

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»

Высшая школа электроники и компьютерных наук
Кафедра «Электронные вычислительные машины»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой ЭВМ
_____ Д.В. Топольский
«__» _____ 2024 г.

Система климатического контроля для гаража

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУРГУ-090301.2024.406 ПЗ ВКР

Руководитель работы,
к.т.н., доцент каф. ЭВМ
_____ В.А. Парасич
«__» _____ 2024 г.

Автор работы,
студент группы КЭ-406
_____ Т.М. Абдраязков
«__» _____ 2024 г.

Нормоконтролёр,
ст. преп. каф. ЭВМ
_____ С.В. Сяськов
«__» _____ 2024 г.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Высшая школа электроники и компьютерных наук
Кафедра «Электронные вычислительные машины»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой ЭВМ

_____ Д.В. Топольский

« ____ » _____ 2024 г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу бакалавра
студенту группы КЭ-406
Абдразякову Тимуру Маратовичу
обучающемуся по направлению
09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»

- 1. Тема работы:** «Система климатического контроля для гаража»
утверждена приказом по университету от «22» апреля 2024 г.
№ 764-13/12
- 2. Срок сдачи студентом законченной работы:** 01 июня 2024 г.
- 3. Исходные данные к работе:** объектом автоматизации является гаражное помещение.
 - 3.1. Гаражное помещение имеет следующие размеры и параметры:**
 - высота – 4 м;
 - длина – 6 м;
 - ширина – 4 м;
 - диапазон температур: -20...35°C;
 - напряжение питания сети переменного тока: 220 В, 50 Гц.

3.2. Основные функции системы: – поддержание заданных параметров микроклимата и отображение текущих параметров среды.

3.3. Используемые электротехнические элементы должны быть унифицированными.

4. Перечень подлежащих разработке вопросов:

1. Аналитический обзор научно-технической, нормативной и методической литературы по тематике работы и подбор основных компонентов.

2. Проектирование системы.

3. Разработка алгоритма работы для контроллера управления микроклиматом гаража.

4. Проведение тестирования.

Дата выдачи задания: 1 декабря 2023 г.

Руководитель работы _____ / В.А. Парасич /

Студент _____ / Т.М. Абдраязков /

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Этап	Срок сдачи	Подпись руководителя
Аналитический обзор научно-технической, нормативной и методической литературы по тематике работы	20.12.2023	
Проектирование системы	03.03.2024	
Разработка алгоритма работы для контроллера управления	24.05.2024	
Проведение тестирования	01.06.2024	
Компоновка текста работы и сдача на нормоконтроль	12.06.2024	
Подготовка презентации и доклада	14.06.2024	

Руководитель работы _____ / В.А. Парасич /

Студент _____ / Т.М. Абдраязков /

АННОТАЦИЯ

Т.М. Абдраязков. Система климатического контроля для гаража. – Челябинск: ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», ВШ ЭКН; 2024, 41 с., библиогр. список – 17 наим.

Данная выпускная квалификационная работа посвящена разработке и реализации системы климатического контроля для гаража. В работе исследуются современные подходы к автоматизации климатических условий в гаражных помещениях с использованием микроконтроллеров и датчиков температуры и влажности.

Целью работы является создание эффективной и доступной системы, которая обеспечит оптимальные климатические условия в гараже, поддерживая оптимальную температуру и влажность, предотвращая излишнюю влажность или перегрев.

В ходе работы проведен анализ существующих технологий и методов контроля климата, выбраны наиболее подходящие компоненты и средства для реализации системы. Разработаны алгоритмы управления для микроконтроллера, обеспечивающие надежную и автоматизированную работу системы.

Результатом работы стала создание модели системы климатического контроля для гаража, которая успешно регулирует температуру и влажность внутри помещения. Будет использовано концептуальное проектирование, моделирование и описание системы, без фактической сборки и тестирования в реальной среде. Успешно пройдено тестирование.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	8
2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ	15
2.1. АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ.....	15
2.2. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ.....	15
2.3. ДАТЧИКИ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ.....	17
2.4. УСТРОЙСТВО ВЫВОДА.....	19
2.5. УСТРОЙСТВО ВВОДА	20
2.6. ВЫБОР СПОСОБА УПРАВЛЕНИЯ.....	22
3. РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАБОТЫ ДЛЯ КОНТРОЛЛЕРА УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ ГАРАЖА	25
3.1. ОПИСАНИЕ КОДА АЛГОРИТМА	25
3.2. ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМА	27
4. ТЕСТИРОВАНИЕ	31
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	37
БИБЛЕОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	38
ПРИЛОЖЕНИЕ ПЛАН ТЕСТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ КЛИМАТ-КОНТРОЛЯ ДЛЯ ГАРАЖА НА ЭМУЛЯТОРЕ.....	40

ВВЕДЕНИЕ

Современные гаражи, помимо хранения автомобилей, часто выполняют функции мастерских, складов и даже мест для отдыха. Однако, как и любое другое помещение, гаражи нуждаются в поддержании оптимальных климатических условий для сохранности хранимых в них материалов и оборудования, а также для обеспечения комфортных условий работы.

Несмотря на то, что управление климатом в гараже не является столь важным, как в доме или офисе, изменения температуры, влажности и вентиляции могут оказать значительное влияние на сохранность автомобилей, инструментов и другого оборудования. Например, высокая влажность может привести к коррозии металлических деталей, а перегрев – к повреждению электроники.

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка и реализация системы климатического контроля для гаража. Система должна обеспечить надежное и автоматизированное управление температурой и влажностью в гаражном помещении, предотвращая экстремальные условия, которые могут нанести вред хранимым материалам и оборудованию.

В работе будут рассмотрены современные подходы и технологии автоматизации климатического контроля, выбраны наиболее подходящие компоненты и разработано программное обеспечение для микроконтроллера. Результатом работы станет создание прототипа системы, который будет протестирован и апробирован на практике.

1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Гараж – место для хранения автомобиля, а также помещение для работы, отдыха, хранения вещей и даже проживания. Именно поэтому важно создать в гараже условия, которые не повредят имуществу, а также здоровью человека. Одним из способов обеспечения таких условий является установка системы климат контроля, которая поддерживает оптимальную температуру и влажность воздуха в гараже.

Климат контроль для гаража – это система, которая поддерживает оптимальную температуру и влажность воздуха в помещении, где хранится автомобиль или другое имущество. Существуют разные виды и модели климат контроля, которые отличаются по принципу работы, характеристикам, стоимости, эффективности и требованиям к установке и настройке. В данном обзоре будут рассмотрены четыре основных вида климат контроля для гаражей: естественный, принудительный, смешанный и мультизональный [1].

Естественный климат контроль основан на использовании естественной вентиляции и изоляции для поддержания комфортной температуры и влажности в гараже. Естественная вентиляция обеспечивается наличием окон, дверей, щелей и других отверстий, через которые проходит воздух [2]. Изоляция предотвращает потерю тепла зимой и перегрев летом, а также защищает от шума и пыли [3]. Естественный климат контроль имеет следующие преимущества [4]:

- низкая стоимость, так как не требует дополнительного оборудования и энергии;
- простота установки и обслуживания, так как не требует сложных настроек и регулировок;
- экологичность, так как не загрязняет окружающую среду и не создает шума.

Однако естественный климат контроль также имеет недостатки, такие как:

- низкая эффективность, так как не может обеспечить постоянную и равномерную температуру и влажность в гараже, особенно при сильных колебаниях погоды;
- недостаточная защита, так как не может предотвратить проникновение влаги, газов, запахов и других вредных веществ в гараж;
- необходимость постоянного контроля и регулировки, так как требует открывания и закрывания окон и дверей в зависимости от температуры и влажности на улице и внутри гаража.

Принудительный климат контроль основан на использовании механической вентиляции и кондиционирования для поддержания комфортной температуры и влажности в гараже. Механическая вентиляция обеспечивается наличием вентиляторов, которые принудительно втягивают или выталкивают воздух через вентиляционные трубы. Кондиционирование обеспечивается наличием кондиционеров, которые охлаждают или нагревают воздух в зависимости от заданной температуры. Принудительный климат контроль имеет следующие преимущества:

- высокая эффективность, так как может обеспечить постоянную и равномерную температуру и влажность в гараже, независимо от погоды;
- достаточная защита, так как может предотвратить проникновение влаги, газов, запахов и других вредных веществ в гараж, а также фильтровать и очищать воздух;
- удобство управления и регулировки, так как может автоматически подстраиваться под температуру и влажность на улице и внутри гаража, а также иметь дисплей и кнопки для настройки параметров.

Однако принудительный климат контроль также имеет недостатки, такие как:

- высокая стоимость, так как требует дополнительного оборудования и энергии;

- сложность установки и обслуживания, так как требует сложных настроек и регулировок, а также периодической замены фильтров и деталей;
- негативное воздействие на окружающую среду и шум, так как загрязняет атмосферу и создает шум при работе вентиляторов и кондиционеров.

Смешанный климат контроль основан на комбинации естественной и принудительной вентиляции и кондиционирования для поддержания комфортной температуры и влажности в гараже. Смешанная вентиляция обеспечивается наличием окон, дверей, щелей и других отверстий, через которые проходит воздух, а также вентиляторов, которые включаются или выключаются в зависимости от необходимости. Смешанное кондиционирование обеспечивается наличием кондиционеров, которые работают только при определенных условиях, например, при слишком высокой или низкой температуре. Смешанный климат контроль имеет следующие преимущества [5]:

- оптимальное соотношение стоимости и эффективности, так как использует минимальное количество оборудования и энергии, но при этом обеспечивает достаточную температуру и влажность в гараже;
- гибкость установки и обслуживания, так как может адаптироваться к различным типам и размерам гаражей, а также иметь разные варианты настроек и регулировок;
- сбалансированное воздействие на окружающую среду и шум, так как использует естественные ресурсы и минимизирует загрязнение и шум при работе оборудования.

Однако смешанный климат контроль также имеет недостатки, такие как:

- средняя эффективность, так как не может обеспечить постоянную и равномерную температуру и влажность в гараже, особенно при экстремальных погодных условиях;

- средняя защита, так как не может полностью предотвратить проникновение влаги, газов, запахов и других вредных веществ в гараж, а также не может полностью фильтровать и очищать воздух;
- необходимость компромисса и выбора, так как требует определения оптимального сочетания естественной и принудительной вентиляции.

Мультизональный климат контроль основан на использовании нескольких зон в гараже, которые имеют разную температуру и влажность воздуха в зависимости от функционального назначения и предпочтений пользователя. Мультизональная вентиляция и кондиционирование обеспечиваются наличием датчиков, клапанов, регуляторов и других устройств, которые контролируют поток и параметры воздуха в каждой зоне [6].

Мультизональный климат контроль имеет следующие преимущества [7]:

- максимальная эффективность, так как может обеспечить индивидуальную и оптимальную температуру и влажность воздуха в каждой зоне гаража, учитывая разные факторы, такие как освещение, изоляция, нагрузка, функция и т.д;
- максимальная защита, так как может предотвратить перемешивание воздуха между зонами, а также адаптировать фильтрацию и очистку воздуха в зависимости от уровня загрязнения и вредных веществ в каждой зоне;
- максимальное удобство управления и регулировки, так как может позволить пользователю настраивать температуру и влажность воздуха в каждой зоне по своему желанию, а также иметь удаленный доступ и управление через смартфон или компьютер.

Однако мультизональный климат контроль также имеет недостатки, такие как [8]:

- очень высокая стоимость, так как требует большого количества оборудования и энергии, а также сложной инженерной и технической подготовки гаража;

- очень сложность установки и обслуживания, так как требует точной настройки и регулировки, а также частой проверки и диагностики всех устройств и систем;
- очень негативное воздействие на окружающую среду и шум, так как создает большое количество отходов и выбросов, а также повышает уровень шума при работе оборудования.

Существует множество методов климат контроля для гаражей, которые имеют свои преимущества и недостатки, а также требуют разных условий и ресурсов для установки и настройки. Поэтому выбор оптимального метода климат контроля для гаража зависит от многих факторов, таких как тип и размер гаража, функциональное назначение и предпочтения пользователя, климатические и экологические особенности региона, бюджет и доступность оборудования и энергии, а также законодательные и нормативные требования. Для того, чтобы сделать правильный выбор, необходимо провести тщательный анализ и сравнение различных методов климат контроля, а также проконсультироваться с профессиональными специалистами и инженерами.

Автомобиль и другое имущество, которое хранится в гараже, подвержены воздействию различных факторов, таких как температура, влажность, влага, пыль, газы, запахи, плесень, грибок, насекомые, грызуны и т.д [9]. Эти факторы могут привести к различным проблемам, таким как [10-15]:

- коррозия и ржавчина, которые повреждают кузов, двигатель, электрику и другие детали автомобиля, а также уменьшают его срок службы и стоимость;
- потеря давления в шинах, которая ухудшает ходовые качества, увеличивает расход топлива и износ шин, а также повышает риск аварии;
- разрядка аккумулятора, которая приводит к невозможности запуска автомобиля, а также к повреждению электроники и системы зажигания;

- засорение фильтров, которые ухудшают работу двигателя, увеличивают расход топлива и выбросы вредных веществ, а также снижают мощность и динамику;
- потеря цвета и блеска, которые ухудшают внешний вид автомобиля, а также делают его более заметным для воров и хулиганов;
- появление запахов, пятен, пыли, плесени и грибка, которые портят салон автомобиля, а также вызывают аллергию, раздражение и неприятные ощущения у водителя и пассажиров;
- повреждение другого имущества, которое хранится в гараже, такого как инструменты, оборудование, мебель, одежда, книги, игрушки и т. д., которые могут потерять свою функциональность, качество, ценность и эстетику.

В данном обзоре литературы были изучены существующие методы и эффекты климат контроля для гаражей, а также выявлены проблемы и перспективы в этой области. Были сделаны следующие выводы и рекомендации.

1. Климат контроль для гаража — это важный и полезный способ создать комфортные и безопасные условия в помещении, где хранится автомобиль или другое имущество, а также повлиять на здоровье и благополучие человека, который работает или отдыхает в гараже.
2. Существует множество видов и моделей климат контроля для гаражей, которые имеют свои преимущества и недостатки, а также требуют разных условий и ресурсов для установки и настройки. Поэтому выбор оптимального метода климат контроля для гаража зависит от многих факторов, таких как тип и размер гаража, функциональное назначение и предпочтения пользователя, климатические и экологические особенности региона, бюджет и доступность оборудования и энергии, а также законодательные и нормативные требования.

3. Для того, чтобы обеспечить эффективную и надежную работу климат контроля для гаража, необходимо соблюдать правила установки и настройки, а также периодически проводить проверку, обслуживание и ремонт оборудования и систем.
4. Для того, чтобы минимизировать негативное воздействие климат контроля для гаража на окружающую среду и шум, необходимо использовать энергосберегающие и экологические технологии и материалы, а также соблюдать нормы и стандарты по защите окружающей среды и шуму.

Именно поэтому был выбран смешанный климат контроль, для обеспечения максимальной защиты и эффективности работы, а также преобладающего удобства в управлении и регулировке по сравнению с другими системами не требующий излишней электроники и доступный по стоимости.

2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ

2.1. АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ

Функциональные требования для программы для управления климат-контролем гаража:

1. Программа должна обеспечивать сбор и обработку данных с датчиков температуры и влажности.
2. Программа должна обеспечивать управление устройствами для регулирования климата в гараже, такими как кондиционеры, обогреватели и увлажнители.
3. Программа должна обеспечивать настройку желаемых параметров климата в гараже.

Нефункциональные требования для программы для управления климат-контролем гаража могут быть такими:

1. Программа должна быть надежна (up-time программы должен быть не менее 99,5 %).
2. Система должна иметь высокую скорость работы, точность измерений и управления, а также низкое потребление энергии и ресурсов.

DFD-диаграмма системы представлена на рисунке 1.

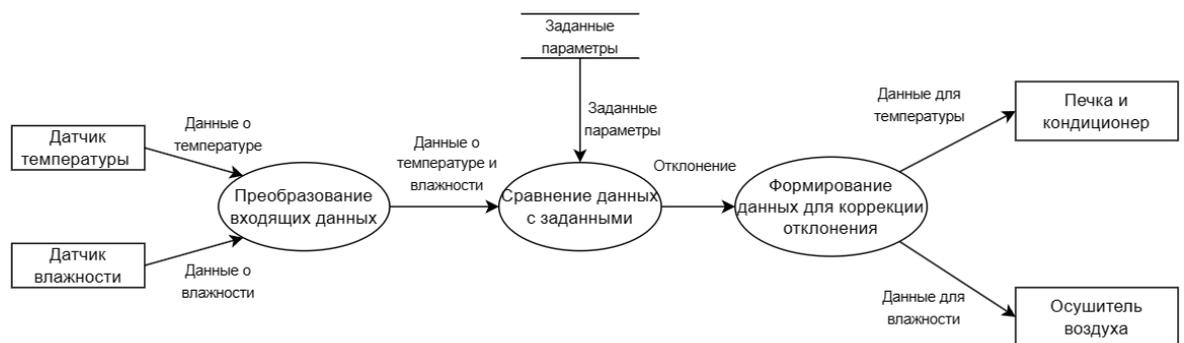


Рисунок 1 - DFD-диаграмма

2.2. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ

Существует множество платформ, которые могут быть использованы для управления климатом в помещении, но выбор часто зависит от требуемых функций, стоимости и доступности инструментов для разработки.

Основные критерии сравнения:

- мощность ЦПУ;
- количество входно-выходных пинов;
- наличие Wi-Fi;
- библиотеки и поддержка;
- цена.

Таблица 1 – Таблица сравнения платформ

Платформа	Мощность ЦПУ, МГц	Количество входов	Wi-Fi	Библиотеки и поддержка	Цена, руб.
Arduino Uno	16	14	Нет	Огромное количество	450
Raspberry Pi Zero W	1000	40	Да	Огромное количество	3500
NodeMCU (ESP8266)	80	17	Да	Широкая, включая темы IoT	330
ESP32	160	36	Да	Очень широкая, включая Bluetooth	450

Исходя из таблицы 1 был выбран NodeMCU по следующим причинам:

1. Встроенный Wi-Fi: NodeMCU базируется на ESP8266 и имеет встроенный Wi-Fi, что является необходимым для управления климатом через интернет или локальную сеть.
2. Баланс цена и возможности: по сравнению с другими платами, NodeMCU предлагает хороший баланс между ценой и возможностями, делая её доступной и функциональной для DIY проектов и масштабируемых решений.
3. Поддержка и сообщество: благодаря популярности ESP8266, NodeMCU наслаждается широкой поддержкой в сообществе разработчиков и

богатой библиотекой, что обеспечивает легкость использования и интеграции с различными датчиками и устройствами.

4. Мощность процессора и ввод-вывод: хотя ESP8266 не самый мощный микропроцессор в этом списке, его мощности достаточно для большинства задач управления климатом в помещении.

Исходя из этих данных, NodeMCU является выдающимся выбором для проектов управления климатом помещения, предлагая отличное соотношение функциональности и стоимости. Изображение и распиновка платформы на рисунке 2.

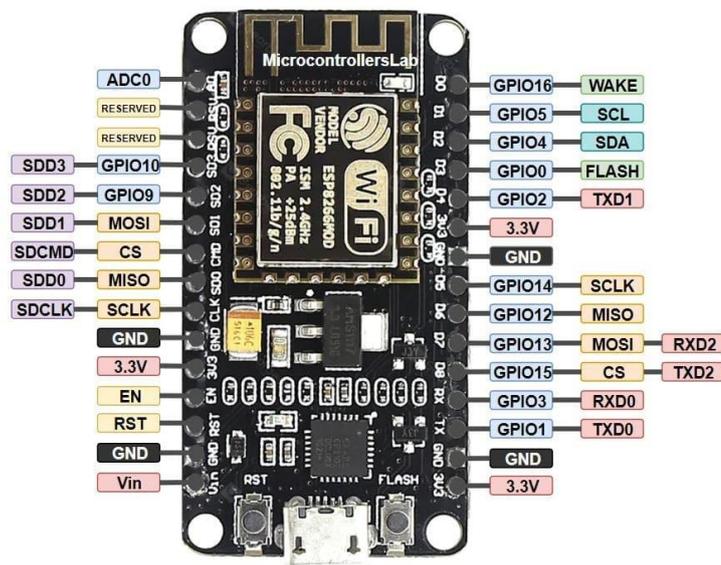


Рисунок 2 – Изображение и распиновка NodeMCU

2.3. ДАТЧИКИ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ

Выбор подходящего датчика температуры и влажности важен для достижения точных и надежных результатов в вашем проекте. При выборе датчика необходимо учитывать несколько ключевых факторов, таких как точность измерений, диапазон измерения, интерфейс подключения, энергопотребление и дополнительные особенности, такие как измерение давления или защита от конденсации. Сравнение датчиков температуры и влажности представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнение датчиков температуры и влажности

Датчик	Диапазон температур, °С	Диапазон влажности, %	Точность температуры, °С	Точность влажности, %	Интерфейс	Цена, руб.
DHT11	От 0 до 50	20-80	±2	±5	Цифровой	200
DHT22	От -40 до 80	0-100	±0.5	±2-5	Цифровой	450
DS18B20	От -55 до 125	Нет	±0.5	Нет	1-Wire	140
BME280	От -40 до 85	0-100	±1	±3	I2C/SPI	500
AM2320	От -40 до 80	0-99.9	±0.5	±2	I2C	500
SHT31	От -40 до 125	0-100	±0.3	±2	I2C	420

Был выбран датчик DHT22 из-за средней цены, его возможность работать при отрицательных температурах, а также большого числа документации по работе с ним. Изображение и распиновка датчика на рисунке 3.

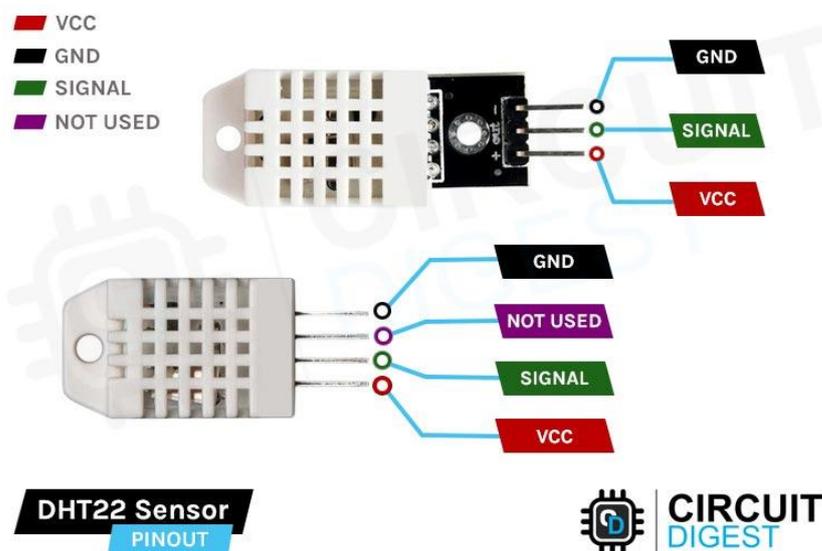


Рисунок 3 – Изображение и распиновка датчика DHT22

Датчик DHT22 передает данные в цифровом формате, что обеспечивает высокую точность измерений и упрощает обработку данных. Передача пакета

данных занимает около 4 мс. Эти данные состоят из дробной и целой частей. Общие данные имеют длину 40 бит и формат MSB. Формат данных следующий: 8-битные целочисленные данные RH + 8-битные дробные данные RH + 8-битные целочисленные данные T + 8-битные дробные данные T + 8-битная контрольная сумма. Структура данных датчика представлена на рисунке 4.

8 бит		8 бит		8 бит		8 бит		8 бит	
Влажность (целая часть)		Влажность (дробная часть)		Температура (целая часть)		Температура (дробная часть)		Контрольная сумма	
0	7	8	15	16	23	24	31	32	39

Рисунок 4 – Структура данных датчика DHT22

Для работы с данными необходимо использовать библиотеку DHT.h, которая позволяет легко считывать и обрабатывать цифровые данные, получаемые от датчика.

2.4. УСТРОЙСТВО ВЫВОДА

Выбор модели дисплея для NodeMCU зависит от ваших конкретных потребностей и предпочтений проекта. Однако, с учетом общих требований и характеристик, уместно использование OLED дисплея SSD1306.

Вот несколько причин, почему OLED дисплеи могут быть хорошим выбором для NodeMCU:

1. Высокий контраст и яркость: OLED дисплеи обладают высоким контрастом и яркостью, что делает изображение четким и читаемым даже при ярком освещении.
2. Низкое энергопотребление: OLED дисплеи потребляют меньше энергии по сравнению с другими типами дисплеев, такими как TFT или LCD, что особенно важно для устройств с ограниченным источником питания, таких как NodeMCU.
3. Гибкость и компактность: OLED дисплеи имеют гибкую конструкцию и могут быть изготовлены в компактных размерах, что облегчает их интеграцию в различные проекты.

4. Широкая доступность и поддержка: многие библиотеки и примеры кода доступны для работы с OLED дисплеями на NodeMCU, что упрощает разработку и использование.

5. Цена: стоимость устройства составляет 350 рублей.

Изображение дисплея представлено на рисунке 5.

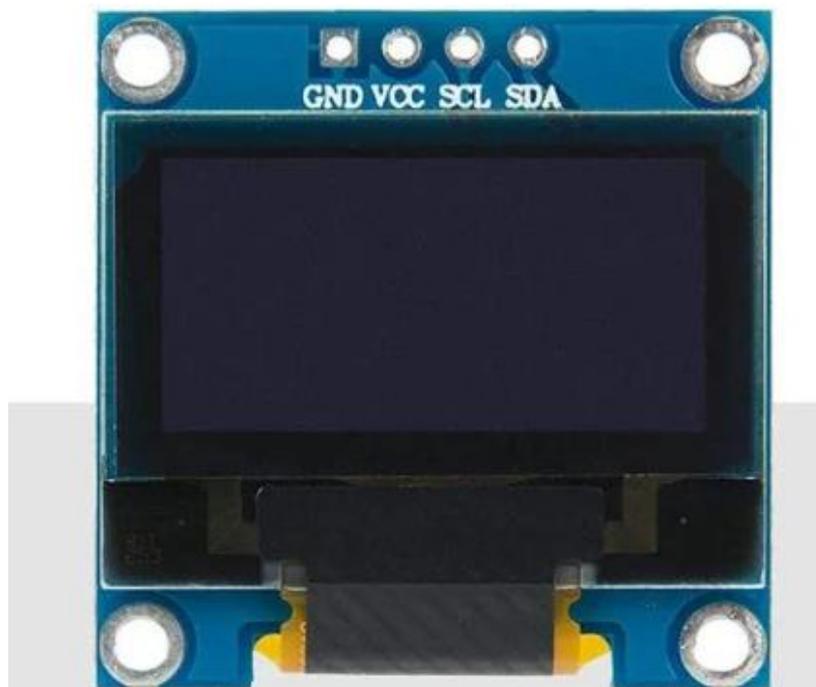


Рисунок 5 – Изображения дисплея

2.5. УСТРОЙСТВО ВВОДА

1. Матричная клавиатура.

Принцип работы: матричная клавиатура представляет собой сетку из рядов и столбцов, где каждая клавиша соединяется с одним из рядов и одним из столбцов. При нажатии на клавишу микроконтроллер сканирует строки и столбцы, чтобы определить, какая клавиша была нажата.

Преимущества матричной клавиатуры:

- экономия пинов микроконтроллера: матричная клавиатура позволяет управлять большим количеством клавиш, используя меньшее количество пинов;
- простота подключения: для подключения матричной клавиатуры требуется меньше проводов.

Недостатки матричной клавиатуры:

- ограниченное количество одновременно нажимаемых клавиш: из-за способа сканирования матрицы может быть ограничение на количество клавиш, которые можно нажимать одновременно;
- возможны проблемы с дребезгом контактов: из-за множества соединений, матричные клавиатуры могут быть более подвержены эффекту дребезга контактов.

2. Аналоговая клавиатура:

Принцип работы: аналоговая клавиатура представляет собой клавишу с изменяющимся сопротивлением. При нажатии на клавишу микроконтроллер может измерить изменение напряжения или сопротивления на выходе клавиши, чтобы определить, была ли она нажата, и какая именно.

Преимущества аналоговой клавиатуры:

- более точное определение нажатия: аналоговая клавиатура может обеспечить более точное определение силы нажатия или даже аналоговый выход, что может быть полезно в некоторых приложениях;
- возможность определения множества состояний: аналоговая клавиатура может предоставить информацию о диапазоне силы нажатия, что может быть использовано для различных функций;
- меньшее количество проводов, что экономит входы.

Однако аналоговая клавиатура стоит дороже, чем матричная клавиатура.

Таким образом, была выбрана аналоговая клавиатура. Цена составляет 150 рублей. Изображение матричной клавиатуры представлено на рисунке 6.

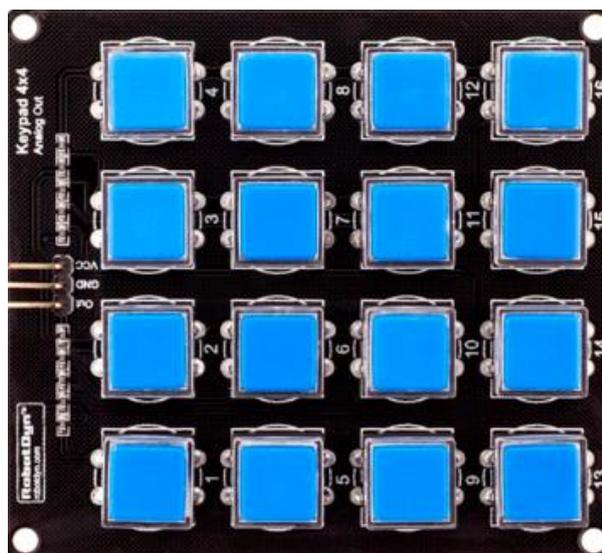


Рисунок 6 – Аналоговая клавиатура

2.6. ВЫБОР СПОСОБА УПРАВЛЕНИЯ

Одним из важнейших вопросов в климат-контроле стоит способ управления устройствами, которые отвечают за само изменение климата. Например, печка, увлажнитель и кондиционер. Далее в тексте они будут называться устройствами климат-контроля. Проблема управления такими устройствами заключается в том, что каждый из них нуждается в управлении и каждый из них управляется по-своему. Также невозможно заранее предугадать какое устройство от какой фирмы будет использовано. Именно поэтому требуется выбрать универсальный способ управления.

Для решения этой проблемы могут быть использованы умные розетки, которые могут включаться и выключаться по сигналу с контроллера. Однако для этого требуется открытый API у умной розетки.

На данный момент существуют несколько умных розеток с открытым API:

1. TP-Link (Kasa): открытое API для управления их умными устройствами, включая умные розетки.
2. Belkin (Wemo): открытое API для интеграции со своими умными розетками и другими устройствами.
3. SmartThings: открытое API для разработчиков, позволяющее интегрировать различные умные устройства, включая умные розетки.

4. Shelly: открытый API для своих умных устройств, включая умные розетки.

На данный момент в свободном доступе есть только розетки Shelly PlugS по относительно доступной цене 1700 рублей.

Управляемые устройства

В виде управляющих устройств выступают обогреватель, кондиционер, освежитель и осушитель воздуха. Предполагается, что эти устройства уже имеются у пользователя для большей универсальности системы управления, чтобы не ограничивать систему определенным оборудованием. Управление оборудованием будет осуществляться за счет включения умных розеток, которые находятся в одной Wi-Fi сети с NodeMCU. С платформы будет отправляться API – запрос и розетка будет включаться или выключаться, тем самым включая или выключая устройство. Предполагается, что устройство уже первоначально настроено и будет работать после подачи питания.

Вывод по второй главе

В данной главе было завершено проектирование аппаратного комплекса, выбраны контролер, датчик, дисплей и клавиатура. Вся стоимость сборки составляет 1280 рублей и 3 умные розетки по цене 1700 рублей каждая. Итоговая стоимость 6380 рублей.

Структурная схема проекта представлена на рисунке 7. Принципиальная электрическая схема представлена на рисунке 8.



Рисунок 7 – Структурная схема проекта

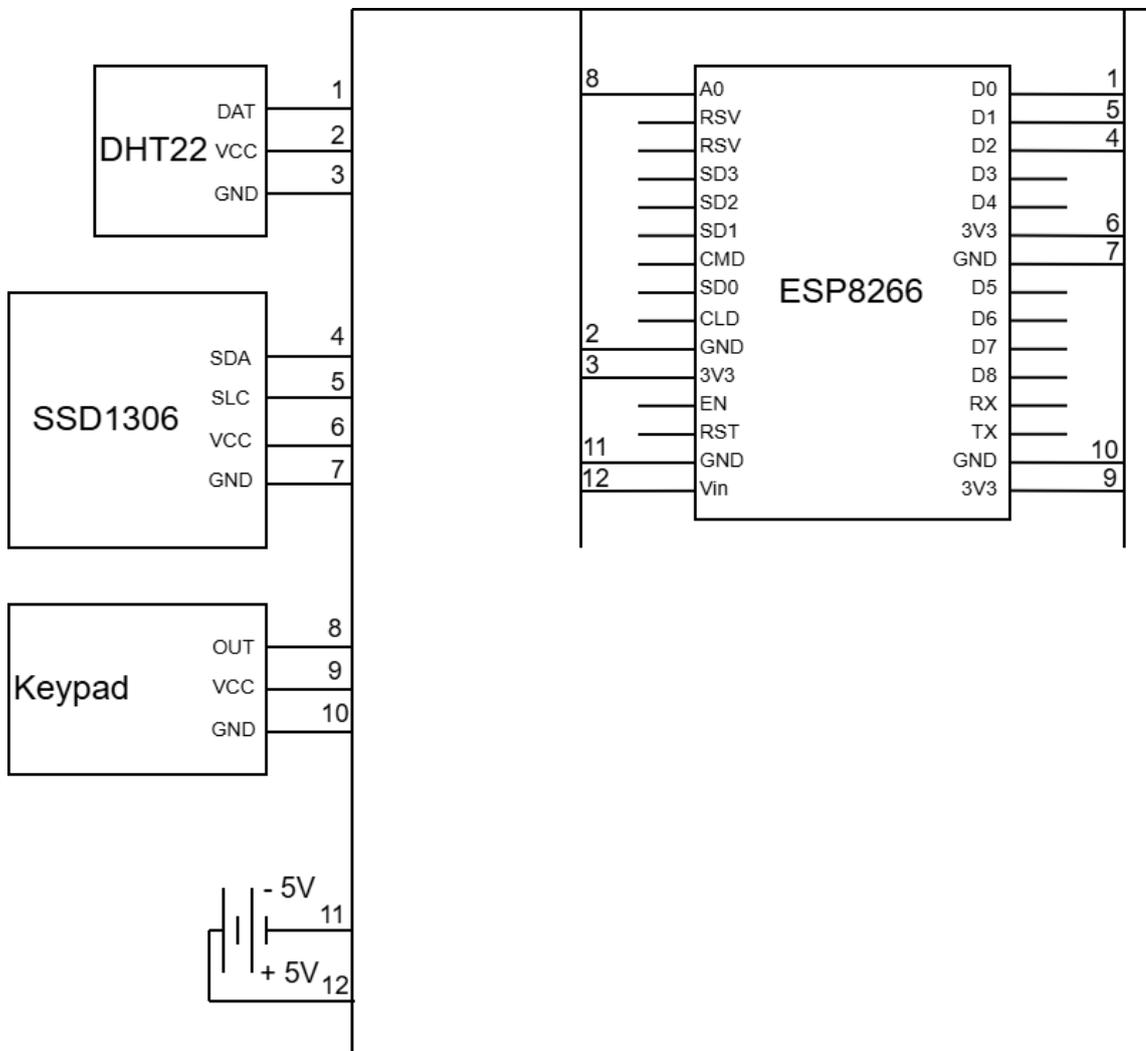


Рисунок 8 – Принципиальная электрическая схема

3. РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАБОТЫ ДЛЯ КОНТРОЛЛЕРА УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ ГАРАЖА

3.1. ОПИСАНИЕ КОДА АЛГОРИТМА

В начале производится инициализация всех компонентов. Код инициализации представлен в листинге 1.

Листинг 1 – Код инициализации

```
#include <Wire.h>           // Библиотека Wire для работы с I2C
#include <Adafruit_GFX.h>   // Библиотека Adafruit для графики
#include <Adafruit_SSD1306.h> // Библиотека Adafruit для дисплея SSD1306
#include <DHT.h>           // Библиотека для работы с датчиком DHT
#include <WiFi.h>          // Библиотека для работы с модулем Wi-Fi

#define SCREEN_WIDTH 128 // Ширина дисплея в пикселях
#define SCREEN_HEIGHT 64 // Высота дисплея в пикселях
#define OLED_RESET -1 // Номер пина для сброса дисплея (не используется)
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, OLED_RESET); //
// Создание экземпляра объекта дисплея SSD1306

#define ANALOG_PIN 1 // Пин, к которому аналоговый вход клавиатуры
#define DHTPIN 2 // Пин, к которому подключен датчик DHT
#define DHTTYPE DHT22 // Тип датчика DHT (DHT22 или DHT11)
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE); // Создание экземпляра объекта DHT

const char ssid = "YourSSID"; // Название вашей Wi-Fi сети
const char password = "YourPassword"; // Пароль вашей Wi-Fi сети
int humidity, temperature;
bool cmenu = false; bool menu = false;
void setup() {
  Serial.begin(9600); // Инициализация последовательного порта для
  // отладочных сообщений
  delay(100);

  // Инициализация дисплея SSD1306
  if(!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C)) { // Адрес 0x3C для 128x64
    Serial.println(F("SSD1306 allocation failed"));
    for(;;);
  }
  // Очистка буфера дисплея и отображение приветственного сообщения
  display.clearDisplay();
  display.setTextSize(1);
  display.setTextColor(SSD1306_WHITE);
  display.setCursor(0,0);
  display.println("Init...");
  display.display();

  // Инициализация датчика DHT
  dht.begin();

  // Настройка модуля Wi-Fi в качестве точки доступа
  WiFi.softAP(ssid, password);

  // Вывод информации о созданной точке доступа в последовательный порт
  Serial.println("Access Point started");
  Serial.print("IP Address: ");
  Serial.println(WiFi.softAPIP());
}
```

Главный цикл представлен на листинге 2.

Листинг 2 – Основной цикл программы

```
void loop() {
  readSensors();
  displayData();
  processInput();
  displayData();
  regular();
  delay(100);
}

void readSensors() {
  // Считывание температуры и влажности с датчика DHT22
  humidity = dht.readHumidity();
  temperature = dht.readTemperature();
}

short int getPressedKeypadButton() { //считывает нажатия keypad`а
  const int OCCURACY = 5; //ошибка в точности определения значений
  int sensorValue = analogRead(KEYPAD_PIN); //читаем значение с датчика
  int keys[] = {1016, 937, 860, 794, 683, 641, 604, 571, 509, 485, 464, 444,
407, 328, 275, 236};
  if(sensorValue > -OCCURACY && sensorValue < OCCURACY){return 0;} //если
ничего не нажато, то сразу возвращаем 0
  for(short int i = 0; i < 16; i++){
    if(sensorValue > (keys[i] - OCCURACY) && sensorValue < (keys[i] +
OCCURACY)){
      return i+1;    }
  }
}

void processInput() {
  // Считывание данных с аналоговой клавиатуры
  int button = getPressedKeypadButton();
  if (button == 0) return 0;
}

void displayData() {
  // Печать данных с датчика в консоль
  if (isnan(humidity) || isnan(temperature)) {
    Serial.println("Failed to read from DHT sensor!");
  } else {
    Serial.print("Humidity: ");
    Serial.print(humidity);
    Serial.print(" %\t");
    Serial.print("Temperature: ");
    Serial.print(temperature);
    Serial.println(" C");

    // Отображение данных на дисплее
    display.clearDisplay();
    display.setTextSize(1);
    display.setTextColor(SSD1306_WHITE);
    display.setCursor(0,0);
    display.print("Humidity: ");
    display.print(humidity);
    display.println(" %");
    display.print("Temperature: ");
    display.print(temperature);
    display.println(" C");
    display.display();
  }
}
```

Пример кода для выключения розетки приведен в листинге 3

Листинг 3 – код выключения розетки

```
void turn() {
  if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
    HTTPClient http;

    String serverPath = "http://" + String(shellyIp) + "/relay/0?turn=off";

    // Отправить HTTP GET запрос
    http.begin(serverPath.c_str());
    int httpResponseCode = http.GET();

    if (httpResponseCode == 200) {
      Serial.println("Shelly Plug is now OFF");
    } else {
      Serial.print("Error code: ");
      Serial.println(httpResponseCode);
    }
    http.end();
  } else {
    Serial.println("Error in WiFi connection");
  }
}
```

3.2. ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМА

При загрузке программы открывается меню, где можно ввести нужные параметры и выбрать какие из приведенного списка розеток (приведен список их ip-адресов) за какой параметр климата отвечают: тепло, холод, влажность, сухость. После ввода параметров каждую секунду NodeMCU получает данные с датчика и отслеживает выход этих данных за пределы допустимых значений. Если один из параметров вышел за допустимые пределы, то включается розетка, к которой подключено устройство управления одним из параметров климата. Розетка включается путем отправки API-запроса на ip-адрес розетки для ее включения. После того как параметр климата вошел в установленные пределы, то отправляется запрос на розетку для ее отключения. В листинге 3 представлен код выполнения API-запроса.

Блок-схема алгоритма представлена на рисунке 9.

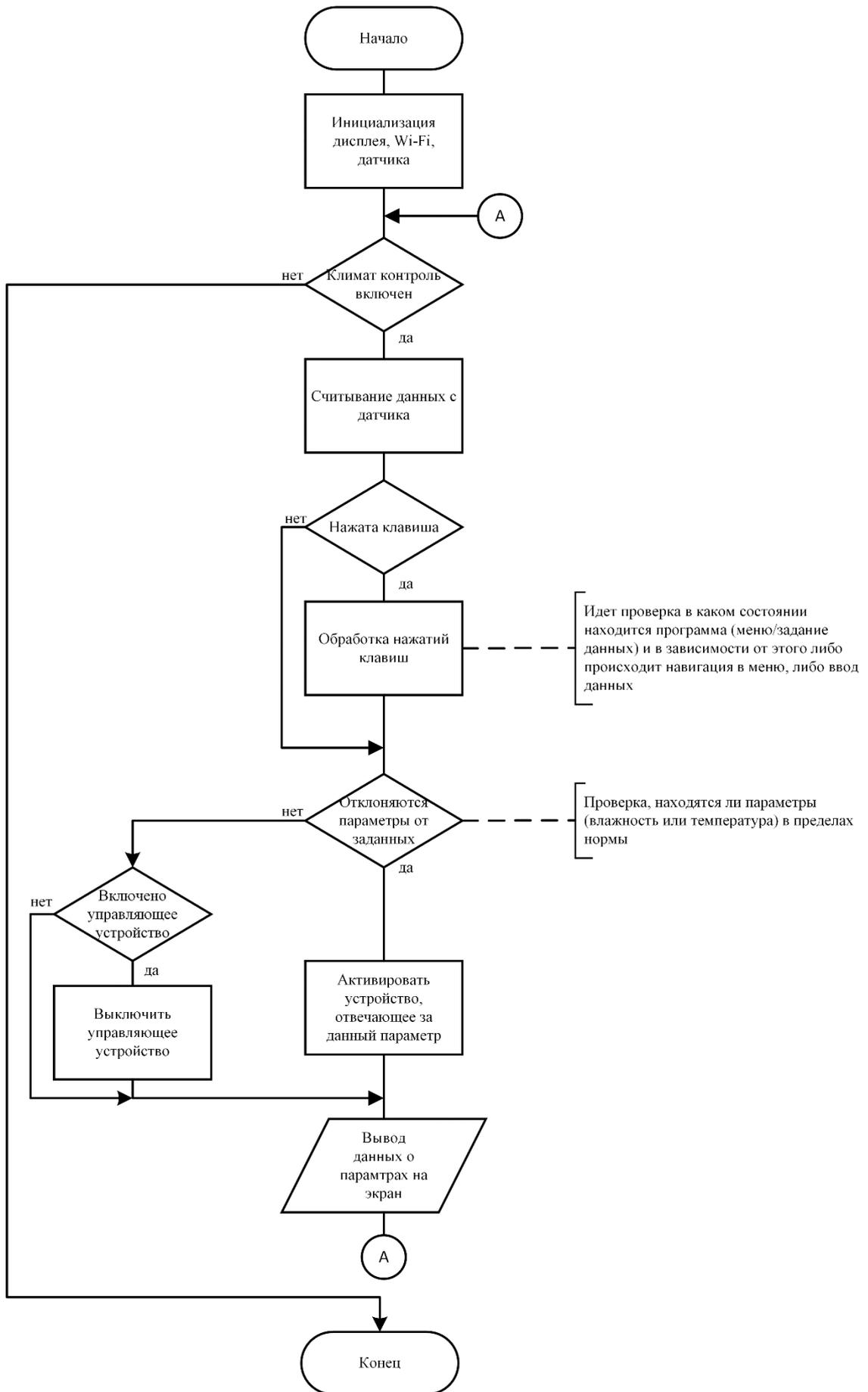


Рисунок 9 – Блок схема алгоритма

Изначально на меню показываются значения с датчика температуры и влажности. Оно затухает через 1 минуту. После нажатия на любую кнопку дисплей снова отображается. Меню представлено на рисунке 10.

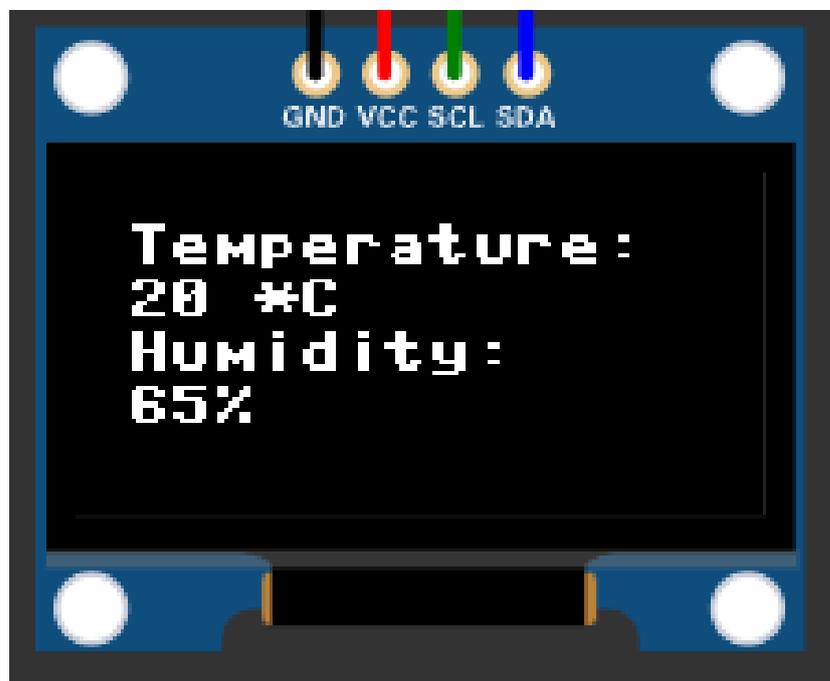


Рисунок 10 – Основной экран дисплея

После двойного нажатия кнопки меню открывается меню выбора для установки температуры и влажности. Меню представлено на рисунке 11.

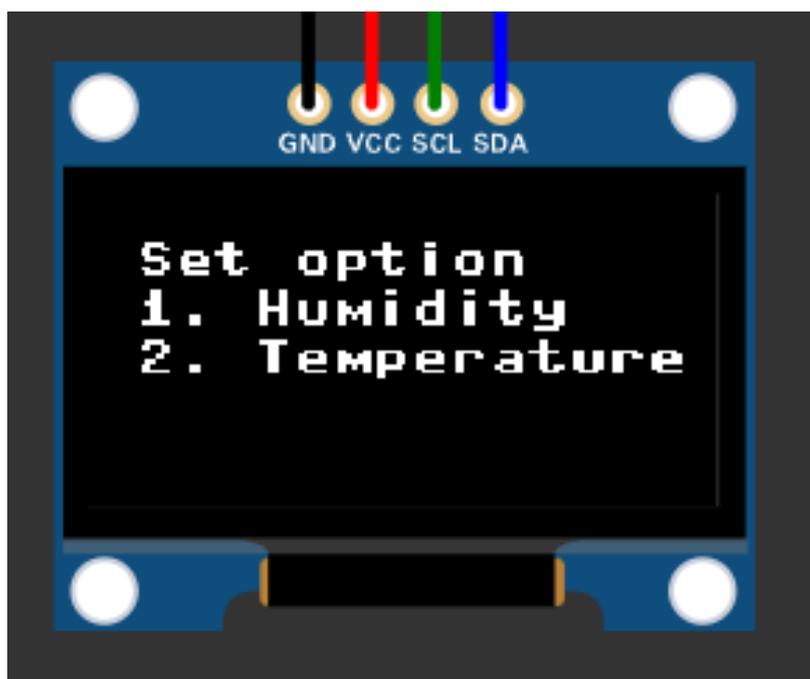


Рисунок 11 – Меню выбора опции установки

После опции выбора открывается меню, где требуется ввести установленное значение. Меню представлено на рисунке 12.

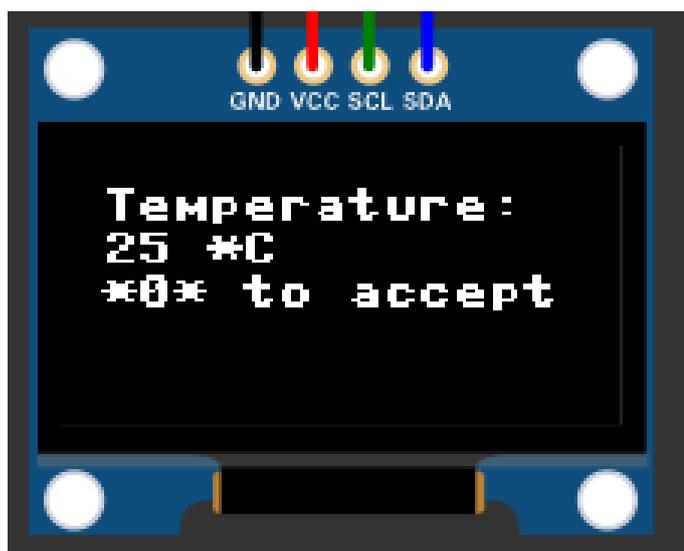


Рисунок 12 – Меню установки значения

При некорректном вводе значения появляется окно об ошибке на рисунке 13.

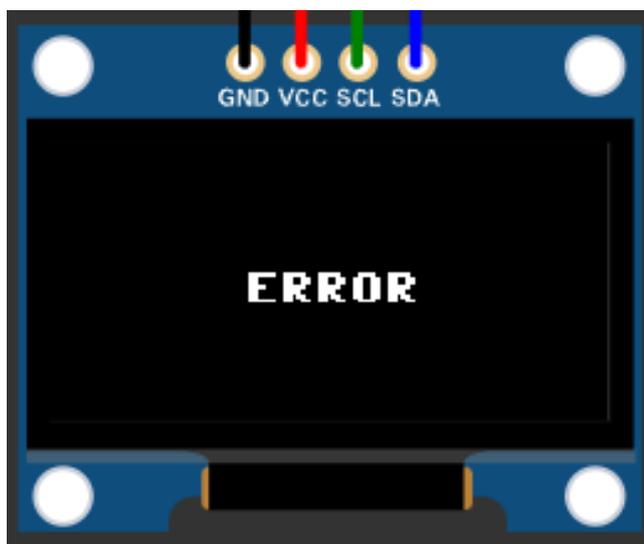


Рисунок 13 – Окно об ошибке

Вывод по третьей главе

В данной главе был написан алгоритм работы для программно-аппаратного комплекса и спроектирован интерфейс взаимодействия с пользователем.

4. ТЕСТИРОВАНИЕ

Описание процесса тестирования

В процессе разработки системы климат-контроля для гаража были проведены тщательные тесты каждого компонента, а также их взаимодействия в рамках интегрированной системы. Тестирование проводилось с использованием эмуляторов для обеспечения контролируемой среды, которая позволяла имитировать различные условия эксплуатации. Тестирование проводилась в соответствии с планом тестирования, который приведен в приложении.

Описание тестового стенда

Тестирование проводилась на сайте wokwi.com [16]. Вместо платы ESP8266 из-за ее отсутствия была использована ESP32, которая не отличается с точки зрения архитектуры написания программ и работы. Также вместо аналоговой клавиатуры была использована матричная в связи и отсутствием. Собранный тестовый стенд представлен на рисунке 14.

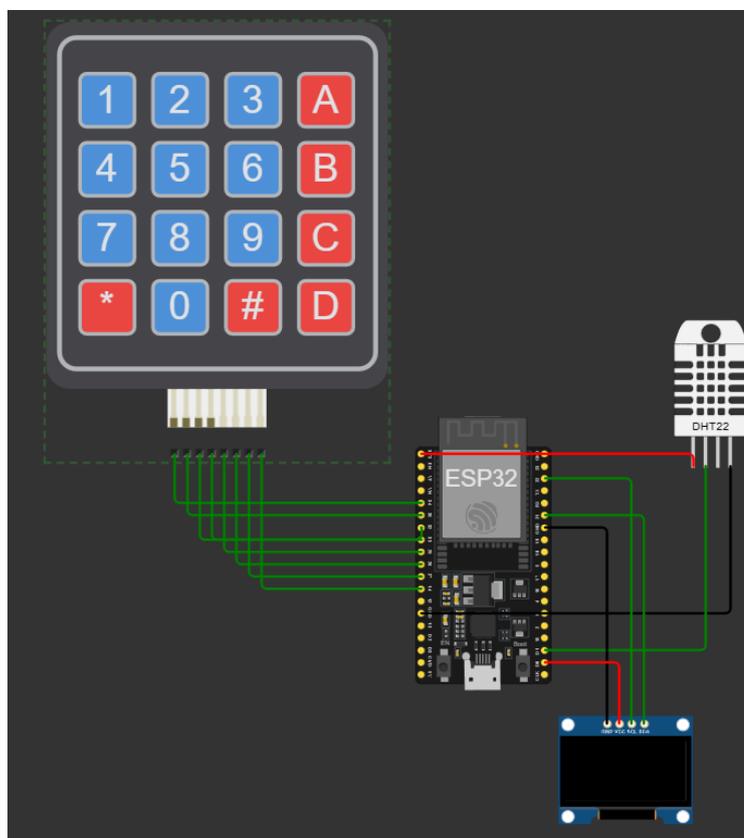


Рисунок 14 – Тестовый стенд

Инициализация устройств

Тестирование началось с проверки инициализации каждого устройства в системе. Для NodeMCU была загружена прошивка, и устройство успешно выполнило начальную инициализацию. Датчик DHT22 был проверен на способность корректно считывать данные о температуре и влажности, результаты были точно зафиксированы. Дисплей SSD1306 отобразил начальную заставку, что подтвердило его исправность. Реакция аналоговой клавиатуры на нажатие была зарегистрирована без задержек и ошибок. Экран во время инициализации представлен на рисунке 15.

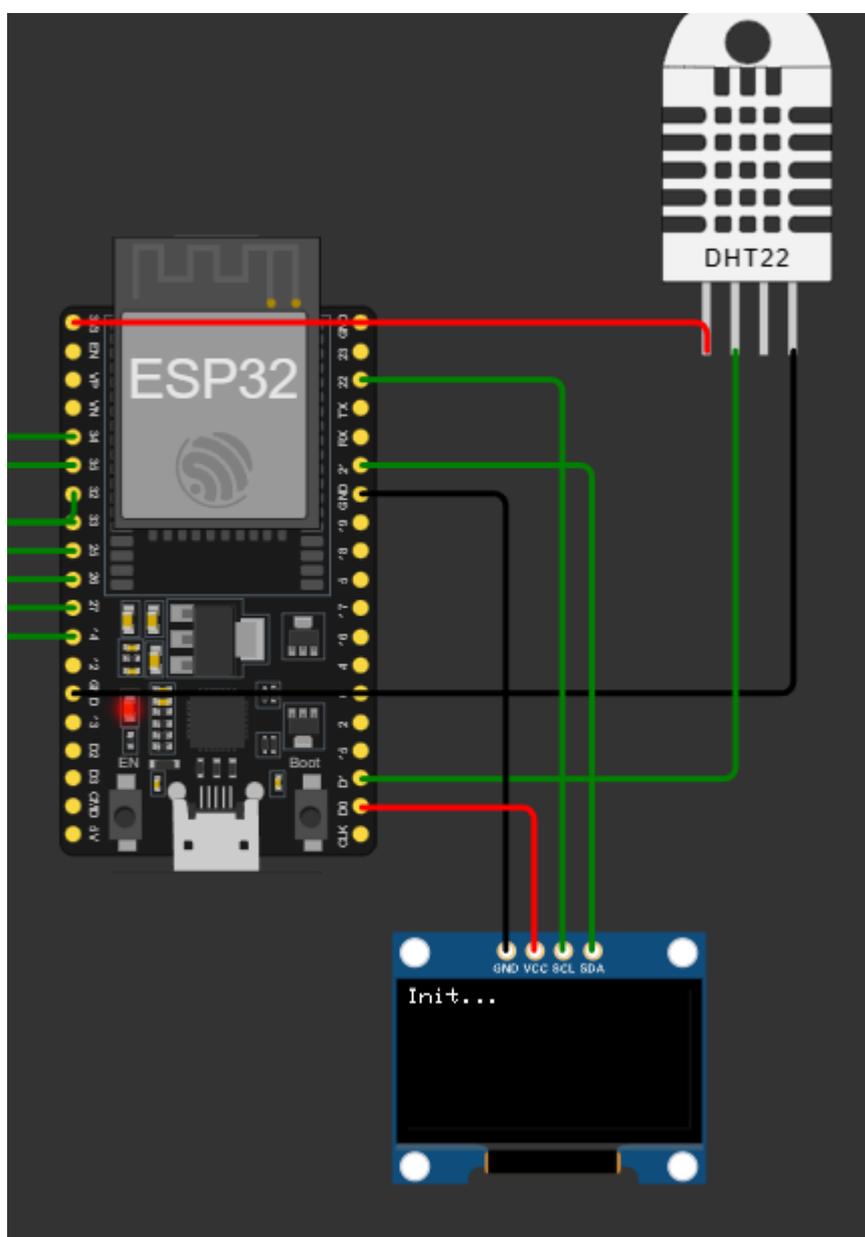


Рисунок 15 – Инициализация проекта

Тестирование функциональности датчика DHT22

В ходе тестирования было установлено, что датчик DHT22 с высокой точностью считывает текущие показания температуры и влажности. Сравнение эмулированных данных с данными, считанными датчиком, показало, что погрешность составляла не более 2%. Результат на рисунке 16.

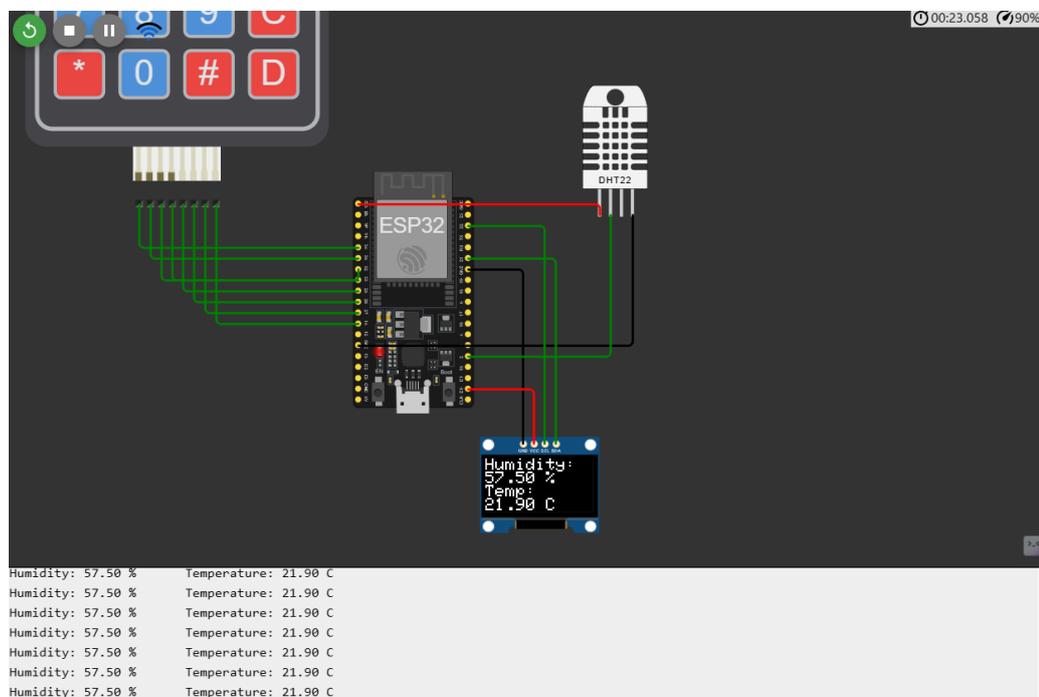


Рисунок 16 – Показания с датчика

Отображение информации на дисплее

Ключевой аспект интеграции системы климат-контроля — отображение актуальной информации на дисплее SSD1306. Дисплей корректно обновлял данные о температуре и влажности, реагировал на изменения в реальном времени. Тестирование интерфейса пользователя подтвердило его интуитивную понятность и простоту в навигации с помощью аналоговой клавиатуры. Экран на рисунке 17.

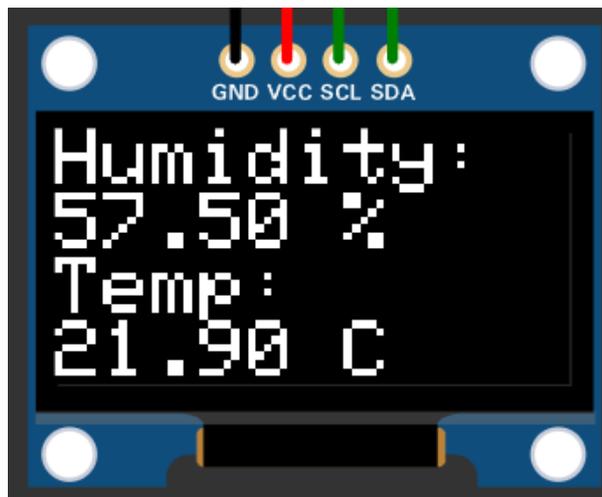


Рисунок 17 – Отображение данных на дисплее

Сценарии реакции на изменения условий

Были созданы сценарии с резкими изменениями температуры и влажности, чтобы проверить, как система адаптируется к изменяющимся условиям. Система успешно идентифицировала значительные отклонения и предприняла соответствующие шаги, такие как активация дополнительных увлажнителей или обогревателей. Как видно из рисунка 18 система распознала превышение заданной температуры, отобразила превышение на экране и запустила действия.

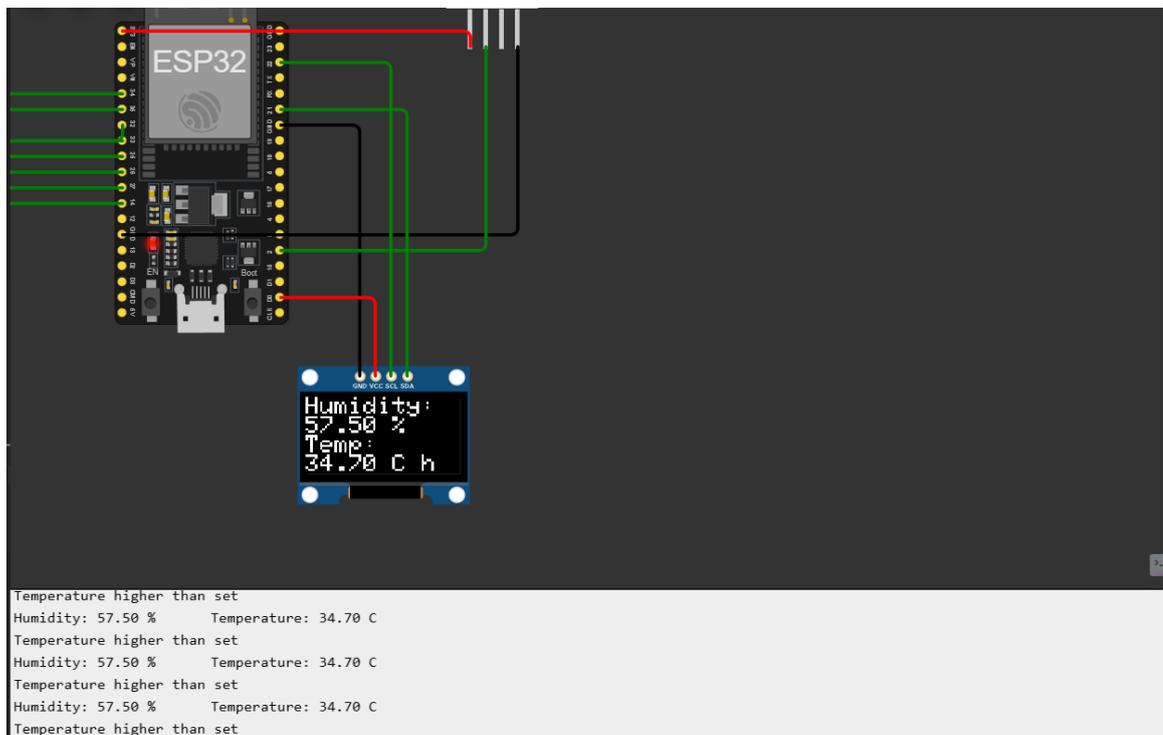


Рисунок 18 – Превышение температуры

Тестирования производительности

Тестовый полигон представляет собой помещение 96 м³, разработанное устройство и нагреватель Volcano VR mini AC. На рисунке 19 представлены характеристики нагревателя.

Volcano VR Mini									
Параметры T_z/T_p [°C]									
80/60 [°C]						70/50 [°C]			
T_{p1} [°C]	Q_p [м ³ /ч]	P_g [кВт]	T_{p2} [°C]	Q_w [м ³ /ч]	Δp [кПа]	P_g [кВт]	T_{p2} [°C]	Q_w [м ³ /ч]	Δp [кПа]
0	2100	17.9	25.4	0.79	10.7	15.1	21.4	0.66	7.9
	1650	15.6	28.2	0.69	8.3	13.1	23.7	0.58	6.1
	1100	12.2	33.2	0.54	5.3	10.3	27.9	0.45	3.9
5	1650	16.6	28.6	0.73	9.3	13.7	24.5	0.6	6.6
	2100	14.5	31.1	0.64	7.2	12	26.6	0.53	5.2
	1100	11.3	35.8	0.5	4.6	9.4	30.5	0.41	3.3
10	2100	15.3	31.7	0.67	8	12.4	27.6	0.54	5.5
	1650	13.3	34.1	0.59	6.2	10.8	29.5	0.47	4.3
	1100	10.4	38.3	0.46	3.9	8.5	33	0.37	2.8
15	2100	13.9	34.8	0.61	6.7	11	30.7	0.48	4.4
	1650	12.1	37	0.54	5.2	9.6	32.4	0.42	3.5
	1100	9.5	40.9	0.42	3.3	7.6	35.5	0.33	2.2
20	2100	12.6	37.9	0.56	5.6	9.7	33.7	0.42	3.5
	1650	11	39.8	0.48	4.3	8.4	35.2	0.37	2.7
	1100	8.6	43.4	0.38	2.8	6.6	38	0.29	1.8

Рисунок 19 – Характеристики нагревателя [17]

Обозначения из рисунка 18:

- T_z – температура воды на входе;
- T_p – температура воды на выходе;
- T_{p1} – температура воздуха на входе;
- T_{p2} – температура воздуха на выходе;
- P_g – тепловая мощность оборудования;
- Q_w – расход воды;
- Q_p – скорость воздушного потока;
- Δp – гидравлическое сопротивление.

Для того чтобы точно определить, за сколько времени Volcano VR mini AC нагреет помещение объемом 96 м³ с начальной температурой 0°C до 21.4°C и какие будут затраты по воде и электроэнергии, необходимо учитывать

множество факторов, таких как теплопотери помещения, характеристики самого обогревателя и другие условия. Данные из таблицы представлены для помещения 1500 м³. У нас помещение 96 м³, что в 15,6 меньше. Изначально помещение нагрелось за 46 минут, наше помещение нагрелось бы за $46 / 15,6 \approx 3$ минуты. Энергопотребление составило $15,1 / 15,6 \approx 1$ кВт.

Предполагаемые расчеты на основе данных:

- начальная температура: 0°C;
- конечная температура: 21,5°C;
- время нагрева: 3 минуты;
- расход горячей воды: 0,042 кубометра (42 литра);
- энергопотребление: 1 кВт.

Расход воды

Обогреватель использовал 0,042 кубометра горячей воды при температуре 70°C за 3 минуты. Можем предположить такой же расход и при повторении теста в аналогичных условиях. Цена за теплую воду составляет 73 рубля за кубометр воды. Стоимость потраченной воды составляет 3 рубля.

Энергопотребление

Энергопотребление составило 1 кВт за 3 минуты. Значит, потребление электроэнергии составляет 20 кВт*ч (киловатт-часа) за 1 час работы обогревателя в таких условиях. За 3 минуты потрачено из расчета 3,9 рубля за кВт*ч 3,9 рубля. За час было бы потрачено 78 рублей.

Вывод по четвертой главе

Тестирование подтвердило, что система климат-контроля для гаража работает стабильно и надежно. Все тесты на функциональность и взаимодействие компонентов пройдены успешно. Система готова к дальнейшей эксплуатации и может быть рекомендована к использованию в реальных условиях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках выпускной квалификационной работы был спроектирован программно-аппаратный комплекс для климат-контроля гаража. Данный комплекс обеспечивает возможность не только мониторинга температуры, но и полноценного управления условиями внутри помещения. В частности, система позволяет регулировать как температуру, так и влажность, что особенно важно для поддержания оптимальных условий хранения различных личных и автомобильных принадлежностей.

В процессе разработки были тщательно подобраны оптимальные компоненты и датчики, учитывающие специфику работы в условиях гаража. Это включало в себя как выбор надежных температурных и влажностных датчиков, так и интеграцию их с соответствующим программным обеспечением. Были проведены обширные тестирования и выполнены необходимые программные и аппаратные настройки.

Особенностью данного климат-контроля является его независимость от конкретных управляемых устройств, таких как кондиционеры или печи. Вместо этого система использует умные розетки, находящиеся в одной сети с устройством климат-контроля. Это позволяет гибко настраивать работу различных приборов, включая и выключая их по мере необходимости, исходя из текущих показателей температуры и влажности. Такой подход не только упрощает интеграцию системы в существующую инфраструктуру гаража, но и делает ее более универсальной и адаптивной к изменяющимся условиям и требованиям пользователя.

Полученная программа полностью соответствует требованиям заказчика. Программа позволит автоматически контролировать температуру и влажность в гаражном помещении.

БИБЛЕОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Серебров, Б.Ф. Многоэтажные гаражи и автостоянки: учебное пособие / Б.Ф. Серебров. – Новосибирск: НГАХА, 2005. –131с.
2. Попов, В.Г. Организация систем естественной вентиляции жилых многоквартирных зданий / Вестник магистратуры. 2021. №1-5 (112) – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsiya-sistem-estestvennoy-ventilyatsii-zhilyh-mnogokvartirnyh-zdaniy> (дата обращения: 04.01.2024).
3. Сбережения тепла в зданиях / Пандиа. – URL: <https://pandia.ru/text/80/281/52209.php> (дата обращения: 04.01.2024)
4. Хуснутдинов, Э. Р. Системы климат-контроля в помещении: электронное пособие / Э. Р. Хуснутдинов – Рос. гос. проф.-пед. ун-т. – Екатеринбург : РГППУ, 2018. – 49 с. – URL: https://elar.rsvpu.ru/bitstream/123456789/25407/1/RSVPU_2018_388.pdf (дата обращения: 04.01.2024).
5. Маслова, А. Климат-контроль: что это такое, как работает, чем отличается от кондиционера // Автоныюз. – URL: <https://www.autonews.ru/news/61e1397b9a79477f5c4e6a67> (дата обращения: 04.01.2024)
6. Что такое мультизональные системы кондиционирования - TopClimat.ru // ТопКлимат. – URL: <https://www.topclimat.ru/publications/130.html> (дата обращения: 04.01.2024)
7. Мультизональные системы кондиционирования: в чем преимущества? – интернет-магазин профессиональных систем кондиционирования, вентиляции и отопления iclim.ru // iclim.ru. – URL: https://iclim.ru/articles/multizonalnye_sistemy_konditsionirovaniya_v_chem_preimushchestva/ (дата обращения: 04.01.2024)
8. Как работают мультизональные системы // hiconix.ru. – URL: <https://hiconix.ru/publications/articles/kak-rabotayut-multizonalnye-sistemy> (дата обращения: 04.01.2024)

9. Воропаев, Л.Ю. К проблеме хранения автотранспорта // АМІТ. 2013. №3 (24). - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-probleme-hraneniya-avtotransporta> (дата обращения: 04.01.2024).
10. Без антикора и подкрылков: как по-настоящему защитить машину от ржавчины // АвтоВзгляд. – URL: <https://www.avtovzglyad.ru/sovety/ekspluataciya/2023-04-21-bez-antikora-i-podkrylkov-kak-po-nastojaschemu-zaschitit-mashinu-ot-rzhavchiny/> (дата обращения: 04.01.2024)
11. Давление в шинах автомобиля при хранении // Автопоиск24. – URL: <https://avtopoisk24.ru/davlenie-v-shinah-avtomobilya-pri-hranenii/> (дата обращения: 04.01.2024)
12. Саморазряд автомобильного аккумулятора // АКБ Инфо. – URL: <https://akbinfo.ru/vopros-otvet/samorazrjad-avtomobilnogo-akkumuljatora.html> (дата обращения: 04.01.2024)
13. Полное руководство по хранению автомобиля на длительный срок / Big D auto. – URL: <https://bigdauto.ru/informaciya/polnoe-rukovodstvo-po-hraneniyu-avtomobilya-na-dlitelnyj-srok/> (дата обращения: 04.01.2024)
14. Как я сделал себе крутой бампер // Драйв2. – URL: <https://www.drive2.ru/b/2773407/> (дата обращения: 04.01.2024)
15. Появление плесени в автомобиле: 3 наиболее часто встречаемые причины // Автоасса. – URL: <https://autoassa.ru/blog/poyavlenie-pleсени-v-avtomobile-3-naibolee-chasto-vstrechaemye-prichiny/> (дата обращения: 04.01.2024)
16. Simulate IoT Projects in Your Browser // wokwi. – URL: <https://wokwi.com/> (дата обращения: 4.04.2024)
17. Volcano VR mini AC // ТеплоОПТ. – URL: <https://teploopt.ru/shop/vozdushno-otopitelnyy-agregat-volcano-vr-mini/> (дата обращения 04.04.2024)

ПРИЛОЖЕНИЕ

ПЛАН ТЕСТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ КЛИМАТ-КОНТРОЛЯ ДЛЯ ГАРАЖА НА ЭМУЛЯТОРЕ

1. Цели и задачи тестирования:

- 1.1. Цель тестирования: проверка функциональности и надежности системы климат-контроля, используя эмулятор для компонентов системы.
- 1.2. Задачи тестирования:
 - 1.2.1. Валидация корректной работы всех устройств в системе: NodeMCU, DHT22, SSD1306, аналоговая клавиатура.
 - 1.2.2. Проверка взаимодействия устройств.
 - 1.2.3. Тестирование алгоритмов обработки данных датчиков.
 - 1.2.3. Анализ отклика системы на команды пользователя;

2. Оборудование и инструментарий:

- 2.7. Эмуляторы:
 - 2.1.1. Эмулятор MCU.
 - 2.1.2. Эмулятор датчика DHT22.
 - 2.1.3. Эмулятор экрана SSD1306.
 - 2.1.4. Эмулятор аналоговой клавиатуры.

3. Тестовые сценарии:

- 3.1 Проверка инициализации устройств:
 - 3.1.1. NodeMCU. Проверка загрузки скетча и начальной инициализации.
 - 3.1.2. DHT22. Тест на успешное подключение и начальное считывание данных.
 - 3.1.3. SSD1306. Проверка отображения начальной заставки или логотипа проекта при включении.
 - 3.1.4. Аналоговая клавиатура. Проверка реакции на нажатие каждой кнопки.

4. Тестирование интерфейса пользователя на SSD1306:

4.1. Отображение данных:

4.1.1. Тестирование корректности отображения текущей температуры и влажности.

4.1.2. Проверка обновления данных на экране в реальном времени.

4.2. Интерфейс:

4.2.1. Проверка навигации по меню с использованием аналоговой клавиатуры.

5. Тестирование реакция на изменения:

5.1. Имитация сценариев резкого изменения температуры или влажности и проверка реакции системы.

6. Тестирование управление:

6.1. Тестирование возможности ручного управления параметрами.

7. Процедура тестирования:

7.1. Настройка и подготовка эмуляторов.

7.2. Загрузка и начальная настройка прошивки на NodeMCU.

7.3. Пошаговое выполнение тестовых сценариев.

7.4. Фиксация результатов и сбор логов.

7.5. Анализ данных и выявление потенциальных проблем.