

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ПОГОДЖЕНО

**Декан факультету Інформаційних
технологій**

_____Ігор БОЛБОТ
(підпис)
«___» _____ 2026 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

**Завідувач кафедри Комп'ютерних
систем, мереж та кібербезпеки**

_____Дмитро КАСАТКІН
(підпис)
«___» _____ 2026 р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

На тему: «Розроблення комп'ютерної системи моніторингу температури
приміщення на основі засобів Arduino»

Спеціальність F7 «Комп'ютерна інженерія»

Освітньо-професійна програма «Комп'ютерна інженерія»

**Гарант освітньої
програми**
канд. фіз.-мат. наук,
доцент

**Керівник
бакалаврської
кваліфікаційної роботи**
д.т.н., професор

Виконав

(підпис)

(підпис)

(підпис)

Євгеній НІКІТЕНКО

Вадим ШКАРУПИЛО

**Олександр
МІЛЬКЕВИЧ**

КИЇВ-2026

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**
Факультет ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
комп'ютерних систем, мереж та кібербезпеки
канд. пед. наук, доцент _____ Дмитро
КАСАТКІН
« ____ » _____ 20 ____ р.

З А В Д А Н Н Я

ДО ВИКОНАННЯ БАКАЛАВРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ЗДОБУВАЧУ

Мількевичу Олександр Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність «Комп'ютерна інженерія»

Освітньо-професійна програма «Комп'ютерна інженерія»

Тема кваліфікаційної бакалаврської роботи

«Розроблення комп'ютерної системи моніторингу температури приміщення на основі засобів Arduino»

затверджена наказом ректора НУБіП України від «10» 12 2025 р.
№3072"С" _____

Термін подання завершеної роботи на кафедру «2» 06 2026 р.

Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи:

Arduino Uno; датчик температури та вологості DHT11; символьний LCD-дисплей 1602; фоторезистор LDR;

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

Аналіз предметної області систем моніторингу температури приміщення;
проектування структури комп'ютерної системи моніторингу;

Дата видачі завдання “ 10 ” 12 2025 р.

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи докт. техн. наук, професор	_____ (підпис)	<u>Шкарупило В.В.</u>
Завдання взяв до виконання	_____ (підпис)	<u>Мількевич О.М.</u>

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/ п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналіз предметної області	25.02.2026 р.	Виконано
2	Проектування програмного продукту	25.03.2026 р.	Виконано
3	Розробка системи	14.04.2026 р.	Виконано
4	Тестування системи	10.05.2026 р.	Виконано
5	Оформлення пояснювальної записки	20.05.2026 р.	Виконано
6	Оформлення графічного матеріалу	25.05.2026 р.	Виконано

Студент

_____ **О.М. Мількевич**
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник проекту (роботи)

_____ **В.В. Шкарупило**
(підпис) (ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 69 сторінок, 24 рисунки, 2 таблиці, 8 лістингів, 23 джерела, 1 додаток.

ARDUINO UNO, DHT11, LCD 1602, LDR, МОНІТОРИНГ, ТЕМПЕРАТУРА, ВОЛОГІСТЬ, ПРИМІЩЕННЯ, СВІТЛОДІОДНА ІНДИКАЦІЯ, РЕЛЕ, BUZZER, FPV-КАМЕРА, МІКРОКЛІМАТ.

Об'єкт розробки — комп'ютерна система моніторингу температури приміщення на основі засобів Arduino.

Метою роботи є розроблення та практична реалізація фізичної моделі комп'ютерної системи моніторингу температури приміщення з використанням мікроконтролерної платформи Arduino Uno, датчика температури та вологості DHT11, LCD-дисплея, світлодіодної індикації, звукового сигналізатора, фоторезистора, релейного модуля та додаткової підсистеми візуального FPV-контролю.

У бакалаврській кваліфікаційній роботі розглянуто принципи побудови комп'ютерних систем моніторингу параметрів мікроклімату приміщення, визначено основні вимоги до розроблюваної системи та обґрунтовано вибір апаратних компонентів. У першому розділі проаналізовано технічне завдання, особливості сучасних систем моніторингу приміщень, принцип порогового контролю параметрів мікроклімату, а також доцільність використання Arduino Uno як основи фізичної моделі. У другому розділі наведено проектування системи, описано її структурну організацію, склад апаратних компонентів, підключення датчиків, індикаторів, LCD-дисплея, релейного модуля та незалежної FPV-підсистеми. У третьому розділі описано програмну реалізацію системи, логіку зчитування показників датчика DHT11 і фоторезистора,

відображення даних на LCD-дисплеї, керування світлодіодною індикацією, реле та звуковим сигналізатором, а також перевірку працездатності фізичної моделі.

У результаті виконання роботи створено працездатну фізичну модель комп'ютерної системи моніторингу температури приміщення. Система забезпечує зчитування температури, вологості та рівня освітленості, відображення отриманих значень на LCD-дисплеї, індикацію перевищення температурного порогу, звукове попередження при підвищеній вологості та керування виконавчим пристроєм через релейний модуль. Додатково реалізовано незалежний аналоговий FPV-канал для візуального контролю фізичної моделі, який не втручається в роботу Arduino Uno та основного програмного алгоритму.

Розроблена система може використовуватися як навчальний прототип для демонстрації принципів моніторингу параметрів приміщення, роботи з датчиками, локального відображення інформації, порогової логіки керування та взаємодії мікроконтролера з виконавчими елементами. У подальшому система може бути розширена за рахунок використання точніших датчиків, бездротового передавання даних, збереження історії вимірювань та інтеграції з веб-інтерфейсом або мобільним застосунком.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	4
ВСТУП.....	8
1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ.....	10
1.1 Особливості сучасних систем моніторингу приміщень.....	10
1.2 Принцип порогового контролю параметрів мікроклімату	13
1.3 Визначення технічних вимог та стратегія реалізації.....	15
2 ПРОЄКТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ	
ТЕМПЕРАТУРИ ПРИМІЩЕННЯ	19
2.1 Загальна структура системи	19
2.2 Вибір та обґрунтування апаратних компонентів	21
2.3 Схема підключення компонентів до Arduino Uno	23
2.4 Алгоритм роботи системи.....	25
2.5 Особливості фізичної моделі та підсистеми візуального контролю	29
3 РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ТЕСТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ	
МОНІТОРИНГУ ТЕМПЕРАТУРИ ПРИМІЩЕННЯ	32
3.1 Реалізація фізичної моделі системи	32
3.2 Структура програмного забезпечення	33
3.3 Ініціалізація системи	36
3.4 Зчитування показників датчиків.....	38
3.5 Відображення даних на LCD-дисплеї	40
3.6 Реалізація логіки керування виконавчими елементами.....	41
3.7 Тестування працездатності системи.....	45
3.8 Перевірка роботи підсистеми FPV-контролю	47
3.9 Аналіз результатів реалізації та тестування.....	48

3.10 Особливості монтажу та конструктивної реалізації фізичної моделі

50

ВИСНОВКИ 58

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 62

ДОДАТОК А..... 66

ЛІСТИНГ ПРОГРАМНОГО КОДУ СИСТЕМИ 66

ВСТУП

У сучасних умовах автоматизації житлових, навчальних, виробничих та технічних приміщень важливого значення набувають системи контролю параметрів мікроклімату. Одним із базових параметрів, що впливає на комфорт перебування людини, працездатність обладнання та безпеку експлуатації приміщень, є температура повітря. Її своєчасне вимірювання та відображення дозволяє оперативно оцінювати стан середовища і приймати рішення щодо подальших дій.

Традиційні засоби контролю температури часто виконують лише функцію локального вимірювання та не забезпечують додаткової індикації або взаємодії з виконавчими пристроями. Використання мікроконтролерних платформ, зокрема Arduino, дає змогу створювати недорогі, гнучкі та прості в налагодженні системи моніторингу. Такі системи можуть не лише вимірювати температуру, а й додатково контролювати вологість, освітленість, відображати дані на дисплеї, подавати світлові та звукові сигнали, а також керувати зовнішніми пристроями через релейний модуль.

У межах цієї роботи розробляється фізична модель комп'ютерної системи моніторингу температури приміщення на основі Arduino Uno. Основним контрольованим параметром є температура повітря, а вологість та освітленість використовуються як додаткові параметри для розширення функціональних можливостей системи. Дані відображаються на LCD-дисплеї, а стан системи додатково індикується за допомогою світлодіодів, звукового сигналізатора та релейного модуля.

Особливістю фізичної моделі є використання додаткової аналогової FPV-камери. Вона працює незалежно від Arduino та не бере участі в автоматичній обробці даних. Її призначення полягає у забезпеченні візуального контролю за

фізичною моделлю, що дозволяє оператору спостерігати за станом макета, положенням індикаторів і спрацюванням виконавчих елементів.

Мета роботи — розроблення фізичної моделі комп'ютерної системи моніторингу температури приміщення на основі засобів Arduino з можливістю локального відображення параметрів середовища, індикації стану та демонстрації керування виконавчими елементами.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати особливості сучасних систем моніторингу параметрів приміщення;
- обґрунтувати вибір апаратних компонентів системи;
- розробити загальну структуру комп'ютерної системи моніторингу;
- реалізувати фізичну модель системи на основі Arduino Uno;
- забезпечити зчитування температури та вологості за допомогою датчика DHT11;
- реалізувати зчитування рівня освітленості за допомогою фоторезистора;
- забезпечити відображення даних на LCD-дисплеї;
- реалізувати світлову, звукову індикацію та керування релейним модулем;
- додати незалежний канал візуального контролю фізичної моделі;
- провести тестування працездатності розробленої системи.

Об'єкт дослідження — процес моніторингу параметрів мікроклімату приміщення з використанням мікроконтролерних засобів.

Предмет дослідження — комп'ютерна система моніторингу температури приміщення на основі Arduino Uno, датчика DHT11, LCD-дисплея, індикаторів, релейного модуля та допоміжної FPV-камери.

Практичне значення роботи полягає у створенні працездатної фізичної моделі системи, яка демонструє принципи зчитування параметрів середовища, їх

локального відображення, індикації стану та керування зовнішніми пристроями. Запропонована модель може бути використана як навчальний або демонстраційний прототип для подальшого розвитку систем моніторингу приміщень.

АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1 Особливості сучасних систем моніторингу приміщень

Системи моніторингу параметрів приміщення призначені для контролю стану навколишнього середовища та своєчасного інформування користувача про зміну важливих показників. До таких параметрів належать температура, вологість, рівень освітленості, наявність руху, диму або інших факторів, що можуть впливати на комфорт, безпеку чи роботу обладнання. У межах цієї бакалаврської роботи основна увага приділяється контролю температури, оскільки саме цей параметр є одним із найважливіших для оцінювання стану приміщення.

Сучасні системи моніторингу можуть бути як простими автономними пристроями, так і складними комп'ютерними комплексами з передаванням даних до серверів, мобільних застосунків або хмарних платформ. Проте для навчальної та експериментальної розробки доцільним є використання мікроконтролерної платформи Arduino. Вона має достатню кількість цифрових та аналогових входів і виходів, підтримує підключення різних датчиків та модулів, а також дозволяє швидко розробляти й тестувати програмну логіку.

У розроблюваній системі плата Arduino Uno виконує функцію центрального керуючого пристрою. Вона зчитує дані з датчика температури та вологості DHT11, отримує аналогове значення з фоторезистора, обробляє ці

показники та керує периферійними елементами. До таких елементів належать LCD-дисплей, світлодіодна індикація, звуковий сигналізатор і релейний модуль. Завдяки цьому система не лише відображає поточні значення параметрів середовища, а й реагує на їх зміну.

У фізичній моделі також передбачено незалежний канал візуального контролю на основі аналогової FPV-камери. Камера не підключається до Arduino як сенсор і не використовується мікроконтролером для автоматичного прийняття рішень. Її роль полягає в тому, щоб надати оператору можливість візуально спостерігати за фізичною моделлю, перевіряти стан індикаторів і підтверджувати спрацювання виконавчих елементів.

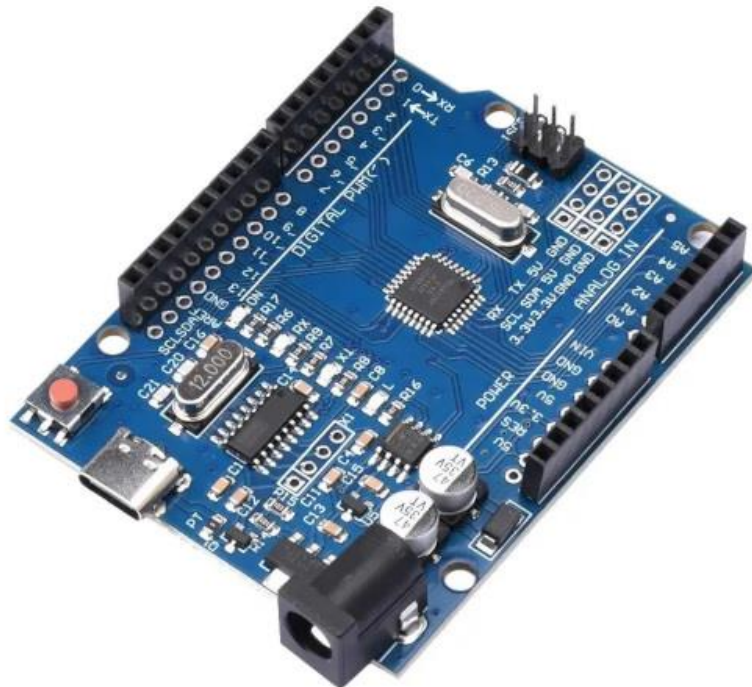


Рисунок 1.1 – Мікроконтролер Arduino Uno.

Використання Arduino Uno є доцільним для цієї роботи, оскільки плата має просту структуру, підтримується середовищем Arduino IDE та дозволяє реалізувати основні функції моніторингу без застосування складних апаратних засобів. При цьому вона має обмежені обчислювальні ресурси і не призначена для обробки відеопотоків. Саме тому FPV-камера використовується як окрема підсистема, яка працює незалежно від мікроконтролера.



Рисунок 1.2 – Аналогова FPV-камера для візуального контролю фізичної моделі.

Перевагою такого підходу є розділення функцій між основною системою моніторингу та підсистемою візуального контролю. Arduino відповідає за зчитування сенсорних даних, обробку показників, індикацію та керування виконавчими елементами. FPV-камера, у свою чергу, забезпечує додатковий канал спостереження за макетом. У разі потреби оператор може візуально перевірити, чи працює дисплей, чи активувалися світлодіоди, чи спрацював релейний модуль.

Таким чином, розроблювана система поєднує сенсорний моніторинг параметрів приміщення, локальне відображення інформації та допоміжний візуальний контроль. Це дозволяє розглядати її як експериментальний прототип комп'ютерної системи моніторингу температури приміщення з розширеними демонстраційними можливостями.

1.2 Принцип порогового контролю параметрів мікроклімату

У розробленій системі використано принцип порогового контролю параметрів мікроклімату. Його суть полягає в тому, що мікроконтролер періодично зчитує показники датчиків, порівнює їх із наперед заданими пороговими значеннями та залежно від результату активує відповідні індикатори або виконавчі елементи.

Такий підхід є простим, надійним і достатнім для фізичної моделі системи моніторингу температури приміщення. Він не потребує складних обчислювальних методів, забезпечує швидку реакцію на зміну параметрів і добре підходить для реалізації на платформі Arduino Uno.

Основним контрольованим параметром у системі є температура повітря. Якщо значення температури перевищує встановлений поріг, активується червоний світлодіод, який сигналізує про підвищену температуру. Якщо температура перебуває в допустимих межах, активним залишається зелений світлодіод. Така індикація дозволяє швидко оцінити стан системи без детального аналізу числових значень на дисплеї.

Додатково контролюється вологість повітря. Якщо її значення знижується нижче заданого рівня, релейний модуль активує умовний виконавчий пристрій. У межах фізичної моделі реле використовується для демонстрації можливості

керування зовнішнім навантаженням. У реальних умовах таким навантаженням може бути зволожувач повітря, вентилятор, система освітлення або інше обладнання приміщення. Якщо вологість перевищує верхній поріг, вмикається звуковий сигналізатор, що попереджає користувача про небажаний стан середовища.

Рівень освітленості визначається за допомогою фоторезистора, підключеного до аналогового входу Arduino. Якщо освітленість зменшується нижче встановленого порогу, система активує додатковий світлодіод, який імітує роботу освітлення. Це розширює функціональність макета та демонструє можливість обробки не лише цифрових, а й аналогових сигналів.

У програмній частині також передбачено перевірку коректності зчитування даних із датчика DHT11. Якщо датчик не передає коректні значення температури або вологості, на LCD-дисплей виводиться повідомлення про помилку. Це дозволяє уникнути некоректного відображення даних і демонструє базову обробку помилок у роботі системи.

Отже, принцип порогового контролю забезпечує зрозумілу і передбачувану логіку роботи системи. Він дозволяє реалізувати автоматичну реакцію на зміну температури, вологості та освітленості, а також забезпечує можливість подальшого розширення системи шляхом підключення інших датчиків або виконавчих пристроїв.

1.3 Визначення технічних вимог та стратегія реалізації

Під час розроблення комп'ютерної системи моніторингу температури приміщення необхідно визначити основні технічні вимоги до її апаратної та програмної частин. Ці вимоги мають відповідати темі роботи, реальним можливостям використаних компонентів і призначенню фізичної моделі.

Основною вимогою до системи є можливість вимірювання температури повітря в приміщенні та відображення отриманих даних у зручному для користувача вигляді. Для цього використовується датчик DHT11, який дозволяє отримувати значення температури та вологості. Незважаючи на те, що DHT11 не є високоточним промисловим датчиком, його характеристик достатньо для навчальної та демонстраційної фізичної моделі.

Для локального відображення даних використовується символічний LCD-дисплей 1602. Він дає змогу виводити температуру, вологість, рівень освітленості та стан релейного модуля. Такий дисплей є зручним для автономної роботи макета, оскільки користувач може отримати інформацію без підключення комп'ютера або додаткового програмного забезпечення.

Візуальна індикація реалізована за допомогою світлодіодів. Зелений світлодіод використовується для позначення нормального температурного стану, а червоний — для сигналізації про перевищення встановленого температурного порогу. Додатковий світлодіод використовується для демонстрації реакції системи на низький рівень освітленості.

Звуковий сигналізатор використовується для попередження про перевищення заданого порогу вологості. Це дозволяє реалізувати не лише візуальне, а й звукове повідомлення про зміну стану середовища. Релейний

модуль використовується як універсальний виконавчий елемент, що демонструє можливість керування зовнішнім пристроєм залежно від показників датчиків.

Окреме місце в системі займає аналогова FPV-камера. Вона не є частиною сенсорної системи Arduino, однак виконує роль допоміжного каналу візуального контролю. Камера дозволяє оператору спостерігати за фізичною моделлю, що є корисним під час тестування та демонстрації роботи системи. У межах цієї роботи FPV-камера розглядається саме як незалежна підсистема спостереження, а не як засіб автоматичного аналізу зображення.

Стратегія реалізації системи полягає у створенні експериментального макета, в якому всі основні компоненти підключені до Arduino Uno та працюють за єдиним алгоритмом. На першому етапі виконується зчитування даних із датчиків, на другому — обробка отриманих значень і порівняння їх із порогоми, на третьому — відображення інформації та керування індикаторами й виконавчими елементами.

Побудова системи на макетній платі є доцільною для етапу розроблення і тестування. Такий підхід дозволяє швидко змінювати підключення, перевіряти окремі вузли, налагоджувати програмний код і виявляти помилки. У разі подальшого розвитку система може бути перенесена на друковану плату та розміщена у більш компактному корпусі.

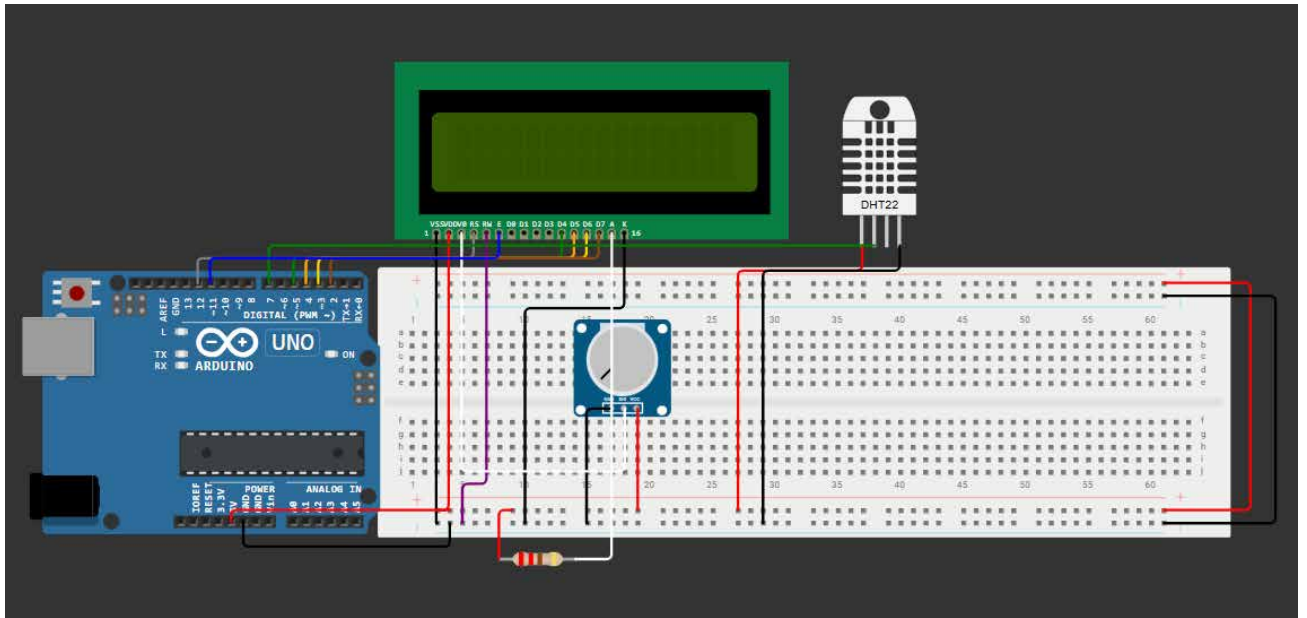


Рисунок 1.3 – Віртуальне зображення основних блоків схеми

Основні технічні вимоги до розроблюваної системи наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічні вимоги до системи моніторингу температури приміщення

Параметр системи	Технічна вимога	Обґрунтування
Основний контрольований параметр	Температура повітря у приміщенні	Відповідає темі бакалаврської кваліфікаційної роботи
Додаткові контрольовані параметри	Вологість повітря та рівень освітленості	Розширюють функціональність системи моніторингу
Мікроконтролерна платформа	Arduino Uno	Забезпечує зчитування даних із датчиків і керування периферійними пристроями
Датчик температури та вологості	DHT11	Доступний цифровий датчик, достатній для навчального макета
Діапазон вимірювання температури	0...50 °C	Відповідає типовому робочому діапазону DHT11

Орієнтовна точність вимірювання температури	приблизно ± 2 °C	Достатньо для демонстраційної системи моніторингу
Діапазон вимірювання вологості	20...90 % RH	Дозволяє контролювати базові параметри мікроклімату
Період оновлення даних	приблизно 1 секунда	Забезпечує регулярне оновлення інформації на дисплеї
Інтерфейс користувача	LCD 1602	Дає змогу локально відображати температуру, вологість, освітленість і стан реле
Візуальна індикація	Червоний, зелений і додатковий світлодіоди	Дозволяє швидко оцінити стан системи без аналізу числових значень
Звукова індикація	Buzzer	Використовується для попередження про перевищення встановленого порогу
Виконавчий елемент	Релейний модуль	Демонструє можливість керування зовнішнім пристроєм
Додатковий канал контролю	Аналогова FPV-камера	Забезпечує незалежне візуальне спостереження за фізичною моделлю

Визначені технічні вимоги відповідають призначенню розроблюваної системи та враховують можливості використаної елементної бази. Запропонована структура дозволяє реалізувати базові функції моніторингу температури приміщення, додатковий контроль вологості та освітленості, а також демонстрацію реакції системи на зміну параметрів середовища.

2 ПРОЄКТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТЕМПЕРАТУРИ ПРИМІЩЕННЯ

2.1 Загальна структура системи

Розроблювана комп'ютерна система моніторингу температури приміщення побудована на основі мікроконтролерної платформи Arduino Uno. Система призначена для зчитування параметрів мікроклімату, відображення отриманих даних користувачу, індикації стану середовища та демонстрації можливості керування зовнішнім виконавчим пристроєм.

Основним контрольованим параметром є температура повітря у приміщенні. Додатково система вимірює вологість повітря та рівень освітленості. Такий підхід дозволяє розглядати розроблену модель не лише як простий електронний термометр, а як фізичний макет системи моніторингу параметрів мікроклімату.

Центральним елементом системи є плата Arduino Uno, яка виконує зчитування даних із датчиків, обробку отриманих значень та керування периферійними пристроями. До входів Arduino підключено датчик температури та вологості DHT11, а також фоторезистор LDR для визначення рівня освітленості. До виходів мікроконтролера підключено LCD-дисплей 1602, світлодіодні індикатори, звуковий сигналізатор та релейний модуль.

LCD-дисплей використовується для локального відображення поточних значень температури, вологості, освітленості та стану релейного модуля. Світлодіоди забезпечують швидку візуальну оцінку температурного стану: зелений індикатор відповідає нормальному режиму, а червоний — перевищенню встановленого температурного порогу. Додатковий світлодіод імітує роботу освітлення при недостатньому рівні світла. Звуковий сигналізатор

використовується для попередження про перевищення допустимого значення вологості.

Релейний модуль у складі фізичної моделі виконує роль універсального виконавчого елемента. Він демонструє можливість керування зовнішнім навантаженням залежно від показників мікроклімату. У реальних умовах через реле може вмикатися вентилятор, зволожувач повітря, система освітлення або інший пристрій приміщення.

Окремо від основної схеми Arduino використовується аналогова FPV-камера. Вона не передає дані до мікроконтролера і не бере участі в автоматичній обробці показників. Її призначення полягає у забезпеченні незалежного візуального контролю фізичної моделі. Завдяки цьому оператор може спостерігати за станом макета, положенням індикаторів та спрацюванням виконавчих елементів.

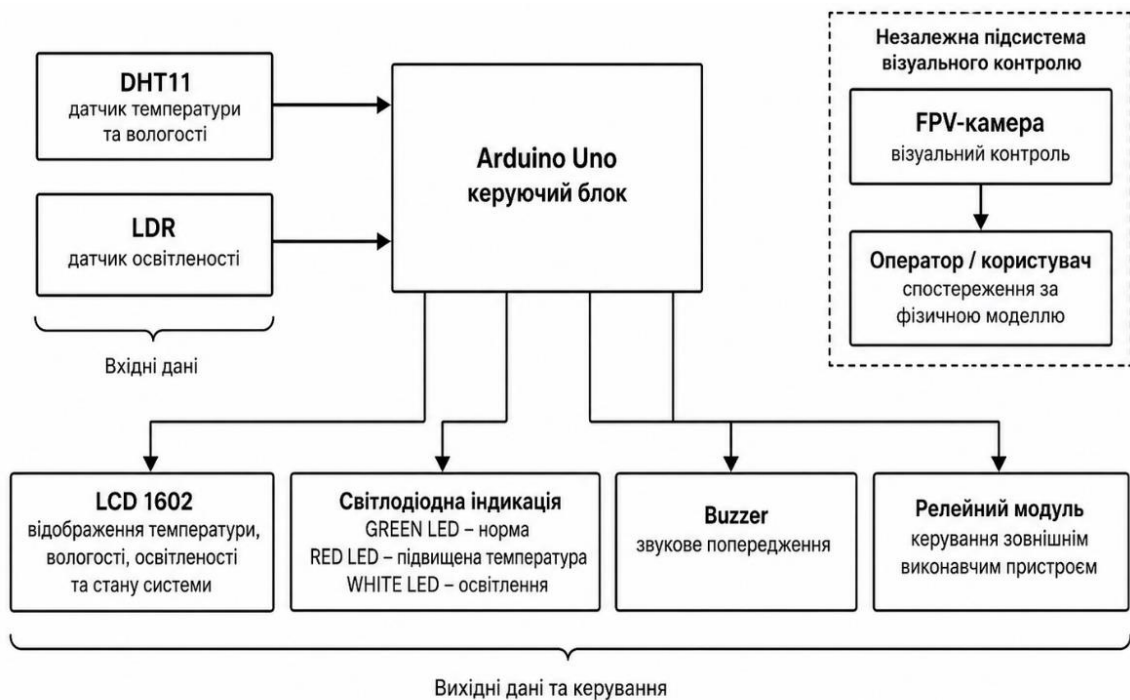


Рисунок 2.1 – Структурна схема комп’ютерної системи моніторингу температури приміщення

2.2 Вибір та обґрунтування апаратних компонентів

Для реалізації системи моніторингу температури приміщення було обрано апаратні компоненти, які забезпечують виконання основних функцій проєкту та є доступними для макетної розробки. Вибір компонентів здійснювався з урахуванням простоти підключення, сумісності з Arduino Uno, наявності бібліотек для програмування та достатності характеристик для створення фізичної моделі.

Основою системи є плата Arduino Uno. Вона побудована на базі мікроконтролера ATmega328P та має цифрові й аналогові входи/виходи, необхідні для підключення датчиків, дисплея, індикаторів і виконавчих пристроїв. Перевагою Arduino Uno є простота програмування в середовищі Arduino IDE, велика кількість прикладів, підтримка бібліотек та зручність використання в навчальних проєктах.

Для вимірювання температури та вологості використано датчик DHT11. Цей датчик дозволяє отримувати цифрові значення температури і відносної вологості повітря. Хоча DHT11 не належить до високоточних промислових датчиків, його можливостей достатньо для демонстраційної системи моніторингу приміщення. Використання одного модуля для вимірювання одразу двох параметрів спрощує схему та програмну реалізацію.

Для відображення інформації застосовано символьний LCD-дисплей 1602. Він має два рядки по шістнадцять символів і дозволяє виводити основні дані у зручному для користувача вигляді. У розробленій системі на дисплеї відображаються температура, вологість, рівень освітленості та стан релейного модуля. Використання такого дисплея дає змогу працювати з макетом без підключення комп'ютера.

Для визначення рівня освітленості використовується фоторезистор LDR. Він змінює свій опір залежно від кількості світла, що потрапляє на його поверхню. Arduino зчитує аналогове значення з фоторезистора через вхід A0. Це дозволяє системі реагувати на зміну освітлення та активувати додатковий світлодіод при недостатньому рівні світла.

Світлодіоди використовуються для візуальної індикації стану системи. Зелений світлодіод сигналізує про нормальний температурний режим, червоний — про перевищення температурного порогу, а додатковий світлодіод імітує роботу освітлення. Така індикація є простою, наочною та зручною для демонстрації роботи системи.

Звуковий сигналізатор використовується для привернення уваги користувача у випадку небажаного стану середовища. У програмній логіці він активується при перевищенні встановленого порогу вологості. Наявність звукової індикації дозволяє користувачу отримати попередження навіть без постійного спостереження за дисплеєм.

Релейний модуль застосовується для демонстрації керування зовнішнім виконавчим пристроєм. Оскільки Arduino не призначена для безпосереднього керування потужними навантаженнями, реле виконує роль проміжної ланки між мікроконтролером і зовнішнім пристроєм. У межах фізичної моделі реле показує сам принцип автоматичного перемикавання навантаження залежно від показників датчиків.

Аналогова FPV-камера використовується як додаткова незалежна підсистема візуального контролю. Вона розміщена в окремому корпусі, виготовленому методом 3D-друку, та підключена до окремого відеоблока. Її

використання дозволяє оператору спостерігати за фізичною моделлю, не втручаючись у роботу основної схеми Arduino.

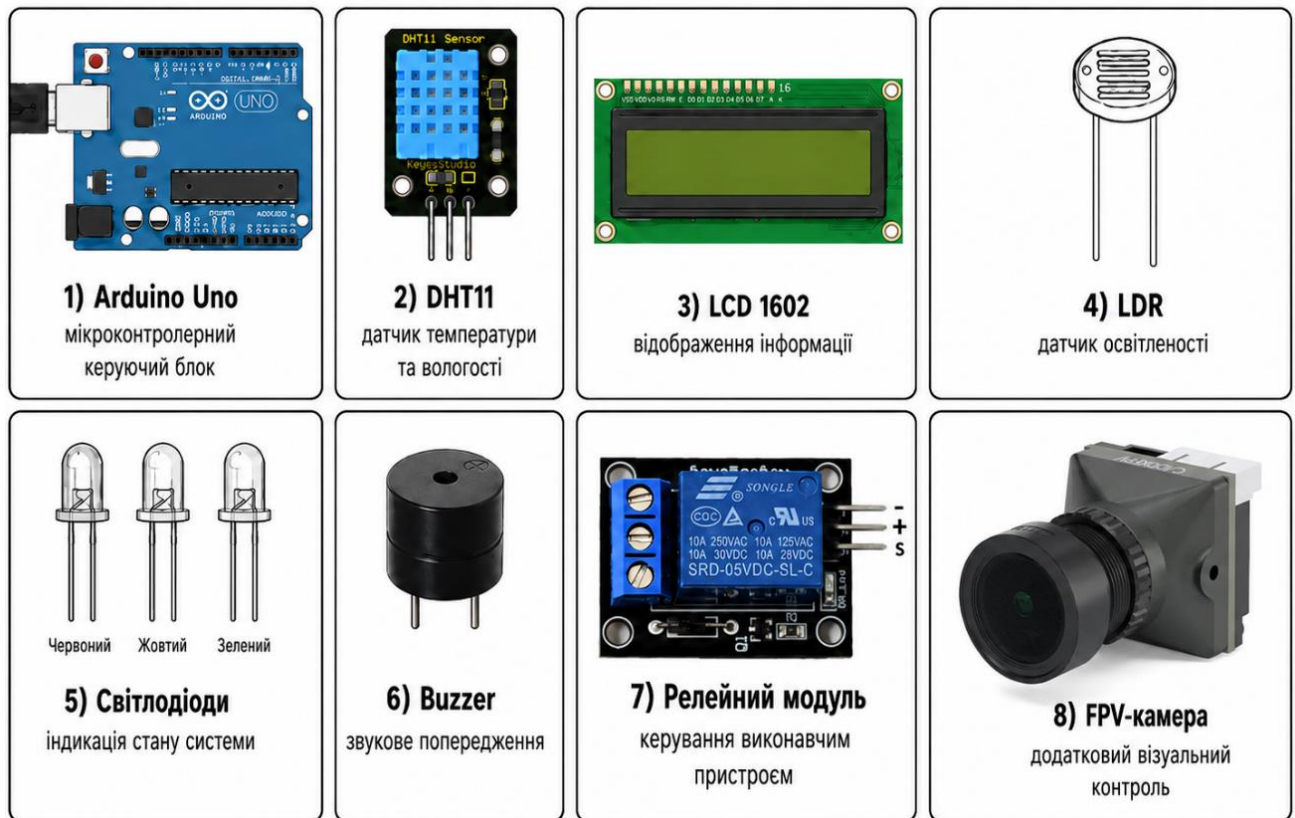


Рисунок 2.2 – Основні апаратні компоненти системи моніторингу

2.3 Схема підключення компонентів до Arduino Uno

Підключення компонентів системи виконано з урахуванням кількості доступних цифрових та аналогових входів/виходів Arduino Uno. Для зручності розробки та налагодження схема була зібрана на макетній платі. Це дозволило швидко перевірити роботу окремих елементів, змінювати підключення та тестувати програмну логіку без виготовлення друкованої плати.

LCD-дисплей 1602 підключено до Arduino у паралельному режимі. Для його роботи використовуються лінії керування RS та E, а також чотири інформаційні лінії D4–D7. У програмі дисплей ініціалізується за допомогою бібліотеки LiquidCrystal, де вказано відповідні пini підключення.

Датчик DHT11 підключено до цифрового піна 7. Через цей пін Arduino отримує значення температури та вологості. Для роботи з датчиком використовується бібліотека DHT, яка спрощує зчитування даних і перевірку коректності отриманих значень.

Фоторезистор LDR підключено до аналогового входу A0. Arduino зчитує з нього значення за допомогою функції analogRead(). Отримане число використовується для оцінки рівня освітленості та прийняття рішення щодо вмикання додаткового світлодіода.

Світлодіоди, звуковий сигналізатор і релейний модуль підключені до цифрових виходів Arduino. Кожен із цих елементів керується шляхом встановлення на відповідному пині логічного рівня HIGH або LOW. Це забезпечує просту та надійну взаємодію між програмною логікою і фізичними елементами системи.

У таблиці 2.1 наведено призначення основних пінів Arduino Uno, використаних у розробленій системі.

Таблиця 2.1 – Призначення пінів Arduino Uno

Компонент	Пін Arduino	Призначення
LCD RS	12	Керування LCD-дисплеєм

LCD E	11	Сигнал дозволу LCD-дисплея
LCD D4	5	Передавання даних на LCD
LCD D5	4	Передавання даних на LCD
LCD D6	3	Передавання даних на LCD
LCD D7	2	Передавання даних на LCD
DHT11	7	Зчитування температури та вологості
Додатковий LED освітлення	6	Імітація освітлення при низькому рівні світла
Червоний LED	8	Індикація підвищеної температури
Зелений LED	9	Індикація нормальної температури
Buzzer	10	Звукове попередження
Релейний модуль	13	Керування зовнішнім виконавчим пристроєм
LDR	A0	Зчитування рівня освітленості

Рисунок 2.3 – Схема підключення компонентів до Arduino Uno

2.4 Алгоритм роботи системи

Алгоритм роботи системи побудований за циклічним принципом. Після подачі живлення виконується ініціалізація всіх основних компонентів: LCD-дисплея, датчика DHT11, цифрових виходів для світлодіодів, звукового сигналізатора та релейного модуля. На дисплей виводиться стартове повідомлення, після чого система переходить до основного циклу роботи.

У кожному циклі Arduino зчитує значення температури та вологості з датчика DHT11, а також рівень освітленості з фоторезистора. Отримані значення використовуються для відображення інформації на LCD-дисплеї та для прийняття рішень щодо активації індикаторів і виконавчих елементів.

Перед подальшою обробкою даних виконується перевірка коректності зчитування температури та вологості. Якщо датчик DHT11 не передає правильних значень, на дисплей виводиться повідомлення про помилку датчика. У такому випадку система не виконує подальші дії з некоректними даними, що запобігає неправильній індикації.

Якщо дані зчитані коректно, на першому рядку LCD-дисплея відображаються температура та вологість. На другому рядку виводиться рівень освітленості та стан релейного модуля. Таким чином користувач отримує основну інформацію про стан середовища без необхідності підключення до комп'ютера.

Після відображення даних система виконує порівняння вимірних значень із заданими порогамі. Якщо температура перевищує 30 °C, вмикається червоний світлодіод, а зелений вимикається. Якщо температура не перевищує порогове значення, активним залишається зелений світлодіод.

Для вологості передбачено два порогові режими. Якщо вологість нижча за 40 %, вмикається релейний модуль, який демонструє можливість керування зовнішнім виконавчим пристроєм. Якщо вологість перевищує 70 %, активується звуковий сигналізатор. Це дозволяє системі реагувати як на недостатню, так і на надмірну вологість.

Рівень освітленості також аналізується за пороговим принципом. Якщо значення, отримане з фоторезистора, нижче встановленого порогу, вмикається

додатковий світлодіод, який імітує роботу освітлення. Якщо рівень світла достатній, цей світлодіод вимикається.

Після виконання всіх дій система робить коротку затримку тривалістю приблизно одну секунду, після чого цикл повторюється. Такий алгоритм забезпечує регулярне оновлення даних і своєчасну реакцію на зміну параметрів середовища.

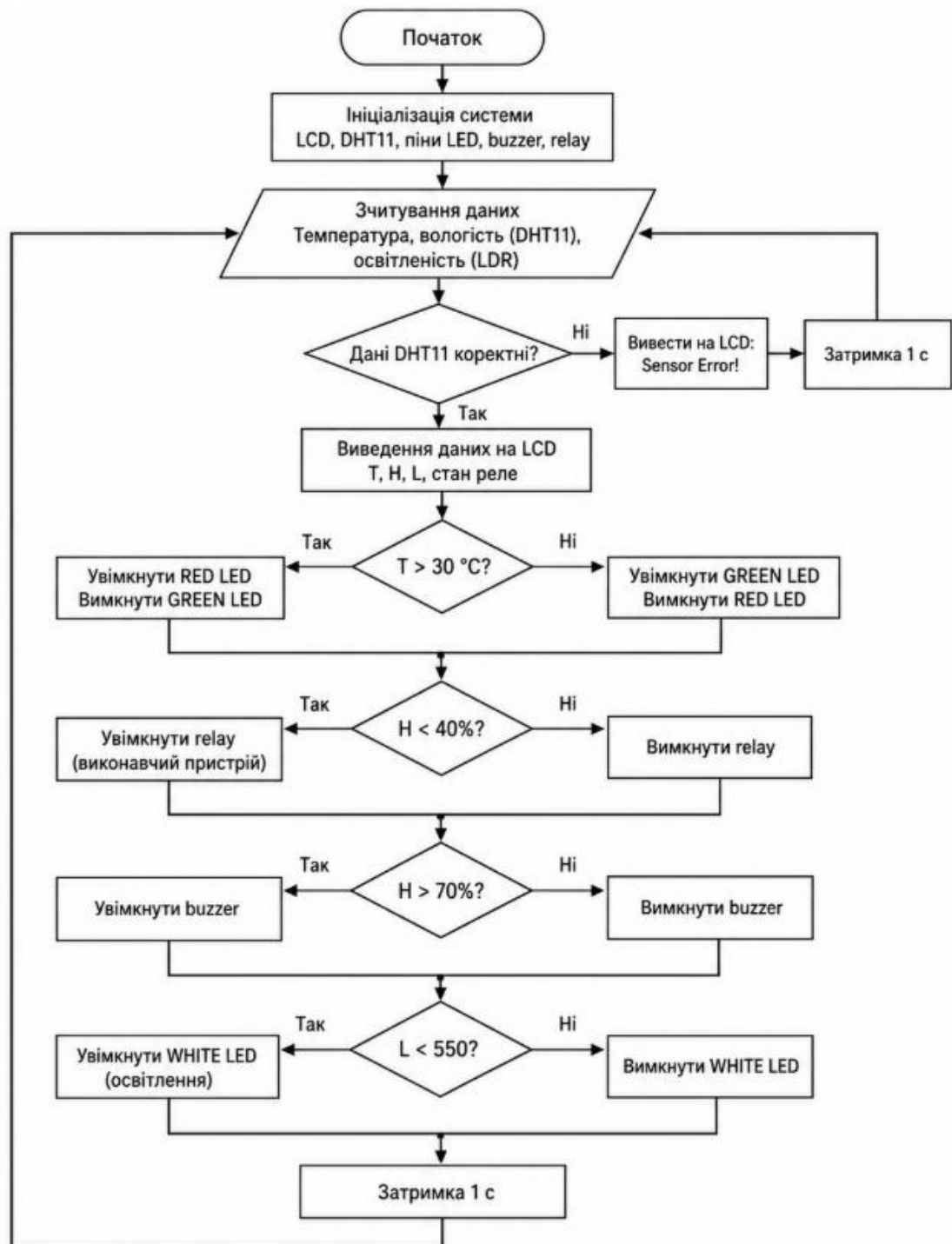


Рисунок 2.4 – Блок-схема алгоритму роботи системи

2.5 Особливості фізичної моделі та підсистеми візуального контролю

Фізична модель системи зібрана у корпусі з легкого ізоляційного матеріалу. Такий корпус дозволив розмістити основні елементи системи, забезпечити доступ до внутрішньої частини макета та закріпити зовнішні елементи індикації. На передній панелі розміщено LCD-дисплей 1602 та світлодіодні індикатори, що дозволяє користувачу швидко оцінити стан системи.

Усередині корпусу розташовано плату Arduino Uno, макетну плату з електронними компонентами, релейний модуль, датчики та з'єднувальні провідники. Використання макетної плати є доцільним для експериментального прототипу, оскільки воно спрощує налагодження схеми та дозволяє швидко вносити зміни під час тестування.

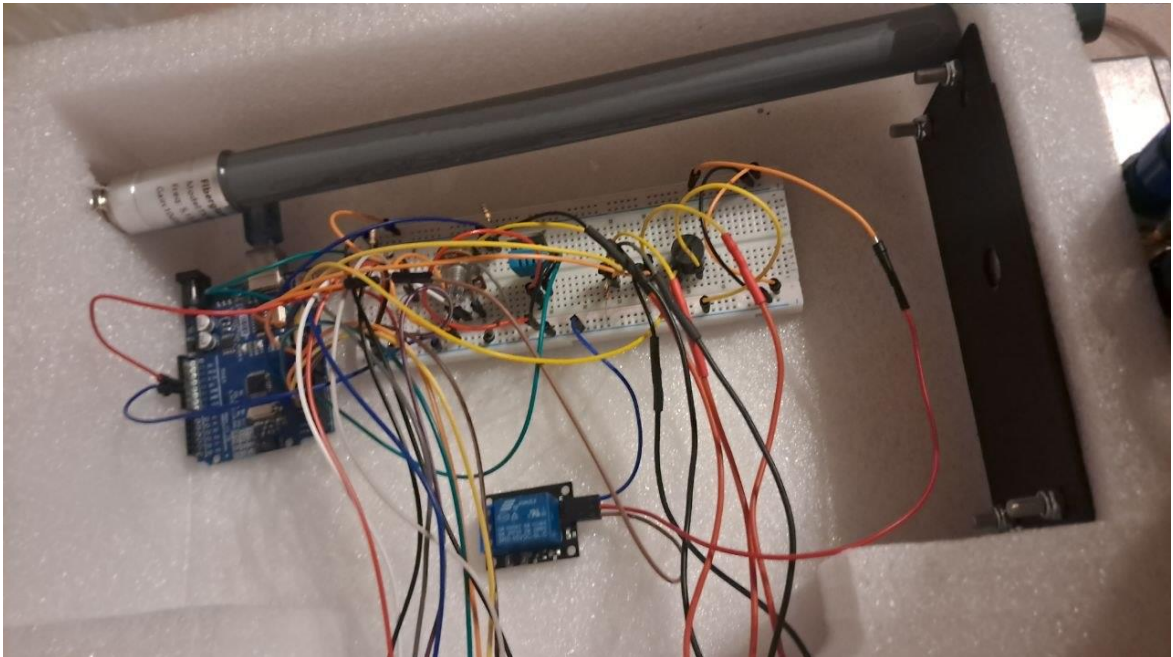


Рисунок 2.5 – Внутрішнє розміщення компонентів фізичної моделі

Окремою частиною фізичної моделі є підсистема аналогового FPV-контролю. Вона складається з камери CaddxFPV, розміщеної у 3D-друкованому корпусі, та окремого відеоблока з роз'ємами для камери, антени, живлення та передачі відеосигналу. Ця підсистема працює незалежно від Arduino та має власну функціональну роль — забезпечення візуального спостереження за макетом.

FPV-камера дозволяє оператору дистанційно контролювати загальний стан фізичної моделі, положення індикаторів і спрацювання окремих елементів. Вона не використовується для автоматичного аналізу зображення і не впливає на програмну логіку Arduino. Такий підхід дозволяє не перевантажувати мікроконтролер та зберегти простоту основної схеми.



Рисунок 2.6 – Підсистема аналогового FPV-контролю фізичної моделі



Рисунок 2.7 – FPV-камера у 3D-друкованому корпусі

Розроблена фізична модель має демонстраційний характер. Її основне призначення полягає у перевірці працездатності запропонованої структури, алгоритму роботи та взаємодії між датчиками, мікроконтролером, індикаторами й виконавчими елементами. У подальшому така модель може бути вдосконалена шляхом перенесення схеми на друковану плату, використання компактнішого корпусу, підключення точніших датчиків або додавання засобів передавання даних на віддалений сервер.

3 РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ТЕСТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТЕМПЕРАТУРИ ПРИМІЩЕННЯ

3.1 Реалізація фізичної моделі системи

Розроблення комп'ютерної системи моніторингу температури приміщення було виконано у вигляді фізичної моделі на основі плати Arduino Uno. Такий підхід дозволив перевірити працездатність основних апаратних і програмних рішень без виготовлення промислового зразка пристрою.

Фізична модель складається з керуючого мікроконтролерного блоку, сенсорних елементів, засобів відображення інформації, світлової та звукової індикації, релейного модуля і додаткової підсистеми візуального контролю. Основним керуючим елементом є Arduino Uno, яка виконує зчитування даних із датчика DHT11 та фоторезистора LDR, обробляє отримані значення і керує периферійними пристроями.

Для відображення інформації використано LCD-дисплей 1602. На нього виводяться значення температури, вологості, рівня освітленості та стан релейного модуля. Світлодіодна індикація дозволяє швидко оцінити температурний режим: зелений світлодіод відповідає нормальному стану, а червоний — перевищенню встановленого температурного порогу. Додатковий світлодіод використовується для імітації освітлення при недостатньому рівні світла.

Релейний модуль у фізичній моделі використовується як універсальний виконавчий елемент. У програмному коді він активується при зниженні вологості нижче заданого порогу, однак у межах роботи його слід розглядати не як обов'язково “полив”, а як приклад керування зовнішнім пристроєм. У реальних умовах таким пристроєм може бути зволожувач повітря, вентилятор, освітлення або інше обладнання приміщення.

Окремо до складу макета додано аналогову FPV-камеру. Вона не підключається до Arduino і не бере участі в автоматичній обробці даних. Її функція полягає у забезпеченні незалежного візуального контролю фізичної моделі.

3.2 Структура програмного забезпечення

Програмне забезпечення системи розроблено у середовищі Arduino IDE мовою програмування C/C++. Для роботи з LCD-дисплеєм використовується бібліотека LiquidCrystal, а для взаємодії з датчиком температури та вологості DHT11 — бібліотека DHT.

Програма має циклічну структуру, характерну для проєктів Arduino. Основні налаштування виконуються у функції `setup()`, яка запускається один раз після подачі живлення або перезавантаження плати. Основна логіка роботи системи реалізована у функції `loop()`, яка виконується постійно.

На початку програми підключаються необхідні бібліотеки, ініціалізується LCD-дисплей, визначаються піни підключення компонентів і створюється об'єкт для роботи з датчиком DHT11.

Лістинг 3.1 – Підключення бібліотек та визначення пінів компонентів

```
#include <LiquidCrystal.h>

#include <DHT.h>

// Налаштування дисплея (RS, E, D4, D5, D6, D7)
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);

// Визначення пінів компонентів
#define DHTPIN 7
```

```
#define DHTTYPE DHT11

#define RED_LED 8

#define GREEN_LED 9

#define WHITE_LED 6

#define BUZZER 10

#define RELAY_PUMP 13

#define LDR_PIN A0


DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
```

У наведеному фрагменті програми визначено, що LCD-дисплей підключено до цифрових пінів 12, 11, 5, 4, 3 і 2. Датчик DHT11 підключено до піна 7, червоний світлодіод — до піна 8, зелений — до піна 9, додатковий світлодіод освітлення — до піна 6, звуковий сигналізатор — до піна 10, релейний модуль — до піна 13, а фоторезистор — до аналогового входу A0.

У програмі релейний модуль має назву RELAY_PUMP, однак у межах роботи він розглядається як релейний виконавчий модуль, що демонструє можливість керування зовнішнім пристроєм.

dyplom.ino

```
1  #include <LiquidCrystal.h>
2  #include <DHT.h>
3
4  // Налаштування дисплея (RS, E, D4, D5, D6, D7)
5  LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
6
7  // Визначення пінів компонентів
8  #define DHTPIN 7
9  #define DHTTYPE DHT11
10 #define RED_LED 8      // Тривога: висока температура
11 #define GREEN_LED 9    // Статус: нормальна температура
12 #define WHITE_LED 6    // Додатковий світлодіод освітлення
13 #define BUZZER 10      // Звукова сирена (висока вологість)
14 #define RELAY_PUMP 13  // Керування виконавчим пристроєм через реле
15 #define LDR_PIN A0     // Датчик світла
16
17 DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
18
```

Рисунок 3.1 – Фрагмент програмного коду у середовищі Arduino IDE

3.3 Ініціалізація системи

Після запуску мікроконтролера виконується функція `setup()`. У ній задаються режими роботи цифрових пінів, ініціалізується LCD-дисплей, запускається датчик DHT11 та виводиться стартове повідомлення.

Лістинг 3.2 – Ініціалізація компонентів системи

```
void setup() {  
  
    pinMode(REDA_LED, OUTPUT);  
  
    pinMode(GREEN_LED, OUTPUT);  
  
    pinMode(WHITE_LED, OUTPUT);  
  
    pinMode(BUZZER, OUTPUT);  
  
    pinMode(RELAY_PUMP, OUTPUT);  
  
  
    digitalWrite(RELAY_PUMP, LOW);  
  
    lcd.begin(16, 2);  
  
    dht.begin();  
  
  
    lcd.print("Greenhouse Sys");  
  
    lcd.setCursor(0, 1);
```

```
lcd.print("Initializing...");  
  
delay(1500);  
  
lcd.clear();  
  
}
```

У цьому фрагменті всі піни, до яких підключено світлодіоди, звуковий сигналізатор і реле, налаштовуються як виходи. Початковий стан релейного модуля встановлюється як вимкнений. Після цього запускається LCD-дисплей у режимі 16 символів на 2 рядки та ініціалізується датчик DHT11.

Стартове повідомлення використовується для інформування користувача про початок роботи системи. У фінальному варіанті коду для повної відповідності темі роботи доцільно замінити текст Greenhouse Sys на більш універсальний, наприклад Room Temp Sys або Monitor System. Однак ця зміна не впливає на логіку роботи програми.

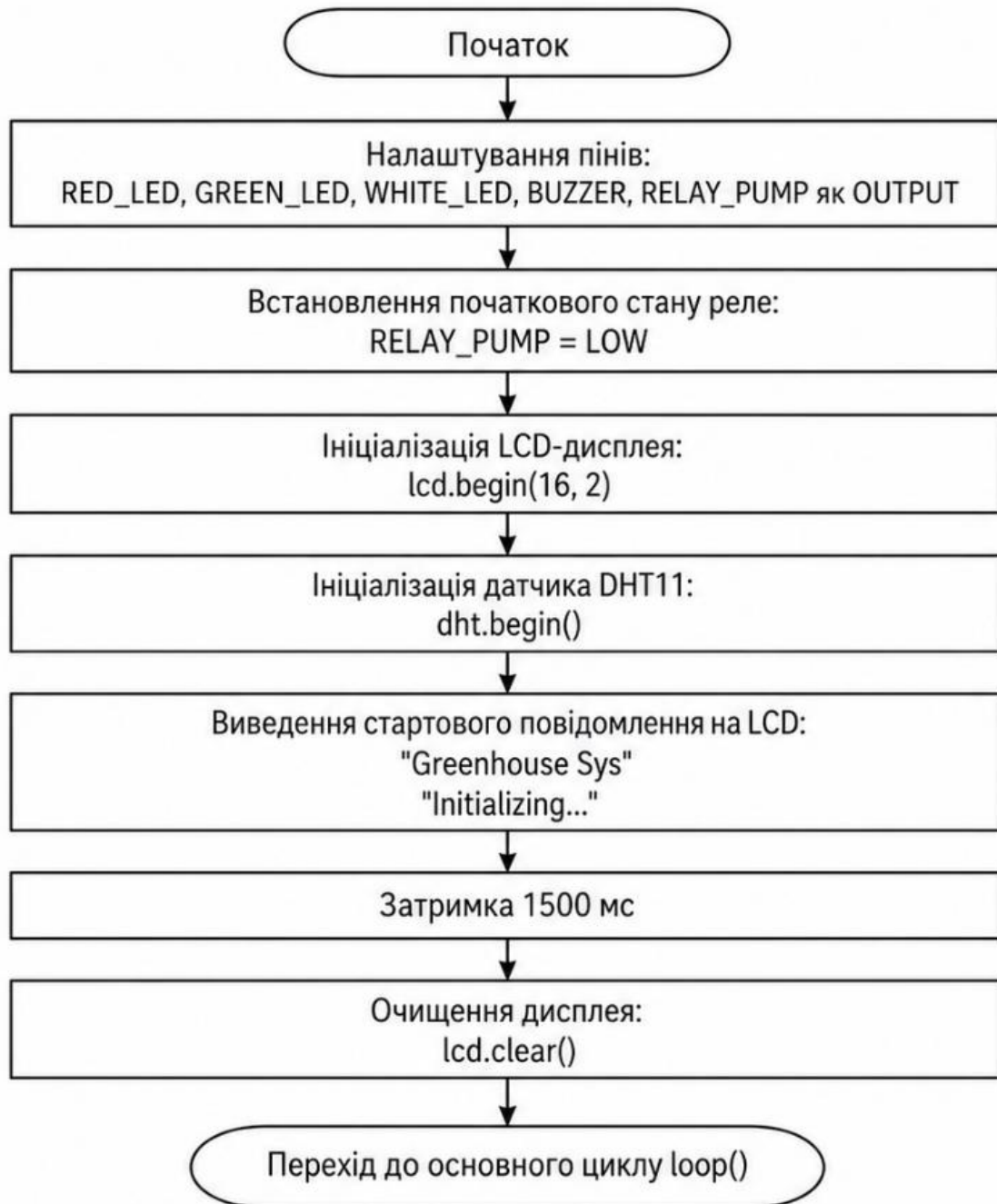


Рисунок 3.2 – Блок-схема ініціалізації системи

3.4 Зчитування показників датчиків

Основна робота системи виконується у функції `loop()`. На початку кожного циклу програма зчитує температуру, вологість і рівень освітленості. Температура

та вологість отримуються з датчика DHT11, а освітленість — з фоторезистора, підключеного до аналогового входу A0.

Лістинг 3.3 – Зчитування даних із датчиків та перевірка помилки

```
void loop() {
    float h = dht.readHumidity();
    float t = dht.readTemperature();
    int light = analogRead(LDR_PIN);

    if (isnan(h) || isnan(t)) {
        lcd.setCursor(0, 0);
        lcd.print("Sensor Error!  ");
        return;
    }
}
```

Значення вологості зберігається у змінній `h`, температура — у змінній `t`, а рівень освітленості — у змінній `light`. Функція `analogRead()` повертає числове значення, яке відповідає рівню напруги на аналоговому вході Arduino.

У програмі передбачено перевірку коректності роботи датчика DHT11. Якщо значення температури або вологості не вдалося зчитати, функція `isnan()` визначає помилку, після чого на LCD-дисплей виводиться повідомлення `Sensor Error!`. У такому випадку подальша обробка в межах поточного циклу не виконується.

Рисунок 3.3 – Блок-схема зчитування даних та перевірки датчика DHT11

3.5 Відображення даних на LCD-дисплеї

Після успішного зчитування показників система виводить отримані значення на LCD-дисплей. Перший рядок дисплея використовується для відображення температури та вологості, а другий — для рівня освітленості та стану релейного модуля.

Лістинг 3.4 – Виведення показників на LCD-дисплей

```
lcd.setCursor(0, 0);  
lcd.print("T:");  
lcd.print(t, 1);  
lcd.print("C  ");  
  
lcd.setCursor(9, 0);  
lcd.print("H:");  
lcd.print(h, 0);  
lcd.print("%  ");  
  
lcd.setCursor(0, 1);  
lcd.print("L:");  
lcd.print(light);  
  
if (light < 1000) lcd.print(" ");  
if (light < 100) lcd.print(" ");
```


Команда `lcd.setCursor()` встановлює позицію курсора на дисплеї, після чого за допомогою `lcd.print()` виводиться потрібне значення. Температура виводиться з одним знаком після коми, а вологість — як ціле число. Додаткові пробіли після значень використовуються для затирання старих символів на дисплеї, якщо нове значення має меншу кількість цифр.

Для рівня освітленості виводиться числове значення, отримане з аналогового входу. Оскільки кількість цифр у цьому значенні може змінюватися, у програмі передбачено додаткове вирівнювання виводу пробілами.



Рисунок 3.4 – Відображення температури, вологості та освітленості на LCD-дисплеї

3.6 Реалізація логіки керування виконавчими елементами

Після зчитування та відображення даних програма виконує порівняння отриманих значень із заданими порогоми. На основі цього приймається рішення щодо вмикання або вимикання реле, світлодіодів і звукового сигналізатора.

Релейний модуль активується при зниженні вологості нижче 40 %. У межах фізичної моделі це демонструє можливість автоматичного керування зовнішнім виконавчим пристроєм.

Лістинг 3.5 – Керування релейним модулем за рівнем вологості

```
lcd.setCursor(8, 1);

if (h < 40.0) {

    digitalWrite(RELAY_PUMP, HIGH);

    lcd.print("WTR:ON ");

} else {

    digitalWrite(RELAY_PUMP, LOW);

    lcd.print("WTR:OFF");

}
```

У програмі на дисплей виводиться стан WTR:ON або WTR:OFF. У тексті роботи цей стан доцільно трактувати як стан релейного виконавчого модуля. За потреби в фінальній версії коду напис WTR можна замінити на RLY, щоб уникнути прямої прив'язки до поливу.

Додатковий світлодіод освітлення вмикається при зменшенні рівня освітленості нижче заданого порогу.

Лістинг 3.6 – Керування додатковим світлодіодом освітлення

```
if (light < 550) {

    digitalWrite(WHITE_LED, HIGH);

} else {

    digitalWrite(WHITE_LED, LOW);}
```

У цьому фрагменті використано порогове значення 550. Якщо значення з фоторезистора менше за цей поріг, система вважає освітлення недостатнім і вмикає додатковий світлодіод.

Температурна індикація реалізована за допомогою червоного та зеленого світлодіодів. Якщо температура перевищує 30 °C, вмикається червоний світлодіод. Якщо температура не перевищує встановлений поріг, вмикається зелений світлодіод.

Лістинг 3.7 – Реалізація температурної індикації

```
if (t > 30.0) {
    digitalWrite(RED_LED, HIGH);
    digitalWrite(GREEN_LED, LOW);
} else {
    digitalWrite(RED_LED, LOW);
    digitalWrite(GREEN_LED, HIGH);
}
```

Цей фрагмент є основною частиною логіки моніторингу температури. Зелений світлодіод сигналізує про нормальний стан, а червоний — про перевищення температурного порогу.

Звуковий сигналізатор активується при перевищенні вологості понад 70 %.

Лістинг 3.8 – Керування звуковим сигналізатором

```
if (h > 70.0) {
    digitalWrite(BUZZER, HIGH);
} else {
    digitalWrite(BUZZER, LOW);
}
```

```

}

delay(1000);

}

```

Наприкінці циклу використовується затримка `delay(1000)`, яка забезпечує оновлення показників приблизно один раз на секунду. Це робить роботу системи стабільною та зручною для спостереження користувачем.



Рисунок 3.5 – Блок-схема логіки температурної індикації

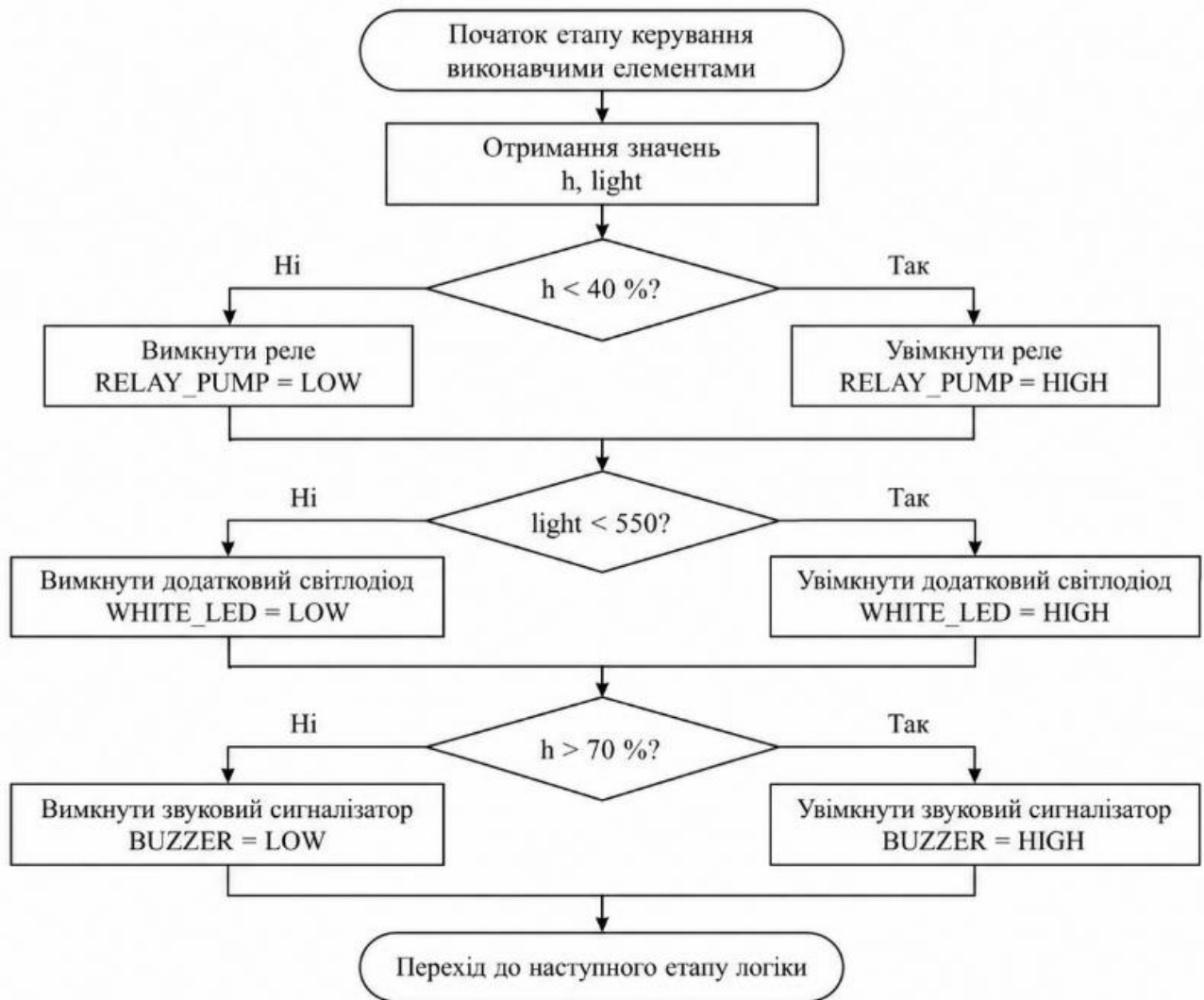


Рисунок 3.6 – Блок-схема логіки керування реле, освітленням і звуковою індикацією

3.7 Тестування працездатності системи

Після завершення складання фізичної моделі та завантаження програмного коду було проведено тестування працездатності системи. Метою тестування була перевірка правильності зчитування даних із датчиків, відображення інформації на LCD-дисплеї, а також спрацювання світлової, звукової індикації та релейного модуля.

Тестування виконувалося шляхом спостереження за показниками на LCD-дисплеї та реакцією виконавчих елементів на зміну умов середовища. Для перевірки температурної індикації контролювалася зміна стану червоного та зеленого світлодіодів. Для перевірки освітлення змінювався рівень світла, що потрапляв на фоторезистор. Для перевірки звукового сигналізатора і релейного модуля аналізувалася реакція системи на значення вологості.

У таблиці 3.1 наведено основні умови спрацювання елементів системи.

Параметр	Умова	Реакція системи
Температура	$t > 30.0\text{ }^{\circ}\text{C}$	Вмикається червоний LED, зелений вимикається
Температура	$t \leq 30.0\text{ }^{\circ}\text{C}$	Вмикається зелений LED, червоний вимикається
Вологість	$h < 40.0\text{ \%}$	Вмикається релейний модуль
Вологість	$h > 70.0\text{ \%}$	Вмикається звуковий сигналізатор
Освітленість	$\text{light} < 550$	Вмикається додатковий LED освітлення
Помилка DHT11	Некоректні дані	На LCD виводиться Sensor Error!



Рисунок 3.7 – Тестування роботи LCD-дисплея та світлодіодної індикації

Під час тестування було встановлено, що система коректно виводить значення температури, вологості та освітленості на LCD-дисплей. Світлодіодна індикація змінює стан залежно від температури. При нормальній температурі активним є зелений світлодіод, а при перевищенні порогового значення активується червоний.

Релейний модуль спрацьовує при зниженні вологості нижче встановленого порогу. Це підтверджує можливість використання системи для керування зовнішнім виконавчим пристроєм. Звуковий сигналізатор активується при перевищенні верхнього порогу вологості, що дозволяє привертати увагу користувача до небажаного стану середовища.

3.8 Перевірка роботи підсистеми FPV-контролю

Додатково було перевірено роботу аналогової FPV-камери, яка використовується як незалежний канал візуального контролю фізичної моделі. Під час тестування камера забезпечувала можливість спостереження за макетом, передньою панеллю, індикаторами та загальним станом фізичної моделі.

Важливо зазначити, що FPV-камера не підключена до Arduino Uno і не впливає на виконання програмного коду. Вона працює окремо від основної

системи моніторингу та використовується лише для візуального спостереження. Такий підхід дозволяє розширити демонстраційні можливості макета без ускладнення програмної частини.



Рисунок 3.8 – Використання FPV-камери для візуального контролю фізичної моделі

Під час перевірки було підтверджено, що FPV-підсистема може використовуватися для спостереження за роботою фізичної моделі. З її допомогою оператор може візуально контролювати стан дисплея, світлодіодів і загальну роботу макета.

3.9 Аналіз результатів реалізації та тестування

У результаті виконання практичної частини було створено працездатну фізичну модель комп'ютерної системи моніторингу температури приміщення на основі Arduino Uno. Система забезпечує зчитування температури та вологості за допомогою датчика DHT11, зчитування рівня освітленості за допомогою

фоторезистора, відображення отриманих даних на LCD-дисплеї, а також керування індикаторами та виконавчими елементами.

Проведене тестування показало, що програмна логіка працює відповідно до заданих умов. Температурна індикація реагує на перевищення порогу 30 °C, релейний модуль активується при зниженні вологості нижче 40 %, звуковий сигналізатор вмикається при перевищенні вологості понад 70 %, а додатковий світлодіод спрацьовує при недостатньому рівні освітленості.

Перевагою реалізованої системи є її простота, наочність і можливість подальшого розвитку. Використання Arduino Uno та макетної плати дозволило швидко зібрати систему, перевірити роботу окремих елементів і налагодити програмний код. Наявність LCD-дисплея дає змогу користувачу отримувати інформацію без підключення до комп'ютера, а світлова і звукова індикація спрощують спостереження за станом системи.

До обмежень розробленої моделі можна віднести використання датчика DHT11, який має обмежену точність і не призначений для високоточних вимірювань. Крім того, фізична модель виконана на макетній платі, що є зручним для навчального прототипу, але не є оптимальним варіантом для тривалої експлуатації. У подальшому систему можна вдосконалити шляхом використання точнішого датчика, перенесення схеми на друковану плату, покращення корпусу та додавання засобів передавання даних на комп'ютер або сервер.

Таким чином, розроблена система відповідає поставленій меті роботи та демонструє основні принципи побудови комп'ютерної системи моніторингу температури приміщення на основі засобів Arduino.

3.10 Особливості монтажу та конструктивної реалізації фізичної моделі

Під час реалізації фізичної моделі комп'ютерної системи моніторингу температури приміщення важливе значення мало не лише програмне забезпечення, а й правильне розміщення та з'єднання апаратних компонентів. Оскільки система розроблялася як експериментальний макет, основні електронні компоненти були встановлені в корпусі з легкого ізоляційного матеріалу. Такий підхід дозволив зручно розмістити плату Arduino Uno, макетну плату, релейний модуль, датчики, LCD-дисплей, світлодіодну індикацію та додаткову підсистему аналогового FPV-контролю.

Конструкція фізичної моделі має демонстраційний характер. Основною метою було забезпечити наочне відображення роботи системи та можливість швидкого доступу до компонентів під час налагодження. На передній панелі корпусу розміщено LCD-дисплей 1602 та світлодіоди, які використовуються для відображення стану системи. Внутрішня частина корпусу містить основні електронні вузли, зокрема плату Arduino Uno, макетну плату, релейний модуль та з'єднувальні провідники.

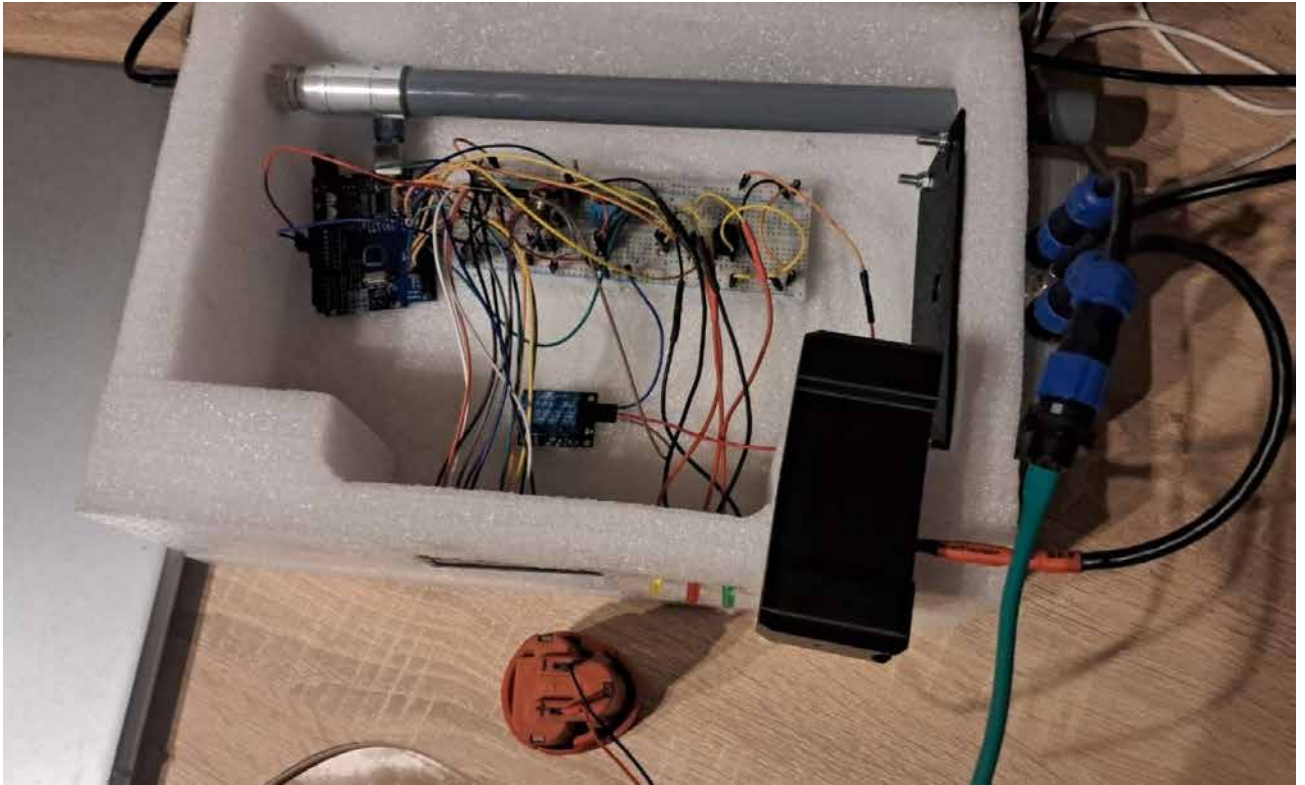


Рисунок 3.9 – Загальний вигляд фізичної моделі системи після монтажу компонентів

Для з'єднання електронних елементів використовувалися як макетні провідники, так і паяні з'єднання. Макетна плата застосовувалася для зручного підключення елементів схеми та можливості швидкого внесення змін під час перевірки працездатності системи. Водночас окремі елементи, зокрема вузли, пов'язані з FPV-підсистемою, потребували надійнішого механічного та електричного з'єднання, тому для них використовувалася пайка.

Для виконання паяльних робіт використовувався паяльник TS101. Його застосування дозволило виконати точкове з'єднання проводів, роз'ємів і контактів, необхідних для підключення окремих частин фізичної моделі. Паяльні роботи виконувалися з урахуванням необхідності забезпечення надійного

контакту та мінімізації ризику випадкового від'єднання провідників під час роботи макета.



Рисунок 3.10 – Паяльник TS101, використаний під час монтажу фізичної моделі

Окрему увагу було приділено підключенню елементів підсистеми аналогового FPV-контролю. Ця підсистема складається з FPV-камери, відеоблока, роз'ємів для підключення живлення, відеосигналу та антени. На відміну від датчика температури, LCD-дисплея або світлодіодів, FPV-підсистема не підключається до Arduino Uno і працює незалежно від основного алгоритму системи. Вона забезпечує лише візуальне спостереження за фізичною моделлю.

У конструкції було використано роз'єми SP13, які застосовувалися для організації зручного та надійного підключення окремих ліній. Такі роз'єми є корисними в макетних і демонстраційних системах, оскільки дозволяють зробити з'єднання більш акуратними та зменшити ризик випадкового обриву проводів. Під час монтажу роз'єми припаювалися вручну, після чого перевірялася механічна міцність і правильність підключення контактів.



Рисунок 3.11 – Роз'єми SP13, використані для підключення елементів фізичної моделі

Також вручну виконувалося підключення SMA-антени до відеоблока FPV-підсистеми. SMA-роз'єм використовується для підключення антени, яка забезпечує передавання аналогового відеосигналу. Оскільки якість контакту в цьому вузлі безпосередньо впливає на стабільність відеозв'язку, пайка

виконувалася особливо уважно. Після монтажу перевірялася надійність з'єднання та правильність розташування антенного роз'єму.



Рисунок 3.12 – SMA-роз'єм та антена підсистеми аналогового FPV-контролю

Відеоблок FPV-підсистеми було розміщено збоку фізичної моделі. На корпусі відеоблока передбачено роз'єми для підключення камери, антени, живлення та відеосигналу. Таке розташування дозволяє відокремити підсистему візуального контролю від основної електронної схеми Arduino та зменшити кількість перехресних з'єднань усередині корпусу.

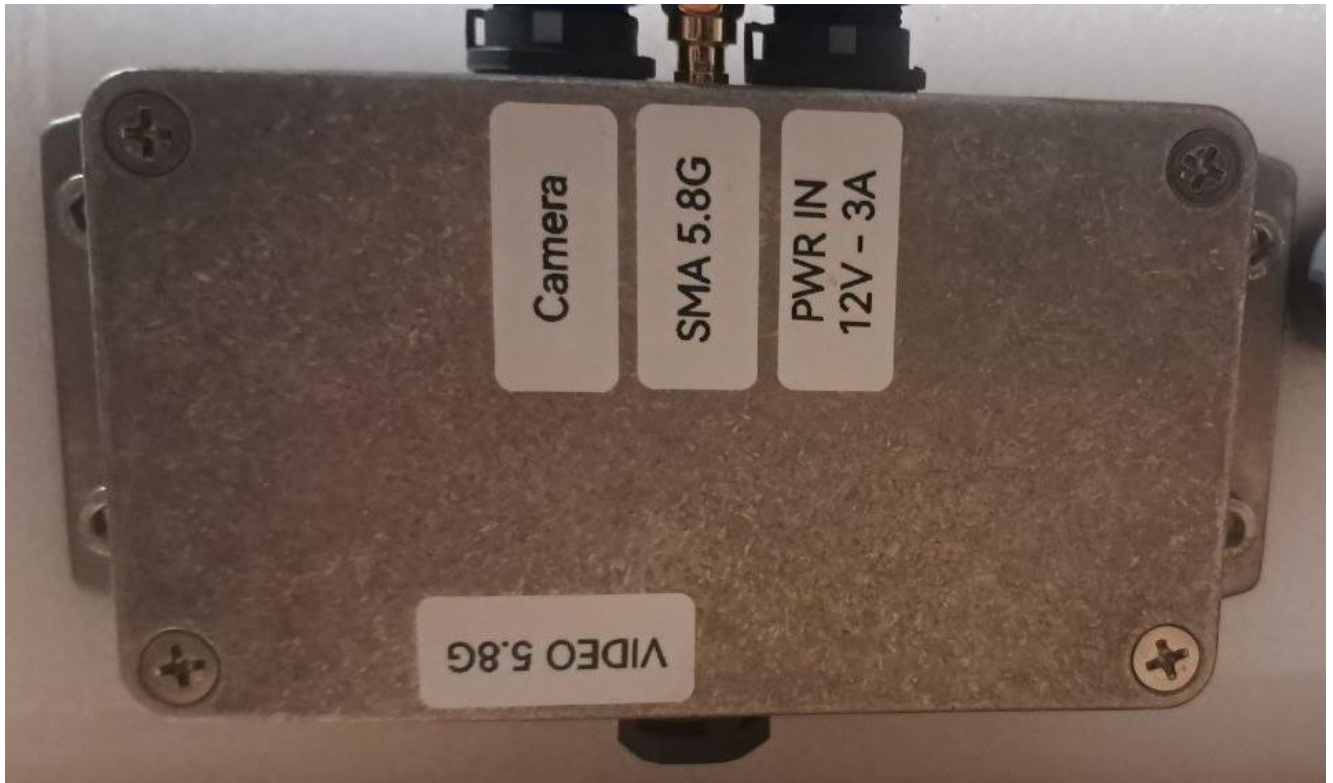


Рисунок 3.13 – Блок аналогового FPV-відеоконтролю, встановлений збоку фізичної моделі

FPV-камера була встановлена в окремий корпус, виготовлений методом 3D-друку. Це дозволило зафіксувати камеру в потрібному положенні та забезпечити її механічний захист. Використання окремого корпусу також спростило розміщення камери відносно фізичної моделі, оскільки її можна було направити на передню панель або внутрішню частину макета залежно від потреби демонстрації.



Рисунок 3.14 – FPV-камера у 3D-друкованому корпусі

Під час монтажу важливо було забезпечити розділення функцій між основною системою моніторингу та підсистемою візуального контролю. Arduino Uno відповідає за роботу з датчиком DHT11, фоторезистором, LCD-дисплеєм, світлодіодами, звуковим сигналізатором і релейним модулем. FPV-камера та відеоблок працюють окремо і не впливають на виконання програмного коду. Таке розділення дозволило уникнути ускладнення алгоритму роботи мікроконтролера та зберегти стабільність основної системи.

Після завершення монтажу було виконано перевірку основних з'єднань. Перевірялося правильне підключення живлення, надійність контактів, коректність підключення LCD-дисплея, світлодіодів, реле, звукового сигналізатора та датчиків. Окремо перевірялася робота FPV-підсистеми, зокрема підключення камери, відеоблока та антени.

Таким чином, конструктивна реалізація фізичної моделі поєднує макетний монтаж основної Arduino-системи та паяні з'єднання для окремих елементів, які потребують більшої механічної надійності. Такий підхід є доцільним для навчального прототипу, оскільки дозволяє одночасно забезпечити гнучкість під час налагодження та достатню надійність окремих вузлів.

ВИСНОВКИ

У бакалаврській кваліфікаційній роботі було розроблено фізичну модель комп'ютерної системи моніторингу температури приміщення на основі засобів Arduino. У межах роботи було реалізовано апаратну та програмну частини системи, що забезпечують зчитування параметрів середовища, локальне відображення даних, світлову й звукову індикацію, а також демонстрацію керування виконавчим пристроєм.

У першому розділі було розглянуто особливості сучасних систем моніторингу параметрів приміщення. Визначено, що контроль температури є одним із важливих напрямів автоматизації, оскільки цей параметр впливає на комфорт людини, умови експлуатації обладнання та загальний стан середовища. Також було обґрунтовано доцільність використання мікроконтролерної платформи Arduino для створення навчального та демонстраційного макета системи моніторингу.

Під час аналізу предметної області було визначено основні вимоги до розроблюваної системи. Система повинна забезпечувати вимірювання температури повітря, додатковий контроль вологості та освітленості, відображення отриманих значень на дисплеї, а також індикацію стану за допомогою світлодіодів і звукового сигналізатора. Окремо було визначено, що релейний модуль у фізичній моделі використовується як приклад виконавчого елемента, який демонструє можливість керування зовнішнім пристроєм.

У другому розділі було виконано проектування комп'ютерної системи моніторингу температури приміщення. Було визначено загальну структуру системи, до складу якої входять плата Arduino Uno, датчик температури та вологості DHT11, LCD-дисплей 1602, фоторезистор LDR, світлодіодна індикація,

звуковий сигналізатор, релейний модуль та додаткова підсистема аналогового FPV-контролю.

Було обґрунтовано вибір апаратних компонентів системи. Плата Arduino Uno була використана як центральний керуючий блок, оскільки вона має достатню кількість входів і виходів, підтримується середовищем Arduino IDE та є зручною для реалізації навчальних прототипів. Датчик DHT11 забезпечує вимірювання температури й вологості, LCD-дисплей використовується для локального відображення інформації, фоторезистор дозволяє оцінювати рівень освітленості, а світлодіоди, buzzer і реле забезпечують реакцію системи на зміну параметрів середовища.

Окрему увагу було приділено підсистемі аналогового FPV-контролю. У роботі визначено, що FPV-камера не є сенсором Arduino та не бере участі в автоматичній обробці даних. Вона працює незалежно від основної схеми та використовується як додатковий канал візуального спостереження за фізичною моделлю. Такий підхід дозволяє оператору контролювати стан макета, роботу індикаторів і виконавчих елементів без ускладнення програмної логіки мікроконтролера.

У третьому розділі було описано реалізацію програмного забезпечення системи. Програма була розроблена мовою C/C++ у середовищі Arduino IDE із використанням бібліотек LiquidCrystal та DHT. Програмна логіка побудована за циклічним принципом: після ініціалізації компонентів система постійно зчитує показники датчиків, перевіряє коректність отриманих даних, виводить інформацію на LCD-дисплей і виконує порогове керування індикаторами та виконавчими елементами.

У програмному коді реалізовано зчитування температури й вологості з датчика DHT11, а також зчитування рівня освітленості з фоторезистора через

аналоговий вхід Arduino. Для запобігання некоректній роботі системи передбачено перевірку помилки зчитування датчика DHT11. Якщо отримані значення є некоректними, на дисплей виводиться повідомлення про помилку, а подальша обробка даних у поточному циклі не виконується.

Було реалізовано локальне відображення даних на LCD-дисплеї. На дисплей виводяться значення температури, вологості, освітленості та стан релейного модуля. Це дозволяє користувачу отримувати основну інформацію про стан середовища без підключення до комп'ютера або використання додаткового програмного забезпечення.

Світлодіодна індикація реалізована за пороговим принципом. Якщо температура перевищує 30 °C, активується червоний світлодіод, який сигналізує про підвищену температуру. Якщо температура не перевищує встановлений поріг, активним залишається зелений світлодіод. Додатковий світлодіод використовується для імітації освітлення при недостатньому рівні світла.

Релейний модуль у розробленій системі активується при зниженні вологості нижче встановленого порогу. У межах фізичної моделі він демонструє можливість керування зовнішнім виконавчим пристроєм. Звуковий сигналізатор активується при перевищенні вологості понад 70 %, що дозволяє привертати увагу користувача до небажаного стану середовища.

Під час тестування було підтверджено працездатність основних функцій системи. Система коректно зчитує показники датчика DHT11 та фоторезистора, відображає дані на LCD-дисплеї, змінює стан світлодіодної індикації залежно від температури, активує релейний модуль при зниженні вологості та вмикає звуковий сигналізатор при її перевищенні. Це підтверджує правильність обраної структури системи та працездатність реалізованого алгоритму.

У процесі виконання роботи було також проаналізовано обмеження створеної фізичної моделі. Основними обмеженнями є невисока точність датчика DHT11, макетний спосіб монтажу, відсутність збереження історії вимірювань, відсутність віддаленого передавання даних та демонстраційний характер корпусу. Водночас ці обмеження є типовими для навчального прототипу і не заважають системі виконувати основні функції, визначені метою роботи.

Було визначено можливі напрями подальшого вдосконалення системи. До них належать заміна датчика DHT11 на точніший сенсор, додавання збереження історії вимірювань, використання Wi-Fi або Bluetooth для передавання даних, створення вебінтерфейсу або мобільного застосунку, перенесення схеми на друковану плату, покращення корпусу та підключення реальних виконавчих пристроїв.

Таким чином, у результаті виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи було створено працездатну фізичну модель комп'ютерної системи моніторингу температури приміщення на основі Arduino. Розроблена система відповідає поставленій меті, демонструє принципи вимірювання параметрів мікроклімату, локального відображення даних, індикації стану та керування виконавчими елементами. Отриманий результат може бути використаний як навчальний прототип і основа для подальшого розвитку більш функціональної системи моніторингу приміщення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Arduino UNO R3 [Електронний ресурс] // Arduino Documentation. – Режим доступу до ресурсу: <https://docs.arduino.cc/hardware/uno-rev3>.
2. Arduino UNO Rev3 [Електронний ресурс] // Arduino Store. – Режим доступу до ресурсу: <https://store.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3>.
3. Getting Started with Arduino UNO R3 [Електронний ресурс] // Arduino Documentation. – Режим доступу до ресурсу: <https://docs.arduino.cc/tutorials/uno-rev3/getting-started/>.
4. Arduino IDE 2 [Електронний ресурс] // Arduino Documentation. – Режим доступу до ресурсу: <https://docs.arduino.cc/software/ide-v2>.
5. Arduino Language Reference [Електронний ресурс] // Arduino Documentation. – Режим доступу до ресурсу: <https://docs.arduino.cc/language-reference/>.
6. pinMode() [Електронний ресурс] // Arduino Documentation. – Режим доступу до ресурсу: <https://docs.arduino.cc/language-reference/en/functions/digital-io/pinMode/>.
7. digitalWrite() [Електронний ресурс] // Arduino Documentation. – Режим доступу до ресурсу: <https://docs.arduino.cc/language-reference/en/functions/digital-io/digitalWrite/>.

8. analogRead() [Электронный ресурс] // Arduino Documentation. – Режим доступа до ресурсу: <https://docs.arduino.cc/language-reference/en/functions/analog-io/analogRead/>.
9. delay() [Электронный ресурс] // Arduino Documentation. – Режим доступа до ресурсу: <https://docs.arduino.cc/language-reference/en/functions/time/delay/>.
10. LiquidCrystal Library [Электронный ресурс] // Arduino Documentation. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.arduino.cc/en/Reference/LiquidCrystal>.
11. LiquidCrystal Library for Arduino [Электронный ресурс] // GitHub. – Режим доступа до ресурсу: <https://github.com/arduino-libraries/LiquidCrystal>.
12. Liquid Crystal Displays with Arduino [Электронный ресурс] // Arduino Documentation. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/HelloWorld>.
13. ATmega328P 8-bit AVR Microcontroller with 32K Bytes In-System Programmable Flash [Электронный ресурс] // Microchip Technology. – Режим доступа до ресурсу: https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P_Datasheet.pdf.
14. DHT Sensor Library [Электронный ресурс] // GitHub. – Режим доступа до ресурсу: <https://github.com/adafruit/DHT-sensor-library>.

15. Using DHT11, DHT22 and AM2302 Sensors [Электронный ресурс] // Adafruit Learning System. – Режим доступа до ресурсу: <https://learn.adafruit.com/dht>.

16. DHT11 Humidity & Temperature Sensor [Электронный ресурс] // Technical Data Sheet. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.mouser.com/datasheet/2/758/DHT11-Technical-Data-Sheet-Translated-Version-1143054.pdf>.

17. Digital Relative Humidity & Temperature Sensor DHT11 [Электронный ресурс] // Aosong Electronics. – Режим доступа до ресурсу: https://www.electronicoscaldas.com/datasheet/DHT11_Aosong.pdf.

18. HD44780U LCD-II Dot Matrix Liquid Crystal Display Controller/Driver [Электронный ресурс] // Hitachi. – Режим доступа до ресурсу: <https://cdn.sparkfun.com/assets/9/5/f/7/b/HD44780.pdf>.

19. GL5528 Photoresistor Datasheet [Электронный ресурс] // SparkFun Electronics. – Режим доступа до ресурсу: <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/LightImaging/SEN-09088.pdf>.

20. GL55 Series Photo Resistor LDR [Электронный ресурс] // HandsOn Technology. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.handsontec.com/dataspecs/sensor/GL55-LDR.pdf>.

21. SONGLE Relay SRD Series Datasheet [Електронний ресурс] // Songle Relay. –

Режим доступу до ресурсу:

https://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/songle_srd-datasheet.pdf.

22. SRD-05VDC-SL-C Relay [Електронний ресурс] // Ningbo Songle Relay. –

Режим доступу до ресурсу: [https://www.alldatasheet.com/datasheet-](https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1132639/SONGLERELAY/SRD-05VDC-SL-C.html)

[pdf/pdf/1132639/SONGLERELAY/SRD-05VDC-SL-C.html](https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1132639/SONGLERELAY/SRD-05VDC-SL-C.html).

23. Active Buzzer Module – Low Level Trigger [Електронний ресурс] //

Components101. – Режим доступу до ресурсу:

<https://components101.com/modules/buzzer-module>.

ДОДАТОК А

ЛІСТИНГ ПРОГРАМНОГО КОДУ СИСТЕМИ

```

#include <LiquidCrystal.h>

#include <DHT.h>

// Налаштування дисплея LCD 1602 (RS, E, D4, D5, D6, D7)
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);

// Визначення пінів компонентів системи

#define DHTPIN 7

#define DHTTYPE DHT11

#define RED_LED 8           // Індикація підвищеної температури
#define GREEN_LED 9         // Індикація нормальної температури
#define WHITE_LED 6         // Додатковий світлодіод освітлення
#define BUZZER 10           // Звуковий сигналізатор
#define RELAY_ACTUATOR 13   // Керування виконавчим пристроєм через
реле

#define LDR_PIN A0          // Фоторезистор для визначення рівня
освітленості

// Створення об'єкта для роботи з датчиком DHT11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

void setup() {

```

```

// Налаштування пінів на вихід
pinMode(RED_LED, OUTPUT);
pinMode(GREEN_LED, OUTPUT);
pinMode(WHITE_LED, OUTPUT);
pinMode(BUZZER, OUTPUT);
pinMode(RELAY_ACTUATOR, OUTPUT);

// Початковий стан виконавчого пристрою – вимкнено
digitalWrite(RELAY_ACTUATOR, LOW);

// Ініціалізація LCD-дисплея та датчика DHT11
lcd.begin(16, 2);
dht.begin();

// Стартове повідомлення
lcd.print("Monitor System");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Initializing...");
delay(1500);
lcd.clear();
}

void loop() {
    // Зчитування показників датчика DHT11
    float h = dht.readHumidity();
    float t = dht.readTemperature();

```

```
// Зчитування рівня освітленості з фоторезистора
int light = analogRead(LDR_PIN);

// Перевірка на помилку зчитування датчика DHT11
if (isnan(h) || isnan(t)) {
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Sensor Error! ");
    return;
}

// Відображення температури на першому рядку LCD
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("T:");
lcd.print(t, 1);
lcd.print("C ");

// Відображення вологості на першому рядку LCD
lcd.setCursor(9, 0);
lcd.print("H:");
lcd.print(h, 0);
lcd.print("% ");

// Відображення рівня освітленості на другому рядку LCD
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("L:");
```

```
lcd.print(light);

// Корекція відступу для різної кількості цифр
if (light < 1000) lcd.print(" ");
if (light < 100) lcd.print(" ");

// Керування релейним модулем за рівнем вологості
lcd.setCursor(8, 1);
if (h < 40.0) {
    digitalWrite(RELAY_ACTUATOR, HIGH);
    lcd.print("RLY:ON ");
} else {
    digitalWrite(RELAY_ACTUATOR, LOW);
    lcd.print("RLY:OFF");
}

// Керування додатковим освітленням за рівнем освітленості
if (light < 550) {
    digitalWrite(WHITE_LED, HIGH);
} else {
    digitalWrite(WHITE_LED, LOW);
}

// Температурна індикація
if (t > 30.0) {
    digitalWrite(RED_LED, HIGH);
```

```
    digitalWrite(GREEN_LED, LOW);  
} else {  
    digitalWrite(RED_LED, LOW);  
    digitalWrite(GREEN_LED, HIGH);  
}  
  
// Звукова індикація при підвищеній вологості  
if (h > 70.0) {  
    digitalWrite(BUZZER, HIGH);  
} else {  
    digitalWrite(BUZZER, LOW);  
}  
  
// Затримка циклу для стабільності оновлення даних  
delay(1000);  
}
```