провести предварительное тестирование системы, чтобы убедиться, что она работает корректно. Измерить несколько параметров и проверить что они отображаются на дисплее и сохраняются в Google Таблице.

Произвести два длительных (от 10 часов) цикла замеров в домашнем помещении для получения референсных результатов, а также, подтверждения повторяемости результатов эксперимента.

Этап 2. Установка ИИС.

Шаг 2.1. Выбор местоположения измерений.

Определить несколько классных помещений в учебном заведении, где будут проводиться измерения. Для учета фактора доступности электропитания будет использован powerbank емкостью 10000 мА. Для учета фактора доступности беспроводного соединения будет использована личная точка доступа WiFi на мобильном телефоне. Таким образом получается абсолютно автономный измерительный комплекс.

Шаг 2.2. Установка измерительной системы.

Установить ИИС на выбранных кабинетах. Убедиться, что ИИС установлен устойчиво и не будут смещаться со временем.

Этап 3. Проведение измерений.

Шаг 3.1. Запуск системы.

Включить питание системы и убедитесь, что она начала собирать данные. Убедиться, что произошло подключение к точке доступа. Проверить, что данные отображаются на дисплее и передаются на веб-сервер.

Шаг 3.2. Мониторинг данных.

По возможности следить за данными, поступающими с датчиков. Обратить внимание на любые аномалии или ошибки. При необходимости внести изменения в настройки системы.

Шаг 3.3. Сбор данных.

Продолжать сбор данных в течение определенного периода времени (несколько часов, полный учебный день, календарные сутки). Периодически проверять сохранность данных в Google Таблице.

4. Обработка и анализ данных.

Шаг 4.1. Экспорт данных.

Экспортировать данные из Google Таблицы в формат, удобный для анализа (например, CSV или Excel).

Шаг 4.2. Анализ данных.

Использовать программное обеспечение для анализа данных для построения графиков, вычисления средних значений, выявления корреляций и других статистических показателей.

Шаг 4.4. Интерпретация результатов.

Проанализировать полученные результаты и сделать выводы относительно качества микроклимата в помещениях учебного заведения. Сравнить результаты с нормативными показателями и предложить рекомендации по улучшению условий.

Шаг 4.5. Оформление отчета.

Оформить результаты своей работы в виде научной работы. Включить в отчет описание метода исследования, результаты измерений, анализ данных и сделанные выводы.

5. Дополнительные действия:

Калибровка датчиков: после подключения питания к ИИС перед началом каждого из измерений необходима калибровка датчиков, чтобы обеспечить точность измерений. Время калибровки ИИС определяется самым длительным временем калибровки датчиков по отдельности. В полученной ИИС это 20 минут.

2.4.2 База исследований

Работа выполнена на базе МАОУ «Лицей №38», г. Нижний Новгород. Исследование проводилось в учебных кабинетах школы:

Кабинет "1":

- линейные размеры (ДхШхВ): 10х5х3м;
- условия проветривания помещения: периодическое проветривание;
- размещение ИИС: Учительский стол;
- наличие дополнительных факторов: ученики.

Кабинет "2":

- линейные размеры (ДхШхВ): 10х5х3м;
- условия проветривания помещения: периодическое проветривание;
- размещение ИИС: Учительский стол;
- наличие дополнительных факторов: ученики.

Кабинет "3":

- линейные размеры (ДхШхВ): 10х5х3м;
- условия проветривания помещения: периодическое проветривание;
- размещение ИИС: учительский стол;
- наличие дополнительных факторов: периодический интерес учеников, комнатные растения.

Кроме того, проведены исследования микроклимата жилого помещения (спальня), расположенного по адресу: ул. Германа Лопатина:

- линейные размеры (ДхШхВ): 3х3х3м;
- условия проветривания помещения: периодическое проветривание;
- размещение ИИС: стол;
- наличие дополнительных факторов: комнатные растения.

3 Результаты и их обсуждение

3.1. Архитектура, состав и изготовление информационно-измерительной системы

3.1.1 Принципиальная схема ИИС

Принципиальная схема ИИС состоит из следующих функциональных блоков: Web-Клиент, WiFi точка доступа, Web-сервер на базе контроллера ESP32, Google Tables, датчики, дисплей и непосредственно корпус ИИС (рис.1).

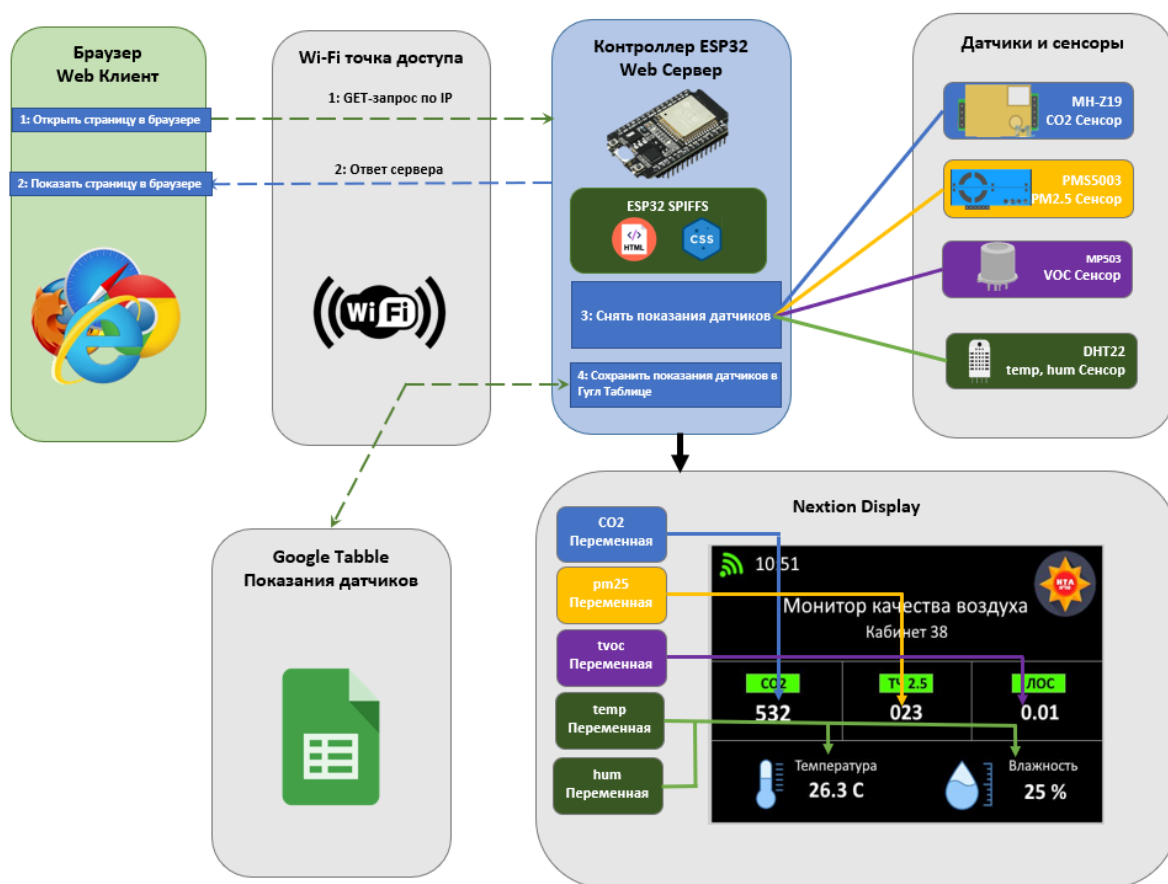


Рисунок 1. Принципиальная схема устройства ИИС

Web Клиент (Браузер). Web-клиентом выступает любое устройство, оснащенное адаптером WiFi и имеющее Web-браузер. Таким устройством может, например, являться мобильный телефон, персональный компьютер, ноутбук.

WiFi точка доступа. Используется для обеспечения подключений Web-клиентов к Web-серверу на базе ESP32, а также, для взаимодействия EPS32 и Google Tables через Google AppScript

Web Сервер (Контроллер ESP32). Внешний вид модуля ESP32 показан на следующем рисунке 2.

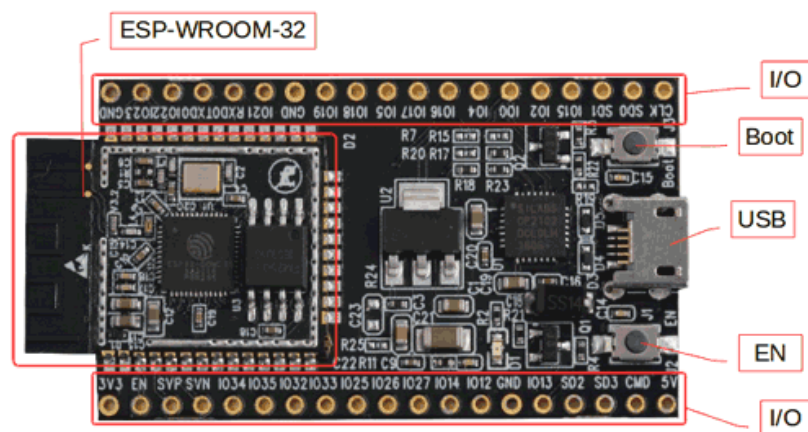


Рисунок 2. Внешний вид модуля ESP32

Характеристики контроллера представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Характеристики контроллера ESP32

Характеристика	Значение
Число ядер процессора	2
Архитектура	32 бита
Wi-Fi	Есть (поддержка только частоты 2.4ГГц)
Bluetooth	есть
RAM (ОЗУ)	512 KB
FLASH	16 MB
Число контактов	30
Каналы АЦП	18
Разрешение АЦП	12 бит
Каналы ЦАП	2
Разрешение ЦАП	8 бит

3.1.2 Google Tables

Google App Scripts — это встроенный язык программирования, основанный на JavaScript, который позволяет автоматизировать задачи и разрабатывать приложения прямо в экосистеме Google Workspace, таких как Google Sheets, Docs, Forms и других продуктах Google. С его помощью можно взаимодействовать с API Google, выполнять сложные

операции над документами, таблицами, отправлять письма, работать с файлами и многое другое.

App Scripts позволяет манипулировать содержимым таблиц и документов, добавлять новые строки, изменять ячейки, фильтровать данные и многое другое. Я буду отправлять данные в формате JSON (ключ, значение)

3.1.3. Датчики и сенсоры

Датчик CO₂ – MH-Z19 (рис.3; таблица 2):



Рисунок 3. Внешний вид модуля MH-Z19

Таблица 2

Характеристики модуля MH-Z19

Характеристика	Значение
единицы измерения	частицы на миллион (ppm)
единица шкалы	1 ppm
погрешность датчика	± 70 ppm или $\pm 3\%$ (в зависимости от того, что больше)
диапазон показаний	400 - 5000 ppm

Мы применяем датчик MH-Z19 для определения уровней концентрации углекислого газа (CO₂). Поскольку при дыхании люди выделяют CO₂, его содержание в помещениях может быстро достигать высоких значений. Высокие концентрации углекислого газа представляют опасность и могут вызывать такие симптомы, как сонливость, усталость и снижение производительности.

Датчик функционирует на основе принципа недисперсионной инфракрасной спектроскопии для анализа CO₂ в воздухе (рис.4). Инфракрасный источник испускает свет, который проходит через трубку, наполненную воздухом, который подлежит измерению. На противоположной стороне от инфракрасного источника установлен оптический фильтр и ИК-детектор, который фиксирует количество проходящего инфракрасного света.

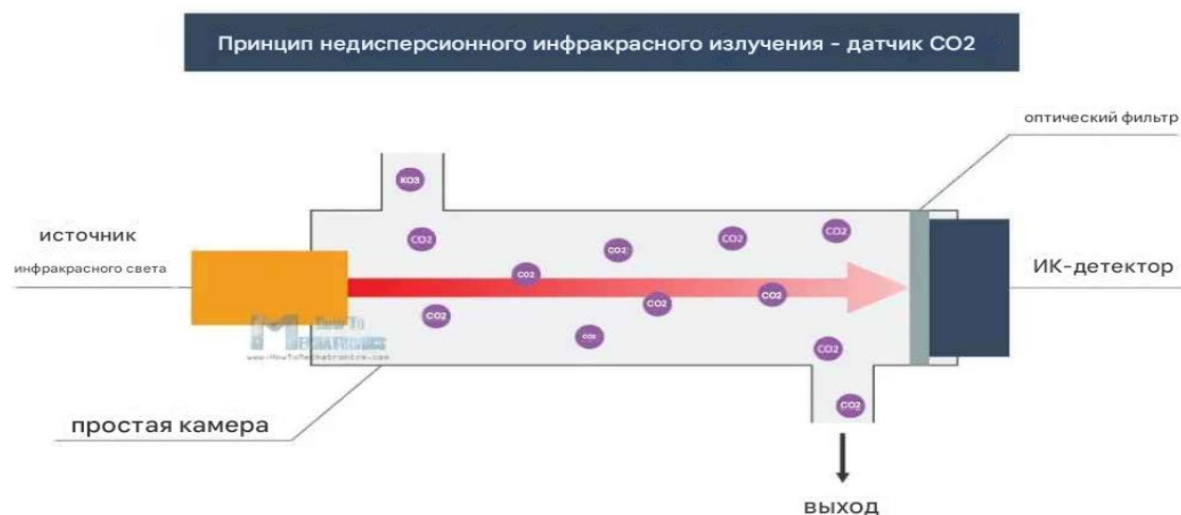


Рисунок 4. Схема работы модуля МН-Z19

Молекулы газа CO₂, присутствующие в воздухе, который мы измеряем, поглощают определенную полосу ИК-света, пропуская при этом некоторые длины волн. Таким образом, уровень CO₂ рассчитывается по разнице между количеством излучаемого света и количеством ИК-света, полученного детектором. Результаты этого датчика также довольно точны.

Датчик летучих органических соединений (MP503) представлен на рис.5.



Рисунок 5. Внешний вид модуля MP503

Таблица 3.

Характеристики модуля MP503

Характеристика	Значение
единицы измерения	мкг/м ³
единица шкалы	1 мкг/м ³
погрешность датчика	
диапазон показаний	0-4095

Для определения содержания летучих органических соединений (VOC) мы планируем использовать газовые датчики MP503. Схема работы модуля MP503 представлена на рис.6. Эти датчики представляют собой нагреваемые сенсоры на основе металлического оксида,

которые работают по принципу изменения сопротивления в присутствии анализируемых газов.

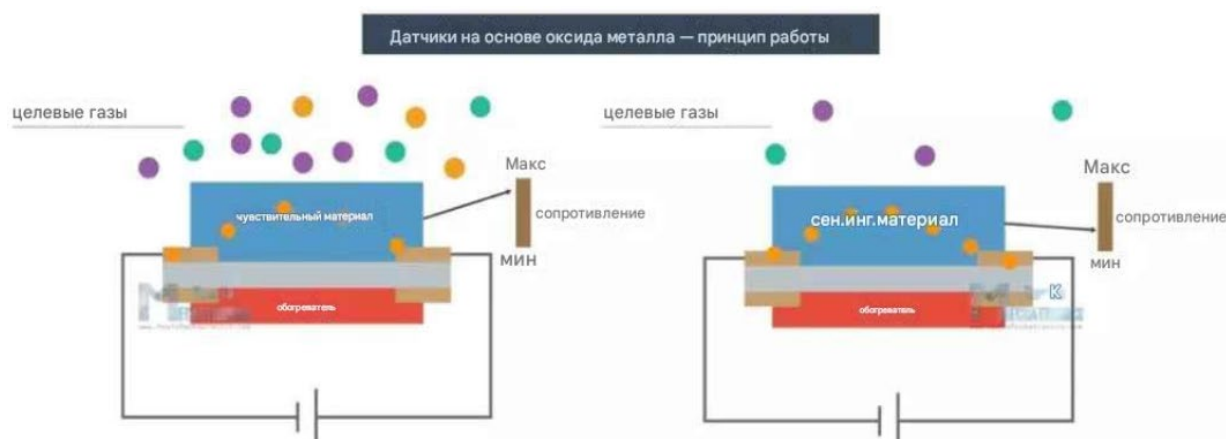


Рисунок 6. Схема работы модуля MP503

Датчик Взвешенных частиц (PMS5003). Внешний вид датчика на рисунке 7, его характеристики в таблице 4.



Рисунок 7. Внешний вид модуля PMS5003

Таблица 4.

Характеристики модуля PMS5003

Характеристика	Значение
единицы измерения	Уровень PM2.5 и PM10 измеряется в микрограммах на кубический метр ($\text{мкг}/\text{м}^3$)
единица шкалы	$1 \text{ мкг}/\text{м}^3$
погрешность датчика	PM2.5: $\pm 10 \text{ мкг}/\text{м}^3$ PM10: $\pm 15 \text{ мкг}/\text{м}^3$
диапазон показаний	PM2.5: 0 - 40 $\text{мкг}/\text{м}^3$ PM10: 0 - 100 $\text{мкг}/\text{м}^3$

Это устройство состоит из четырех ключевых компонентов или датчиков для оценки качества воздуха. Мы используем датчик PMS5003 для измерения концентрации PM2.5, то

есть твердых частиц в воздухе размером около 2,5 микрон. Эти твердые частицы представляют собой одну из самых опасных форм загрязнения, так как могут проникать глубоко в легкие, кровеносные сосуды и мозг, вызывая различные проблемы со здоровьем.

Датчик функционирует на основе принципа лазерного рассеивания (рисунок 8). В него встроен вентилятор, который создает регулируемый поток воздуха, позволяя внешним частицам проходить через сфокусированный лазерный луч.

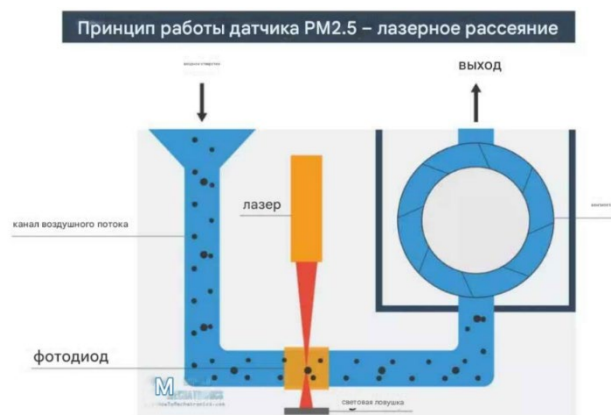


Рисунок 8. Схема работы модуля MP503

Частицы вызывают рассеивание света, которое обнаруживается фотодиодом, а затем преобразуется в концентрацию PM с помощью его микропроцессора.

Внешний вид датчика температуры и влажности (модуль DHT22), его характеристики (рис.9, таблица 5).



Рисунок 9. Внешний вид модуля DHT22

Таблица 5.

Характеристики модуля DHT22

Характеристика	Значение
единицы измерения	Температура: градусы Цельсия (°C) Влажность: проценты относительной влажности (%)
единица шкалы	Температура: 1°C Влажность: 1%
погрешность датчика	Температура: ±0.5°C Влажность: ±2% (при 25°C)
диапазон показаний	Температура: -40 - +80°C Влажность: 0% - 100%.

Принципы работы датчика

Измерение влажности: Внутри датчика расположен чувствительный элемент, состоящий из полимерной пленки или другого материала, сопротивление которого изменяется в зависимости от уровня влажности. Когда влажность увеличивается, сопротивление уменьшается, и наоборот. Датчик измеряет сопротивление и переводит его в значение относительной влажности, которое передается в виде цифрового сигнала.

Измерение температуры: Второй важный параметр, который измеряет DHT22, — это температура. Для этого используется термистор, сопротивление которого меняется в зависимости от температуры окружающей среды. Чем выше температура, тем меньше сопротивление термистора. Значение сопротивления термистора преобразуется в значение температуры, которое также передается в виде цифрового сигнала.

3.5.4. Моделирование корпуса ИИС

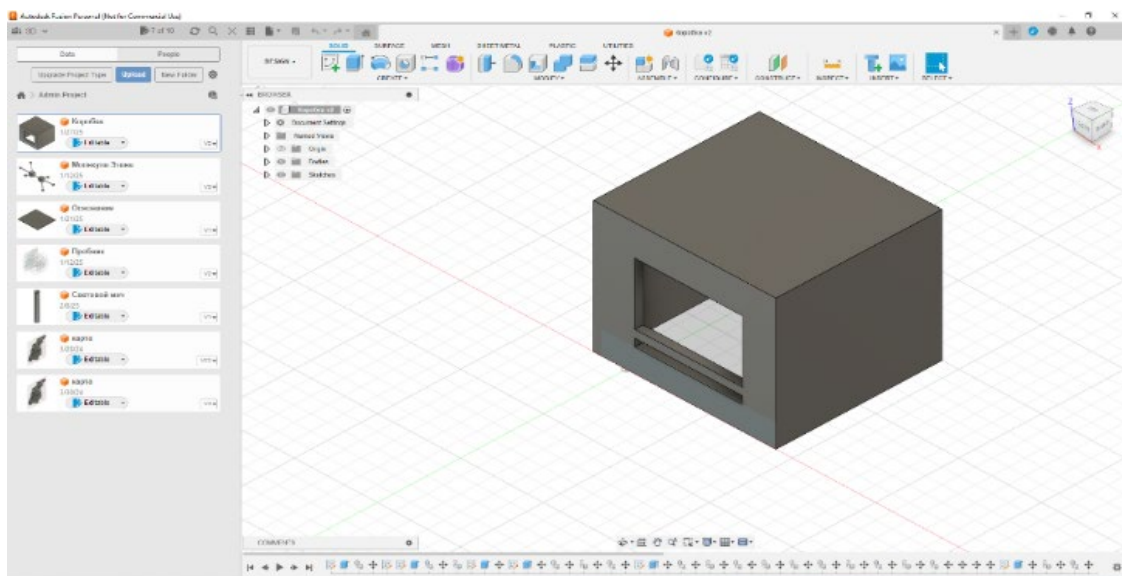


Рисунок 10. Моделирование корпуса ИИС в среде Autodesk Fusion 360

Корпус для устройства был смоделирован в среде Autodesk Fusion 360 с последующим экспортированием модели в программу Cure. Печать корпуса проводилась на 3D принтере (рис.11). После его покрасили в черный цвет.



Рисунок 11. Внешний вид корпуса ИИС, напечатанного на 3D принтере

3.5.5. Дисплей ИИС

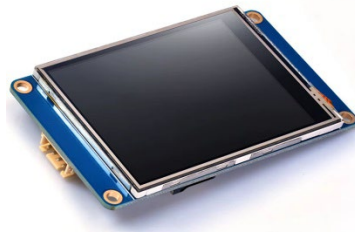


Рисунок 12. Внешний вид модуля дисплея Nextion

Дисплеи Nextion оснащены встроенным ARM-контроллером, который самостоятельно управляет всеми графическими элементами, такими как кнопки, текст, изображения и переменные (рис. 12, 13). Весь процесс генерации и контроля графики происходит непосредственно на самом дисплее. Для создания этих элементов используется специальный редактор Nextion, в котором можно спроектировать весь необходимый интерфейс.

Связь между дисплеем Nextion и Arduino устанавливается с помощью всего двух проводов через последовательное соединение. Arduino отправляет данные с датчиков на дисплей и обратно, а дисплей, в свою очередь, обменивается информацией с Arduino при необходимости.

Чтобы загрузить программу отображения на дисплей, потребуется карта microSD, на которую сохраняется выходной файл .TFT из редактора Nextion.

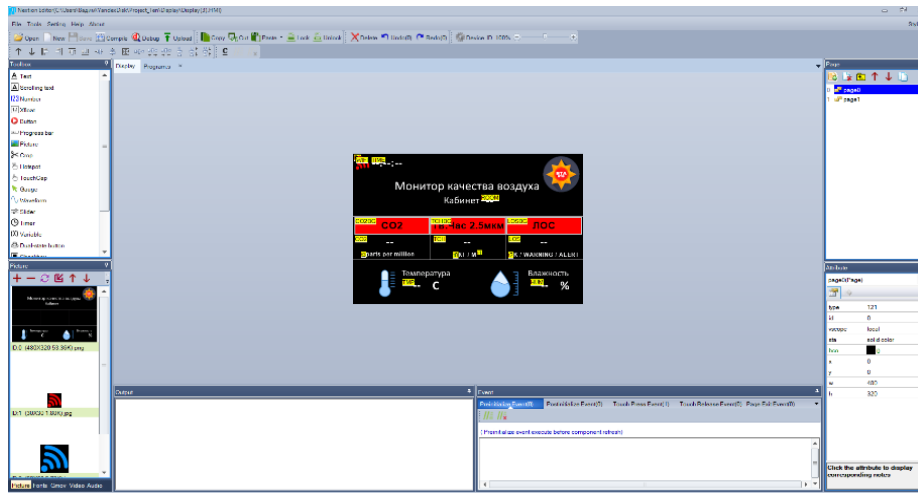


Рисунок 13. Внешний вид IDE Nextion Editor

3.1.4. Схема подключения датчиков к контактам микроконтроллера

Принципиальная схема подключения датчиков к контактам микроконтроллера представлена на рисунке 14.

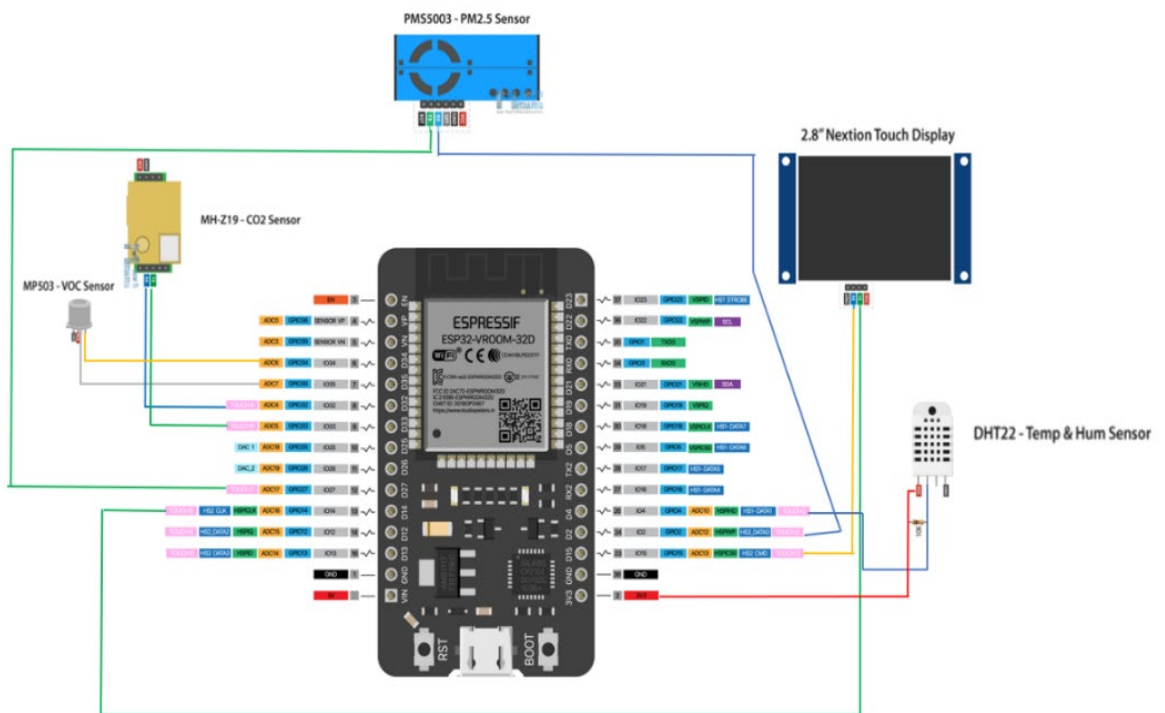


Рисунок 14. Принципиальная схема подключения

3.2. Результаты измерений

3.2.1 Измерение 1

Измерение 1. Проводилось в жилом помещении (спальня) в период с 25 января с 20:30 до 26 января 07:30. С 20:50 ч. до 21:50 ч. осуществлялось проветривание помещения, что

можно видеть по понижению температуры помещения. Результаты Измерения 1 представлены в таблице 6 и на рисунке 15.

На протяжении Измерения 1

- ночная температура была постоянной с медианным значением 23°C, что находится в зоне оптимальной температуры.
- концентрация CO₂ была постоянной с медианным значением 403 ppm, что находится в оптимальной зоне концентрации CO₂;
- относительная влажность воздуха незначительно колебалась с медианным значением 27,1%, что находится ниже оптимальной влажности помещения;
- концентрации взвешенных частиц не проводилось, т.к. датчик был отключен;
- ЛОС обнаружено не было.

Таблица 6.

Результаты Измерения 1

Параметр	Мин. значение	Макс. значение	Среднее значение	Погрешность	Оптимальный диапазон
Температура (°C)	18,2	23,4	23,0	±0.5	18-24
CO ₂ (ppm)	400	408	403	±70 ppm или ±3%	< 1000 (безопасно) < 425 (чистый воздух)
Влажность (%)	25,2	32,3	27,1	±2%	40-60
Взвеш. част. PM _{2.5} (мкг/м ³)	Не измерялось	Не измерялось	Не измерялось	±10 мкг/м ³	< 13
ЛОС (да/нет)	нет	нет	нет	-	нет

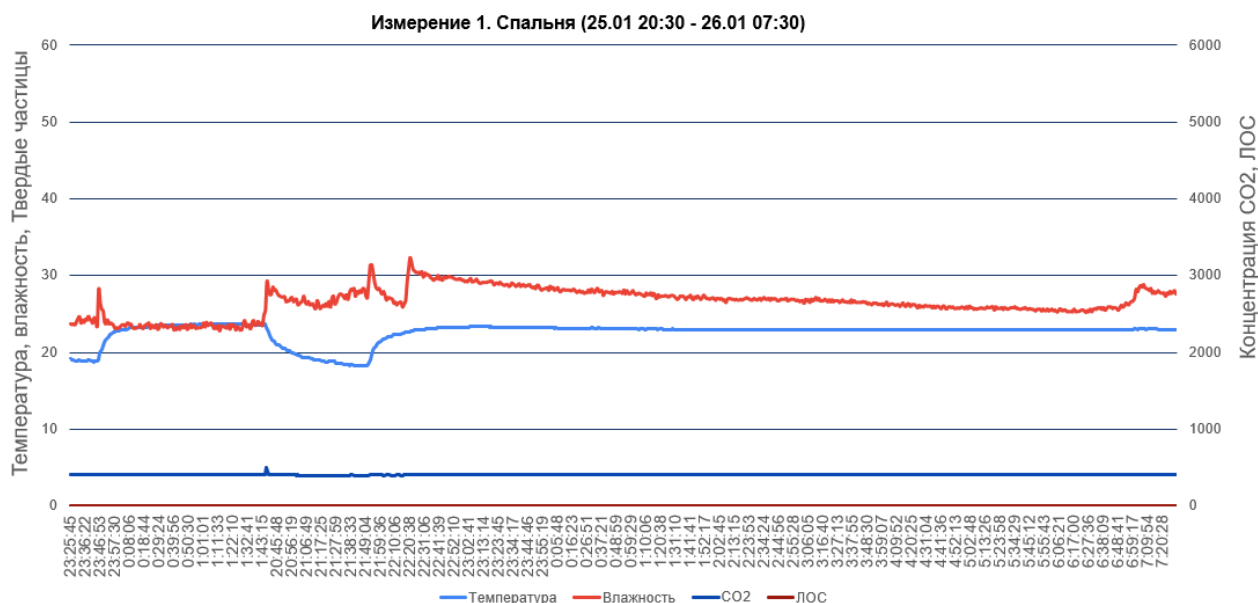


Рисунок 15. Диаграмма результатов Измерения 1

Таким образом, проведенное Измерение 1 показало, что микроклимат помещения соответствует оптимальным значениям за исключением уровня влажности помещения. Наиболее вероятная причина — это отопительный сезон и работа радиаторов, которые сушат воздух. Рекомендуется установка увлажнителя воздуха в указанном помещении.

3.2.2 Измерение 2

Измерение 2 проводилось в жилом помещении (спальня) в период с 26 января с 22:30 ч. до 27 января 06:50 ч.. Проветривание помещения не осуществлялось. Результаты Измерения 2 представлены в таблице 7 и на рисунке 16.

Таблица 7.

Результаты Измерения 2

Параметр	Мин. значение	Макс. значение	Среднее значение	Погрешность	Станд. откл	Оптимальный диапазон
Температура(°C)	23,9	25,4	24,5	±0.5	±0.5	18-24
CO2 (ppm)	401	410	405	±70 ppm или ±3%	±70 ppm или ±3%	< 1000 (безопасно) < 425 (чистый воздух)
Влажность(%)	30,5	41,6	33,2	±2%	±2%	40-60
Взвеш. част. PM2.5 (мкг/м³)	3	3	3	±10 мкг/м³	±10 мкг/м³	< 13
ЛОС (да/нет)	нет	нет	нет	-	-	нет

На протяжении Измерения 2

- ночная температура была постоянной с медианным значением $24,5^{\circ}\text{C}$, что немного выше оптимальной температуры;
- концентрация CO_2 была постоянной с медианным значением 405 ppm, что находится в оптимальной зоне концентрации CO_2 ;
- относительная влажность воздуха незначительно колебалась с медианным значением 33,2%, что находится ниже оптимальной влажности помещения.
- концентрация взвешенных частиц не изменялась и находилась на постоянном уровне в 3 мкг/м^3 , что соответствует высокому качеству воздуха.
- ЛОС обнаружено не было.

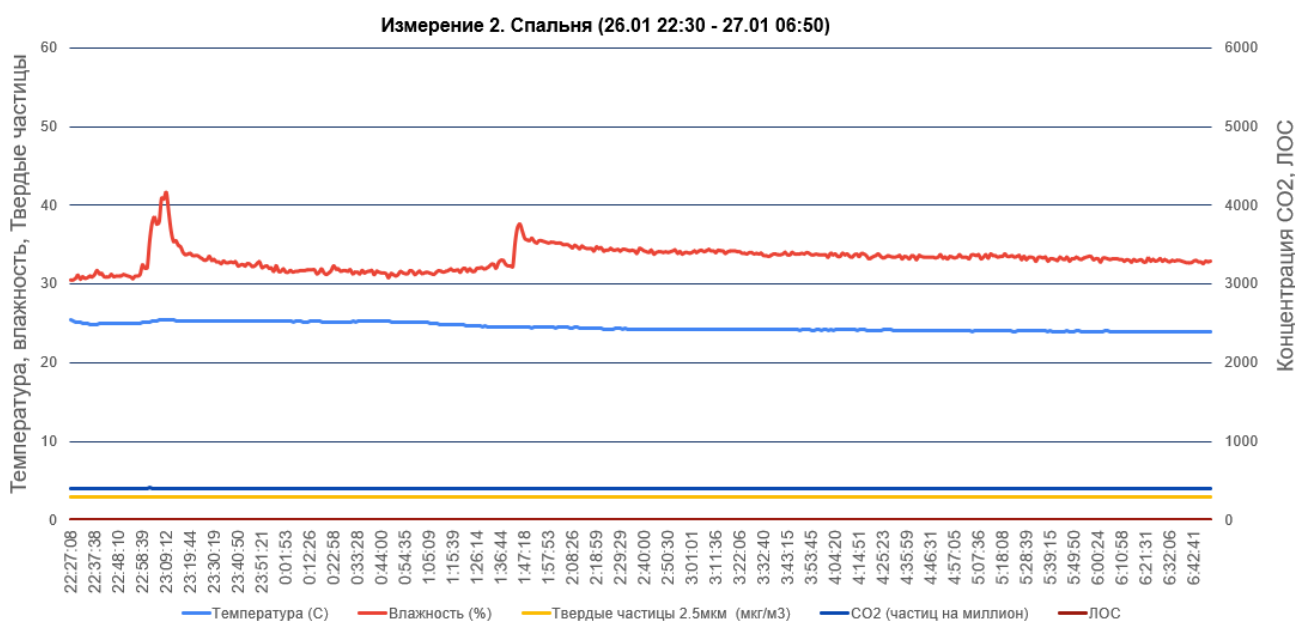


Рисунок 16 Диаграмма результатов Измерения 2

Таким образом, проведенное Измерение 2 показало, что микроклимат помещения соответствует оптимальным значениям, за исключением незначительного отклонения уровня влажности помещения. Наиболее вероятная причина — это отопительный сезон и работа радиаторов, которые сушат воздух. Рекомендуется установка увлажнителя воздуха в указанном помещении.

В рамках Измерения 2 были получены результаты, аналогичные Измерению 1, что подтвердило повторяемость результатов.

3.2.3 Измерение 3

Измерение 3 проводилось в МАОУ Лицей №38 Кабинет "К1" в период с 3 февраля 08:15 ч. до 3 февраля 16:20 ч. Постоянное проветривание помещения осуществлялось с 08:40 до 13:45 ч.

Результаты Измерения 3 представлены в таблице 8 и на рисунке 17.

Таблица 8.

Результаты Измерения 3

Параметр	Мин. значение	Макс. значение	Среднее значение	Погрешность	Оптимальный диапазон
Температура(°C)	17,7	29,4	26,2	±0.5	18-24
CO2 (ppm)	400	5000	549	±70 ppm или ±3%	< 1000 (безопасно) < 425 (чистый воздух)
Влажность (%)	21,0	48,3	27,7	±2%	40-60
Взвеш. част. PM2.5 (мкг/м³)	0	11	4	±10 мкг/м³	< 13
ЛОС (да/нет)	нет	нет	нет	-	нет

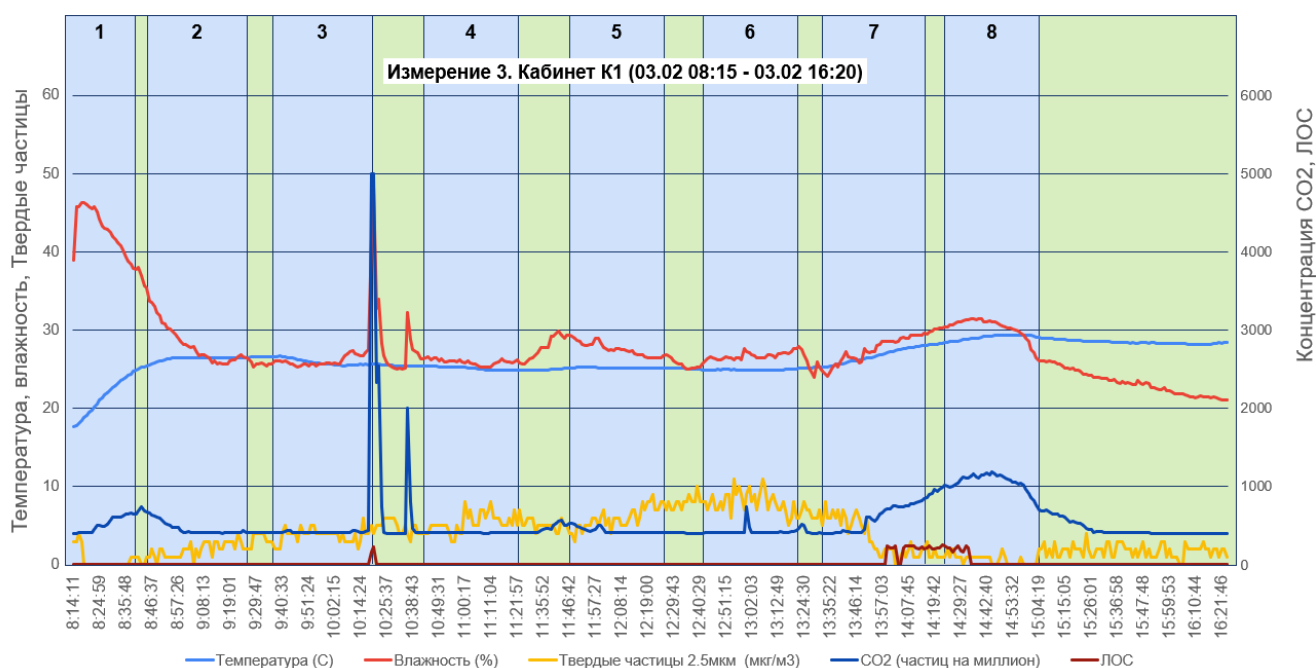


Рисунок 17. Диаграмма результатов Измерения 3

На протяжении Измерения 3:

- рост температуры оказался заметным и составил 11,7°C при медианном значением 26,2° C, что немного выше оптимальной температуры;
- концентрация CO2 значительно изменялась с медианным значением 549 ppm, что находится в безопасной зоне концентрации CO2;
- влажность значительно колебалась с медианным значением 27,7%, что находится ниже оптимальной влажности помещения;

– концентрация взвешенных частиц менялась незначительно и находилась на медианном уровне в 4 мкг/м^3 , что соответствует высокому качеству воздуха.

– ЛОС обнаружено не было.

Таким образом, проведенное измерение показало, что микроклимат помещения незначительно отклоняется от оптимальных значений по показателям влажности и температуры.

Кроме того, на диаграмме измерений (рис. 17) выделяются три зоны:

1. Первый урок в интервале 08:15-08:45 ч. Начало учебного дня, проветривание не осуществлялось, повысилась температура с минимального значения до высокого, значительно уменьшилась влажность, незначительно вырос уровень CO_2 . Наглядно видно, что присутствие учеников в непроветренном помещении в классе меняет параметры микроклимата

2. Перемена 10:20 - 10:40 ч. Ученики заметили ИИС и массово проявили интерес к прибору, образовалось скопление учеников вокруг ИИС, в следствии чего скачкообразно изменилась влажность и концентрация CO_2 , с началом урока показания пришли к ожидаемым уровням.

3. Последняя "пара" в интервале 13:45 - 15:00 ч. Было остановлено проветривание помещения, что оказало заметное негативное влияние на температуру и концентрацию CO_2 . Указанные показатели вышли за границы оптимальных и безопасных уровней. В то же время отмечено повышение значений показателей влажности и концентрации взвешенных частиц.

3.2.4 Измерение 4

Измерение 4 проводилось в МАОУ Лицей №38 Кабинет "К2" в период с 7 февраля 12:30 до 7 февраля 17:00 ч. Проветривание помещения осуществлялось с 14:30 до 15:15 ч.

Результаты Измерения 4 представлены в таблице 9 и на рисунке 18.

На протяжении Измерения 4

– температура практически не менялась при медианном значением $24,0^\circ \text{C}$, что соответствует оптимальной температуре.

– концентрация CO_2 значительно изменялась с медианным значением 930 ppm, что находится в безопасной зоне концентрации CO_2 . Однако учебное время среднее значение держалось на уровне 1263 ppm, что является превышением нормы.

– влажность значительно колебалась с медианным значением 28,3%, что находится ниже оптимальной влажности помещения.

– концентрация взвешенных частиц значительно менялась и находилась на медианном уровне в 12 мкг/м^3 , что соответствует высокому качеству воздуха. Однако, при

проветривании помещения концентрация достигала 21 мкг/м³, что является вредным уровнем. Это связано с тем, что окна данного кабинета выходят на проезжую часть улицы Ванеева.

– ЛОС обнаружено не было.

Таблица 9.

Результаты Измерения 4

Параметр	Мин. значение	Макс. значение	Среднее значение	Погрешность	Оптимальный диапазон
Температура(°C)	23,7	24,8	24,0	±0.5	18-24
CO ₂ (ppm)	407	1499	930	±70 ppm или ±3%	< 1000 (безопасно) < 425 (чистый воздух)
Влажность (%)	18,4	37,7	28,3	±2%	40-60
Взвеш. част. PM _{2.5} (мкг/м ³)	7	21	12	±10 мкг/м ³	< 13
ЛОС (да/нет)	нет	нет	нет	-	нет

Таким образом проведенное измерение показало, что микроклимат помещения заметно отклоняется от оптимальных значений по показателям влажности, концентрации CO₂ и взвешенных летучих частиц.

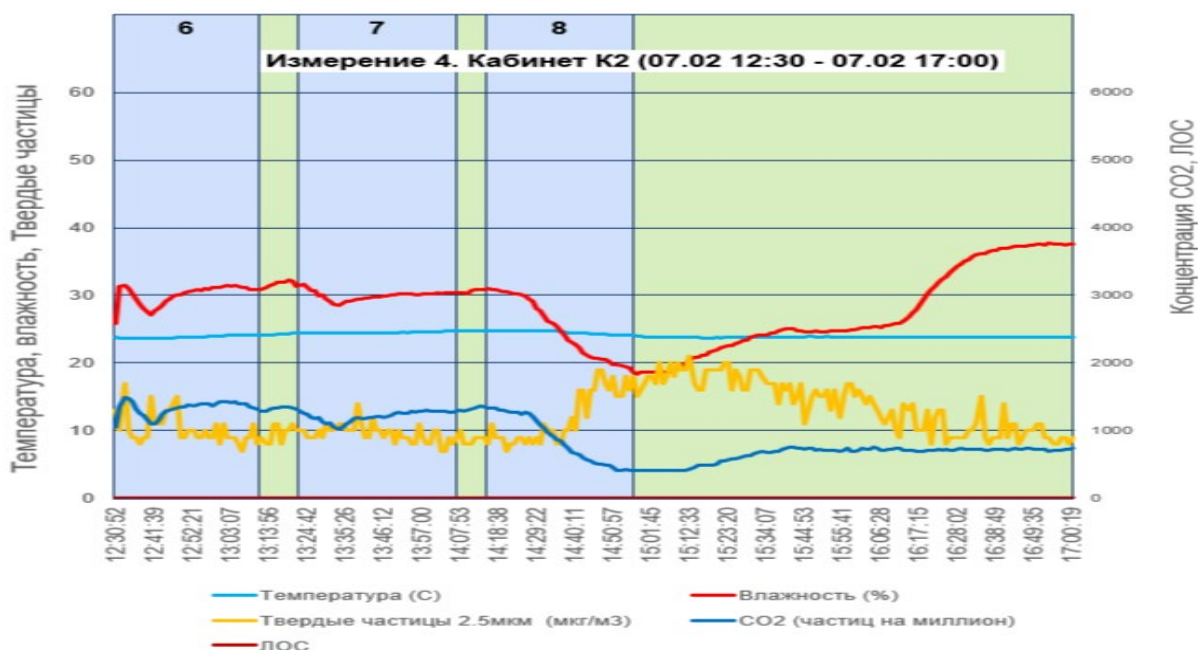


Рисунок 18. Диаграмма результатов Измерения 4

Кроме того, на графике измерений выделяются две зоны:

1. Шестой и седьмой уроки в интервале 12:30-14:10 ч. Во время проведения данных уроков показатели микроклимата по влажности и концентрации CO₂ не соответствовали нормативным показателям и держали на постоянном уровне

2. Восьмой урок 14:15 - 14:55 ч. Было проведено проветривание помещения, что вернуло показатели CO₂ в нормативные пределы, но значительно повысило показатели концентрации взвешенных частиц до вредного уровня, что объясняется выходом окон кабинета на проезжую часть.

3.2.5 Измерение 5

Измерение 5 проводилось в МАОУ Лицей №38 Кабинет "КЗ" в интервале с 11 февраля 08:40 до 11 февраля 14:15 ч. Проветривание помещения осуществлялось в 10:15 и 11:20.

Результаты Измерения 5 представлены в таблице 10 и на рисунке 19.

На протяжении Измерения 5:

- температура практически не менялась при медианном значении 27,1° С, что превышает оптимальную температуру.
- концентрация CO₂ значительно изменялась с медианным значением 789 ppm, что находится в безопасной зоне концентрации CO₂.
- влажность значительно колебалась с медианным значением 29,5%, что находится ниже оптимальной влажности помещения.
- концентрация взвешенных частиц практически не менялась и находилась на медианном уровне в 2 мкг/м³, что соответствует высокому качеству воздуха.
- были обнаружено ЛОС! Во время измерений ИИС находился недалеко от комнатных растений, что может объяснить обнаружение ЛОС, однако требуется провести более детальное исследование данного кабинета.

Таблица 10.

Результаты Измерения 5

Параметр	Мин. значение	Макс. значение	Среднее значение	Погрешность	Оптимальный диапазон
Температура(°С)	23,8	29,4	27,1	±0.5	18-24
CO ₂ (ppm)	0	5	2	±70 ppm или ±3%	< 1000 (безопасно) < 425 (чистый воздух)
Влажность (%)	16,9	40,7	29,5	±2%	40-60
Взвеш. част. PM2.5	400	3503	789	±10 мкг/м ³	< 13

(мкг/м ³)					
ЛОС (да/нет)	да	да	да	-	нет

Таким образом проведенное измерение показало, что микроклимат помещения заметно отклоняется от оптимальных значений по показателям влажности, концентрации CO₂ и ЛОС.

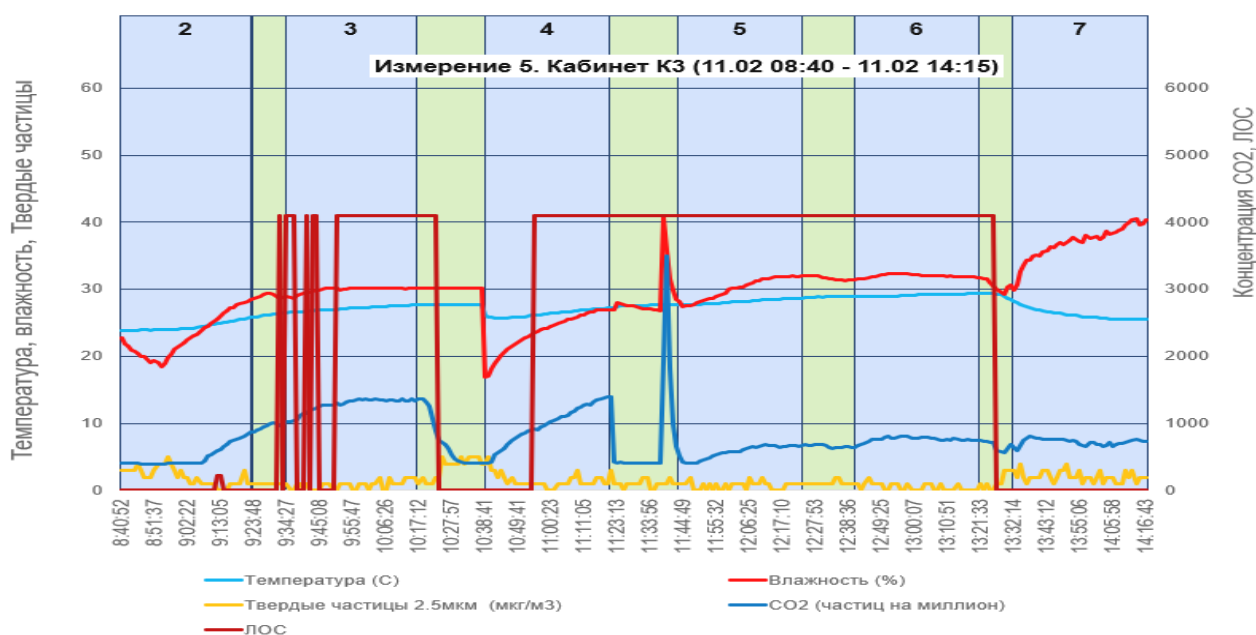


Рисунок 18. Диаграмма результатов Измерения 5

3.3 Выводы

На основании данных выполненного моделирования и проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Разработанная информационно-измерительная система (ИИС) показала свою эффективность в сборе и обработке данных о параметрах микроклимата, таких как температура, влажность, концентрация CO₂ и качество воздуха.

2. Проведенные измерения в учебных кабинетах МАОУ Лицей №38 свидетельствуют о соблюдении в целом требований СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи».

3. Чувствительность ИИС к исследуемым параметрам достаточно высокая, поскольку отмечено в ходе измерений отклонение в параметрах:

– температура воздуха в отдельных помещениях температура превышала рекомендуемые значения (18-24°C), что могло негативно сказываться на комфорте пребывания в помещении;

- практически во всех случаях влажность воздуха была ниже рекомендованных значений (40-60%), что может приводить к сухости кожи и слизистых оболочек, а также способствовать развитию болезнетворных микроорганизмов;
- концентрация углекислого газа (CO_2) находилась в пределах безопасного диапазона (<1000 ppm), хотя в некоторых случаях наблюдалось превышение безопасного уровня. Это свидетельствует о необходимости улучшения вентиляции в помещениях К2 и К3;
- показатели взвешенных частиц и летучих органических соединений (ЛОС) варьировались в зависимости от условий проветривания и расположения здания. В ряде случаев отмечался повышенный уровень загрязнений, что требует дополнительного изучения и принятия мер по улучшению качества воздуха в кабинетах К2 и К3.

Заключение

Настоящее исследование посвящено изучению возможностей использования информационных систем и технологий для мониторинга и анализа микроклимата в учебных заведениях. Разработанная информационно-измерительная система показала свою эффективность в сборе и обработке данных о параметрах микроклимата, таких как температура, влажность, концентрация CO₂ и качество воздуха.

В рамках проведения работы задача по изучению современных подходов и технологии для мониторинга микроклимата помещений была полностью выполнена, что позволило разработать архитектуру информационной измерительной системы (ИИС), подобрать и интегрировать необходимые датчики для измерения ключевых параметров микроклимата, а также, реализовать программное обеспечение для сбора, обработки и передачи данных от датчиков, с формированием интерфейса для визуализации данных на дисплее и веб-странице и сохранением данных измерений в облачном сервисе.

Полученная система успешно прошла тестирование, продемонстрировав свою функциональность при достаточно низкой стоимости по сравнению с аналогичными решениями. Собранные данные могут использоваться для принятия решений по улучшению состояния окружающей среды в объектах образования и защиты здоровья преподавателей и обучающихся. Кроме того, эти данные могут стать основой для последующих исследований, направленных на изучение характеристик, вариаций и механизмов формирования микроклимата в помещениях.

Основные результаты исследования подтверждают актуальность выбранной темы и необходимость автоматизации процессов мониторинга микроклимата для обеспечения комфортных и здоровых условий обучения. Полученные данные помогут образовательным учреждениям лучше понимать текущие условия в помещениях и своевременно принимать меры по их улучшению.

Результаты данной работы позволяют дать практические рекомендации по улучшению ситуации по соблюдению нормативов и обеспечению комфортности микроклимата в нескольких Кабинетах конкретной образовательной организации.

1. Установка увлажнителей воздуха: ввиду низкой влажности воздуха в помещениях, особенно в отопительный сезон, рекомендуется использование увлажнителей для поддержания комфортного уровня влажности.

2. Улучшение вентиляции: следует увеличить интенсивность проветривания помещений, особенно во время занятий, когда большое количество людей находится в замкнутом пространстве. Это поможет снизить концентрацию углекислого газа и улучшить общее качество воздуха.

3. Регулярный мониторинг микроклимата: Постоянный контроль параметров микроклимата позволит вовремя выявлять отклонения от нормальных значений и предпринимать соответствующие корректирующие меры.

4. Использование дополнительных средств контроля: рассмотреть установку систем автоматического регулирования температуры и влажности для поддержания оптимальных условий в помещениях.

Эти меры направлены на создание более здоровой и комфортной среды для учащихся и сотрудников учебных заведений.

Дальнейшие исследования могут включать углубленное изучение влияния различных факторов на микроклимат, разработку более совершенных алгоритмов обработки данных и интеграцию системы с существующими системами управления зданиями.

Перспективами развития ИИС являются:

1. Добавление датчика шума в рабочем помещении;
2. Добавление управления активностью пользователя (рекомендации технологических перерывов, зарядка для глаз);
3. Добавление датчика давления воздуха;
4. Добавление возможности подключать SIM-карту для устранения необходимости использования WiFi точки доступа.

Список литературы

1. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 № 273-ФЗ // URL: <https://www.consultant.ru/document/> (дата обращения 10.02.2025).
2. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28 сентября 2020 г. № 28 «Об утверждении санитарных правил СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи» // URL: <https://base.garant.ru/>(дата обращения 10.02.2025).
3. Аляутдинова Ю. А., Муканов Р. В. Исследование параметров микроклимата в учебных аудиториях с целью определения условий комфортности // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2022. № 3 (41). С. 32–37.
4. Болотова, А. С. Концепция современного измерительно-вычислительного комплекса для контроля комфортности микроклимата / А. С. Болотова. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2022. — № 2 (397). — С. 36-39. — URL: <https://moluch.ru/archive/397/87900/> (дата обращения: 17.02.2025).
5. Волков И.Е., Челышев Э.А., Раскатова М.В., Шибитов Д.В. Разработка системы мониторинга показателей микроклимата помещений // Инженерный вестник Дона, №11 (2022)// URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2022/8030/(дата обращения 10.02.2025).
6. Дмитриев М.А., Озерова М.И. Проектирование и разработка компонентов системы анализа микроклимата в помещении // Вестник науки №5 (62) том 2. С. 409 - 416. 2023 г. ISSN 2712-8849 // Электронный ресурс: <https://www.vestnik-nauki.com/article/8145> (дата обращения: 17.01.2025).
7. Первушин Г.С. Научно-исследовательская работа: Определение качества воздуха школьного кабинета по измерению концентрации углекислого газа // 2017. URL: <https://multiurok.ru/files/nauchno-issliedovatel-skaia-rabota-opriedielienii.html> (дата обращения: 14.12.24).
8. Хабр. Школьный проект: качество воздуха // 2017. URL: <https://habr.com/ru/companies/tion/articles/406383/?mobile=yes> (дата обращения: 11.01.25).
9. Шестаков Н.А. Мониторинг микроклимата помещений // Материалы XIV Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» URL: <https://scienceforum.ru/2022/article/2018029521?ysclid=m79ecj7jka644954488> (дата обращения: 17.02.2025).

10. Dejan. Монитор качества воздуха 5 в 1 на Arduino своими руками // 2024. URL: <https://microkontroller.ru/arduino-projects/monitor-kachestva-vozduha-5-v-1-na-arduino-svoimi-rukami/> (дата обращения: 14.09.24)

11. Schulte R., Bridges B., Grimsrud D. Непрерывный мониторинг качества внутреннего воздуха в школьных зданиях // 2003. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=3075 (дата обращения: 11.01.2025)

**Отзыв научного руководителя
на исследовательскую работу ученика «Исследование возможности
использования и интеграции различных информационных систем
и технологий для мониторинга и анализа микроклимата помещений
образовательной организации».**

Работа ученика Вадима Анисимова, выполненная в рамках научного общества учащихся «Эврика», демонстрирует высокий уровень исследовательских навыков и стремление к решению актуальных вопросов в области мониторинга микроклимата помещений. Автор проделал значительную работу по изучению существующих информационных систем и технологий, выбору и интеграции необходимых датчиков, а также разработке программного обеспечения для сбора, обработки и визуализации данных.

Вадим проявил самостоятельность в проведении литературного поиска, выборе оборудования и подготовке программного обеспечения для управления датчиками и визуализации данных. Важно отметить, что он лично проводил испытания информационной системы в реальных условиях и проанализировал полученные результаты.

Заявленная тема работы действительно актуальна. Современные организации, осуществляющие образовательную деятельность, сталкиваются с необходимостью обеспечения комфортных и здоровых условий обучения, что напрямую зависит от микроклимата помещений. Автоматизация процессов мониторинга и анализа микроклимата позволяет оперативно реагировать на изменения и поддерживать оптимальные условия, что подтверждается теоретической и практической значимостью работы.

Содержание работы полностью соответствует заявленной теме. Автор детально изучил существующие подходы и технологии мониторинга микроклимата, разработал архитектуру информационно-измерительной системы, подобрал и интегрировал необходимые датчики, создал программное обеспечение для сбора и обработки данных. Важным аспектом является также реализация системы визуализации данных, что способствует лучшему пониманию и интерпретации результатов.

Цели и задачи, поставленные в начале работы, соответствуют требованиям к исследованию. Они направлены на улучшение системы мониторинга микроклимата в образовательных организациях путем разработки и применения информационно-измерительной системы. Полученные выводы и результаты позволяют оценить степень достижения поставленных целей и подтвердить правильность выбранного подхода.

Разработанный прототип информационно-измерительной системы может быть полезен в образовательных организациях для улучшения условий обучения и повышения

комфорта учащихся и преподавателей. Возможность оперативного мониторинга и анализа параметров микроклимата позволяет своевременно выявлять отклонения от норм и принимать соответствующие меры. Система также отличается относительно низкой стоимостью, что делает её доступной для широкого круга пользователей.

Качество оформления работы соответствует установленным стандартам и требованиям к оформлению письменных работ учащихся городского НОУ «Эврика». Структура работы логична и последовательна, каждая глава сопровождается необходимыми пояснениями и выводами. Приведен список литературы, оформленный в соответствии с требованиями ГОСТ. Все материалы и методики проводимых экспериментов описаны подробно, что позволяет воспроизвести результаты при необходимости.

Работа Вадима Анисимова заслуживает высокой оценки. Она демонстрирует глубокое понимание исследуемой темы, грамотное применение научных методов и значительный личный вклад автора. Полученные результаты имеют практическую ценность и могут быть использованы для дальнейшего совершенствования систем мониторинга микроклимата в образовательных организациях. Степень оригинальности текста в системе «Антиплагиат» составляет **85,79%**.

Научный руководитель: Анисимов Дмитрий Дмитриевич
Исполнительный директор, АО "Сбербанк-Технологии"

ОТЗЫВ

на научно-исследовательскую работу ученика **Анисимова Вадима**

Исследование возможности использования и интеграции различных информационных систем и технологий для мониторинга и анализа микроклимата помещений общеобразовательного учреждения

Выделю сразу же три важнейшие черты, характеризующие данную ученическую работу:

- актуальность;
- многофакторность;
- научность.

Вопросы экологии классных помещений едва ли нуждаются в дополнительном обосновании. Но, тем не менее: учащиеся зачастую проводят в школе от пяти до семи уроков, и контроль микроклимата в классе является важнейшим условием их качественного обучения. Сама постановка задачи – отслеживание и информирование учителя о физических параметрах воздуха в помещении, представляется и весьма насущной, и однозначно полезной.

Многофакторность. Автор работы предлагает следить за пятью параметрами – температурой, относительной влажностью, содержанием углекислого газа, качеством воздуха (наличием летучих органических соединений) и концентрацией взвешенных частиц. Такой подход позволяет отслеживать “объемную” картину изменений воздушной среды. Но вместе с тем это и значительно усложняет задачу автора – это связано и с увеличением числа разнообразных датчиков измерений и с необходимостью их параллельной работы в рамках единого измерительного комплекса.

И, наконец, третья черта, которая представляется наиболее важной. Ученическая работа Анисимова имеет **отчетливо выраженный научный** характер. Наличие содержательного введения и обзора литературы – одно из свидетельств тому: это две “лакмусовые бумажки”, отображающий уровень претензий исследователя и осознание им уровня своих достижений. И они, безусловно, есть.

Работа носит экспериментальный характер, и автор детально описывает все ее этапы. Поражает объем различных технических и конструктивных сведений, который автор освоил для проведения своих измерений. Это и датчики, обеспечивающие контроль за состоянием воздушной среды, и информация относительно систем мониторинга, внедрившихся ранее в школах Москвы и Санкт-Петербурга, и многочисленные технические особенности элементов, составивших единую базу исследований.

Автор приводит результаты измерений для пяти измерений, проведенных в различных замкнутых помещениях. Крайне интересны обнаруженные им режимы превышения допустимых параметров воздуха в ряде учебных кабинетов. Это служит безусловным доказательством важности проведенных Анисимовым исследований и необходимости их дальнейшего развития и приложения к большему числу школьных объектов.

Работа оставляет очень приятное впечатление. Она прекрасно логически выстроена и написана хорошим русским языком. Считаю, что **научно-исследовательская** работа Вадима Анисимова заслуживает самой высокой конкурсной оценки.

Профессор кафедры математики НИУ ВШЭ – Нижний Новгород,
Старший научный сотрудник ИПФ РАН,
Доктор физ.-мат. наук

А.А. Абрашкин

