

Хмельницький національний університет  
Факультет інформаційних технологій  
Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій та  
робототехніки

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр

Освітній рівень

Система контролю мікрокліматом у теплиці

Назва теми

КВРАКІТ.2022212.01.08 ПЗ

Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»

Шифр, назва

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Шифр, назва

Освітня програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Назва

Виконав:

студент IV курсу, група АКІТ-21-1



Підпис

Вадим КИРИЛЮК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник



Підпис, дата

Людмила КОРЕЦЬКА

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер



Підпис, дата

Людмила КОРЕЦЬКА

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:

зав. кафедри автоматизації  
та комп'ютерно-інтегрованих  
технологій та робототехніки



Підпис, дата

Валерій МАРТИНЮК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

« 17 » червня 2025 р.

Хмельницький 2025

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

## ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій

Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань 15 – Автоматизація та приладобудування

Спеціальність 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АКІТтаР

Валерій МАРТИНЮК

07 лютого 2025р.

### ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Кирилюку Вадиму Васильовичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема роботи Система контролю мікрокліматом у теплиці

Керівник роботи канд.техн.наук., доцент Людмила КОРЕЦЬКА

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання

Затверджено наказом ректора університету від 07.02.2025 р. №23

2 Строк подання студентом роботи на кафедру 02.06.2025р.

3 Вихідні дані до роботи Завдання на кваліфікаційну роботу


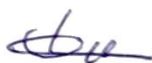


4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. Огляд методів розв'язання поставленої задачі. Розробка схемотехнічних рішень. Розробка алгоритму роботи програмного забезпечення. Висновки

5 Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

презентаційні матеріали (слайди)

6 Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Антиплагіат	Федула М.В., доцент кафедри АКІТтаР		
Нормоконтроль	Корецька Л.О., доцент кафедри АКІТтаР		

7 Дата видачі завдання 07 лютого 2025р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва розділу кваліфікаційної роботи	Строк виконання	Примітка
1 Вибір та затвердження теми кваліфікаційної роботи; розробка завдання на кваліфікаційну роботу; складання календарного графіка виконання кваліфікаційної роботи	01.03.2025	Виконано
2 Вивчення предметної області, в якій планується використання системи автоматизації; аналіз вимог до системи автоматизації	15.03.2025	Виконано
3 Проектування та розробка загальної архітектури і структури системи автоматизації, інтерфейсу користувача; вибір засобів реалізації системи автоматизації	29.03.2025	Виконано
4 Програмна реалізація та тестування системи автоматизації	12.04.2025	Виконано
5 Написання тексту пояснювальної записки та розробка графічних матеріалів	19.04.2025	Виконано
6 Остаточне коригування кваліфікаційної роботи з урахуванням зауважень керівника; оформлення кваліфікаційної роботи як документа відповідно до вимог	11.04.2025	Виконано
7 Отримання супровідних документів (відгуку керівника, рецензії, довідки про перевірку на плагіат); нормоконтроль	30.05.2025	Виконано
8 Підготовка до захисту та захист кваліфікаційної роботи	03.06.2025	Виконано

Студент

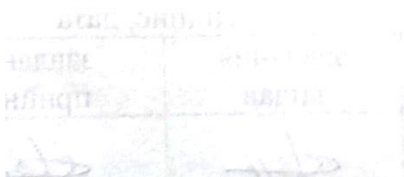
  
Підпис

Вадим КИРИЛЮК  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник кваліфікаційної роботи

  
Підпис

Людмила КОРЕЦЬКА  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ



## АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Система контролю мікрокліматом у теплиці».

Автор роботи: Вадим КИРИЛЮК

Керівник роботи: Людмила КОРЕЦЬКА

Пояснювальна записка: 61 с., 21 рис., 3 табл., 40 джерел.

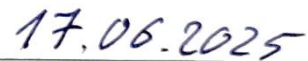
Графічна частина: 8 презентаційних слайдів.

СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ, ТЕПЛИЦЯ, МІКРОКОНТРОЛЕРНА СИСТЕМА, БЛОК-СХЕМА АЛГОРИТМУ.

Метою роботи є розробка та експериментальна перевірка комплексного рішення для автоматизованої теплиці, яке поєднує апаратну частину (сенсори, виконавчі модулі, структурна та електрична схема) з програмною (алгоритми зчитування даних, рішення на основі ПД-регулятора, взаємодія з користувачем через ЖК-дисплей). Було проаналізовано предмет і отримано діючу модель автоматизованої теплиці, здатної забезпечити мікроклімат. На відміну від інших моделей, ця система використовує нагрівач, керований ПД-регулятором для підтримки заданої температури. Також була розроблена електрична схема, яка включала всі необхідні елементи для підтримки мікроклімату. Для вдосконалення моделі була розроблена друкована плата, яка містила всі необхідні елементи, такі як датчики тепла, вологості повітря, вологості ґрунту, датчики світла та пристрої, що виконують такі функції, як насоси, нагрівальні пластини та штучне освітлення. Розроблено і написано керуючу програму на C++ для керування мікроконтролером Arduino. В роботі вирішені усі завдання і досягнуто поставлені цілі.



Підпис студента



Дата

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	3
1 СТАН ПИТАННЯ.....	5
1.1 Формулювання актуальності, цілі і завдань проекту .....	5
1.2 Комплекс контролю мікроклімату.....	18
1.3 Висновки до першого розділу.....	21
2 АПАРАТНА ЧАСТИНА.....	23
2.1 Розробка структурної схеми .....	23
2.2 Вибір мікроконтролера.....	27
2.3 Вибір пристроїв для контролю мікроклімату всередині теплиці .....	31
2.4 Пристрої виведення інформації.....	38
2.5 Обрання пристрою управління із ПІД регулятором.....	40
2.6 Висновки до другого розділу .....	42
3 ПРОГРАМНА ЧАСТИНА .....	44
3.1 Розробка алгоритму роботи.....	44
3.2 Розробка керуючої програми.....	51
3.3 Висновки до третього розділу.....	54
ВИСНОВКИ.....	56
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	58
Додаток А Програмний код .....	62

					КвРАКІТ.2022212.01.08 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Система контролю мікрокліматом у теплиці  Пояснювальна записка	Літ.	Лист	Листів
Розроб.		Кирилюк В.В.	<i>В.В. Кирилюк</i>	17.06.25				
Перевір.		Корецька Л.О.	<i>Л.О. Корецька</i>	17.06.25			2	
Н. Контр.		Корецька Л.О.	<i>Л.О. Корецька</i>	17.06.25				
Затв.		Мартинюк В.В.	<i>В.В. Мартинюк</i>	17.06.25				ХНУ, АКІТ-21-1

## ВСТУП

В сучасних умовах стрімкого розвитку технологій та постійного зростання потреби в якісному і ефективному вирощуванні рослинні культур усе більшої популярності набувають системи автоматичного контролю мікроклімату в теплицях. Ручне регулювання параметрів повітряного середовища (температура, вологість, освітленість, рівень вуглекислого газу тощо) часто виявляється трудомістким, дорогим та чутливим до людського фактору. Водночас сучасні досягнення в області мікроконтролерів, сенсорної техніки і методів керування дозволяють створити недорогі й доступні рішення, здатні забезпечувати оптимальні умови для росту рослин у будь-яких погодних умовах та за різного ступеня інсоляції.

Об'єктом дослідження цієї роботи є система автоматичного керування мікрокліматом у теплиці на базі мікроконтролера Arduino з використанням ПІД-регулятора для підтримки температури повітря в заданих межах. Завдяки застосуванню пропорційно-інтегрально-диференціальної системи керування досягається висока точність підтримки температурного режиму без надмірних коливань та енергетичних витрат. Окрім нагрівання, до складу системи входять модулі вимірювання вологості ґрунту, вологості й температури повітря, освітленості, а також виконавчі пристрої – реле для управління нагрівачем, насосом поливу, додатковим освітленням і вентиляторами.

Метою роботи є розробка та експериментальна перевірка комплексного рішення для автоматизованої теплиці, яке поєднує апаратну частину (сенсори, виконавчі модулі, структурна та електрична схема) з програмною (алгоритми зчитування даних, рішення на основі ПІД-регулятора, взаємодія з користувачем через ЖК-дисплей). Основними завданнями дослідження є:

– провести аналіз існуючих методів і пристроїв автоматизації тепличних мікрокліматичних систем.

					КвРАКІТ. 202212.01.08 ПЗ	3
		№ докум.	Підпис			

– обрати та обґрунтувати набір датчиків і виконавчих пристроїв для контролю температури, вологості повітря й ґрунту, освітленості та провітрювання.

– розробити структурну та принципову електричну схему системи, забезпечивши коректне підключення всіх компонентів.

– розробити алгоритми керування на базі ПІД-регулятора для підтримки температури й відповідної логіки вмикання інших пристроїв.

– реалізувати програмну частину в середовищі Arduino IDE, забезпечивши інтерфейс налаштувань і виведення даних на LCD-екран.

– провести стендові випробування та оцінити стабільність роботи системи за різних початкових умов.

Практичне значення роботи полягає в тому, що запропонована модель дозволяє значною мірою звільнити користувача від рутинних операцій з регулювання мікроклімату, скоротити енергоспоживання та підвищити надійність умов вирощування культур.

					КВРАКІТ. 2022212.01.08 ПЗ	
		№ докум.	Підпис			4

# 1 СТАН ПИТАННЯ

## 1.1 Формулювання актуальності, цілі і завдань проекту

По-перше, «розумна теплиця – це повністю автоматизована конструкція, призначена для полегшення процесу вирощування сільськогосподарських культур і мінімізації використання ручної праці» [1]. Вчені в області автоматизованих теплиць з кожним роком домагаються великих успіхів, винаходячи нові способи вирощування овочів і трав в несприятливих умовах, але всі розробки носять комерційний характер. Але для простих людей дешевих варіантів мало. У комплекс входять моделі теплиць і програмне забезпечення.

Тому актуальність даної роботи полягає в розробці дешевих, але відповідних однаковим вимогам технологій агротехніки з використанням апаратно-програмних комплексів для автоматизації теплиць.

Клімат-контроль включає наступні компоненти: опалення, вентиляція та кондиціонування повітря (HVAC) – технологія, яка підтримує в заданих межах параметри повітря: температуру, вологість і хімічний склад у салоні або салоні автомобіля чи іншого легкового транспортного засобу (клімат-контроль).

Приклад терморегулятора наведено на рисунку 1.1

Іноді до аббревіатури охолодження додають «HVAC&R» або «HVACR», або в аббревіатурі пропускають вентиляцію – «HACR» (акронім для опалення, кондиціонування повітря та охолодження).

Розробка систем вентиляції та кондиціонування повітря є галуззю машинобудування, що базується на принципах термодинаміки, механіки рідини та теплообміну.

					КвРАКІТ. 202212.01.08 ПЗ	5
		№ докум.	Підпис			



Рисунок 1.1 – Приклад терморегулятора

### Цілі та завдання

Системи опалення, вентиляції, вентиляції та кондиціонування є важливим компонентом проектування промислових і адміністративних будівель і басейнів, подають зовнішнє повітря для підтримки безпечних і комфортних умов з точки зору температури і вологості. Це неодмінний атрибут сучасного розумного будинку.

Фактори, що впливають на мікроклімат:

- температура повітря;
- відносна вологість;
- плинність повітря (швидкість руху);
- концентрація шкідливих речовин у повітрі.

Це також включає такі параметри, як рівень шуму або звуковий тиск.

Кожен параметр має два діапазони значень - допустимі параметри і оптимальні параметри. Значення за межами обох діапазонів неприйнятні.

Всі значення параметрів мікроклімату суворо стандартизовані. Основним нормативним документом є Державні будівельні норми України (ДБН) [1-3].

Параметри мікроклімату постійно змінюються, а саме. У приміщеннях постійно виділяються деякі шкідливі речовини.

					КвРАКІТ. 202212.01.08 ПЗ	6
		№ докум.	Підпис			

В основному включають

- тепло – впливає на зміну температури повітря та відносної вологості;
- вологість – впливає на зміну температури повітря та відносної вологості;
- вуглекислий газ – CO<sub>2</sub> – необхідно видалити, оскільки він шкідливий для здоров'я;
- інші (як правило, технічні) небезпеки – можуть бути шкідливими для здоров'я.

Всі ці небезпеки слід враховувати при розрахунку систем вентиляції та кондиціонування. Але найголовніше – це тепло.

Джерела тепла в приміщенні поділяються на зовнішні та внутрішні.

Зовнішні фактори включають:

- надходження тепла від сонячного випромінювання;
- надходження тепла через інфільтраційне повітря.

Зовнішні джерела тепла є найважливішими з точки зору переваг.

Внутрішні джерела включають

- тепло, що виділяється людьми в кімнаті (кожен виділяє тепло під час повсякденної діяльності; чим більше у нього діяльності, тим більше тепла він виділяє);
- тепло, що виділяється освітленням (будь-який освітлювальний прилад, навіть люмінесцентні лампи, під час роботи виділяє тепло);
- тепло, що виділяється обладнанням у приміщенні, включаючи технічне обладнання.

Для правильного забезпечення параметрів мікроклімату тепло від цих джерел необхідно повністю відводити з приміщення.

У процесі життєдіяльності людина виділяє не тільки тепло, а й воду та вуглекислий газ. У переважній більшості випадків виділення цих речовин є незначним порівняно з виділенням тепла, і для його видалення достатньо

					КвРАКІТ. 202212.01.08 ПЗ	7
		№ докум.	Підпис			

вентиляції та природної вентиляції, тоді як системи кондиціонування призначені для розсіювання тепла.

Однак у деяких випадках може спостерігатися велика кількість вологи в приміщенні (наприклад, кухні, в тому числі домашні, басейни тощо). У цьому випадку необхідно розрахувати охолоджуючу та осушувальну здатність системи вентиляції та кондиціонування та, як головний принцип, вибрати варіант із найбільшим необхідним об'ємом повітря. Що запропонувати

Те ж саме стосується випадків, коли в приміщення надходить будь-яка технологічна небезпека (наприклад, токсичні гази, вибухові речовини тощо).

Норма подачі свіжого повітря для дихання становить 60 кубометрів на людину на годину. Виняток становлять місця короткочасного перебування людей (до 3 годин) (кінотеатри, театри). Обсяг свіжого повітря для таких закладів становить 20 м<sup>3</sup>/год на людину.

Основними завданнями HVAC є:

– створення та підтримання комфортного мікроклімату для людей, рослин, тварин, матеріальних об'єктів (обладнання, творів мистецтва тощо) у будівлі чи споруді;

– економія енергії, що витрачається на створення та підтримку мікроклімату;

– це може бути житлове приміщення, салон автомобіля, іншого легкового транспортного засобу, будівля або кімната.

– термічна обробка повітря включає охолодження і нагрівання повітря. регулювання вологості включає осушення і зволоження;

– охолодження повітря – це видалення надлишкового тепла з повітря. Найпростіший спосіб підтримувати параметри мікроклімату - це організувати вентиляцію приміщення.

Система вентиляції поділяється на припливну і витяжну.

					КвРАКІТ. 2022212.01.08 ПЗ	8
		№ докум.	Підпис			

Системи припливної вентиляції використовуються для подачі свіжого, попередньо кондиціонованого повітря в приміщення, які вони обслуговують. Тому функція витяжної вентиляційної системи полягає у видаленні відпрацьованих газів з приміщення. При цьому немає абсолютно ніякої необхідності в об'єднанні цих систем. Часто буває, що механічні системи подачі встановлюються без механічного демонтажу.

Система припливної вентиляції складається з припливної камери для попередньої обробки повітря, каналів для транспортування повітря до місця призначення та арматури в місці, де повітря випускається в приміщення. Витяжна система включає канали, арматуру та витяжні вентилятори.

Мінімальне обладнання для повітрязабірної камери

- повітрязабірна решітка;
- каркас захисту від замерзання;
- скринінг;
- вентилятор подачі повітря.

Додаткові, але необов'язкові елементи можуть включати:

- секція опалення;
- секція охолодження;
- секція осушення;
- глушник.

Пристрій може бути встановлений під стелею кімнати, за підвісною стелею або в окремій кімнаті - все залежить від розміру, який в свою чергу залежить від продуктивності.

Витяжні вентилятори можуть бути традиційними, що встановлюються на горищі або технічному поверсі, або «даховими» варіантами (встановлюються безпосередньо на плоский дах, з горизонтальним або вертикальним випуском).

Згідно з визначенням ДБН: Кондиціонування – автоматичне підтримання всіх або окремих параметрів повітря (температури, відносної вологості, чистоти, швидкості руху) у закритому приміщенні. Основними завданнями є забезпечення найкращих метеорологічних умов, найкращих умов для добробуту населення, здійснення технологічних процесів та забезпечення збереження культурних цінностей.

Таким чином, кондиціонування повітря є наступним етапом в організації мікрокліматичних заходів, мета яких полягає не в досягненні допустимих параметрів, а в оптимальних.

Кондиціонер - це пристрій, який регулює і автоматично підтримує параметри мікроклімату в закритому приміщенні.

Існують такі типи кондиціонерів:

– Віконні кондиціонери – Повністю обладнані кондиціонери, включаючи фільтр, холодильник, вентилятор і додатковий електричний нагрівач. При цьому вони пропускають до 15% зовнішнього повітря. Вони найдешевші, але «вибиваються з вікна», що дуже псує зовнішній вигляд будівлі та віконної конструкції, а крім того, вони найбільш шумні;

– мобільні цілісні жалюзі – мають таку ж конструкцію, як і ролети, з тією лише різницею, що вони не «випирають у вікно», а мають канал довжиною до 5 метрів, який можна з'єднати з отвором у стіні або поставити у відкрите вікно;

– спліт-система – ці кондиціонери мають два блоки – внутрішній і зовнішній. Зовнішній блок містить компресор і конденсатор холодильника (тому більшість шуму залишається назовні), а внутрішній блок містить усе інше. Спліт-системи (за винятком каналних і касетних систем) працюють повністю на рециркуляції. У каналних і касетних спліт-кондиціонерах можна змішувати максимум 15% зовнішнього повітря;

– каналне кондиціонування – як окрема категорія від спліт-систем. Їх можна не тільки змішувати з зовнішнім повітрям, але й оснащувати

обігрівачами (електричними та водяними) – таким чином вирішується проблема опалення взимку. Однак каналний кондиціонер розподіляє централізовано підготовлене повітря через мережу повітроводів. Це позбавляє від необхідності індивідуального регулювання параметрів мікроклімату в різних приміщеннях;

– центральне кондиціонування – кондиціонер, що використовується для централізації обробки повітря та розподілу повітря до всіх місць обслуговування через мережу повітроводів. Можливість роботи на рециркуляції та зовнішньому повітрі (100%). Крім того, вони мають функції рекуперації тепла та шумопоглинання. Холодильник поставляється окремо і не входить в комплект центрального кондиціонування. Встановлюються в спеціальних приміщеннях – вентиляційних;

– дахові кондиціонери – різновид центральних кондиціонерів. Він відрізняється тим, що поставляється з чиллером і не вимагає окремого приміщення для установки. В основному встановлюється на даху будівлі (звідси і назва). Примітною особливістю є те, що тиск вентилятора досить низький;

– прецизійний кондиціонер – кондиціонер з точним керуванням. Розроблений для точної підтримки значень температури та вологості, він висуває підвищені вимоги до надійності обладнання. Інтегральний або з виносним конденсатором.

Основними характеристиками кондиціонерів є холодопродуктивність (кВт) і об'єм повітря (м<sup>3</sup>/год). Крім того, для кондиціонерів, що встановлюються безпосередньо в приміщенні (крім прецизійних), важливий рівень звукового тиску (дБ). Для центральних кондиціонерів, каналних кондиціонерів і дахових кондиціонерів важливе значення зовнішнього статичного тиску (Па). Виходячи з цих особливостей, вибирається конкретна модель кондиціонера. Ці особливості також впливають на ціну кондиціонера.

Система кондиціонування. Переваги та недоліки різних систем кондиціонування. Основні виробники деталей кондиціонерів

Система кондиціонування поділяється на

- місцева;
- центральна.

Як «прикордонну» категорію можна виділити регіональні модульні системи (наприклад, Trane AquaStream, Daikin Hi-VRV, Mitsubishi KX та ін.).

Локальна система включає:

- віконні кондиționери;
- мобільний інтегральний тип;
- спліт-система;
- система ковзання каналів;
- прецизійний кондиціонер.

Ці системи називаються локальними, тому що і виробництво холодного повітря, і обробка повітря відбуваються в одному місці – в сервісній кімнаті. Крім того, вони однозонні, тобто. Параметри підтримуються лише в межах однієї «сервісної зони» (хоча зона може складатися з кількох сусідніх кімнат).

Канальні спліт-системи можна назвати псевдоцентральними (повітря обробляється централізовано, а потім розподіляється по кімнатах). Іноді їх називають мікроцентрами.

Перевагами локальних систем є мінімальні капіталовкладення (для невеликих об'єктів); простота монтажу; потужна панель управління. Недоліки: велику кількість зовнішніх блоків було нікуди встановлювати, що псувало зовнішній вигляд фасаду будівлі; довжина фреонової лінії дуже мала - мало свободи в установці; відсутність зовнішнього повітропостачання; експлуатаційні витрати для середніх і великих об'єктів є значними (вартість придбання потужності охолодження значно вища за вартість центрального чилера); і капітальні витрати часто навіть вищі, ніж для центральних систем;

					КвРАКІТ. 202212.01.08 ПЗ	
		№ докум.	Підпис			12



Також варто згадати систему Trane AquaStream. Це зонна модульна система, але замість фреону вона побудована на звичайній холодній воді. Це усуває проблеми з навколишнім середовищем і трохи збільшує довжину ліній холодоагенту.

Центральна система включає:

- системи центрального кондиціонування;
- система чиллер-фанкойл.

Центральні системи називаються так тому, що виробництво холодного повітря та підготовка повітря здійснюються централізовано, а потім холодне або оброблене повітря подається до всіх дозволених зон і приміщень.

Також варто згадати систему кондиціонування повітря на даху. Дахові кондиціонери не вимагають окремого приміщення для установки і відразу комплектуються холодною установкою. Але тиск вентилятора у них досить слабкий – тобто вони не здатні обслуговувати великі мережі відділень. В іншому випадку те саме, що й на основі центрального кондиціонування.

Система чиллер-фанкойл також відноситься до центральної системи. Холод генерується центральним охолоджувачем, а потім доставляється споживачам через мережу труб із використанням охолодженої води. У кожному службовому приміщенні встановлений фанкойл - фанкойл, який обробляє повітря до необхідних параметрів.

Фанкойл - це теплообмінник, який зібраний з вентилятором в корпусі і має функцію автоматичного регулювання. При цьому він може працювати як на рециркуляційному повітрі, так і на свіжому повітрі (до 100%) - для цього потрібна припливна система вентиляції або отвір у стіні.

Крім того, фанкойли можуть оснащуватися як холодною, так і гарячою водою, забезпечуючи таким чином нагрів повітря. Він також може мати додатковий електронагрівач (якщо немає гарячої води). За типом установки бувають настінними, підлоговими, підстельовими, прихованими, коробчатими

					КвРАКІТ. 202212.01.08 ПЗ	14
		№ докум.	Підпис			

і каналними. Може бути оснащений осьовими вентиляторами та відцентровими вентиляторами.

Переваги:

– системи кондиціонування можна поєднувати з припливною вентиляцією – вирішуються всі питання мікроклімату (включаючи підігрів повітря);

– параметри для кожного приміщення можна налаштувати індивідуально;

– для середніх і великих об'єктів – капітальні та експлуатаційні витрати досить низькі;

– легко встановлюється;

– система легко переналаштовується і розбирається;

– система екологічно чиста – фреон присутній лише в чиллерах, які знаходяться поза приміщеннями, де працюють люди.

Недоліки:

– потрібна додаткова мережа холодної води;

– значно високі капітальні витрати.

Основними виробниками комплектуючих систем кондиціонування є

– верхній ціновий діапазон – ABB, Carrier Daikin, PM-Luft, Trane, York;

– середній та економічний ціновий діапазон – Airedale, Airwell, CIAT, Climaveneta, Clivet, Fujitsu General, McQuay, Mitsubishi, Toshiba тощо.

– прецизійний кондиціонер – Airedale, ALKO-Tech, Carrier, Isovel, Trane.

Особливості вентиляції та кондиціонування деяких приміщень

У квартирах зазвичай є природна вентиляція. Якщо встановлюється система кондиціонування, то це спліт-система (в кращому випадку канална з подачею зовнішнього повітря та підігрівом).

В офісах рекомендована подача зовнішнього повітря 60 м<sup>3</sup>/год (частота дихання) на людину. У цьому випадку найбільш розумним підходом є

					КвРАКІТ. 202212.01.08 ПЗ	15
		№ докум.	Підпис			

організація підведення безпосередньо до службових приміщень і виведення через переливні решітки в коридорі. Це дозволить уникнути можливих проблем з перенесенням повітря, що містить шкідливі речовини, із суміжних приміщень і коридорів. Крім того, туалети мають бути обладнані автономними витяжними системами, а коридори – системами подачі повітря. Кондиціонування повітря може здійснюватися будь-якими способами - від віконних блоків до центральних систем - все залежить від економічних розрахунків кожного конкретного об'єкта.

У готелях найбільше рекомендується система чиллер-фанкойл. Для оптимальної гнучкості системи її можна комбінувати з припливною вентиляцією, а за наявності додаткової автоматизації її можна регулювати з центральної панелі керування. При проектуванні вентиляції готелю слід враховувати стандарти нормального дихального повітря. При цьому для офісів подача повинна йти безпосередньо в службове приміщення, а винос краще робити з коридору.

У підприємствах громадського харчування з кухнею (гарячим цехом) згідно з нормативом 60% об'єму повітря, розрахованого на кухню, має подаватися безпосередньо в саму кухню, а 40% - у торговий зал (де приймають їжу). Знос – 100% вивіз з кухні. У цьому випадку об'єм повітря розраховується на відведення тепла і відведення вологи з урахуванням місцевих витяжних вентиляторів над обладнанням. У торговельний зал необхідна додаткова подача свіжого повітря не менше 60 м<sup>3</sup>/год на людину (норма дихання), стільки ж видаляється із самого торгового залу. Надлишок тепла в торговому залі можна відводити за допомогою систем кондиціонування, в тому числі спліт-систем. Не допускається суміщення систем вентиляції холу та кухні (тому має бути 4 системи вентиляції - 2 припливні (для холу та кухні) та 2 системи витяжки (для холу та кухні)). Крім того, в їдальнях та інших закладах харчування також заборонено влаштовувати циркуляцію повітря.

					КвРАКІТ. 2022212.01.08 ПЗ	
		№ докум.	Підпис			16

У басейнах рекомендується забезпечувати дихання тільки свіжим повітрям і використовувати автономний осушувач повітря для видалення зайвої вологи. Тим не менш, проблему осушення можна вирішити шляхом подачі повітря. Крім того, настійно рекомендується осушувати повітря за допомогою центральної вентиляційної установки, яка працює на основі рециркуляції (100%), а потім повертає конденсат безпосередньо в басейн.

На підприємствах, де виділяються технологічні небезпеки (пил, газы, токсичні речовини, вибухові речовини тощо), вентиляційна система повинна бути сконструйована таким чином, щоб забезпечувати гранично допустиму межу впливу небезпеки, що виділяється. Також у разі ймовірного викиду отруйних або вибухонебезпечних речовин для цього місця необхідно передбачити окрему припливно-витяжну систему вентиляції, а також систему аварійної вентиляції на випадок виходу з ладу основної системи. Крім того, до дверей таких приміщень відносяться тамбурні двері з 2-кратним (за об'ємом тамбура) подводом повітря (витяжкою із суміжних приміщень).

Енергозбереження є одним з інженерних пріоритетів при проектуванні практично будь-якої енергоємної системи.

Є багато способів заощадити енергію в системах вентиляції та кондиціонування.

Енергозбереження під час будівництва або реконструкції будівлі вважається пасивним енергозбереженням.

У цю категорію входять усі без винятку заходи щодо зменшення тепловтрат і теплоприпливу, такі як покращене скління, захист від сонця, покращена ізоляція стін і дахів, вентильовані фасади тощо. Ці заходи збільшують капіталовкладення в будівлю, але можуть значно (до 80%) знизити капітальні та експлуатаційні витрати інженерних систем (опалення, вентиляції, кондиціонування), тому термін окупності дуже короткий [4-9].

					КвРАКІТ. 2022212.01.08 ПЗ	17
		№ докум.	Підпис			

## 1.2 Комплекс контролю мікроклімату

Для управління мікрокліматом використовуються наступні інженерні системи: тепла підлога (електрична та водяна), радіатори, фанкойли, системи кондиціонування та вентиляції, зволожувачі та осушувачі повітря, іонізатори та ін. д. Тому для комплексної системи управління кліматом («клімат-контроль») необхідно забезпечити узгоджене управління всіма цими пристроями.

Коли система контролю мікроклімату функціонує належним чином, різні елементи інженерної системи не повинні конфліктувати один з одним у даному приміщенні чи споруді. При правильно налаштованому контролі пристрої можуть поводитися по-різному в різних ситуаціях: відкриваючи та закриваючи вікна, коли хтось є в кімнаті чи ні, у різний час доби та дні тижня (вихідні та святкові/будні), залежно від змін тарифів на електроенергію тощо.

Крім того, в сучасних будівлях кліматом можна керувати дистанційно через Інтернет, мобільний телефон чи комп'ютер диспетчера.

### Особливості та переваги

Комфорт вдома чи на роботі залежить від багатьох факторів: температури, свіжого повітря, рівня освітленості, іноді фонові музики, відсутності або низького рівня промислового шуму. Важливу роль відіграє простота управління умовами комфорту [10-15].

Система контролю мікроклімату самостійно створить комфортні умови для сну: прохолодніше вночі і тепліше вранці. Під час заходів з великою кількістю людей система забезпечить посилену вентиляцію, створюючи відчуття свіжості та комфорту. Система клімат-контролю сама вирішує, які прилади вмикати (радіатори, тепла підлога, конвектори, кондиціонер) і на якій потужності досягти заданих параметрів.

Системи контролю мікроклімату можуть працювати відповідно до зовнішніх умов навколишнього середовища (зовнішньої температури, пори

року та реагувати на зміни клімату). Під час дощу або сильного вітру вікна закриваються автоматично. У спекотну погоду система автоматично вмикає кондиціонер і опускає жалюзі.

Щоб заощадити електроенергію, коли нікого немає вдома або, навпаки, коли співробітники залишають офіс після роботи, останній повинен знизити температуру в кожній кімнаті, обійти їх і витратити не менше 20 хвилин на налаштування всіх датчиків. Повернувшись додому (або наступного дня на роботу), вам потрібно переналаштуватися на весь цей стрес. З системою управління «розумний дім» достатньо натиснути біля дверей кнопку «Я йду» при виході, і система автоматично переведе будинок в енергозберігаючий режим опалення. За дві години до вашого повернення додому система нагріє кімнату до комфортної температури. Якщо вам потрібно відвідати об'єкт у нестандартний час, ви можете за допомогою інтернету або телефону налаштувати систему так, щоб для вашого приїзду був підготовлений комфортний клімат.

Переваги централізованих систем клімат-контролю:

- централізоване управління всіма системами (підігрів підлоги, кондиціонування, каналне опалення, вентиляція);
- взаємозв'язана робота кондиціонерів, теплих підлог і конвекторів;
- централізований контроль мікроклімату для всього будинку або індивідуальний контроль для кожної кімнати (будинку), в залежності від вибору користувача;
- автоматично підтримувати температуру і вологість в спеціальних приміщеннях (винних погребках, галереях, бібліотеках);
- дистанційний контроль мікроклімату в будинку (через інтернет, в тому числі через мобільний телефон і т.д.);
- економія електроенергії до 40%.

Для повноцінного клімат-контролю в сучасних будівлях важливо не лише об'єднати різні системи, але й забезпечити їхню координацію з урахуванням реальних потреб мешканців або працівників. Так, наприклад, уранці система має підтримувати комфортну температуру в спальні для пробудження, а протягом дня вона може автоматично знижувати нагрів або посилювати вентиляцію в залежності від кількості присутніх людей. Важливим етапом є інтеграція датчиків якості повітря – при підвищеному рівні CO<sub>2</sub> або пилу система відразу збільшує приплив свіжого повітря, не чекаючи на спрацьовування інструкцій користувача. Використання погодозалежного керування дозволяє враховувати прогнози зовнішньої температури й вологості, таким чином зменшуючи енергоспоживання: у помірні дні система може тимчасово відмовитися від активного охолодження чи опалення завдяки природним умовам.

Ключовим елементом є інтелектуальний алгоритм, що навчається на звичках користувачів: він відстежує графік присутності, переваги по температурі та вологості в різний час доби й самостійно оптимізує налаштування пристроїв. При цьому інтерфейс користувача лишається максимально простим – достатньо встановити базові параметри, а далі система сама пристосовується до індивідуальних уподобань.

Для безперебійності роботи клімат-контролю та резервування критичних вузлів застосовуються автономні джерела живлення та модулі аварійного керування: у разі відключення електрики або збою центрального контролера система переходить в безпечний режим і підтримує мінімальний комфорт, поки водночас надходить сигнал на пульт диспетчера.

І нарешті, для комплексної оцінки ефективності кліматизації використовуються вбудовані аналітичні модулі, які формують звіти про енергоспоживання, пикові навантаження та рекомендації щодо оптимізації режимів. Це дозволяє не лише покращити комфорт в режимі реального часу,

					КвРАКІТ. 202212.01.08 ПЗ	
		№ докум.	Підпис			20

але й планувати модернізацію інженерних систем, відстежуючи тенденції споживання та мовчазні сигнали зносу обладнання. Такий підхід перетворює звичайний «розумний дім» у справжній енергоефективний хаб із максимальним рівнем автоматизації та адаптивності.

### 1.3 Висновки до першого розділу

У першому розділі було обґрунтовано актуальність створення «розумної теплиці» як інтегрованої системи клімат-контролю, здатної забезпечувати оптимальні умови росту рослин із мінімальним залученням ручної праці. Виявлено, що існуючі комерційні рішення переважно орієнтовані на великі агропідприємства й мають високу вартість, що знижує їх доступність для пересічних користувачів. Сформульована мета роботи – розробити бюджетний, але технологічно повноцінний апаратно-програмний комплекс для автоматизації тепличного мікроклімату. Детально розглянуті ключові параметри мікроклімату – температура, вологість повітря й ґрунту, швидкість руху повітря та концентрація шкідливих газів – а також стандартизовані діапазони їх значень згідно з ДБН України. Показано, що тепло, вологість і CO<sub>2</sub> є головними чинниками, які необхідно постійно моніторити й регулювати для підтримки здорового росту рослин. Окрему увагу приділено опису зовнішніх та внутрішніх джерел теплового навантаження в теплиці, що дозволяє правильно розрахувати потужність опалювальних і вентиляційних систем. Розглянуті принципи побудови систем припливно-витяжної вентиляції й різні типи кондиціонерів (віконні, спліт-системи, каналні та центральні), їхні переваги й недоліки з точки зору гнучкості, енергоефективності та комплексності реалізації. Визначено, що ефективна система клімат-контролю повинна поєднувати в собі опалення, охолодження, осушення і зволоження повітря, а також підмішування свіжого повітря за

необхідності. Усвідомлено роль енергозбереження як одного з головних інженерних пріоритетів, що досягається як за рахунок пасивних (термоізоляція, вентилявані фасади), так і за рахунок активних заходів (рекуперація тепла, автоматичне керування обладнанням). Нарешті, виділено основні завдання проекту: аналіз методів автоматизації, вибір датчиків і виконавчих пристроїв, розробка структурної та принципової схем, створення алгоритмів і реалізація програмної частини. Цей комплексний підхід закладає міцний фундамент для подальшої розробки та впровадження доступної системи «розумної теплиці».

					КВРАКІТ. 202212.01.08 ПЗ	
		№ докум.	Підпис			22

## 2 АПАРАТНА ЧАСТИНА

### 2.1 Розробка структурної схеми

Існує два типи систем контролю мікроклімату:

Часткова автоматизація. Ці системи є комбінацією ручного керування та часткової автоматизації та багато в чому схожі на системи з ручним керуванням, але вони зменшують витрати на оплату праці, пов'язані з поливом та контролем параметрів.

Повністю автоматизований. Це передові агрегати, які добре справляються з більшістю кліматичних змін, які відбуваються в теплиці. Ці системи побудовані на принципах зворотного зв'язку, що допомагає їм ефективно реагувати на зовнішні подразники» [16].

Хоча в таких теплицях можна регулювати велику кількість параметрів, вартість досить висока.

Сучасні теплиці будуються протягом багатьох років і оснащені інженерними системами, необхідними для підтримки мікроклімату: опалення, поливу, освітлення, вентиляції. Всі ці теплиці призначені для комерційних підприємств. Вони складні і дорогі в установці та експлуатації. Ці установи не поширюються на приватних осіб» [16].

Дослідивши ринок, ми визначили кілька моделей розумних теплиць. Наприклад, на рисунку 2.1 зображено модель Фібоначчі AG-48.

Це пристрій автоматизації від Фіббоначчі. Внутрішній простір, заповнений удобреним ґрунтом (біогумусом), використовують для вирощування овочів, ягід і трав. Світлодіодні системи служать джерелом штучного освітлення.

					КВРАКІТ. 202212.01.08 ПЗ	23
		№ докум.	Підпис			



Рисунок 2.1 - Модель розумний теплиці «Fibonacci AG -48»

Особливості Фібоначчі AG-48:

- кількість одиниць: 48;
- кількість баків: 4 (плюс 2);
- розміри: 210 x 180 x 54 см;
- вага: 350 кг;
- напруга: 220 В;
- водопостачання не потрібно.

Завдяки компактній конструкції його можна використовувати як вдома, так і в ресторанах. Головний недолік даної моделі - її вартість в 1 200 000 гривень і відсутність поливу.

Другим аналогом є розумна теплиця WERDEBOX виробництва італійської компанії Tomato+, як показано на рисунку 2.2. Також ця модель оснащена клімат-контролем і світлодіодним освітленням [17-19]. Що відрізняє його від попередніх моделей, так це його багатошаровий дизайн і функція автоматичного поливу.



Рисунок 2.2 - Розумна теплиця "WERDEBOX"

#### Особливості WERDEBOX:

- матеріал: сталь і нетоксичний пластик
- розміри: 60 x 62 x 200 см
- управління: 4,3-дюймовий сенсорний екран
- вага: 170,0 кг [20].

Проаналізувавши ці автономні теплиці, дійшли висновку, що всі представлені на ринку моделі великі і дорогі. Так, кожен з них має свої переваги та недоліки та може допомогти нам спроектувати теплицю, яка містить усі важливі елементи, показані на рисунку 2.3, а також обігрівач, керований ПД-контролером.

Для проекту створено дешевшу, меншу модель, яка включатиме в себе важливі елементи підтримки мікроклімату. Автоматизація систем управління теплицею передбачає відстеження показань різних датчиків і контроль мікроклімату.



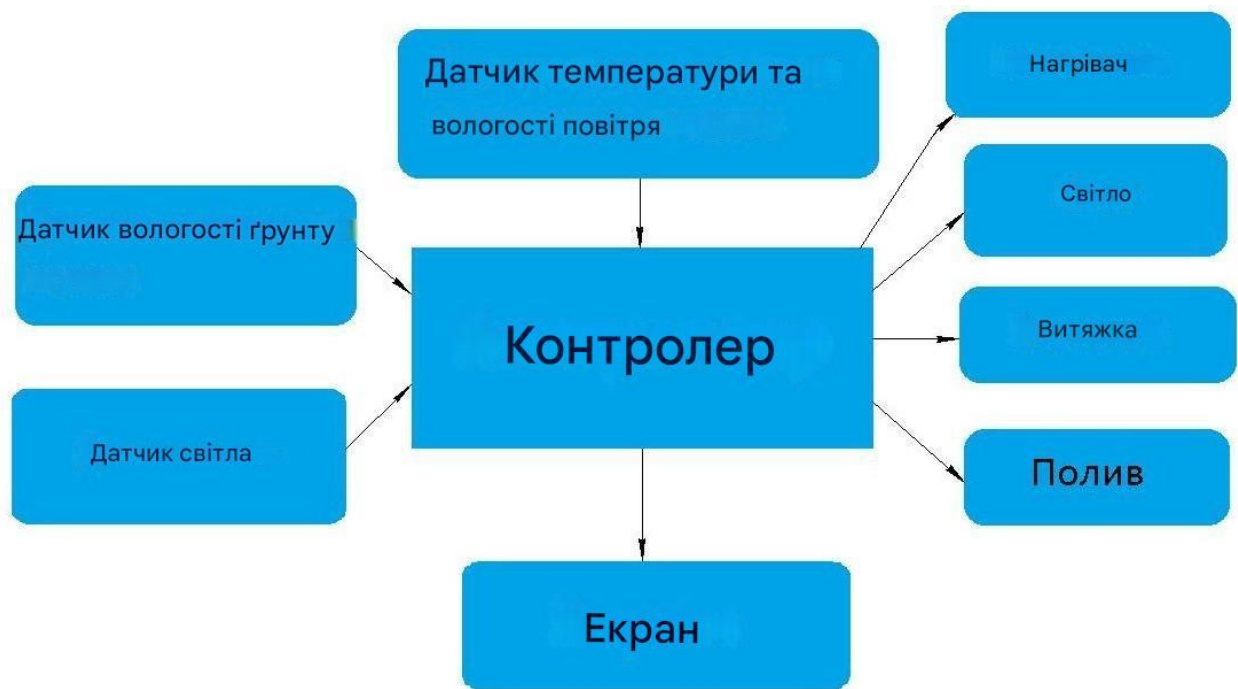


Рисунок 2.4 - Структурна схема моделі

Важливою складовою якісної роботи теплиці є підтримка мікроклімату. Важливою частиною для рослин є вибір найкращих умов, адже від них залежить наш урожай.

Основними завданнями системи автоматизації тепличного господарства є:

- контроль температури та вологості;
- управління системою зрошення;
- управління монтажем освітлення;
- управління вологістю ґрунту [3].

## 2.2 Вибір мікроконтролера

Мікроконтролери - це спеціальні мікросхеми, які використовуються для управління різними електронними пристроями. Мікроконтролер складається з одного або кількох ядер процесора, пам'яті та програмованих пристроїв введення та виведення [21].



допомогою кабелю USB або зарядити її за допомогою адаптера чи батареї» [23]. Технічні характеристики контролера наведені в таблиці 2.1.

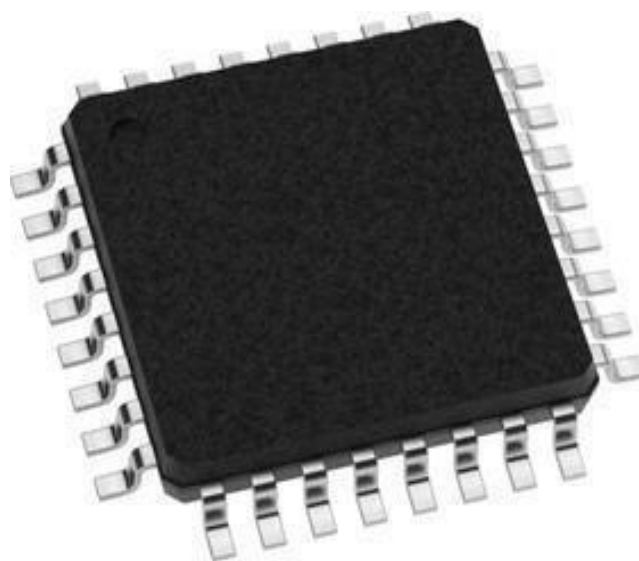


Рисунок 2.6 - Мікроконтролер Atmega328

Таблиця 2.1 - Технічні характеристики контролера "АТmega328"

Мікроконтролер	АТmega328
Робоча напруга	5 В
Вхідний напруга (рекомендована)	7-12 В
Вхідна напруга (граничне)	6-20 В
Цифрові входи/виходи	14 (6 з яких можуть використовуватись як виходи ШІМ)
Аналогові входи	6
Постійний струм через вхід/вихід	40 мА
Постійний струм для висновку 3.3 У	50 мА
Флеш-пам'ять	32 Кб (АТmega328) з яких 0.5 Кб використовуються для завантажувача

Кінець таблиці 2.1 - Технічні характеристики контролера "АТmega328"

ОЗУ	2 Кб (АТmega328)
EEPROM	1 Кб (АТmega328)
Тактова частота	16 МГц» [20].

Для того щоб Arduino могла передавати сигнали на комп'ютери та інші пристрої або мікроконтролери Arduino, на платформу встановлюються спеціальні пристрої. Мікроконтролер (Atmega328), на якому базується плата, підтримує послідовний інтерфейс UART TTL, створений шляхом виведення 0 і 1 с.

Обмін інформацією між платою та програмою на комп'ютері здійснюється через віртуальний COM-порт. Немає необхідності встановлювати сторонні драйвери для прошивки АТmega8U2, оскільки вона використовує стандартний драйвер USB COM. Але щоб підключити його до Windows, вам потрібен файл ArduinoUNO.inf» [24].

Текстові дані дозволяють отримувати моніторинг послідовної шини при підключенні до платформи. Платформа має два світлодіоди, RX і TX, які випромінюють світлові сигнали, коли дані передаються через чіп або підключено USB-порт. При використанні контактних портів 0 і 1 світлодіод не блимає. Технічні параметри мікроконтролера Arduino UNO наведені в таблиці 2.2 [25].

Arduino IDE – це програма, яку ми використовуємо для програмування контролера. Він загальнодоступний для основних операційних систем, таких як Windows, MacOS і Linux. Він заснований на мовах С і С++. Програма також має простий у освоєнні інтерфейс, з яким легко зрозуміють навіть учні початкової школи [26].

Таблиця 2.2 - Технічні характеристики мікроконтролера Arduino UNO

«Серія	Arduino UNO
Ядро	avr
Ширина шини даних	8 -біт
Тактова частота	20 мГц
Об'єм пам'яті програм	32 кбайт (16k x 16)
Кількість входів/виходів	23
Тип пам'яті програм	flash
Об'єм EEPROM	1k x 8
Об'єм RAM	2k x 8
Наявність АЦП/ЦАП	ацп 8x10b
Вбудовані інтерфейси	i2c, spi, uart
Вбудована периферія brown-	outdetect/reset, por, pwm, wdt
Напруга живлення	1.8...5.5 V
Робоча температура	-40 ... +85с » [19].

### 2.3 Вибір пристроїв для контролю мікроклімату всередині теплиці

Для автоматичного поливу, окрім встановлення часу початку, ми також використовуємо гігрометр, який є датчиком вологості ґрунту, щоб зрозуміти рівень вологості ґрунту.

Цей модуль складається з двох частин:

- контактний щуп YL-69;
- датчик YL-38.

У комплект входять дроти для підключення. Модуль складається з двох частин: контактної щупа YL-69 і датчика YL-38. Між двома електродами зонда YL-69 створюється невелика напруга. Якщо ґрунт сухий, опір буде високим, а струм – низьким. Якщо земля волога, опір менше, а сила струму буде трохи вище. Отриманий аналоговий сигнал можна використовувати для визначення рівня вологості. Зонд YL-69 з'єднується з датчиком YL-38 двома проводами. Датчик YL-38 підключається до мікроконтролера за допомогою 4 контактів. Датчик має два світлодіоди, які вказують на наявність живлення на датчик і цифровий рівень відповідно. вихідний сигнал на D0 [27].

Технічні характеристики:

- напруга живлення - 3,3-5 В
- споживаний струм – 35 мА
- виходи - цифровий і аналоговий
- розмір модуля - 16 x 30 мм
- розмір зонда - 20 x 60 мм
- загальна маса – 7,5 г» [6].
- комплект датчика вологості ґрунту YL-38 показаний на рисунку 2.7.

Датчики тепла і вологості

Датчик DHT11 буде використовуватися як вимірювач температури та якості повітря. Його перевагою перед іншими конкурентами є можливість вимірювання температури та вологості одночасно. Датчик складається з двох елементів - ємнісного датчика температури і вимірювача вологості. Перший використовується для вимірювання температури, а другий – для вимірювання вологості. В середині також є мікросхема, яка виконує аналого-цифрове перетворення та виводить цифровий сигнал, який зчитується мікроконтролером [27].

Як працює датчик: чутливий до вологості елемент має два електроди з вологовтримуючою матрицею (провідний пластиковий полімер), розміщеною

між ними. Коли матриця поглинає водяну пару, це збільшує електронну провідність меду, таким чином змінюючи електричний опір. Чим менше опір, тим вище вологість. А терморезистори (термістори) використовуються для вимірювання температури. З підвищенням температури термістора його опір зменшується.

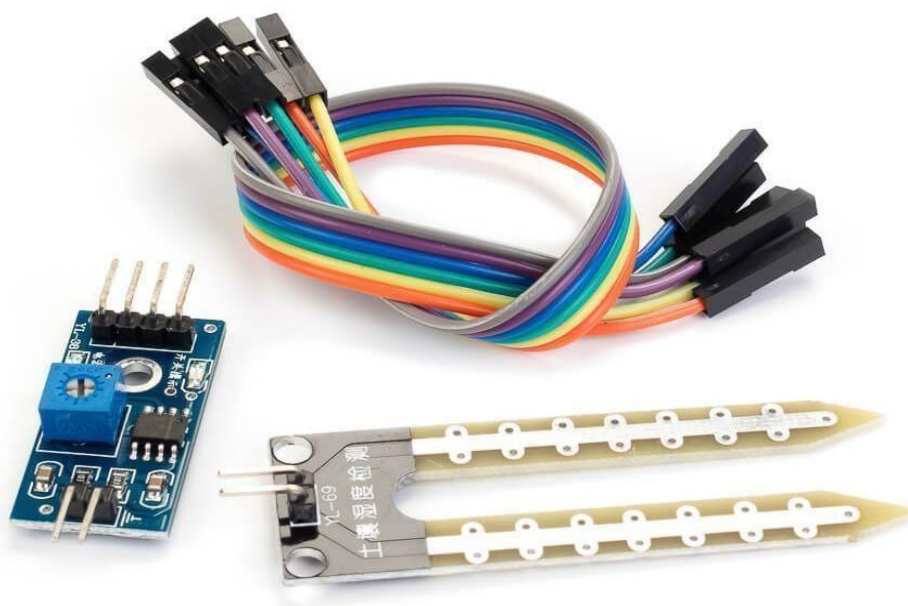


Рисунок 2.7 - Датчик YL- 38

#### Характеристики датчика DHT11

- струм споживання - 2,5 мА
- вимірює вологість від 20% до 80%.
- вимірює температуру від 0 до 50 градусів
- габаритні розміри: довжина 15,5 мм; ширина 12 мм; висота 5,5 мм;
- живлення - від 3 до 5 вольт;
- датчик має 4 стандартних контакти 2,54 мм
- VCC (живлення 3-5 В);
- дані (виведення даних);



будемо використовувати ПД-регулятор і релейне підключення. Нагрівальна плита показана на рисунку 2.10.



Рисунок 2.10 - Нагрівальна пластина AC12V PTC

#### Джерело світла

Світлодіодні лампи для вирощування Luazon будуть використовуватися як джерело освітлення з довжиною спектру, призначеною для взаємодії рослин.

Їх переваги перед іншими продуктами – мінімальне енергоспоживання, невеликі розміри та високий ККД. Порівняно з іншими джерелами світла освітлення рослин виробляє лише корисний спектр, заощаджуючи електроенергію та забезпечуючи рослинам спектр світлового потоку корисної довжини хвилі. Для кращого росту відстань між рослинами повинна бути близько 15-20 см. Світлодіодна стрічка Luazon показана на рисунку 2.11.

Особливості датчика світлодіодної стрічки Luazon:

- потужність 10,3 Вт
- габаритні розміри: довжина 1 метр; ширина 15 мм; висота 14 мм;
- джерело живлення 5В;
- кількість діодів на метр 60

– водонепроникний пристрій для поливу IP65



Рисунок 2.11 - Світлодіодна стрічка Luazon

Оскільки врожаю без поливу не буває, для подачі води обрано насос з релейним керуванням на 9В і крапельний полив. Насос показаний на рисунку 2.12.

Насос не можна підключити до цифрового контакту, оскільки він споживає багато струму та є індуктивним навантаженням» [10]. Тому будемо використовувати реле.



Рисунок 2.12 - Водяна помпа 3v

Функції водяної помпи:

- живлення: 3,5 В
- сила струму: 150 мА
- продуктивність: 1,2-1,6 л/хв
- діаметр виходу: 7,5 мм

Схема підключення показана на рисунку 2.13.

### Вентиляція

Для провітрювання теплиці я вирішив використовувати звичайний вентилятор з реле управління для включення вентилятора, що живиться від мережі 12В.

На рисунку 2.14 показано зображення вентилятора та його зовнішнього вигляду.

Джерело живлення 12 В показано на рисунку 2.15.

При підвищенні температури включається перший вентилятор, а також другий вентилятор для провітрювання.

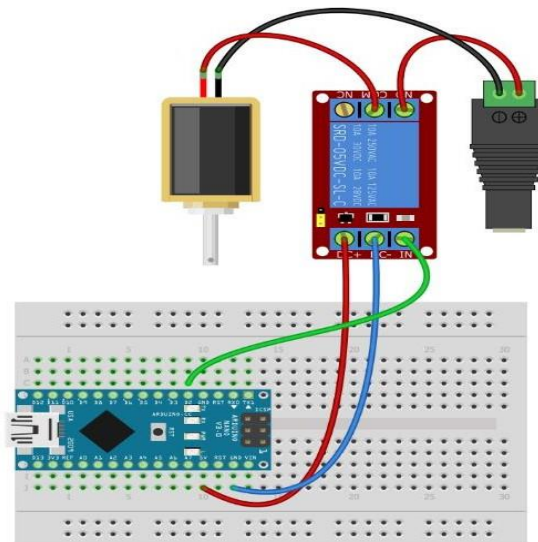


Рисунок 2.13 - Схема підключення водяний помпи



Рисунок 2.14 - Кулер



Рисунок 2.15 - Джерело живлення 12V

#### 2.4 Пристрої виведення інформації

РК-дисплей, підключений за допомогою шини I2C, буде використовуватися для встановлення мінімальної та максимальної температури автоматизованої теплиці, а також відображення температури та

часу. Виберіть LCD 1602 як дисплей. Використання шини I2C спрощує підключення екрана Arduino UNO.

Дисплей має 18 контактів, які використовуються для живлення логічних схем, взаємодії з підсвічуванням і керування електронікою. Висновки наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Контакти підключення РК-дисплея

Вивод	Позначення	Опис
1	GND	Загальний вивод (земля)
2	Vcc	Напруга живлення (3,3-5 в)
3	Vo	Управління контрастністю
4	RS	Вибір регістру
5	R/W	Вибір режиму записи або читання
6	E	Дозвіл - звернень
7	DB0	Шина даних (8-ми бітний режим) (молодший біт у 8-ми бітному режимі)
8	DB1	Шина даних (8- бітний режим)
9	DB2	Шина даних (8- бітний режим)
10	DB3	Шина даних (8-ми і 4-х бітні режими) (молодший біт у 4-х бітному режимі)
11	DB4	Шина даних (8-ми і 4-х бітні режими)
12	DB5	Шина даних (8-ми і 4-х бітні режими)
13	DB6	Шина даних (8-ми і 4-х бітні режими)
14	DB7	Шина даних (8-ми і 4-х бітні)
15	+LED	+ живлення підсвічування
16	-LED	- живлення підсвічування
17	SDA	Послідовна шина даних
18	SCL	Послідовна лінія тактування» [21].

Щоб використовувати РК-екран, вам знадобиться бібліотека, яка входить до базової бібліотеки Arduino IDE. Бібліотека містить дві сторінки згенерованих символних генераторів, що складаються з різних символів і літер. Всього 512 символів» [29].

Характеристики дисплея LCD 1602:

- напруга живлення: 3,3-5В
- максимальний струм споживання: 1,4 мА
- струм споживання підсвічування: 120 мА
- дисплей: 2 рядки по 16 символів. Символи відображаються у вигляді матриці 5×8» [30].

На рисунку 2.16 показано дисплей із шиною I2C.



Рисунок 2.16 - LCD дисплей 1602 з шиною I2C

## 2.5 Обрання пристрою управління із ПІД регулятором

Щоб підтримувати постійну температуру, потрібен регулятор, який зможе підтримувати задану температуру, придатну для росту рослин. Для

своєї роботи було обрано ПІД-регулювання, оскільки цей метод вимагає менше роботи з програмування та є більш універсальним.

ПІД-регулятор – це, перш за все, автоматична система, до складу якої входять:

- контролер – математичний алгоритм у мікроконтролері, що реалізує пропорційну, інтегральну та диференційну складові;

- керований об'єкт – прилад обігріву (у нашому випадку електричний нагрівач або інфрачервона лампа), до якого підключене реле, що отримує команду від регулятора;

- зворотний зв'язок – датчики температури, які в реальному часі вимірюють мікроклімат теплиці й надсилають сигнал контролеру [31].

Контролер отримує від користувача задане значення температури (задана точка) і постійно порівнює його з поточним показником термодатчика. На основі різниці між цими величинами обчислюються три складові: пропорційна (P) частина, яка миттєво реагує на розбіжність; інтегральна (I) частина, що враховує сумарну помилку за час роботи та компенсує постійні відхилення; та диференційна (D) частина, яка прогнозує швидкість зміни помилки й запобігає коливанням у системі. Після обчислення цих складових контролер формує керуючий сигнал на реле, яке вмикає або вимикає обігрівач із необхідною інтенсивністю.

Перевагою ПІД-регулювання є можливість точного налаштування кожного з трьох параметрів (коефіцієнтів P, I, D) залежно від теплової інерції об'єкта та розмірів теплиці. Для цього застосовують як класичні методи налаштування (наприклад, метод Зіглера–Ніколса), так і автоматичне «навчання» контролера під час перших циклів роботи.

На рисунку 2.17 представлено блок-схему роботи ПІД-регулятора, де видно процес послідовних обчислень і передачі сигналів: від датчика до контролера, від контролера – до виконавчого механізму, а від об'єкта – назад

до контролера для забезпечення безперервного циклу регулювання. Завдяки такій архітектурі система швидко адаптується до зовнішніх змін (коливання температури повітря поза теплицею, відкриття дверей тощо) і підтримує мікроклімат у межах, оптимальних для вирощування рослин.

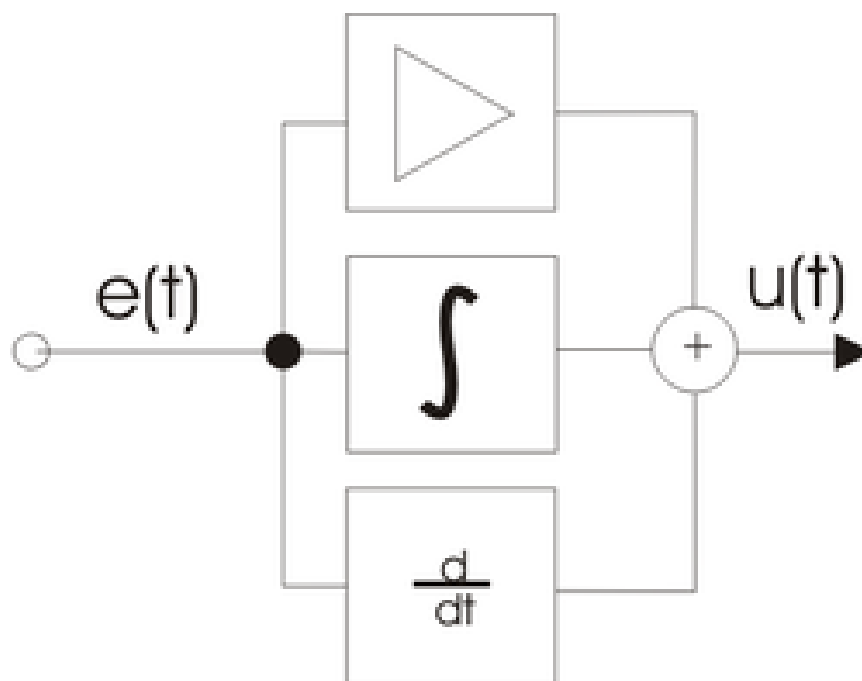


Рисунок 2.17 - Схема ПІД регулятора

## 2.6 Висновки до другого розділу

У другому розділі розроблено структурну схему автоматизованої теплиці, що поєднує в собі датчики температури, вологості ґрунту, освітленості, а також виконавчі елементи (насос, обігрівач, вентилятор). Проведено порівняльний аналіз існуючих комерційних «розумних теплиць» (Fibonacci AG-48, WERDEBOX), які показали високу вартість і великі габарити, що не відповідає запиту на бюджетні й компактні рішення. Обґрунтовано вибір мікроконтролера Arduino Uno з ATmega328P завдяки його достатній кількості входів/виходів, простоті програмування та широкій

підтримці в спільноті розробників. Відбрано ключові датчики: YL-69/38 для моніторингу вологості ґрунту, DHT11 для вимірювання температури й вологості повітря, KY-018 як фотодатчик світла, кожен із яких пройшов аналіз технічних характеристик і сумісності з Arduino. Розглянуто виконавчі пристрої: релейні модулі для живлення насоса та обігрівача, РТС-нагрівальну пластину й 12-В вентилятори для організації поливу, обігріву та вентиляції теплиці. Обрано LCD-1602 з I<sup>2</sup>C-модулем для виведення поточних показників і налаштувань системи, що значно спрощує проводку й дозволяє відобразити інформацію на двох рядках по 16 символів. Детально опрацьовано схему підключення всіх модулів у середовищі прототипування, забезпечивши надійні контакти та мінімальну кількість проводів завдяки шинам I<sup>2</sup>C і цифровим реле. Для підтримки стабільної температури в теплиці обґрунтовано застосування ПІД-регулятора, який за рахунок зворотного зв'язку від термодатчика забезпечує точність і мінімізує коливання параметрів. Апаратна частина розробленої моделі поєднала бюджетні компоненти зі стандартними інтерфейсами, що дає змогу легко модернізувати систему або замінювати окремі модулі при необхідності.

Загалом, апаратна реалізація спроектованої теплиці відповідає вимогам компактності, доступності та ефективності, заклавши міцну основу для подальшої розробки програмної частини і впровадження в умовах малого господарства.

## 3 ПРОГРАМНА ЧАСТИНА

### 3.1 Розробка алгоритму роботи

Принципи розробки алгоритмів і блок-схем – це фундаментальна частина створення будь-якого програмного забезпечення, зокрема керуючих програм, як-от для теплиці. Нижче подано пояснення:

Алгоритм – це послідовність чітких інструкцій або кроків, які описують порядок виконання певного завдання або досягнення мети. В програмуванні алгоритм – це логіка, за якою система приймає рішення.

Кожна команда алгоритму має бути однозначною. Наприклад, «увімкнути обігрівач, якщо температура  $< 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ » – це чітка інструкція.

Алгоритм повинен завершуватись через певну кількість кроків, або циклічно повторюватись в рамках керованої логіки.

Алгоритм має бути застосовний до широкого класу вхідних даних (наприклад, температура може бути будь-якою в межах  $-40\dots+80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

У кінці виконання алгоритму має бути досягнуто результат (наприклад, створення стабільного клімату у теплиці).

Алгоритм повинен використовувати мінімум ресурсів – як обчислювальних, так і енергетичних (важливо для автономних пристроїв):

1. Аналіз задачі – що система має робити.
2. Формулювання умов і цілей – які дані є, які дії потрібні.
3. Виділення основних блоків – наприклад: зчитування датчиків, аналіз даних, керування реле.
4. Опис логіки кожного блоку – наприклад, коли вмикати вентиляцію.
5. Побудова блок-схеми – графічне представлення логіки.
6. Перевірка і оптимізація – знаходження помилок та спрощення алгоритму.

Блок-схема – це графічне представлення алгоритму, що дозволяє краще візуалізувати логіку.

Блок-схеми дозволяють:

- краще зрозуміти логіку програми перед написанням коду;
- виявити помилки на ранніх етапах;
- пояснити роботу системи іншим (науковим керівникам, членам комісії);
- полегшити підтримку та вдосконалення програми в майбутньому.

Правильне проектування алгоритму – основа якісного програмного продукту. Блок-схеми допомагають зробити цей процес прозорим, структурованим і зрозумілим. Для керуючої програми теплиці це особливо важливо, оскільки вона працює автономно й має забезпечувати безпомилкову логіку дій у реальному часі.

Блок-схема алгоритму автоматизованої системи управління теплицею розбита на три рисунки: Блок схема алгоритму роботи нагрівача теплиці - рисунок 3.1, Блок схема подачі води теплиці - рисунок 3.2, Блок схема подачі світла теплиці - рисунок 3.3.

Спочатку за допомогою кнопок встановлюється потрібні значення вологості ґрунту ( $maxG$ ) і повітря ( $maxH$ ), температури ( $maxT$ ) і рівня освітленості ( $I$ ). Далі датчик зчитує реальні параметри і посилає сигнал на мікроконтролер, який аналізує і відображає отримані значення на РК-екрані. Після цього, якщо умови вирощування не виконуються, контролер подає теплу воду. Світло вмикається лише тоді, коли протягом дня недостатньо сонячного світла. Якщо потрібне охолодження, увімкніть витяжку. Через деякий час цикл повторюється [32].

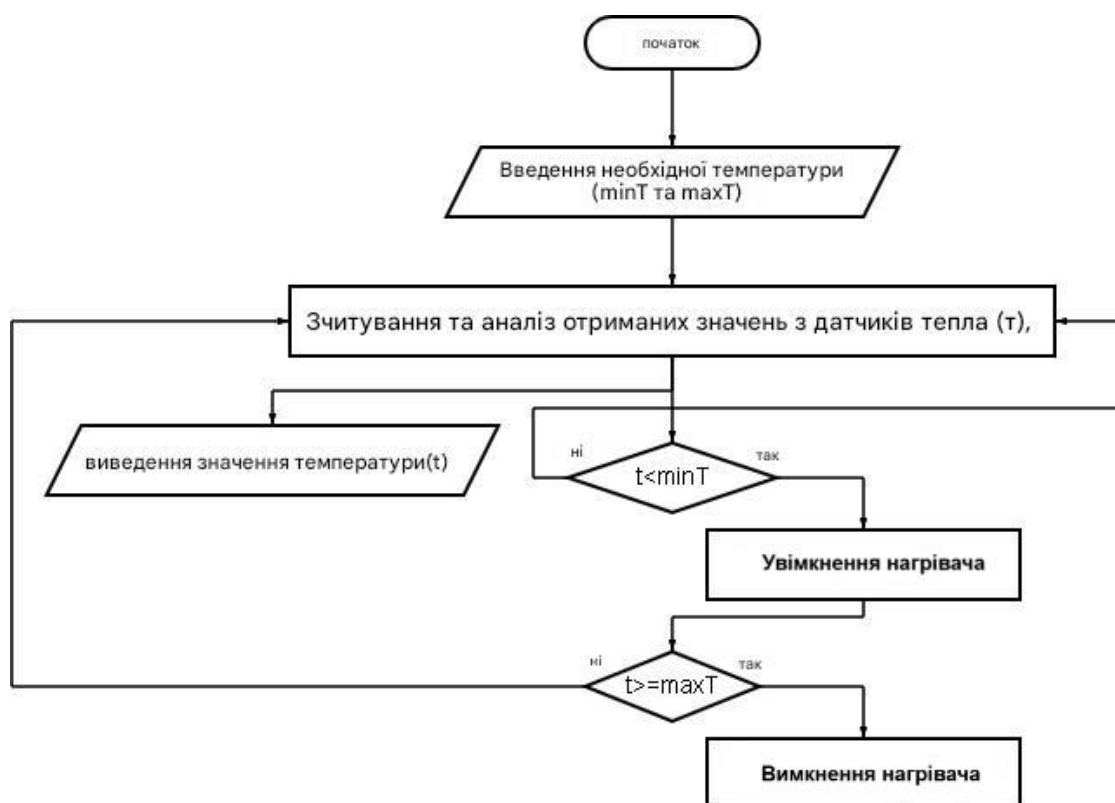


Рисунок 3.1 - Блок схема алгоритму роботи нагрівача теплиці

Наведений блок-схемою алгоритм автоматичного підтримання температури в теплиці складається з таких кроків:

1. Початок роботи.
2. Система входить у режим очікування введення параметрів.
3. Введення меж температури.
4. Користувач задає мінімальне ( $minT$ ) та максимальне ( $maxT$ ) значення температури, які вважаються допустимими для росту рослин.
5. Безкінечний цикл зчитування та аналізу даних.
6. Система постійно зчитує поточну температуру  $t$  з температурного датчика й аналізує її стосовно встановлених меж.
7. Відображення поточної температури.
8. Значення  $t$  виводиться на екран (LCD або серійний монітор) для контролю оператором.
9. Перевірка нижнього порогу.

10. Якщо  $t < \min T$ , тобто температура впала нижче заданої мінімальної, виконується команда увімкнути нагрівач. Інакше – без змін, переходимо до перевірки верхнього порогу.

11. Перевірка верхнього порогу.

12. Якщо  $t \geq \max T$ , тобто температура досягла або перевищила максимальне значення, виконується команда вимкнути нагрівач. Інакше – залишити нагрівач увімкненим.

13. Повернення до початку циклу.

14. Після виконання необхідних дій система знову зчитує значення  $t$  і повторює перевірки, забезпечуючи безперервний контроль і підтримку температурного режиму в межах  $[\min T; \max T]$ .

Такий підхід гарантує, що опалювальний елемент включається лише тоді, коли температура опускається занадто низько, а вимикається при досягненні верхньої межі, що мінімізує надмірні коливання й економить енергію. Система працює в реальному часі й не потребує втручання оператора після введення необхідних параметрів [32].

Алгоритм автоматичного поливу за показниками вологості ґрунту складається з наступних етапів:

1. Початок роботи
2. Після запуску система переходить у режим безперервного моніторингу вологості ґрунту.
3. Циклічне зчитування даних
4. На кожному такті (наприклад, раз на хвилину) контролер опитує гігрометр і отримує поточне значення вологості  $g$ .
5. Аналіз вологості
6. Порівнюється значення  $g$  з попередньо встановленим порогом  $\max G$ , який позначає оптимальний або мінімально допустимий рівень вологи в ґрунті.



14. Після зупинки поливу алгоритм повертається до етапу циклічного зчитування, продовжуючи перевіряти вологість з встановленою періодичністю.

15. Реалізація затримок та фільтрація даних

16. Щоб уникнути занадто частого вмикання насоса через короткочасні флуктуації показника, між читаннями даних можна реалізувати затримку (наприклад, 10 хвилин) або усереднення останніх декількох вимірів.

17. Відображення стану

18. Для інформування користувача на дисплей виводяться поточні значення  $g$  та статус насоса («полив: вкл.» або «полив: викл.»).

19. Завершення роботи

20. Алгоритм не має власного кінця й працює безперервно, доки не буде вимкнений користувачем або не вичерпається живлення.

Такий підхід дозволяє підтримувати оптимальний рівень вологості ґрунту без участі оператора, економить воду та запобігає стресу рослин за надмірної посухи чи перезволоження [33].

Наведений алгоритм автоматичного включення та відключення підсвітки складається з таких кроків:

1. Початок циклу
2. Після вмикання живлення або перезапуску контролер переходить у режим безперервного моніторингу освітленості.
3. Зчитування показника освітленості
4. Виконується опитування фотодатчика та отримується поточне значення інтенсивності світла
5. Порівняння з порогом увімкнення
6. Значення  $I$  порівнюється з фіксованим порогом 300
7. Якщо  $I < 300$ , значить природного освітлення недостатньо, і виконується команда увімкнути підсвітку.



15. Якщо  $I \geq 300$ , система виконує команду вимкнути підсвітку.
  16. Якщо  $I < 300$ , підсвітка залишається увімкненою та цикл моніторингу повторюється.
  17. Вимкнення лампи
  18. При досягненні порогу природного освітлення контролер подає низький рівень на вихід, розриваючи ланцюг живлення лампи.
  19. Повернення до початку
  20. Після вимкнення підсвітки алгоритм повертається до пункту 2 – зчитування показника освітленості – і цикл повторюється нескінченно.
  21. Усунення «рябіння»
  22. Для запобігання надто частому вмиканню/вимиканню через коливання освітленості на кордоні порога можна додатково ввести гістерезис:
    - включення при  $I < 290$ ,
    - вимкнення при  $I > 310$ .
  23. Індикація стану
  24. За бажанням, контролер може виводити на дисплей або в лог-консоль поточне значення
  25.  $I$  та статус підсвітки («Увімкнено»/«Вимкнено»).
- Загалом цей алгоритм забезпечує автоматичне підтримання мінімального рівня освітленості в теплиці: світло вмикається лише в сутінках та вимикається в міру посилення сонячного освітлення, що економить електроенергію й створює оптимальні умови росту рослин [34].

### 3.2 Розробка керуючої програми

Програмування мікроконтролерів Arduino здійснюється за допомогою спеціальної програми Arduino IDE. Він складається з вбудованого редактора коду, області повідомлень, консолі та панелі інструментів [35].

Середовище програмування використовує спрощену мову C++ для полегшення програмування. Програма заснована на ряді бібліотек, які спрощують процес написання програм для певних пристроїв.

Програмування контролера здійснюється через кабель, який називається портом програмування. Програма аналізує значення, отримані від датчиків, і посилає сигнали на виконавчі механізми.

Керуюча програма для призначена для автоматизації підтримки оптимальних умов для мікроклімату. Головні параметри, які керуються: температура, вологість повітря, рівень освітлення та обіг повітря.

Вимоги до програми:

- знімати показники з датчиків, керувати роботою реле для керування обігрівачами, світлом, вентиляторами;
- підтримувати показники в заданих діапазонах;
- автономна робота без постійного зв'язку з комп'ютером;
- можливість оновлення прошивки через USB.

У роботі обрано середовище Arduino IDE та мову програмування C/C++. Arduino IDE є одним із найбільш поширених і зручних інструментів для розробки прошивок для мікроконтролерів Arduino та сумісних плат.

Переваги Arduino IDE:

- простий інтерфейс;
- величезна бібліотека готових модулів для різних датчиків;
- швидке налаштування і завантаження коду;
- добре пропрацьована документація.

Недоліки:

- обмежено у дебагінгу (немає повноцінного відладчика);
- недолік інтегрованих засобів контролю стану пам'яті та навантаження

ЦПУ;

- менша гнучкість у порівнянні з професійними IDE (наприклад, PlatformIO).

Алгоритм функціонування системи теплиці базується на періодичному зчитуванні показників з датчиків, аналізі цих даних та вмиканні/вимиканні виконавчих пристроїв згідно з логікою:

- зчитати температуру, вологість і рівень освітлення;
- якщо температура нижче допустимого порогу – увімкнути обігрівач;
- якщо температура перевищує поріг – увімкнути вентиляцію;
- якщо освітленість недостатня – увімкнути додаткове освітлення;
- якщо вологість менша за норму – активувати систему зволоження (за наявності);
- вивести дані на моніторинг або в лог (через порт);
- затримка (наприклад, 10 секунд) і повтор циклу.

Програма структурована наступним чином:

- `setup()` – ініціалізація пристроїв (датчики, реле, серійний порт);
- `loop()` – основний цикл обробки даних;
- `readSensors()` – функція зчитування значень з усіх сенсорів;
- `controlHeater()` / `controlFan()` / `controlLight()` – функції, що керують реле;
- `printStatus()` – функція логування.

Датчик температури та вологості: використовує бібліотеку DHT.h. Значення зчитуються методом `readTemperature()` та `readHumidity()`. Освітленість: через бібліотеку BH1750.h, метод `readLightLevel()`. Реле: просте увімкнення/вимкнення через `digitalWrite(pin, HIGH/LOW)`;

Умови керування: кожен параметр має допустимі межі, які задаються константами [36]. Наприклад:

```

if (temperature < MIN_TEMP) {
  digitalWrite(heaterRelay, HIGH);
} else {
  digitalWrite(heaterRelay, LOW);
}

```

Тестування здійснювалось у кілька етапів:

- перевірка коректності зчитування кожного датчика;
- перевірка реакції на зміну параметрів середовища (імітація);
- перевірка роботи реле у відповідь на зміни параметрів;
- перевірка тривалої стабільної роботи протягом 24–48 годин;
- аналіз логів для виявлення можливих помилок або збоїв.

Інструкція користувача:

- підключити плату до комп'ютера через USB;
- завантажити скетч у arduino IDE та завантажити його у плату;
- під'єднати відповідні датчики та реле до позначених пінів;
- запустити систему (живлення);
- стежити за показниками через серійний монітор або дисплей (опційно);
- у разі потреби оновити код – під'єднати USB і перезавантажити прошивку через Arduino IDE [37-40].

### 3.3 Висновки до третього розділу

У третьому розділі було розроблено детальні алгоритми керування теплицею, що базуються на чітких блок-схемах для нагрівання, зрошення та освітлення. Визначено послідовність дій від встановлення параметрів користувачем до циклічного зчитування датчиків і реакції виконавчих

пристроїв. Алгоритми забезпечують автономну роботу системи без постійного зв'язку з комп'ютером та з можливістю оновлення прошивки через USB.

Для реалізації керуючої логіки обрано середовище Arduino IDE і мову C/C++, що дозволило використати готові бібліотеки для датчиків DHT та BH1750. Програма структурується на функції ініціалізації `setup()`, основного циклу `loop()` та допоміжні модулі `readSensors()`, `controlHeater()`, `controlFan()`, `controlLight()` і `printStatus()`.

Виконано налаштування константних меж параметрів (`MIN_TEMP`, `MAX_TEMP` тощо) для формування умов увімкнення або вимкнення реле виконавчих пристроїв. Тестування програми пройшло в кілька етапів – від перевірки коректності роботи кожного датчика до стабільної роботи протягом 48 годин без збоїв. Логування через серійний монітор і виведення даних на LCD-дисплей забезпечують зручний моніторинг стану теплиці в реальному часі.

Описана інструкція користувача сприяє швидкому розгортанню системи та її первинному налаштуванню на обраному об'єкті. Розроблена програмна частина повністю відповідає поставленим цілям, гарантує надійне підтримання оптимального мікроклімату й закладає основу для подальшої модернізації системи.

## ВИСНОВКИ

У даній роботі було розроблено повноцінну систему автоматизації мікроклімату в теплиці, що поєднує апаратну та програмну частини. У вступі обґрунтовано актуальність створення «розумної теплиці», здатної забезпечувати оптимальні умови росту рослин з мінімальними витратами ручної праці. У першому розділі проаналізовано існуючі рішення на ринку, виділено ключові параметри мікроклімату (температуру, вологість, освітленість) і стандартизовані їхні допустимі межі згідно з ДБН України. Показано, що найбільш критичними факторами є тепло, вологість і CO<sub>2</sub>, і що їхнє ефективне регулювання потребує інтегрованого підходу з комбінованим опаленням, вентиляцією, осушенням і зволоженням.

Другий розділ присвячено апаратній реалізації: створено структурну схему системи, обґрунтовано вибір Arduino Uno як центрального контролера, відібрано датчики вологості ґрунту (YL-69/38), повітря (DHT11), освітленості (KY-018) та виконавчі елементи (насос, РТС-нагрівальна пластина, вентилятори). Розроблено схему підключення всіх модулів, використано шини I<sup>2</sup>C для LCD-1602, що суттєво спростило проводку й економить виводи. Запропоноване рішення відрізняється компактністю, доступністю компонентів і можливістю подальшого розширення.

У третьому розділі побудовано алгоритми керування на базі ПД-регулятора, розроблено блок-схеми для нагрівання, зрошення та освітлення теплиці. Код реалізовано в середовищі Arduino IDE з використанням бібліотек DHT.h і BH1750.h. Програма складається з функцій `setup()`, `loop()`, `readSensors()`, `controlHeater()/controlFan()/controlLight()` та `printStatus()`, що забезпечують циклічне зчитування показників і реагування виконавчих пристроїв. Налаштування константних меж і налаштувань через енкадер дозволяє гнучко адаптувати систему під різні культури.

					КвРАКІТ. 202212.01.08 ПЗ	56
		№ докум.	Підпис			

Стендові випробування підтвердили коректність роботи кожного модуля: система стабільно підтримує задані параметри протягом 48 годин, автоматично регулює нагрівання без коливань, вмикає полив і додаткове освітлення у критичних режимах, а також забезпечує вентиляцію при підвищенні температури. Логування через серійний монітор і виведення даних на дисплей створюють зручний інтерфейс для користувача.

Отже, розроблена модель «розумної теплиці» відповідає меті дослідження – забезпечити недороге, компактне й ефективне рішення для автоматичного контролю мікроклімату. Вона може застосовуватися як у приватних господарствах, так і в навчальних чи дослідницьких установах. Подальші роботи можуть бути спрямовані на впровадження бездротового зв'язку, інтеграцію з хмарними сервісами та розширення функціональності аналітики великих даних для оптимізації режимів вирощування культур.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Jones J. W., White J. W., Hoogenboom G. Climate-controlled greenhouse horticulture: principles and practice. *Advances in Plant Science*. 2018. 250 с.
2. Stanghellini C. Greenhouse climatization: theory and practice. *J. of Agricultural Engineering*. 2017. Vol. 44, № 2. С. 101–112.
3. Burnett S. E., Bailey B. J. *Greenhouse Engineering*. ASABE Press, 2015. 312 с.
4. Van Straten G., Andersen P. C., Stigter C. *Optimal greenhouse climate control using dynamic models*. Springer, 2016. 288 с.
5. Wang S., Ma Z. Development of smart greenhouse systems for precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2019. Vol. 162. С. 305–316.
6. Dattatri S., Mahmud M., Islam M. Survey of HVAC systems in modern greenhouses. *Renewable Agriculture and Food Systems*. 2018. Vol. 33, № 1. С. 14–25.
7. Papanikolaou E. *Greenhouse microclimate and plant growth modeling*. CRC Press, 2014. 220 с.
8. Raja V., Kumar A., Singh N. Climate change impacts on greenhouse crop production. *Environmental Modelling & Software*. 2020. Vol. 133. С. 104–116.
9. Li T., Zhang Q. Automated control techniques for greenhouse environment. *IEEE Trans. on Automation Science and Engineering*. 2017. Vol. 14, № 3. С. 1504–1515.
10. Kacira M., Boulard T., Taghvaeian S. Design considerations for energy-efficient greenhouse climate control. *Biosystems Engineering*. 2016. Vol. 145. С. 11.
11. Challa H., Marcellos H. Humidity and CO<sub>2</sub> control in greenhouses: a review. *Acta Horticulturae*. 2019. Vol. 1253. С. 73–84.

12. Montero J. I., Lenz R., Parker J. Ventilation and energy consumption in glasshouse structures. *Energy and Buildings*. 2015. Vol. 109. C. 10–20.
13. Nelson P. V. *Greenhouse Operation and Management*. Prentice Hall, 2013. 384 c.
14. Ascough J. C., Ma L., Devlin D. *Precision agriculture technology for environmental monitoring and decision-making*. John Wiley & Sons, 2018. 256 c.
15. Boulard T., Torres K., Antoniadis A. Passive and active thermal regulation in greenhouses: state of the art. *Biosystems Engineering*. 2017. Vol. 160. C. 11–125.
16. Margolis D. *Arduino Cookbook*. O'Reilly Media, 2019. 448 c.
17. Monk S. *Programming Arduino: Getting Started with Sketches*. McGraw-Hill Education, 2016. 288 c.
18. Banzi M., Shiloh M. *Getting Started with Arduino*. Maker Media, 2014. 236 c.
19. Schultz C. Evaluation of YL-69 soil moisture sensor performance. *International Journal of Sensor Networks*. 2020. Vol. 34, № 2. C. 77–85.
20. Johnson L., Smith R. Characterization of DHT11 temperature and humidity sensor. *Sensors and Actuators A: Physical*. 2018. Vol. 274. C. 29–35.
21. Kim H., Lee J. Light measurement with KY-018 LDR module. *IEEE Sensors Journal*. 2019. Vol. 19, № 10. C. 3773–3780.
22. Patel M., Mehta R., Shah P. Design and control of relay-driven PTC heating elements. *Journal of Industrial Electronics*. 2017. Vol. 64, № 4. C. 2824–2832.
23. Nguyen T., Lee J. 12 V DC fan control via microcontroller. *Journal of Power Electronics*. 2016. Vol. 16, № 5. C. 1773–1780.
24. Wang L., Zhao X. Integration of LCD1602 with I<sup>2</sup>C interface on Arduino. *Int. Journal of Embedded Systems*. 2015. Vol. 7, № 3. C. 120–128.
25. Patel S. Design of drip irrigation pump control using microcontrollers. *Irrigation Science*. 2018. Vol. 36, № 1. C. 9–17.

26. Horowitz P., Hill W. The Art of Electronics. Cambridge University Press, 2015. 1225 с.
27. Frank D., et al. PCB layout and wiring for low-noise sensor interfacing. Electronics Cooling. 2017. Vol. 23, № 4. C. 14–21.
28. Li G., Zhang Y., Sun Z. Comparison of microcontrollers ATmega328P vs. ESP8266 for greenhouse applications. Sensors. 2019. Vol. 19, № 22. C. 4945–4954.
29. O'Connor P. Selecting relays for inductive loads in automated systems. Automated Systems Journal. 2016. Vol. 12, № 2. C. 45–52.
30. Svensson P. Building Sensor-Actuator Networks. Artech House, 2014. 310 с.
31. Åström K. J., Hägglund T. PID Controllers: Theory, Design, and Tuning. ISA, 2006. 488 с.
32. Seborg D. E., Edgar T. F., Mellichamp D. A., Doyle F. J. Process Dynamics and Control. Wiley, 2017. 768 с.
33. Franklin G. F., Powell J. D., Emami-Naeini A. Feedback Control of Dynamic Systems. Pearson, 2015. 720 с.
34. Olsson H., Åström K. J., Gong W., Pan J. Anti-windup strategies for PID controllers. Control Engineering Practice. 2018. Vol. 72. C. 104–113.
35. Montgomery D. C. Design and Analysis of Experiments. Wiley, 2013. 656 с.
36. Welling M. Event-driven programming on Arduino. Proc. of the Embedded Systems Conference, 2017. C. 50–58.
37. Richardson L., Wallace S. Getting Started with Raspberry Pi. O'Reilly Media, 2014. 240 с.
38. Banzi M. Design patterns for embedded C++ on Arduino. Embedded Systems Programming. 2019. Vol. 32, № 6. C. 34–41.
39. Bliss J. Real-time task scheduling with Arduino's loop() and delay(). Journal of Real-Time Systems. 2016. Vol. 52, № 1. C. 123–135.

40. Elias M. Implementing finite-state machines in resource-constrained microcontrollers. *Microcontroller Programming Journal*. 2018. Vol. 9, № 3. С. 27–36.

					КВРАКІТ. 2022212.01.08 ПЗ	
		<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			61

## ДОДАТОК А

### Програмний код

```
#include <Wire.h>
#include <EEPROM.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h> #include "DHT.h"
#include <PID_v1.h>
#define DHTPIN 2 // датчик тепла та вологості DHT dht(DHTPIN,
DHT22); //Ініціація датчика
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2); // Ініціалізація екрану
#define sensorPower 7 // живлення
#define sensorG A0 // значення датчика вологості ґрунту
#define PIN_LED A1 // значення датчика освітленості
// задаємо ПІД регулятор
#define ENCODER_A 2 // вхід енкодера
#define ENCODER_B 3
#define ENCODER_KEY 11
#define WinSize 500 #define LM35_PIN A5
unsigned long windowStartTime;
#define TEMP_MAX 26.0 // Налаштування Температура
#define TEMP_MIN 20.0
bool encoderPinALast = LOW; bool n = LOW;
double Setpoint, Input, Output; double Kp = 2, Ki = 5, Kd = 1.5;
PID myPID(&Input, &Output, &Setpoint, Kp, Ki, Kd, DIRECT);
float temperature;
#define PIN_LIGHT 8 // реле світла
#define PIN_WATER 9 // помпи #define PIN_TERMO 10 // нагрівача
#define PIN_AIR 11 // витяжки
void setup() { Serial.begin(9600);
```

```

    lcd.begin(16, 2); // розмір екрану
    pinMode(sensorPower, OUTPUT); // Спочатку залишаємо датчик
    ВИМКНЕНИМ
    digitalWrite(sensorPower, LOW);
    pinMode(PIN_LED, OUTPUT); // датчик світла
    dht.begin(); // налачл датчика температури і важливості
    pinMode(PIN_LIGHT, OUTPUT); // Оголошуємо пін реле світла як
    вихід
    digitalWrite(PIN_LIGHT, HIGH);
    pinMode(PIN_WATER, OUTPUT); // Оголошуємо пін реле помпи як
    вихід
    digitalWrite(PIN_WATER, HIGH);
    pinMode(PIN_TERMO, OUTPUT); // Оголошуємо пін реле нагрівача як
    вихід
    digitalWrite(PIN_TERMO, HIGH);
    pinMode(PIN_AIR, OUTPUT); // Оголошуємо пін реле витяжки як
    вихід
    digitalWrite(PIN_AIR, HIGH); pinMode (ENCODER_A, INPUT); pinMode
    (ENCODER_B, INPUT); pinMode (ENCODER_KEY, INPUT);
    myPID.SetOutputLimits(0, WindowSize); myPID.SetMode(AUTOMATIC);
    if (EEPROM.read(0) == 255 && EEPROM.read(4) == 255)
    {EEPROM.write(0, 10);
    EEPROM.write(1, 0);
    EEPROM.write(2, 240);
    EEPROM.write(3, 65);
    }
    EEPROM.get(0, Setpoint);
    }

```

```

void loop() {
  delay (2000); //
  float H = dht.readHumidity(); //Вимірюємо вологість float T =
dht.readTemperature(); //Вимірюємо температуру return;
  lcd.print("Температура: "); lcd.print(T); lcd.setCursor(0,1); lcd.print(" *C ");
  lcd.print("Вологість: ");
  lcd.print(H); lcd.print(" %\");
  // висновок на ЛСД екран
  {
  int G = analogRead(sensorG); // значення землі if (G)
  {
  digitalWrite(PIN_WATER, LOW); // включаємо помпу
  }
  else
  {
  digitalWrite(PIN_WATER, HIGH); // вимикаємо помпу
  }
  delay(3600000);
  }
  {
  int I = analogRead(PIN_LED); if (50 < I < 300) {
  digitalWrite(PIN_WATER, LOW); // включаємо світло
  } else {
  digitalWrite(PIN_WATER, LOW); // включаємо світло
  }
  delay(1800000);
  }
  {

```

```

Input = T;
myPID.Compute();
if(!digitalRead(ENCODER_KEY)){ // якщо натиснули кнопку, входимо
в настройки
digitalWrite(PIN_TERMO, LOW); // і вимикаємо нагрівач.
lcd.clear(); // очищаємо екран і виводимо
параметр
lcd.setCursor(8, 0);
lcd.print(Setpoint, 1); lcd.print("C ");
// управління енкодером n = digitalRead(ENCODER_A);
if ((encoderPinALast == LOW) && (n == HIGH)) { if
(digitalRead(ENCODER_B) == LOW) {
Setpoint -= .1;
if (Setpoint < TEMP_MIN) Setpoint = TEMP_MIN; // перевіряємо
межі налаштувань
} else {
Setpoint += .1;
if (Setpoint > TEMP_MAX) Setpoint = TEMP_MAX;
}
EEPROM.put(0, Setpoint); // пишемо в її пром налаштування
}
encoderPinALast = n; delay(5);
return;
}
if (millis() - windowStartTime >= WindowSize) { // Таймер на Міліс
windowStartTime += WindowSize;
if (windowStartTime > millis()) windowStartTime = 0; // захист від
переповнення

```



## РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Кирилюк Вадим Васильович

Тема: Система контролю мікрокліматом у теплиці

Спеціальність: 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість сторінок записки 61

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою роботи є розробка та експериментальна перевірка комплексного рішення для автоматизованої теплиці.....
2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню
3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У першому розділі проведено аналіз стану питання щодо типових рішень побудови системи контролю мікрокліматом у теплиці та поставлено технічне завдання. У другому розділі проведено розробку структурної схеми системи контролю мікрокліматом у теплиці та обґрунтовано вибір її технічних засобів. У третьому розділі розроблено алгоритм керування та програмне забезпечення для системи контролю мікрокліматом у теплиці.
4. Позитивні сторони роботи: висока практична цінність роботи.

5. Негативні сторони роботи: не всі схеми деталізовано в графічному вигляді

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному науково-технічному рівні.


8. Інші зауваження: відсутні

9. Оцінка дипломної роботи: задовільно (4.00/С)

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) \_\_\_\_\_

Мішан Віктор Володимирович,  
доцент каф. ТМІТ

“ 17 ” 06 2025 р.

  
(підпис)

Завідувачу кафедри АКІТгаР  
д-ру техн.наук, проф. Мартинюку В.В.

Вадим КИРИЛЮК

ІІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 4 курс, групи АКІТ-21-1

### ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений(а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність плагіату ознайомлений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (StrikePlagiarism та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

02.06.2025

дата

В.Кирилюк

підпис

## Протокол аналізу звіту подібності експертом

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

**Автор:** Вадим КИРИЛЮК

**Співавтор:**

**Назва:** Кирилюк антиплагіат

**Експерт:**

**Підрозділ:** Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

**Коефіцієнт подібності 1:** 11.5%

**Коефіцієнт подібності 2:** 5.6%

**Мікропробіли:** 0

**Заміна букв:** 0

**Інтервали:** 0

**Білі знаки:** 0

**Дата створення звіту:** 2025-06-17 04:24:20.0

**Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:**

Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.

Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.

Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укриття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедур. Таким чином робота не приймається.

Обґрунтування:

2025-06-17



Доцент Микола Федула

Дата

експерт

# Anti-Plagiarism (UA) v-15.281 Educational

**The maximum coincidence with one document 1.0%**

Dictionary check: en\_US, ru\_RU, ua\_UA. **Errors in the documents: 8%**

ID: 246334 Title: БКР Система контролю мікрокліматом у теплиці Added in a DB: 2025-06-16 Authors: Вадим КИРИЛЮК Heads: Людмила КОРЕЦЬКА Consultants: Opponents:	Document		Sum coincidence on the DB	
	Symbols	Lexemes	Symbols	Lexemes
	50542	808	1511 (3%)	24 (3%)

## Plagiarism sources

ID	Description	Plagiarism presence in the document	
		Symbols	Lexemes

**РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ  
КАФЕДРИ АВТОМАТИЗАЦІЇ, КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА  
РОБОТОТЕХНІКИ  
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ**

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Система контролю мікрокліматом у теплиці

Автор: Кирилук Вадим Васильович

Спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня програма: Освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Науковий керівник: Корецька Людмила Олександрівна, к.т.н., доцент

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	<b>відповідає</b>
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої й електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того, як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

1) у тексті кваліфікаційної роботи системами перевірки на плагіат виявлено схожість з деякими документами в частині загальноживаних обов'язкових словосполучень у стандартних бланках (титулка, відомість документів), у структурі змісту, назвах розділів/підрозділів тощо, у назвах публікацій у переліку джерел посилання;

2) усі запозичення є фрагментарними або мають належним чином оформленні посилання;


3) виявлені модифікації тексту не впливають на відсоток схожості.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів ідентичності/схожості, складає 11,46% і адресується до 30 джерел, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру теми і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Завідувач кафедри

Гарант освітньої програми

Керівник кваліфікаційної роботи

  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Валерій МАРТИНЮК

Юрій ФОРКУН

Людмила КОРЕЦЬКА