

Хмельницький національний університет  
Факультет інформаційних технологій  
Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр  
Освітній рівень


Програмно-апаратний засіб для керування параметрами мікроклімату теплиці  
Назва теми

КВРКІ 200114.20.01.13 ПЗ  
Шифр

Галузь знань 12 «Інформаційні технології»  
Шифр, назва

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»  
Шифр, назва

Освітня програма «Комп'ютерна інженерія та програмування»  
Назва

Виконав: студент IV курсу, група KI2-20-1   
Підпис

В. М. Лісовий  
Ініціали, прізвище

Керівник   
Підпис, дата

М. В. Федула  
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер   
Підпис, дата

І. О. Засорнова  
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:  
Зав. кафедри комп'ютерної  
інженерії та інформаційних  
систем

  
Підпис

Т.О. Говорущенко  
Ініціали, прізвище

« 19 » червня 2024 р.

Хмельницький 2024

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Освітній рівень БАКАЛАВР

Галузь знань 12 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Спеціальність 123 КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

Освітня програма «КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Т.О. Говорущенко

“ 10 ” 01 2024 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Лісовому Вадиму Миколайовичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Програмно-апаратний засіб для керування параметрами мікроклімату теплиці

Керівник проекту (роботи) Федула М.В., к.т.н., доцент

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

Затверджена наказом ректора університету від 15.02.2024 р. № 8

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 01.06.2024 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на кваліфікаційну роботу

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

Аналітичний огляд відомих методів та засобів керування мікрокліматом теплиці \_\_\_\_\_

Проектування архітектури програмно-апаратного засобу для керування параметрами мікроклімату теплиці \_\_\_\_\_

Реалізація програмно-апаратного засобу для керування параметрами мікроклімату теплиці \_\_\_\_\_



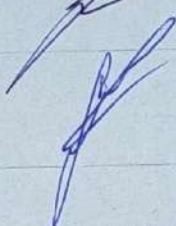

5. Перелік графічного матеріалу \_\_\_\_\_

Блок-схеми основних алгоритмів керування параметрами мікроклімату теплиці \_\_\_\_\_

Архітектура засобу для керування параметрами мікроклімату теплиці \_\_\_\_\_

Реалізація та характеристики засобу для керування параметрами мікроклімату теплиці \_\_\_\_\_

6. Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Засорнова І.О., доцент кафедри КПС		
Антиплагіат	Нічепорук А.О., доцент кафедри КПС		

7. Дата видачі завдання « 10 » 01 2024 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№з/п	Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вибір напряму дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи з керівником	10.01.2024	виконано
2	Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження	17.02.2024	виконано
3	Робота над розділом 1 – дослідження предметної області та постановка задачі	13.03.2024	виконано
4	Робота над розділом 2 – вибір компонентів для проектування засобу керування параметрами мікроклімату теплиці	20.04.2024	виконано
5	Робота над розділом 3 – проектування засобу керування параметрами мікроклімату теплиці	30.04.2024	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	25.05.2024	виконано
7	Попередній захист ВКР	30.05.2024	виконано
8	Захист ВКР на засіданні ЕК	Червень 2024 року	

Студент

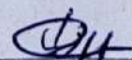


Підпис

В. М. Лісовий

Ініціали, прізвище

Керівник роботи



Підпис

М. В. Федула

Ініціали, прізвище



## АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Програмно-апаратний засіб для керування параметрами мікроклімату теплиці».

Автор роботи: Лісовий Вадим Миколайович.

Керівник роботи: Федула Микола Васильович.

Пояснювальна записка: 81 с., 81 рис., 3 табл., 4 дод., 50 джерел.

Графічна частина: 3 креслення.

**ПРОГРАМНО-АПАРАТНИЙ ЗАСІБ, ARDUINO, ТЕПЛИЦЯ, КЕРУВАННЯ, МІКРОКЛІМАТ, МАКЕТ.**

Метою кваліфікаційної роботи є розробка програмно-апаратного засобу для керування мікрокліматом теплиці.

Об'єктом дослідження є процес керування мікрокліматом теплиці із застосуванням цифрового програмно-апаратного засобу.

Предметом дослідження є методи, алгоритми та пристрої керування мікрокліматом теплиці на базі платформи Arduino UNO R3.

Для досягнення поставленої мети використовувались різні підходи дослідження, створення математичної моделі, аналіз та моделювання систем.

Проведено аналіз науково-технічної літератури, досліджено основні тенденції, проблеми та потенційні можливості для вдосконалення сучасних програмно-апаратних засобів для керування мікрокліматом теплиць. Розроблено архітектуру програмно-апаратного засобу для керування параметрами мікроклімату теплиці на основі мікроконтролера Arduino UNO R3, датчиків та актуаторів. Виконано програмування мікроконтролера Arduino UNO R3 для керування параметрами мікроклімату теплиці.

Побудовано та досліджено лабораторний макет програмно-апаратного засобу для керування мікрокліматом теплиці на основі даних про освітленість, температуру і вологість ґрунту та повітря.







Підпис студента

30.05.2024

Дата

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	4
<b>1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ВІДОМИХ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ ТЕПЛИЦІ .....</b>	<b>6</b>
1.1 Вентиляційні системи .....	6
1.2 Системи опалення.....	9
1.3 Автоматизація систем керування.....	13
1.4 Системи затінення та поливу .....	15
1.5 Системи охолодження і зволоження .....	18
1.6 Використання теплоізоляційних матеріалів та плівки .....	19
1.7 Використання вуглекислого газу для додаткового збагачення повітря	21
1.8 Висновки .....	23
<b>2 ПРОЄКТУВАННЯ АРХІТЕКТУРИ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО ЗАСОБУ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ПАРАМЕТРАМИ МІКРОКЛІМАТУ ТЕПЛИЦІ .....</b>	<b>24</b>
2.1 Аналіз необхідних та доступних апаратних рішень для реалізації даного проєкту .....	24
2.2 Arduino UNO R3.....	25
2.3 Датчик температури та вологості повітря.....	29
2.4 Датчик температури ґрунту .....	31
2.5 Датчик вологості ґрунту .....	32
2.6 Датчик освітленості.....	34
2.7 LED фіто-стрічка .....	34
2.8 Водяна помпа .....	36
2.9 LCD дисплей .....	37
2.10 Обігрівач ґрунту.....	39
2.11 Серводвигун .....	40
2.12 Зволожувач повітря .....	41
2.13 Допоміжні компоненти .....	43
2.14 Математична модель .....	49

КВРКІ.200114.20.01.13 ПЗ								
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	Програмно-апаратний засіб для керування параметрами мікроклімату теплиці	Літера	Аркуш	Аркушів
Виконав		Лісовий В.М.				у	2	81
Перевір.		Федула М.В.						
Н.контр.		Засорнова І.О.						
Затвер.		Говорушенко Т.О.		19.08				
ХНУ КІ2-20-1								

2.15 Висновки .....	51
<b>3 РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО ЗАСОБУ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ПАРАМЕТРАМИ МІКРОКЛІМАТУ ТЕПЛИЦІ .....</b>	<b>53</b>
3.1 Підготовка до реалізації програмного засобу для керування параметрами мікроклімату теплиці.....	53
3.2 Програмування контролю параметрів повітря.....	57
3.3 Програмування контролю параметрів ґрунту .....	65
3.4 Програмування контролю параметрів освітлення. ....	73
3.5 Готовий засіб контролю параметрів теплиці. ....	78
3.6. Висновки .....	80
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>81</b>
<b>ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....</b>	<b>82</b>
<b>ДОДАТОК А .....</b>	<b>86</b>
<b>ДОДАТОК Б .....</b>	<b>87</b>
<b>ДОДАТОК В .....</b>	<b>88</b>
<b>ДОДАТОК Г .....</b>	<b>89</b>

## ВСТУП

В сучасному світі технології в сільському господарстві відіграють важливу роль у підвищенні ефективності вирощування рослин та оптимізації процесів. Один з ключових аспектів цього – контроль і підтримка оптимального мікроклімату у теплицях Програмно-апаратні засоби для керування параметрами мікроклімату теплиць відіграють важливу роль у сучасному сільському господарстві завдяки здатності забезпечувати оптимальні умови для вирощування рослин. Впровадження таких систем дозволяє з високою точністю контролювати температуру, вологість, освітлення та рівень вуглекислого газу, що є критичними факторами для здорового росту та розвитку рослин.

Ефективність використання програмно-апаратних засобів у теплицях підтверджується їхньою здатністю значно підвищувати врожайність та покращувати якість продукції. Оптимізація умов вирощування сприяє швидшому розвитку рослин та підвищенню їхньої стійкості до хвороб і шкідників, що в свою чергу зменшує потребу в хімічних засобах захисту рослин. Це не тільки позитивно впливає на здоров'я споживачів, але й сприяє збереженню навколишнього середовища.

Інтеграція програмно-апаратних засобів також дозволяє значно економити ресурси, такі як вода та електроенергія, завдяки точному дозуванню та автоматизованому контролю. Наприклад, системи крапельного зрошення, поєднані з датчиками вологості ґрунту та атмосферного повітря, дозволяють подавати воду саме тоді і в тій кількості, коли це необхідно, запобігаючи її перевитраті та забезпечуючи оптимальні умови для рослин.

Таким чином, програмно-апаратні засоби для керування параметрами мікроклімату теплиць є одним із найважливіших інструментів у сучасному агровиробництві, забезпечуючи стабільність, ефективність та якість процесів вирощування рослин, що робить їх актуальними та необхідними в умовах сучасного сільського господарства.

					КВРКІ.200114.20.01.13 ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Метою кваліфікаційної роботи є розробка програмно-апаратного засобу для керування мікрокліматом теплиці. Для досягнення поставленої мети роботи необхідно виконати завдання:

1. Провести аналіз науково-технічної літератури у якій описуються процеси керування мікрокліматом в теплицях на основі сучасних методів та засобів, з метою виявлення основних тенденцій, проблем та потенційних можливостей для вдосконалення.

2. Розробити архітектуру програмно-апаратного засобу для керування параметрами мікроклімату теплиці на основі мікроконтролера, датчиків та актуаторів, що забезпечують можливості ефективного вирощування рослин в умовах, близьких до природних.

3. Виконати програмування мікроконтролера з метою забезпечення підтримки параметрів мікроклімату теплиці в допустимих межах шляхом керування актуаторами на основі аналізу даних, отриманих із датчиків.

Об'єктом дослідження є процес керування мікрокліматом теплиці із застосуванням цифрового програмно-апаратного засобу.

Предметом дослідження є методи, алгоритми та пристрої керування мікрокліматом теплиці на базі платформи Arduino UNO R3.

Практичне значення програмно-апаратних засобів для керування параметрами мікроклімату теплиць полягає у їхній здатності забезпечувати максимально ефективно використання ресурсів та підвищувати продуктивність аграрного виробництва. Використання таких систем дозволяє створювати і підтримувати умови для росту рослин, близькі до природних, яких неможливо досягти шляхом ручного контролю. Завдяки точному налаштуванню параметрів, таких як температура, вологість та освітленість, програмно-апаратні засоби сприяють сталому та рівномірному розвитку рослин, що знижує ризики, пов'язані з коливаннями навколишнього середовища.

					КВРКІ.200114.20.01.13 ПЗ	Арк. 5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ВІДОМИХ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ ТЕПЛИЦІ

## 1.1 Вентиляційні системи

Існують два основних типи вентиляційних систем – природна та механічна. Природна вентиляція може бути забезпечена за допомогою системи протилежних вікон, що є одним із відомих методів природної вентиляції. Такий метод передбачає використання двох або більше вікон у протилежних стінах приміщення, де одне вікно відкрите, а інше – закрите. Це сприяє циркуляції повітря за рахунок різниці в температурі між внутрішнім і зовнішнім середовищем. Приклад такої вентиляції зображений на рисунку 1.1.

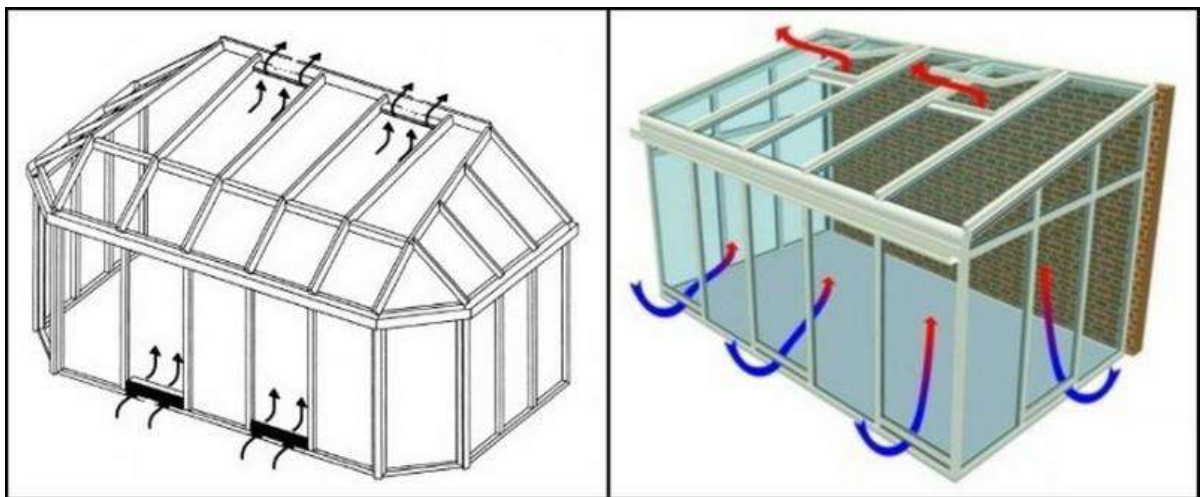


Рисунок 1.1 – Приклад природної вентиляційної системи теплиці [1]

Також серед відомих методів природної вентиляції є використання вентиляційних жалюзі або кватирок, які монтується у верхній частині теплиці. Ці пристрої можуть автоматично регулюватися залежно від температури та вітрових умов [2]. Коли температура у теплиці підвищується, лопатки жалюзі або кватирка відкриваються, дозволяючи гарячому повітрю виходити, а коли температура падає, вони закриваються, щоб зберігати тепло [3]. Приклад вентиляційних жалюзі та кватирки зображено на рисунках 1.2 та 1.3.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



Рисунок 1.2 – Вентиляційні жалюзі [4]



Рисунок 1.3 – Вентиляційні кватирки [5]

Механічна вентиляція може включати вентилятори та тунельні системи. Вентилятори є одним з найбільш ефективних методів для постійної циркуляції повітря у теплиці [6]. Їх можна розмістити як у верхній, так і у нижній частині теплиці, залежно від конкретних потреб. Роботу вентиляторів можна автоматизувати, щоб вони працювали у відповідності до вимірюваних параметрів, таких як температура, вологість, рівень вуглекислого газу та інші. Вентиляторна вентиляція зображена на рисунку 1.4.

					КвРКІ.200114.20.01.13 ПЗ	Арк. 7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.4 – Вентиляторна вентиляція [7]

Для впровадження тунельної вентиляції у теплиці встановлюють спеціальні системи вздовж бокових стін. Вони призначені для забезпечення постійного потоку свіжого повітря всередині теплиці та відведення гарячого повітря зсередини назовні. Підключення до центральної системи керування дозволяє автоматизувати їх функціонування. Схему тунельної вентиляції зображено на рисунку 1.5.

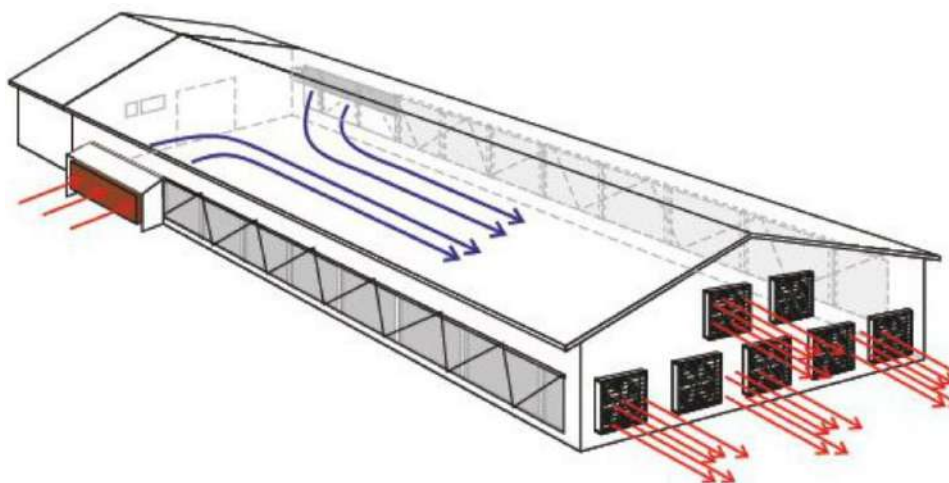


Рисунок 1.5 – Схema тунельної вентиляції [8]

Природна та механічні вентиляції можуть бути використані окремо або разом для досягнення оптимальних умов мікроклімату в теплиці.

## 1.2 Системи опалення

В системах опалення теплиці застосовуються теплові насоси, газові котли та електричні обігрівачі. Теплові насоси використовуються для опалення та кондиціонування повітря, вони працюють за принципом перенесення тепла з одного середовища в інше за допомогою теплообмінника та компресора. Теплові насоси є більш екологічним варіантом, оскільки вони використовують відновлювані джерела енергії, такі як повітря, ґрунт або вода. Наприклад, в зимовий період тепловий насос може відбирати тепло з навколишнього повітря, нагрівати його за допомогою компресора і передавати тепло до теплиці [9]. Вони вимагають відносно невеликої кількості електроенергії для перенесення тепла, що дозволяє їм бути економічно вигідними порівняно з іншими системами опалення. Теплові насоси можуть працювати як в режимі опалення, так і в режимі охолодження. Приклад використання теплових насосів зображено на рисунку 1.6.



Рисунок 1.6 – Схема використання теплових насосів [10]

Газові котли використовують природний або рідкий газ для нагрівання води. Тепла вода потім циркулює через систему теплових трубок, які передають тепло у

					КВРКІ.200114.20.01.13 ПЗ	Арк. 9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

теплицю. Такі котли вважаються одними з найбільш ефективних систем опалення. Вони зазвичай мають високий коефіцієнт ефективності, що дозволяє зменшити витрати на опалення. Крім того, вони відомі своєю довговічністю та мінімальною потребою у технічному обслуговуванні [11]. Приклад газових котлів зображений на рисунку 1.7.



Рисунок 1.7 – Газові котли в теплиці [12]

Електричні обігрівачі можуть бути представлені конвекторами, інфрачервоними обігрівачами та системами підлогового обігріву. Конвектори є найпоширенішим типом електричних обігрівачів. Вони працюють, нагріваючи повітря навколо себе та циркулюючи його в приміщенні шляхом конвекції [13]. Приклад тепличного конвектора зображено на рисунку 1.8.



Рисунок 1.8 – Тепличний конвектор [14]

Інфрачервоні обігрівачі використовують інфрачервоне випромінювання для прямого нагрівання об'єктів і поверхонь, уникаючи нагрівання повітря. Це може бути корисним для точкового обігріву або для нагрівання окремих зон у теплиці. Інфрачервоний обігрівач зображено на рисунку 1.9.



Рисунок 1.9 – Інфрачервоний обігрівач [15]

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КВРКІ.200114.20.01.13 ПЗ

Арк.  
11

Ефективним методом опалення є обігрівання підлоги, оскільки воно забезпечує рівномірне поширення тепла у приміщенні теплиці знизу вгору як шляхом теплового випромінювання, так і конвекції. Такий метод особливо корисний для теплиць з розсадниками або для росту рослин у контейнерах. Схема такого обігріву зображена на рисунку 1.10.



Рисунок 1.10 – Підлогове обігрівання [16]

Більшість електричних обігрівачів відомі завдяки простоті встановлення та експлуатації. Їх можна легко підключити до стандартної електричної розетки і ввімкнути для старту роботи. Крім того, більшість з них працюють безшумно, що може бути важливим параметром для рослин. Але постійне використання електроенергії може призвести до значних витрат на опалення, особливо при обігріванні великих площ теплиці.

### 1.3 Автоматизація систем керування

Автоматизація систем керування в теплицях сприяє оптимізації процесів керування мікрокліматом, поливом, освітленням та іншими аспектами, що позитивно впливає на врожайність та економію ресурсів.

Системи автоматичного контролю та регулювання (АКР) використовують датчики для вимірювання різних параметрів мікроклімату, таких як температура, вологість, рівень вуглекислого газу, тощо [17]. Отримані датчиками дані використовуються для прийняття рішень щодо регулювання роботи обігріву, охолодження, вентиляції та інших пристроїв з метою забезпечення оптимальних умов для росту рослин [18]. Наприклад, при підвищенні температури в теплиці система може автоматично активувати вентилятори або відкривати вентиляційні отвори для зниження температури.

На даний час поширені комп'ютерні системи керування, які зазвичай базуються на програмному забезпеченні. Вони дозволяють віддалено керувати та моніторити різні аспекти теплиці через комп'ютер, смартфон або планшет. Ці системи можуть бути інтегровані з іншими типами систем АКР для автоматичного контролю та регулювання мікроклімату та інших параметрів. Крім того, комп'ютерні системи керування можуть забезпечувати аналітику даних, графіки та звіти для подальшого аналізу. На рисунках 1.11 та 1.12 зображені приклади автоматизованого керування в теплицях.

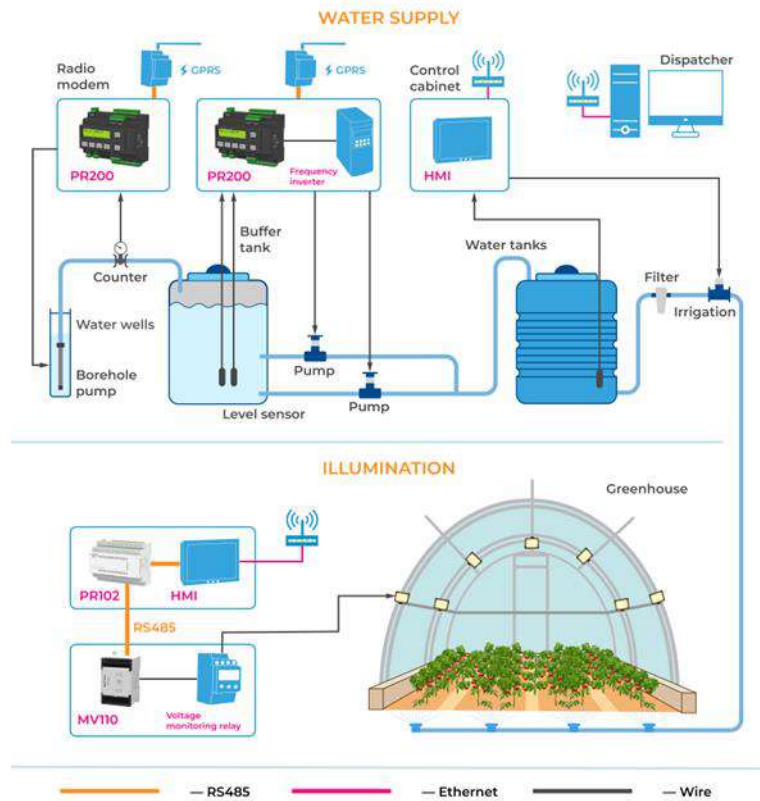


Рисунок 1.11 – Приклад автоматизованого керування мікрокліматом теплиці [19]

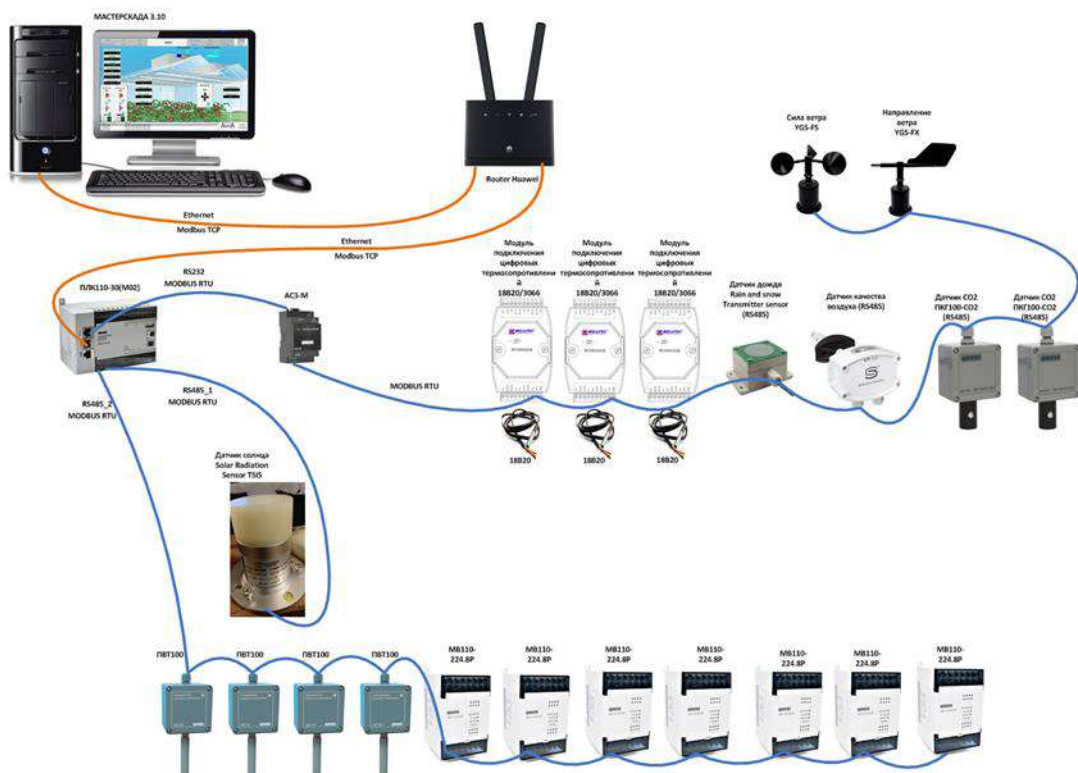


Рисунок 1.12 – Приклад підключення пристроїв для автоматизації систем керування теплицею [20]

Як було вказано раніше, автоматизація процесів керування системами контролю мікроклімату може включати застосування різних технологій. Наприклад, використання датчиків температури та вологості для регулювання систем опалення та охолодження, автоматичний полив з вбудованими датчиками вологості ґрунту для ефективного поливу рослин, автоматичне регулювання освітлення в залежності від рівня світла та часу доби, а також системи автоматичного дозування добрив для оптимального живлення рослин. Такий метод дозволяє підтримувати оптимальні умови для розвитку рослин, зменшуючи використання людських сил і покращуючи ефективність системи [21].

#### 1.4 Системи затінення та поливу

Для автоматизації управління теплицею також необхідне автоматизоване поливання рослин та регулювання освітлення. Існує декілька типів затінювальних систем, які можуть бути використані. Статичні затінювальні системи теплиці включають в себе статичні матеріали, такі як сітки або плівка, що монтується на даху або стінах теплиці. Ці матеріали забезпечують постійний захист від сонячного перегріву та створюють оптимальні умови для росту рослин. Приклад таких зображено на рисунку 1.13.



Рисунок 1.13 – Затінювальна сітка теплиці [22]

Автоматизовані рулонні системи затінення оснащені механізмами автоматичного відкривання та закривання в залежності від погодних умов або програмованого розкладу [23]. Вони можуть використовувати датчики освітлення, температури та вітру для автоматизованого управління. Такий підхід дозволяє оптимізувати умови в теплиці з мінімальною людською участю. Приклад зображено на рисунку 1.14.



Рисунок 1.14 – Рулонна затінювальна система [24]

На даний час найбільш поширені декілька основних типів автоматичного поливу рослин. Один з найбільш ефективних і економічних методів – це крапельний полив. Система крапельного поливу включає в себе крапельні лінії, що розташовуються поруч з коренями рослин і доставляють невеликі порції води безпосередньо в ґрунт. Такий метод дозволяє оптимально забезпечити рослини вологою, мінімізуючи витрати води [25]. Приклад зображено на рисунку 1.15.

					КвРКІ.200114.20.01.13 ПЗ	Арк. 16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.15 – Крапельний полив рослин [26]

Також для поливу рослин може застосовуватись метод поверхневого поливу. Це означає розподіл води по поверхні ґрунту за допомогою систем зволоження, побудованих на основі розпилювачів. Такий метод забезпечує рівномірне зволоження ґрунту та ефективно забезпечує водою рослини. Приклад такої системи зображено на рисунку 1.16.



Рисунок 1.16 – Поверхневий полив рослин [27]

Автоматичні системи поливу з програмованим керуванням можуть працювати за попередньо встановленим розкладом або реагувати на показники вологості ґрунту. Вони оснащені датчиками вологості, які автоматично регулюють режим поливу відповідно до потреб рослин. Такий підхід забезпечує ефективне використання води та оптимальні умови для здоров'я рослин [28]. Приклад зображено на рисунку 1.17.



Рисунок 1.17 – Автоматичний полив рослин в теплиці [29]

### 1.5 Системи охолодження і зволоження

Для створення оптимальних умов росту рослин у теплицях, особливо при високих температурах та низькій вологості, необхідні системи охолодження і зволоження. Одним із рішень є оприскуючі системи зволоження, які розпилюють воду у вигляді дрібних крапель або туману [30]. Ці системи можуть бути автоматизованими, пов'язаними з системою контролю мікроклімату, або керованими оператором вручну. Вони дозволяють знизити температуру та підвищити вологість повітря, що сприяє уникненню перегріву та зневодненню рослин. Такий підхід допомагає забезпечити здоровий зріст та розвиток рослин у теплицях [31]. Приклад оприскуючої системи зволоження зображено на рисунку 1.18.



Рисунок 1.18 – Оприскуюча система зволоження повітря [32]

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Для забезпечення циркуляції повітря та розсіювання тепла в теплицях можна використовувати вентилятори. Вони також сприяють рівномірному розподілу вологи. Вентилятори можуть бути встановлені на стелях теплиці або на зовнішніх стінах для виведення гарячого повітря та створення комфортних умов [33]. Деякі вентилятори мають інтегровані системи зволоження повітря, що дозволяє регулювати вологість у теплиці залежно від потреб рослин. Приклад зображено на рисунку 1.19.



Рисунок 1.19 – Вентилятори для циркуляції повітря в теплиці [34]

## 1.6 Використання теплоізоляційних матеріалів та плівки

Утеплення теплиць є важливим аспектом для збереження оптимальних умов для росту рослин, особливо в холодні періоди року або в холодних кліматичних умовах. Це може бути досягнуто за допомогою використання теплоізоляційних матеріалів та плівок [35].

Утеплення стін та даху теплиці є одним із способів зменшення втрат тепла через конвекцію та теплопередачу. Використання додаткового шару утеплювача може значно підвищити теплоізоляцію та зменшити втрати тепла через них.

Популярними матеріалами для утеплення стін та даху теплиці є пінопласт, мінеральна вата, плити полістиролу тощо [36]. Наприклад, застосування плит пінопласту на стінах теплиці може значно покращити теплоізоляцію та зменшити втрати тепла через них.

Приклад утепленої теплиці зображено на рисунку 1.20.



Рисунок 1.20 – Утеплена теплиця [37]

Для збереження тепла і зниження втрат енергії в теплиці може бути використана спеціальна теплоізоляційна плівка. Така плівка має властивості відбивати тепло назад у теплицю, що допомагає зберегти тепло [38].

Деякі теплоізоляційні плівки також можуть мати світлофільтруючі властивості, які дозволяють зменшити надмірне сонячне випромінювання. Це може бути корисним для попередження перегріву у теплиці. Приклад зеленої теплоізоляційної плівки зображено на рисунку 1.21.



Рисунок 1.21 – Теплиця з теплоізоляційною плівкою [39]

### 1.7 Використання вуглекислого газу для додаткового збагачення повітря

Вирощування рослин у теплицях стає все більш сучасним, а використання вуглекислого газу ( $\text{CO}_2$ ) для збагачення повітря є важливим аспектом цього процесу.  $\text{CO}_2$  є ключовим елементом для фотосинтезу рослин, і правильне його забезпечення може значно підвищити врожайність та якість продукції [40].

Для збагачення повітря можуть використовуватись спеціальні балони або баки з вуглекислим газом. Це простий метод, при якому  $\text{CO}_2$  подається у теплицю за допомогою балонів або баків з рідким або стиснутим  $\text{CO}_2$ . Такий підхід дозволяє ефективно забезпечити рослини необхідними ресурсами для їх зростання та розвитку [41]. Приклад такого балону зображено на рисунку 1.22.



Рисунок 1.22 – Балон з вуглекислим газом біля теплиці [42]

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

У теплицях для збагачення  $\text{CO}_2$  можуть використовуватися різні типи генераторів, які виробляють його хімічним або біологічним шляхом [43]. Для забезпечення оптимального рівня  $\text{CO}_2$  в теплиці системи керування автоматично відстежують його рівень та регулюють подачу відповідно до потреб рослин і параметрів середовища. Це здійснюється за допомогою датчиків  $\text{CO}_2$ , які вимірюють рівень газу, та контрольованого випуску  $\text{CO}_2$  шляхом автоматичного відкривання або закривання клапанів. Такий підхід дозволяє забезпечити рослини необхідною кількістю  $\text{CO}_2$  для їхнього зростання та розвитку, оптимізуючи використання ресурсів у теплиці [45]. На рисунку 1.24 зображено приклад контролера  $\text{CO}_2$ . Схему роботи такого генератора та подачі газу зображено на рисунку 1.23.

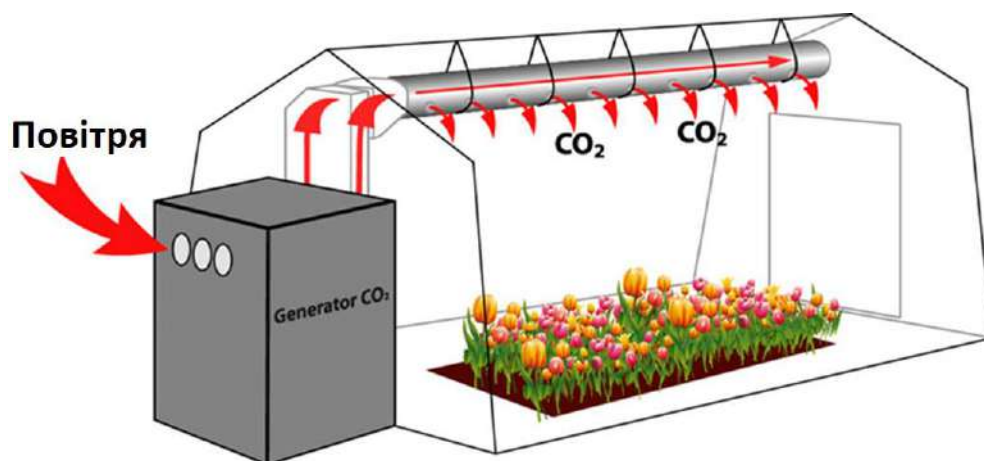


Рисунок 1.23 – Схема роботи генератора  $\text{CO}_2$  [44]



Рисунок 1.24 – Контролер  $\text{CO}_2$  [46]

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Підвищення рівня CO<sub>2</sub> у теплиці дає можливість підвищувати швидкість фотосинтезу та зростання рослин, що в результаті може призвести до збільшення врожайності та якості продукції. Оптимальний рівень CO<sub>2</sub> зазвичай коливається в діапазоні від 800 до 1200 часток на мільйон (ppm), враховуючи специфіку культури та її потреби [47].

## 1.8 Висновки

У першому розділі роботи було проведено аналіз основних методів догляду за параметрами теплиці. Було розглянуто такі системи, як вентиляційні, опалювальні, затінювальні, поливні, охолоджувальні та зволожувальні.

Вентиляційні системи забезпечують обмін повітря, що запобігає перегріву рослин. Опалювальні системи забезпечують стабільну температуру в холодні періоди року, що зберігає їх ріст та розвиток. Затінювальні системи використовуються для регулювання інтенсивності світла, запобігає перегріву та забезпечує рівномірний розподіл світла. Поливні системи автоматизують процес зволоження ґрунту, що забезпечує рівномірний розподіл води для рослин. Охолоджувальні системи знижують температуру в теплиці в спекотні дні, що запобігає перегріву рослин. Зволожувальні системи підтримують оптимальний рівень вологості повітря, що є важливим для здорового розвитку рослин. Використання теплоізоляційних матеріалів дозволяє зменшити енергозатрати на опалення та охолодження теплиці. Введення вуглекислого газу у повітря теплиці сприяє покращенню процесу фотосинтезу, що покращує ріст та розвиток рослин.

Тому, розроблення програмно-апаратних засобів для керування параметрами мікроклімату теплиці дозволить автоматизувати процеси моніторингу та регулювання мікроклімату, підвищуючи ефективність вирощування рослин і знижуючи затрати на енергоресурси. Таким чином, впровадження сучасних цифрових технологій у сферу тепличного господарства є актуальним завданням у сфері розвитку сучасних цифрових технологій вирощування рослин.

					КВРКІ.200114.20.01.13 ПЗ	Арк. 23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 ПРОЄКТУВАННЯ АРХІТЕКТУРИ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО ЗАСОБУ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ПАРАМЕТРАМИ МІКРОКЛІМАТУ ТЕПЛИЦІ

2.1 Аналіз необхідних та доступних апаратних рішень для реалізації даного проєкту

В попередньому розділі були розглянуті варіанти для великих та промислових теплиць. Для реалізації макету програмно-апаратного засобу керування параметрами мікроклімату теплиці буде використано малу теплицю для кімнатних рослин, з метою вивчення методів, алгоритмів і пристроїв контролю мікроклімату. На початковому етапі проєктування архітектури програмно-апаратного засобу необхідно обрати мікроконтролер для керування усіма датчиками і актуаторами. Далі потрібно обрати датчики які будуть збирати необхідну інформацію з мікроклімату теплиці та надсилати їх мікроконтролеру для подальшої обробки, а також актуатори, які будуть безпосередньо здійснювати вплив на мікроклімат. Знадобляться такі датчики як: датчик температури та вологості повітря, датчик температури ґрунту, датчик вологості ґрунту та датчик освітленості. Також знадобляться такі актуатори: LED фіто-стрічка, водяна помпа, LCD дисплей, елемент Пельтьє, серводвигун та ультразвуковий керамічний зволожувач повітря. Мікроконтролер буде збирати всю інформацію з датчиків та згідно програмного коду при потребі вмикати освітлювач при недостатньому освітленні, вмикати водяну помпу для поливу рослин при недостатній вологості ґрунту, вмикати елемент Пельтьє для обігріву ґрунту якщо температура занадто низька, вмикати серводвигун для відкриття кватирки в теплиці для циркуляції повітря та зниження температури повітря якщо вона занадто висока та вмикати зволожувач повітря якщо вологість занижка. Також деякі дані з датчиків можуть бути відображені на LCD-дисплеї який буде встановлений ззовні теплиці. Усі актуатори керуються автоматично, але щоб перелаштувати теплицю під потреби іншої рослини, потрібно змінити цільові параметри мікроклімату в програмі. На

					КвРКІ.200114.20.01.13 ПЗ	Арк. 24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рисунку 2.1 зображено загальну схему засобу для керування параметрами мікроклімату теплиці.

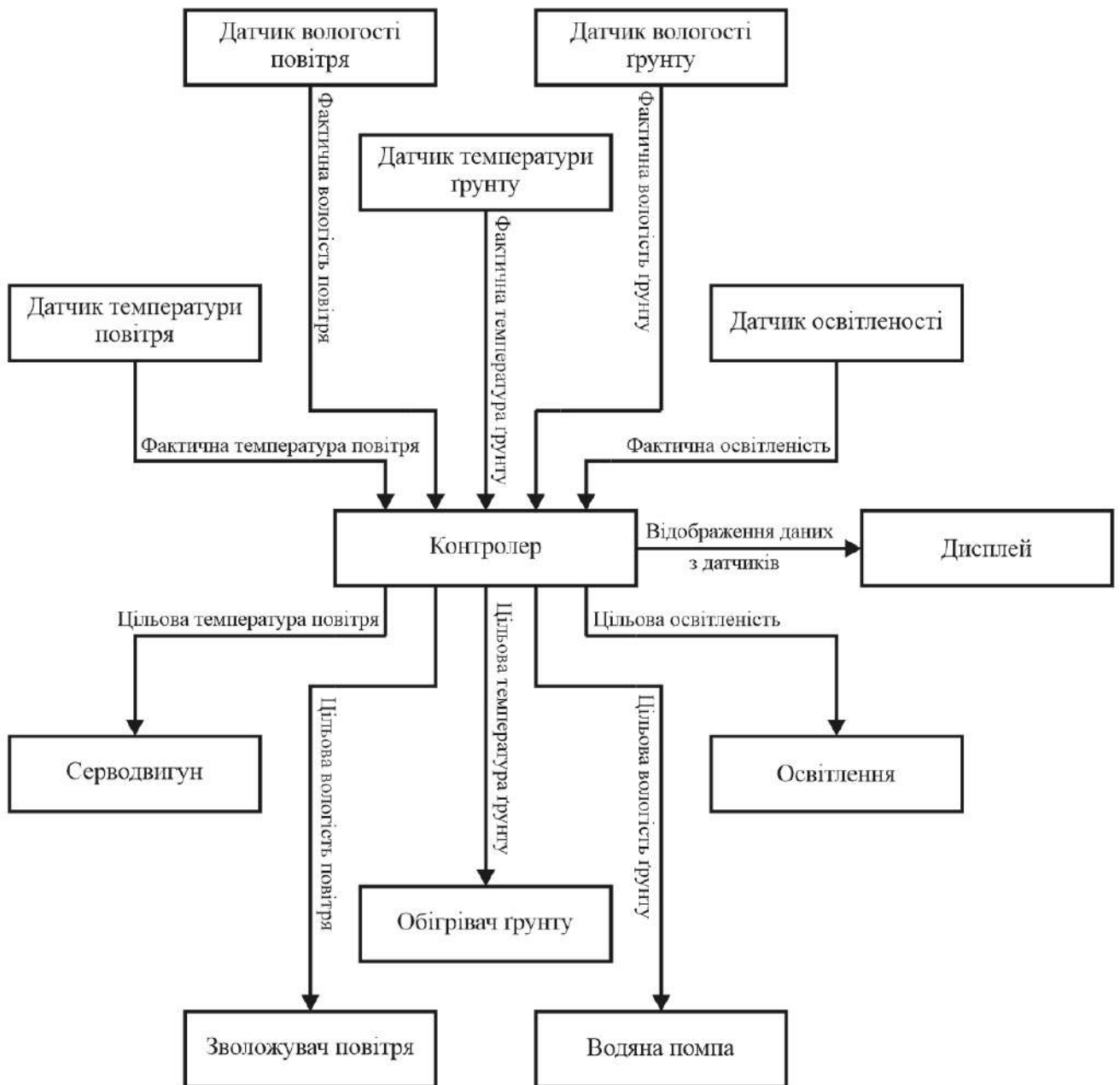


Рисунок 2.1 – Загальна схема засобу для керування параметрами мікроклімату теплиці

## 2.2 Arduino UNO R3

Arduino Uno R3 – це мікроконтролерна плата з відкритим кодом, що базується на мікроконтролері (MCU) Microchip ATmega328P, розроблена компанією

Arduino.cc. Плата мікроконтролера оснащена наборами цифрових і аналогових портів вводу/виводу, які можуть бути підключені до різних плат розширення та інших мікросхем. Програмується за допомогою Arduino IDE (інтегроване середовище розробки) через USB-кабель типу В. Живлення може здійснюватися від USB-кабелю або від роз'єму, що приймає напругу від 7 до 20 вольт, наприклад, від прямокутної 9-вольтової батарейки. Обсяг флеш-пам'яті ATmega328 становить 32 КБ (з яких 0.5 КБ використовуються завантажувачем). Мікроконтролер також має 2 КБ пам'яті SRAM і 1 КБ EEPROM (з якої можна зчитувати або записувати інформацію за допомогою бібліотеки EEPROM). Хоча Arduino UNO R3 обмінюється даними за оригінальним протоколом STK500, він відрізняється від усіх попередніх плат тим, що не використовує послідовний чіп FTDI USB-to-UART. Замість нього використовується Atmega16U2 (Atmega8U2 до версії R2), запрограмований як перетворювач USB в послідовний інтерфейс. Вигляд цієї плати зображено на рисунку 2.2.



Рисунок 2.2 – Плата Arduino UNO R3

Плата має 14 цифрових входів/виходів (з них 6 можуть використовуватися в якості ШІМ-виходів), 6 аналогових входів, кварцовий резонатор на 16 МГц, роз'єм USB, роз'єм живлення, роз'єм для програмування всередині схеми (ICSP) і кнопка скидання. З використанням певних функцій кожен з 14 цифрових виводів може

					КВРКІ.200114.20.01.13 ПЗ	Арк. 26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

працювати в якості входу або виходу. Рівень напруги на виводах обмежений 5 В. Максимальний струм, який може віддавати або споживати один вивід, становить 40 мА. Всі виводи пов'язані з внутрішніми підтягуючими резисторами номіналом 20-50 кОм. Також деякі виходи на платі можуть виконувати такі функції:

- виводи 0 (RX) і 1 (TX) використовуються для отримання і передачі даних по послідовному інтерфейсу. Вони з'єднані з відповідними виводами мікросхеми ATmega8U2, яка виконує роль перетворювача USB-UART;

- виводи 2 і 3 можуть служити джерелами переривань, що виникають при фронті, спаді або при низькому рівні сигналу на цих виводах;

- ШІМ виводи 3, 5, 6, 9, 10 і 11 за допомогою певної функції можуть виводити 8-бітові аналогові значення в вигляді ШІМ-сигналу;

- виводи 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK) із застосуванням бібліотеки SPI дані виводи можуть здійснювати зв'язок по інтерфейсу SPI;

- світлодіод приєднаний до виводу 13. При відправці значення HIGH світлодіод включається, при відправці LOW — вимикається.

Також плата ще має 6 аналогових входів (A0 — A5), кожен з яких може уявити аналогову напругу у вигляді 10-бітного числа (1024 різних значення). За умовчанням, вимір напруги здійснюється щодо діапазону від 0 до 5 В. Проте, верхню межу цього діапазону можна змінити, використовуючи вивід AREF і певну функцію. Як і цифрові, аналогові виходи також можуть виконувати інші функції:

- вивід A4 (SDA) і вивід A5 (SCL) з використанням бібліотеки Wire дані виводи можуть здійснювати зв'язок по інтерфейсу TWI.

Також плата містить ще 2 порти, AREF та Reset:

- AREF – Опорна напруга для аналогових входів. Для її роботи також має бути задіяна певна функція;

- Reset – Формування низького рівня (LOW) на цьому виводі призведе до перезавантаження мікроконтролера. Зазвичай цей вивід служить для функціонування кнопки скидання на платах розширення.

На рисунку 2.3 зображено всі входи/виходи плати Arduino UNO R3.

					КВРКІ.200114.20.01.13 ПЗ	Арк. 27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

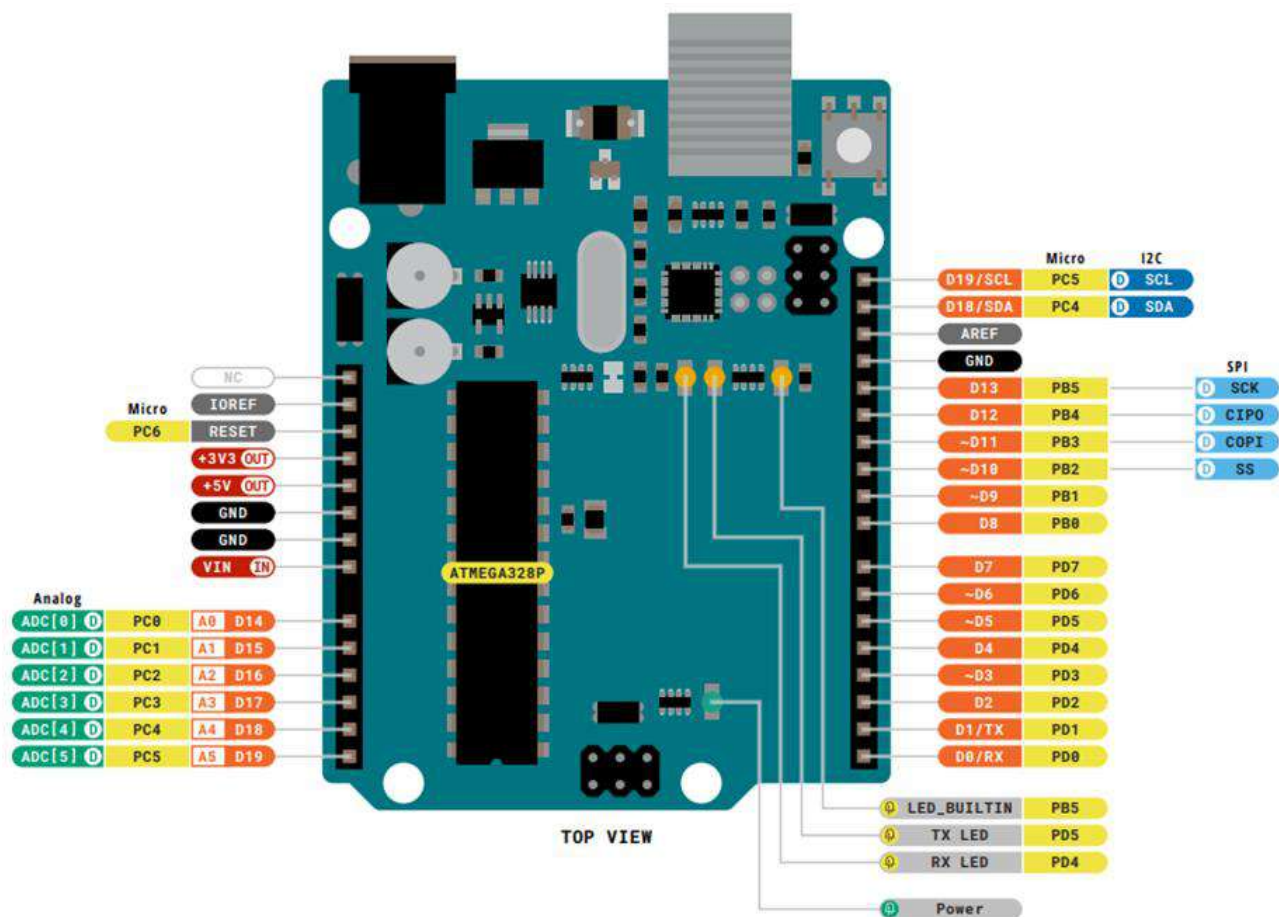


Рисунок 2.3 – Входи/виходи на платі Arduino UNO R3 [48]

## 2.3 Датчик температури та вологості повітря

В якості датчика температури та вологості повітря було обрано цифровий датчик DHT22 (рисунок 2.4).



Рисунок 2.4 – Цифровий датчик DHT22 [49]

Саме цю модель було обрано, оскільки вона одна із найновіших, максимально проста у використанні і містить одразу 2 датчики, температури та вологості повітря, тому не потрібно купляти 2 різних датчики. Ця модель має 4 контакти, але тільки 3 із них використовуються, четвертий ніяк не використовується, він зарезервований для майбутніх змін, схему зображено на рисунку 2.5.

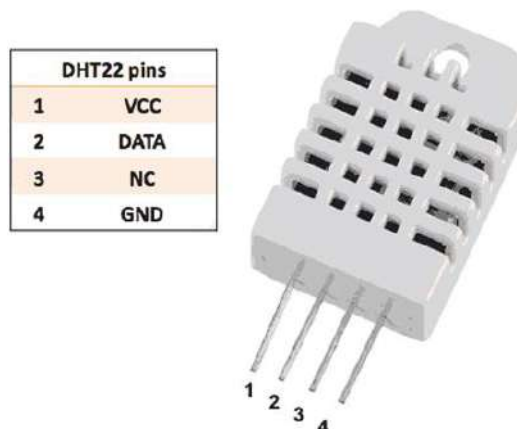


Рисунок 2.5 – Схема датчика DHT22 [50]

Було використано саме датчик DHT22 з модулем для зручного підключення без додаткового використання резисторів. Робоча напруга датчика складає від 3.3В до 5.5В, роздільна здатність виміру температури повітря 0.1°C, точність вимірювання  $\pm 0.5^\circ\text{C}$ , а вимірюваний діапазон від  $-40^\circ\text{C}$  до  $80^\circ\text{C}$ , роздільна здатність виміру вологості повітря 0.1% RH, точність вимірювання  $\pm 2\%$  RH (при  $25^\circ\text{C}$ ), вимірюваний діапазон від 0% RH до 99.9% RH. Також модуль обладнаний світлодіодом для відображення того, що на модуль подається живлення. Модуль з датчиком зображено на рисунку 2.6.

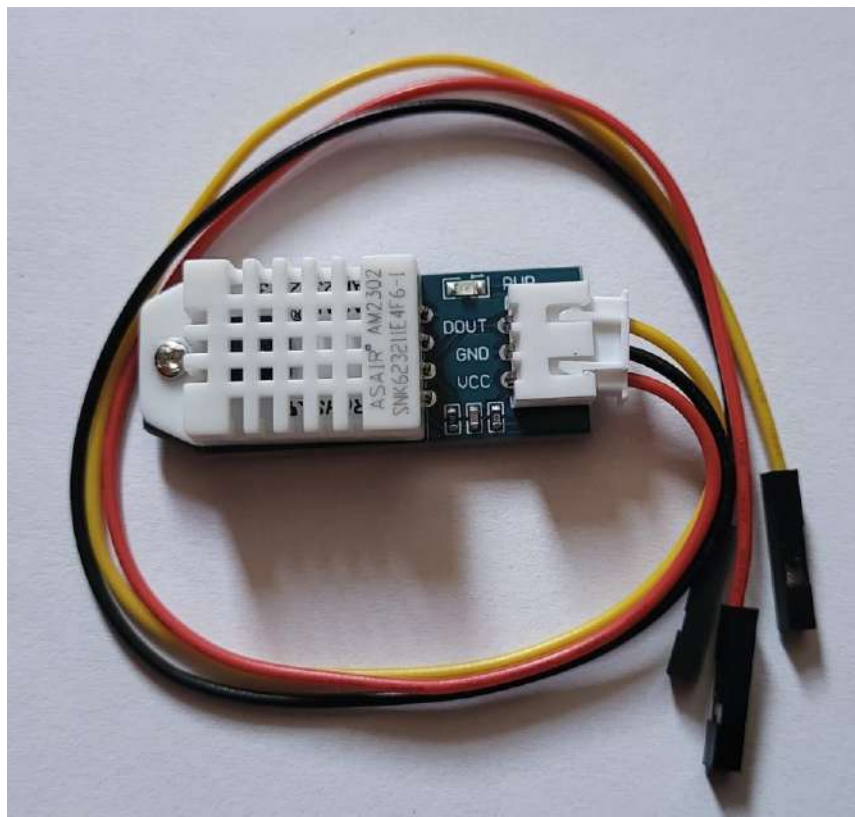


Рисунок 2.6 – Датчик DHT22 з модулем

## 2.4 Датчик температури ґрунту

В якості датчика температури ґрунту було обрано модель DS18B20, а саме герметичний з модулем щоб не використовувати додаткових резисторів та інших пристроїв (рисунок 2.7).

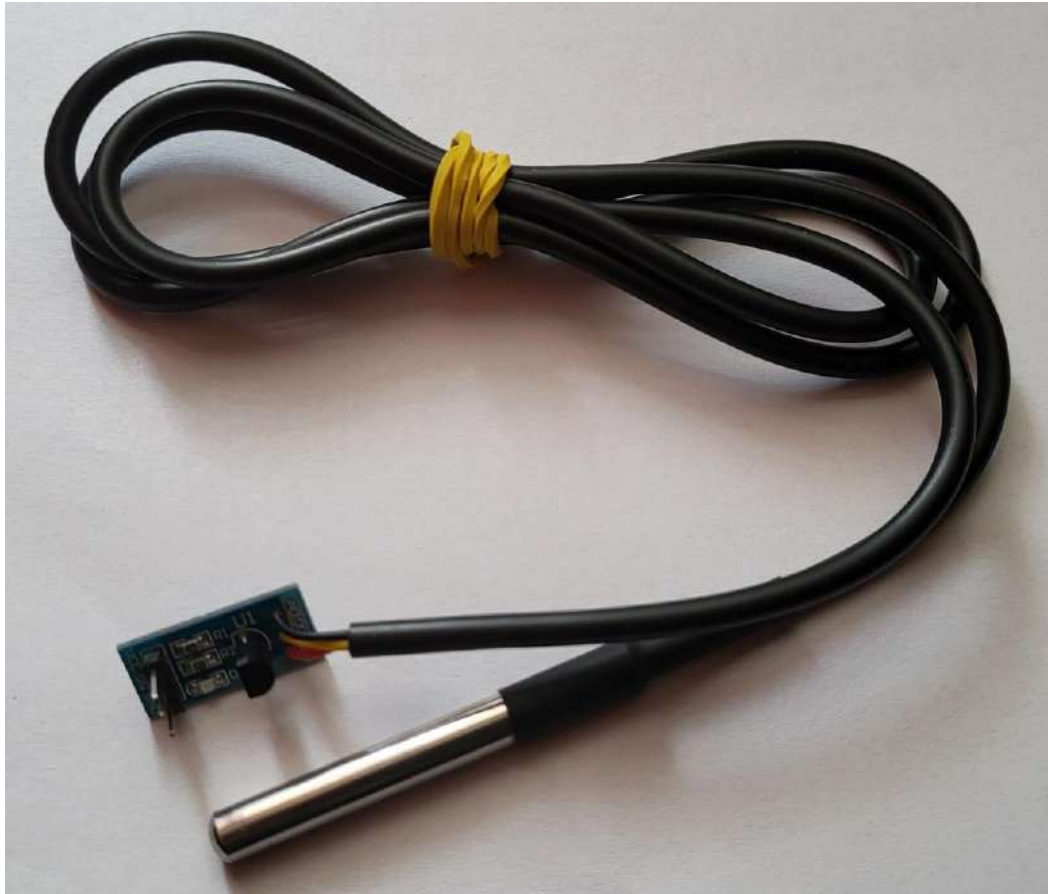


Рисунок 2.7 – Герметичний датчик температури ґрунту з модулем

Ступінь захисту герметичного датчика – IP67, тобто він повністю захищений від пилу та занурення в воду на глибину до 1м. Робоча напруга датчика від 3В до 5.5В, роздільна здатність виміру температури ґрунту 0.1°C, точність вимірювання  $\pm 0.5^\circ\text{C}$ , а вимірюваний діапазон від  $-55^\circ\text{C}$  до  $125^\circ\text{C}$ . Він також доволі простий у використанні, достатньо підключити його до модуля, а модуль до мікроконтролерної плати. Сам датчик в герметичному циліндрі потрібно занурити

					КвРКІ.200114.20.01.13 ПЗ	Арк. 31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Також розробник рекомендує не занурювати цей датчик занадто глибоко у ґрунт (приклад зображено на рисунку 2.10), та надає схему підключення датчика до плати (рисунок 2.11).

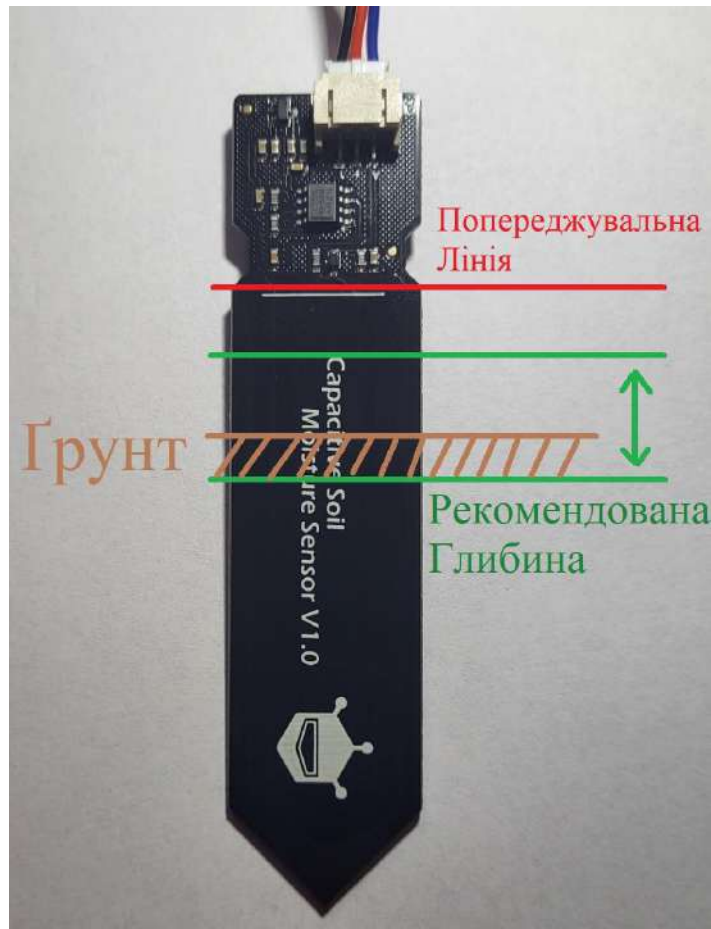


Рисунок 2.10 – Приклад занурення датчика у ґрунт

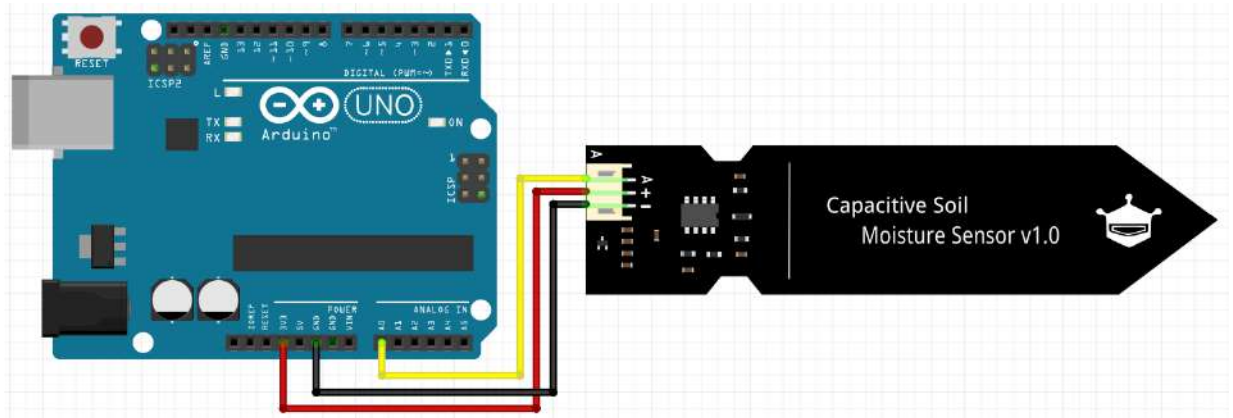


Рисунок 2.11 – Схема підключення датчика до плати Arduino UNO R3

## 2.6 Датчик освітленості

В якості датчика освітленості було обрано модуль GY-30 на базі датчика BH1750FVI, він також невеликий і його функціоналу достатньо для маленької теплиці. Робоча напруга датчика від 3В до 5В, робочий струм 0.12мА. Діапазон вимірювань датчика дорівнює від 0 до 65535 Люкс. Модуль датчика освітленості зображено на рисунку 2.12.

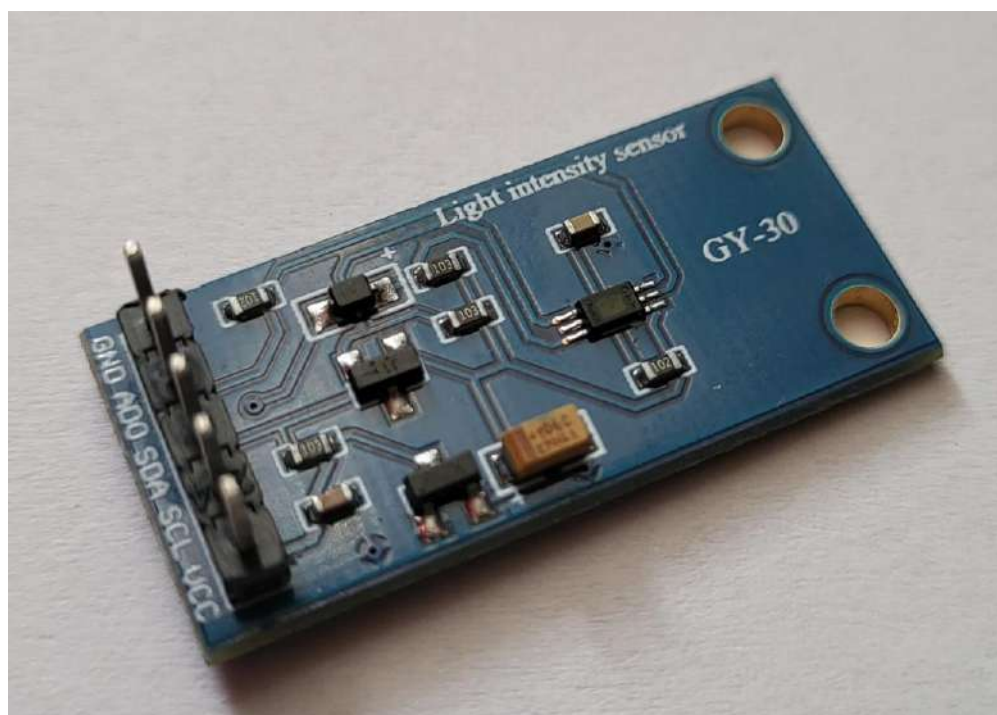


Рисунок 2.12 – Модуль датчика освітленості

## 2.7 LED фіто-стрічка

В якості освітлення рослин в теплиці було обрано звичайну ультрафіолетову світлодіодну (LED) фіто-стрічку, її освітлення буде достатньо при недостатньому природному освітленні. Назва моделі такої стрічки UV SMD5050 IP20, IP20 – означає, що у стрічки є захист від різних частинок розміром більше 12.5мм. Світлодіодну стрічку зображено на рисунку 2.13 та 2.14.

					КвРКІ.200114.20.01.13 ПЗ	Арк. 34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.13 – LED фіто-стрічка



Рисунок 2.14 – Робота LED фіто-стрічки

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КВРКІ.200114.20.01.13 ПЗ

Арк.  
35



Робоча напруга помпи від 3В до 4.5В, робочий струм 100мА. Швидкість потоку води 80 л/год при 3В і 100 л/год при 4.5В. Для підключення помпи до плати, знадобляться такі елементи як реле та конденсатор. На рисунку 2.17 зображено використану схему підключення помпи до плати.

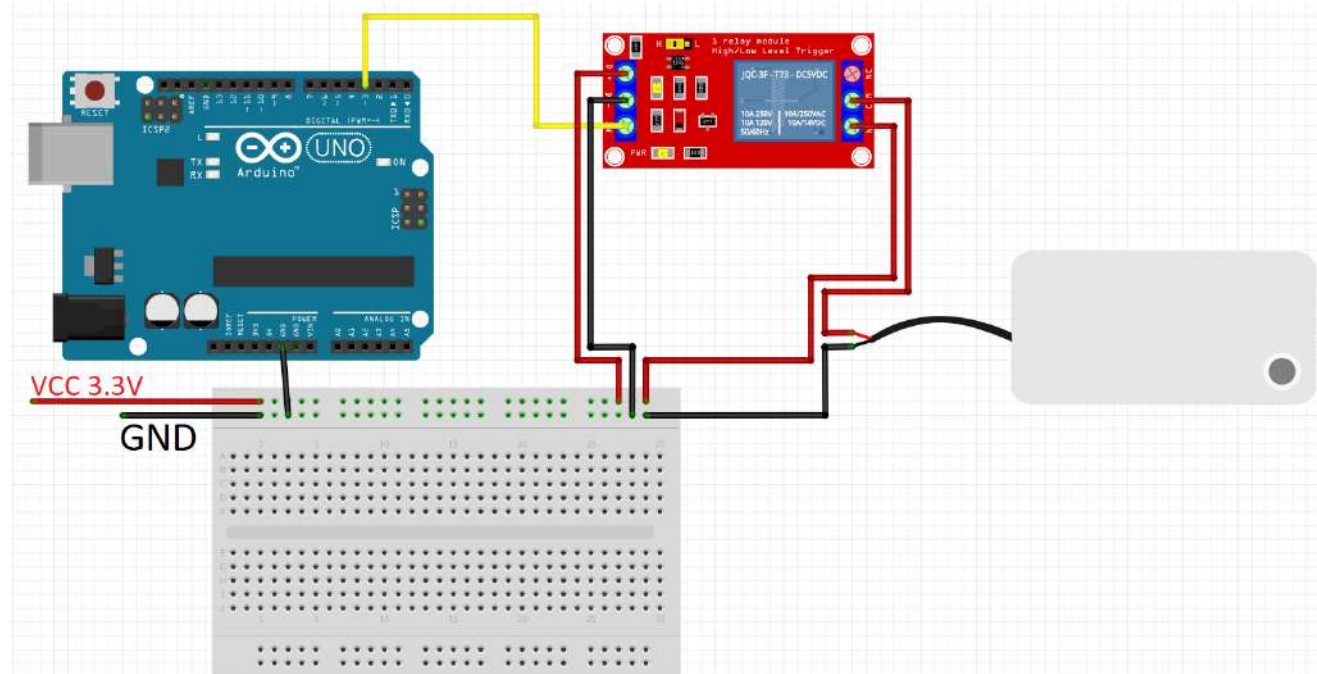


Рисунок 2.17 – Схема підключення помпи до плати до плати Arduino UNO R3

## 2.9 LCD дисплей

В якості способу для виводу даних було обрано дисплей. Для обраної у проєкті кількості параметрів мікроклімату великого дисплею не потрібно, достатньо маленького з моделлю LCD 1602 I2C, I2C потрібен щоб не використовувати занадто багато контактів плати Arduino. Дисплей зображено на рисунку 2.18.

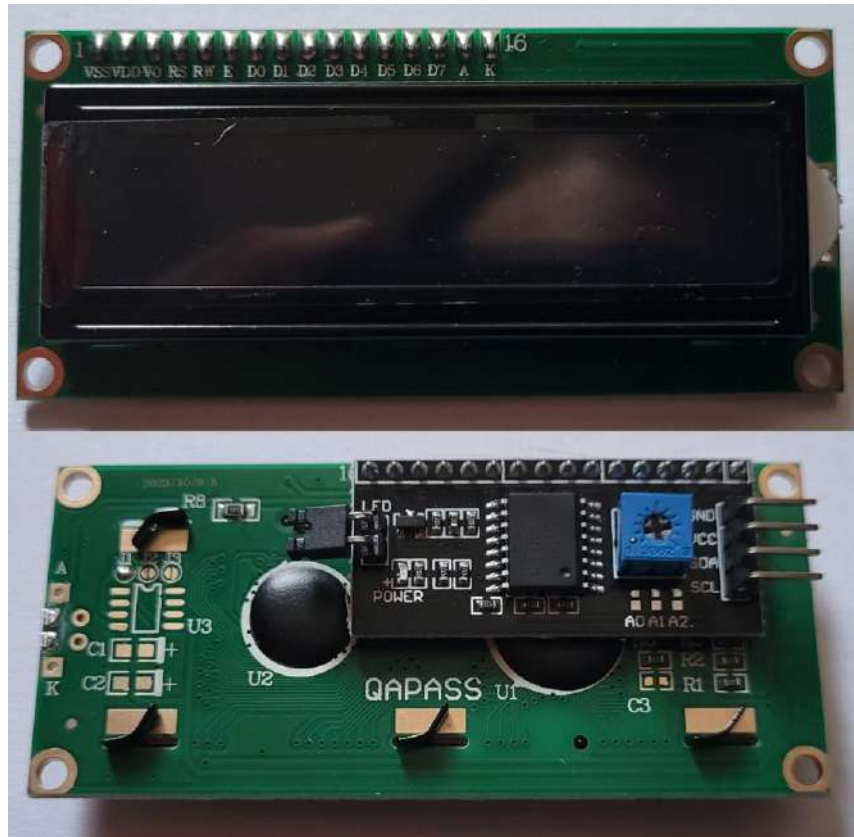


Рисунок 2.18 – LCD дисплей

Робоча напруга дисплея 5В. Підсвітка блакитна, колір символів білий, формат дисплея 16x2, тобто 2 стрічки по 16 символів, розмір точки символів 0.5x0.5мм. Приклад підключення LCD дисплея з I2C до плати Arduino зображено на рисунку 2.19.

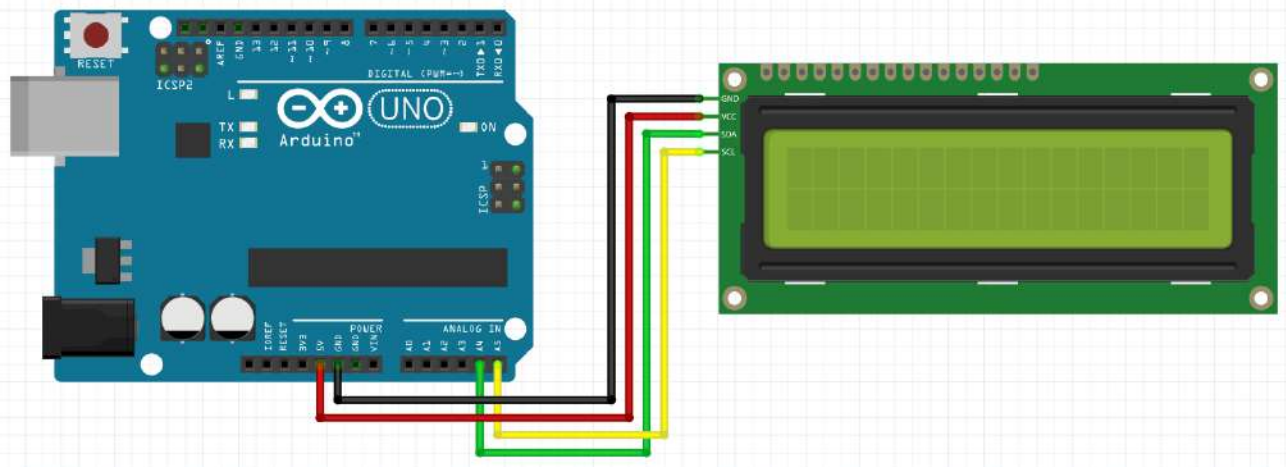


Рисунок 2.19 – Схема підключення LCD дисплея

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

## 2.10 Обігрівач ґрунту

В якості обігрівача ґрунту буде використаний термоелектричний модуль який працює на основі ефекту Пельтьє, а саме модуль TEC1-12706 (рисунок 2.20), він невеликий та дешевий, його ефективності буде достатньо для маленької теплиці. Для рослин, яким необхідний особливо жаркий мікроклімат, можна використати з'єднання декількох таких елементів.

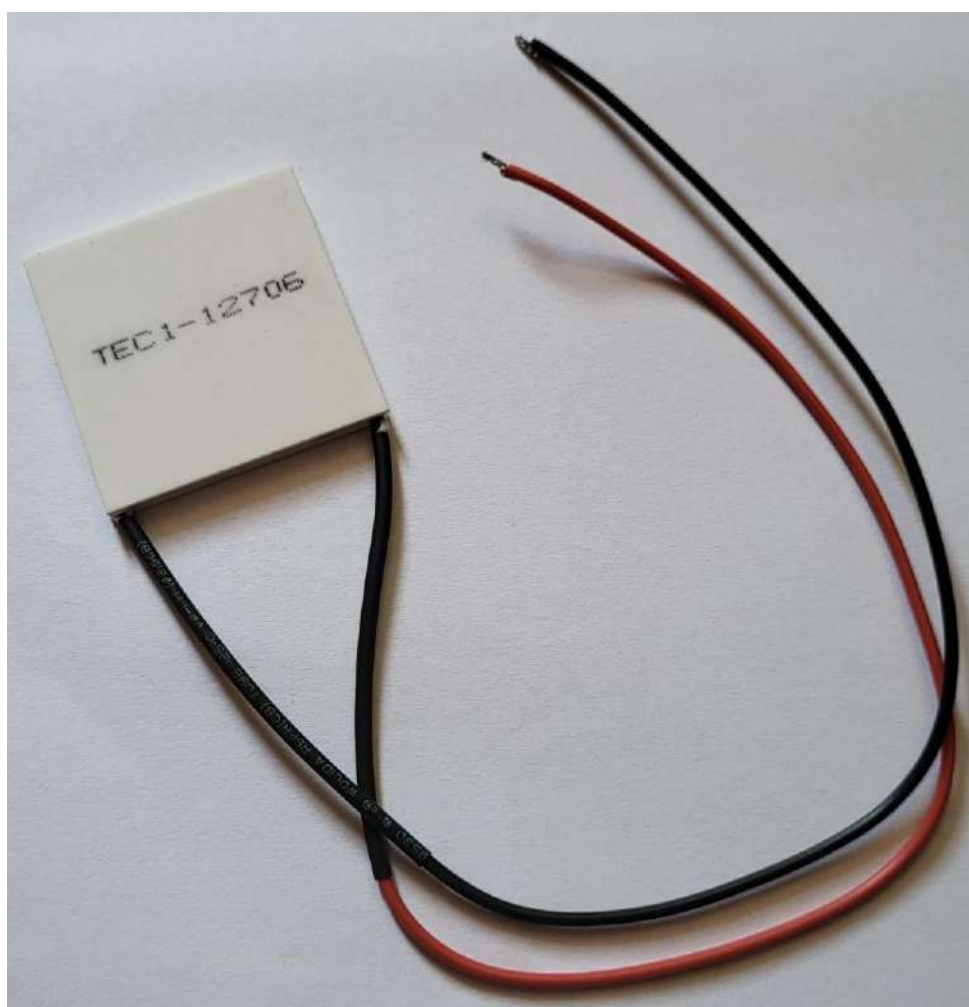


Рисунок 2.20 – Термоелектричний модуль Пельтьє

Для його контролю знадобляться резистори, транзистор та конденсатор. Має всього 2 контакти, землю та живлення. Схему його підключення до плати Arduino зображено на рисунку 2.21.

					КВРКІ.200114.20.01.13 ПЗ	Арк. 39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

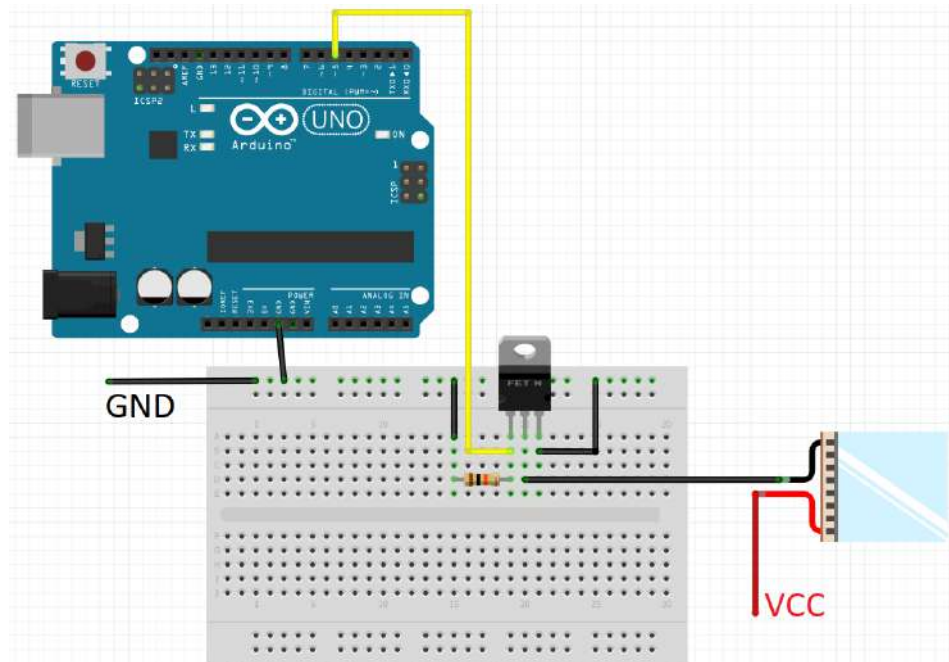


Рисунок 2.21 – Схема підключення елемента Пельтьє до плати Arduino UNO R3

## 2.11 Серводвигун

Для провітрювання та зниження її температури буде використаний серводвигун, адже саме він буде відкривати маленькі квартирки всередині теплиці. Модель Tower Pro 9g SG90 (рисунок 2.22) ідеально підходить для цього. Він дуже зручний за рахунок його малих розмірів та його функціональності.



Рисунок 2.22 – Серводвигун та комплект насадок

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Цей серводвигун може повертати насадки на кут від 0 до 120 градусів, чого цілком достатньо для потреб рослин в теплиці. Робоча напруга серводвигуна від 3.5В до 5В, робочий струм в русі від 50мА до 80мА, робочий струм в утриманні від 5мА до 10мА. Крутний момент 2 кг/см. Також його зручно підключати до плати. Приклад підключення зображено на рисунку 2.23.

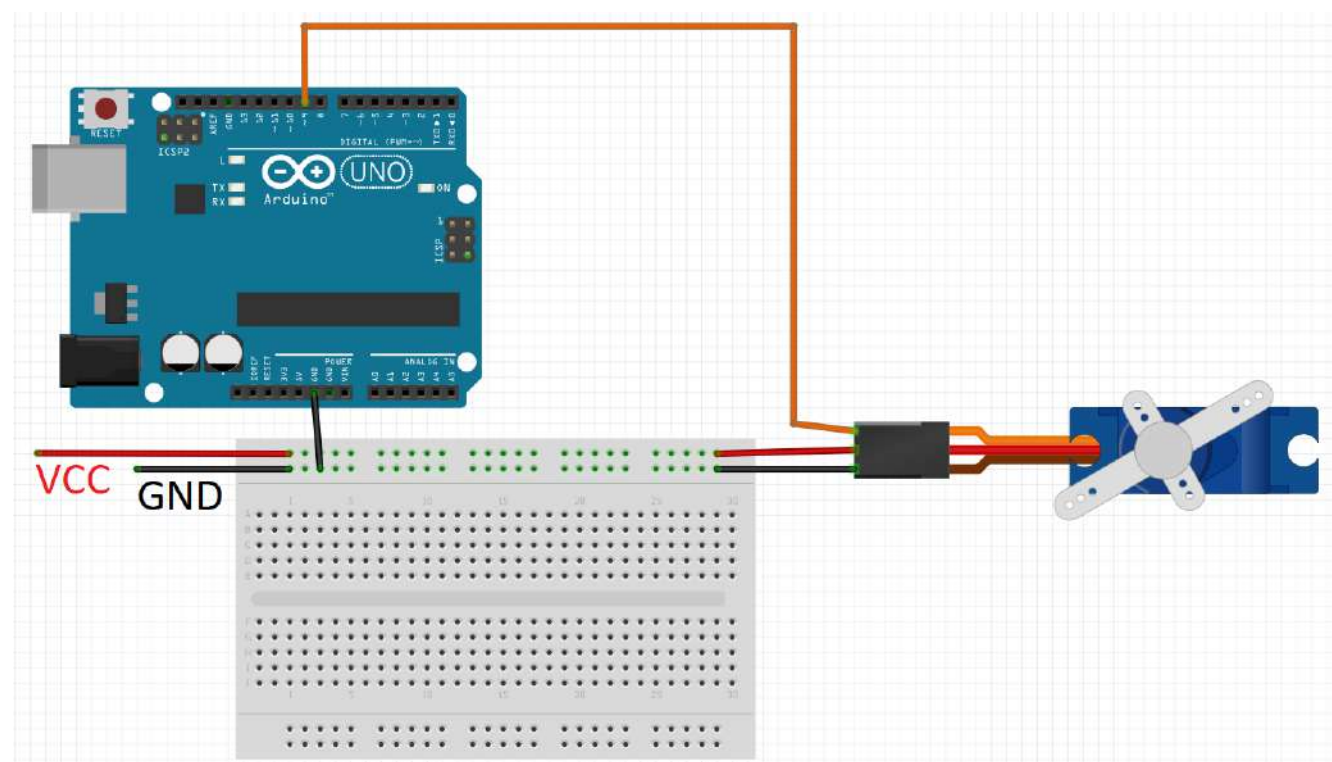


Рисунок 2.23 – Приклад підключення серводвигуна до плати

## 2.12 Зволожувач повітря

Недостатня вологість повітря може негативно впливати на рослини всередині теплиці, тому, для зволоження повітря було обрано модуль з 113КГц п'єзоелектричним диском. Робоча напруга зволожувача повітря 5В. Його зображено на рисунку 2.24.

					КВРКІ.200114.20.01.13 ПЗ	Арк. 41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		





Для підключення усіх датчиків та актуаторів потрібні перемички різного типу, male-male, male-female та female-female. Перемички зображено на рисунку 2.27.

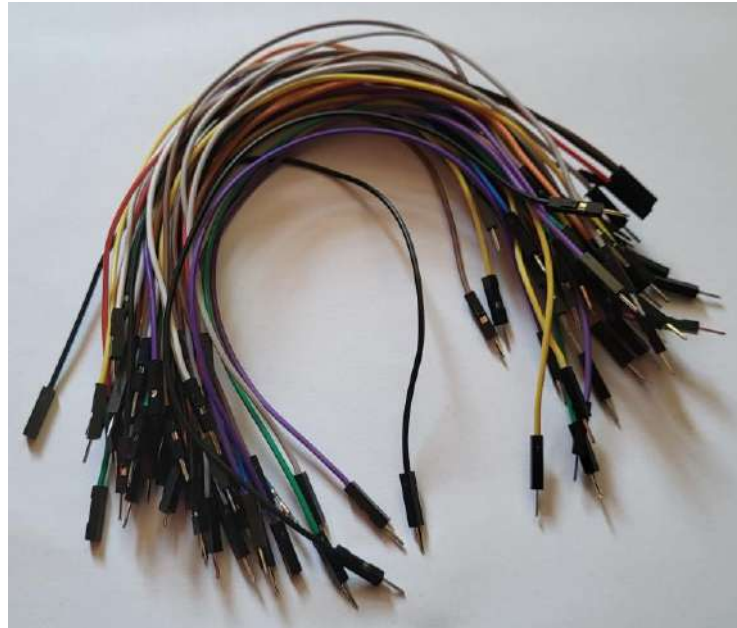


Рисунок 2.27 – Перемички

Також для зручності всіх підключень були використані 2 макетні плати по 400 отворів кожна, одна буде живитись від плати, а інша від зовнішнього блоку живлення, їх зображено на рисунку 2.28.

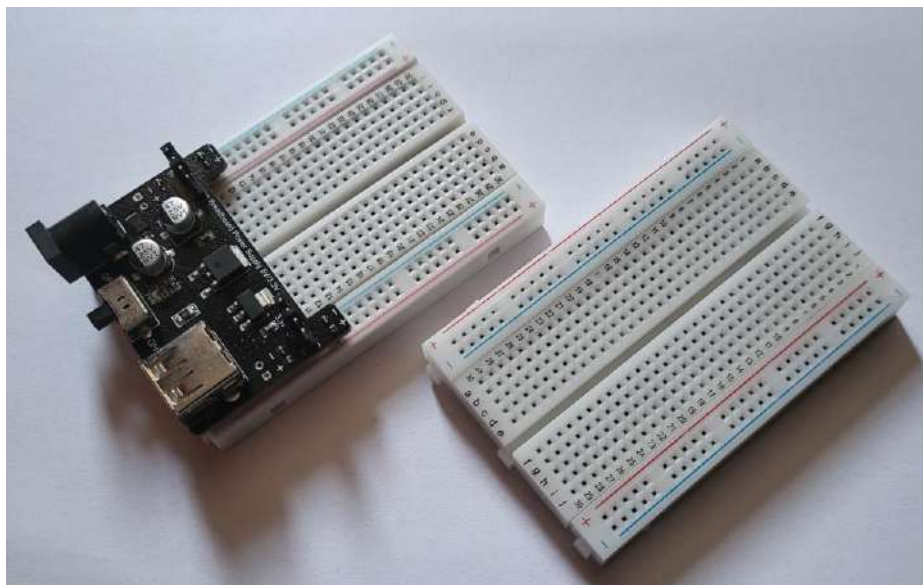


Рисунок 2.28 – Макетні плати

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Оскільки одна макетна плата буде житись від плати Arduino, то на другу подати напругу від зовнішнього блоку живлення. Для цього підійде блок живлення для макетної плати на 2 лінії, 3.3В та 5В 1А. Також він має світлодіод-індикатор який показує чи заживлена плата, його зображено на рисунку 2.29.



Рисунок 2.29 – Блок живлення для макетної плати

Для програмування плати Arduino потрібний кабель USB Type-B. Також окрім програмування плати, цей кабель може її живити, але в такому випадку буде менший максимальний струм. Кабель USB Type-B зображено на рисунку 2.30.



Рисунок 2.30 – Кабель USB Type-B

Для живлення та контролю водяної помпи через плату Arduino потрібне звичайне реле на 5В, його зображено на рисунку 2.31.

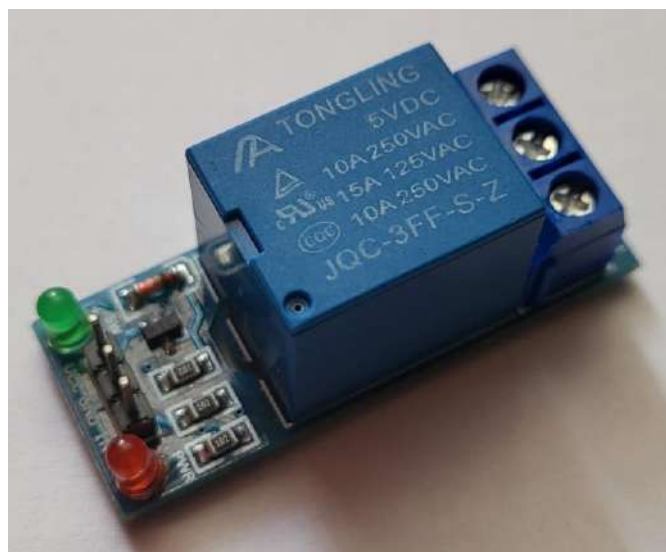


Рисунок 2.31 – Реле для водяної помпи

Керування елементом Пельтьє та LED фіто-стрічки забезпечується за допомогою польових транзисторів типу N. Обрано модель IRLZ34N, вони недорогі та підходять для роботи схеми. Транзистори IRLZ34N зображено на рисунку 2.32.

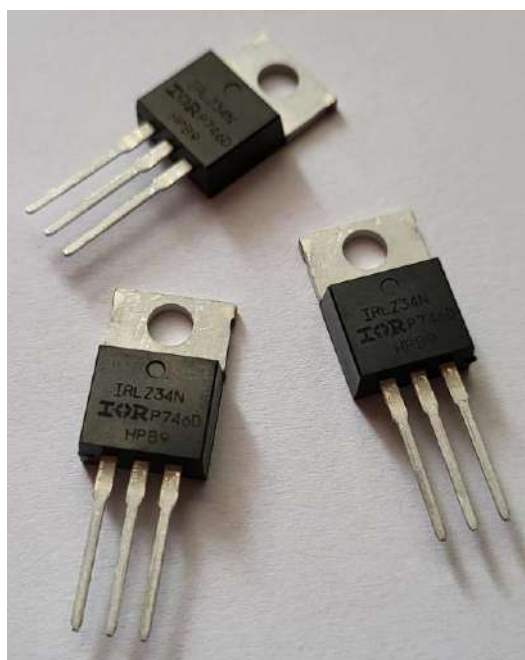


Рисунок 2.32 – Транзистори IRLZ34N

Для стабілізації напруги на схемі було обрано декілька конденсаторів різної ємності. Наприклад, при роботі водяної помпи не буде працювати датчик температури та вологості повітря оскільки буде просадка напруги на схемі, внаслідок цього деякі актуатори будуть отримувати хибні дані та будуть від них спрацьовувати коли це не потрібно. Якщо до водяної помпи паралельно підключити конденсатор, то він буде компенсувати просадку напруги і датчики будуть працювати коректно. Конденсатори зображено на рисунку 2.33.

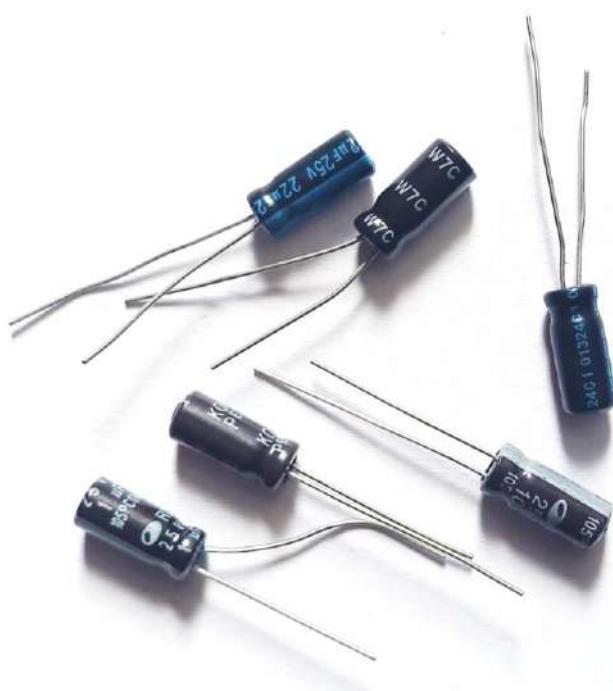


Рисунок 2.33 – Конденсатори різної ємності

Також для захисту та стабільності деяких актуаторів були використані резистори різних опорів. Наприклад, два резистори з опором 10кОм використовуються у схемі з транзисторами та елементом Пельтьє з LED фіто-стрічкою. Резистори зображено на рисунку 2.34.

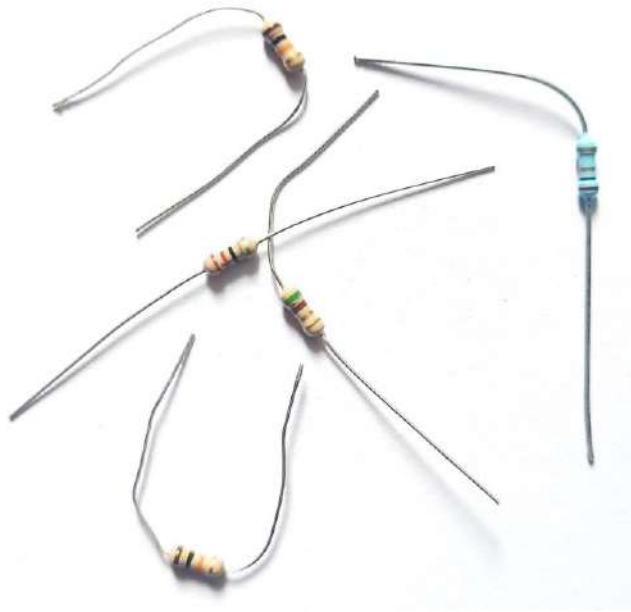


Рисунок 2.34 – Резистори різного опору

Для стабілізації роботи серводвигуна було використано конденсатор та діоди Шотткі, ці діоди використовуються для захисту від зворотної напруги, його зображено на рисунку 2.35.



Рисунок 2.35 – Діод Шотткі

На рисунку 2.36 зображено архітектуру засобу для керування параметрами мікроклімату теплиці яку буде використано для фінального моделювання теплиці.

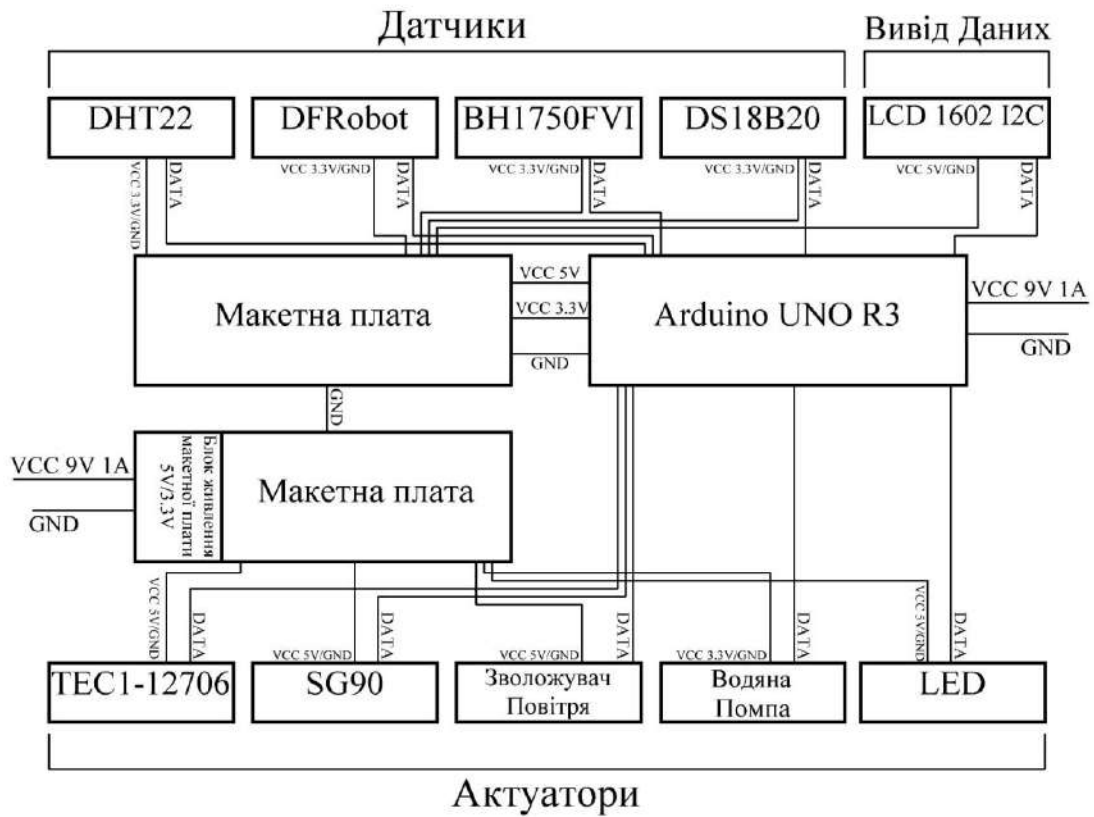


Рисунок 2.36 – Архітектура засобу для керування параметрами мікроклімату теплиці

## 2.14 Математична модель

Математична модель процесу керування мікрокліматом на основі даних про температуру та вологість повітря, температуру та вологість ґрунту і освітленість може бути подана у вигляді виразу (2.1):

$$\{t_p^0, \eta_p, t_r^0, \eta_r, W\} = F [k, H, \gamma, L, P], \quad (2.1)$$

де  $t_p^0$  – фактична температура повітря,

$\eta_p$  – фактична вологість повітря,

$t_r^0$  – фактична температура ґрунту,

$\eta_r$  – фактична вологість ґрунту,

$W$  – фактична освітленість.

$k$  – коефіцієнт заповнення ШІМ-сигналу керування елементом Пельтьє,  
 $H$  – сигнал керування зволожувачем повітря,  
 $\gamma$  – сигнал керування кутом повороту серводвигуна,  
 $L$  – сигнал керування світлодіодною фіто-стрічкою,  
 $P$  – сигнал керування водяною помпою.

Математична модель контролера, який використовує цільові значення параметрів мікроклімату, описується виразом:

$$\{k, H, \gamma, L, P\} = G [t_{\text{п}}^0, \hat{t}_{\text{п}}^0, \eta_{\text{п}}, \hat{\eta}_{\text{п}}, t_{\text{г}}^0, \hat{t}_{\text{г}}^0, \eta_{\text{г}}, \hat{\eta}_{\text{г}}, W, \hat{W}, C ], \quad (2.2)$$

де  $\hat{t}_{\text{п}}^0$  – цільове значення температури повітря.

$\hat{\eta}_{\text{п}}$  – цільове значення вологості повітря.

$\hat{t}_{\text{г}}^0$  – цільове значення температури ґрунту.

$\hat{\eta}_{\text{г}}$  – цільове значення вологості ґрунту.

$\hat{W}$  – цільове значення освітленості.

Процес автоматичного керування полягає в мінімізації відмінності між цільовими значеннями та фактичними значеннями параметрів мікроклімату теплиці. Позначимо вектор керованих параметрів мікроклімату  $g = \{k, H, \gamma, L, P\}$ . Тоді задача керування параметрами мікроклімату теплиці може бути подана у формі виразів (2.3-2.7):

$$\min_g \sum_{i=1}^{N1} \frac{|t_{\text{п}i}^0 - \hat{t}_{\text{п}i}^0|}{\max(\hat{t}_{\text{п}}^0) - \min(\hat{t}_{\text{п}}^0)}, \quad (2.3)$$

$$\min_g \sum_{i=1}^{N2} \frac{|\eta_{\text{п}i} - \hat{\eta}_{\text{п}i}|}{\max(\eta_{\text{п}}) - \min(\eta_{\text{п}})}, \quad (2.4)$$

$$\min_g \sum_{i=1}^{N3} \frac{|t_{ri}^0 - \hat{t}_{ri}^0|}{\max(\hat{t}_r^0) - \min(\hat{t}_r^0)}, \quad (2.5)$$

$$\min_g \sum_{i=1}^{N4} \frac{|\eta_{ri} - \hat{\eta}_{ri}|}{\max(\eta_r) - \min(\eta_r)}, \quad (2.6)$$

$$\min_g \sum_{i=1}^{N5} \frac{|W - \hat{W}|}{\max(\hat{W}) - \min(\hat{W})}, \quad (2.7)$$

Основна процедура автоматичного керування мікрокліматом теплиці:

1. Встановлення початкових значень керуючих параметрів  $g$ .
2. Вимірювання отриманих параметрів мікроклімату  $Y$ .
3. Зміна кожного параметра на деяку малу фіксовану величину (на  $\sim 5\%$ ).
4. Повторне вимірювання  $Y$ .
5. Якщо значення параметра мікроклімату  $Y_k$  відхилилось від свого цільового значення  $\hat{Y}_k$ , то, змінити на таку ж фіксовану малу величину в протилежну сторону якщо  $Y_k$  наблизилось до  $\hat{Y}_k$ , то змінити  $g_k$ , в цю саму сторону на таку саму фіксовану малу величину.
6. Якщо похибка вже досить мала, то припинити змінювати далі керуючий параметр.

## 2.15 Висновки

У другому розділі було побудовано загальну схему системи для керування параметрами мікроклімату теплиці, а також проведено аналіз використаних компонентів для догляду за теплицею. Також розглянуто різноманітні датчики, що включають: датчик температури та вологості повітря, датчик температури ґрунту, датчик вологості ґрунту та датчик освітленості. Ці сенсори є необхідними для

моніторингу стану теплиці, надаючи необхідну інформацію для забезпечення оптимальних умов для рослин.

Крім того, було розглянуто актуальність, переваги та недоліки актуаторів, такі як LED фіто-стрічка, що забезпечує необхідне освітлення для рослин в темну пору доби; зволожувач повітря, який підтримує необхідний рівень вологості; елемент Пельтьє, що використовується для нагрівання ґрунту; серводвигун, який автоматизує відкривання та закривання кватирки для забезпечення вентиляції; водяна помпа для автоматичного поливу; та LCD дисплей, що дозволяє відображати поточні параметри мікроклімату. Ці елементи регулюють температуру, вологість і освітлення відповідно до потреб рослин.

Було також розроблено математичну модель об'єкту керування мікроклімату, яка враховує всі фактори, що відбуваються в теплиці. Додатково створено математичну модель контролера, яка забезпечує ефективне керування системою на основі отриманих даних від датчиків.

Завдяки створеній архітектурі засобу для керування параметрами мікроклімату теплиці, буде створено засіб, який дозволяє повністю автоматизувати догляд за рослинами в теплицях, значно підвищуючи ефективність їх вирощування. Така система дозволить зменшити витрати ресурсів, підвищити врожайність та якості продукції.

					КвРКІ.200114.20.01.13 ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3 РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО ЗАСОБУ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ПАРАМЕТРАМИ МІКРОКЛІМАТУ ТЕПЛИЦІ

#### 3.1 Підготовка до реалізації програмного засобу для керування параметрами мікроклімату теплиці

Для реалізації програмної частини, потрібно завантажити та встановити на комп'ютер інтегроване середовище розробки Arduino IDE з офіційного сайту «<https://www.arduino.cc/en/software>» (рисунок 3.1).

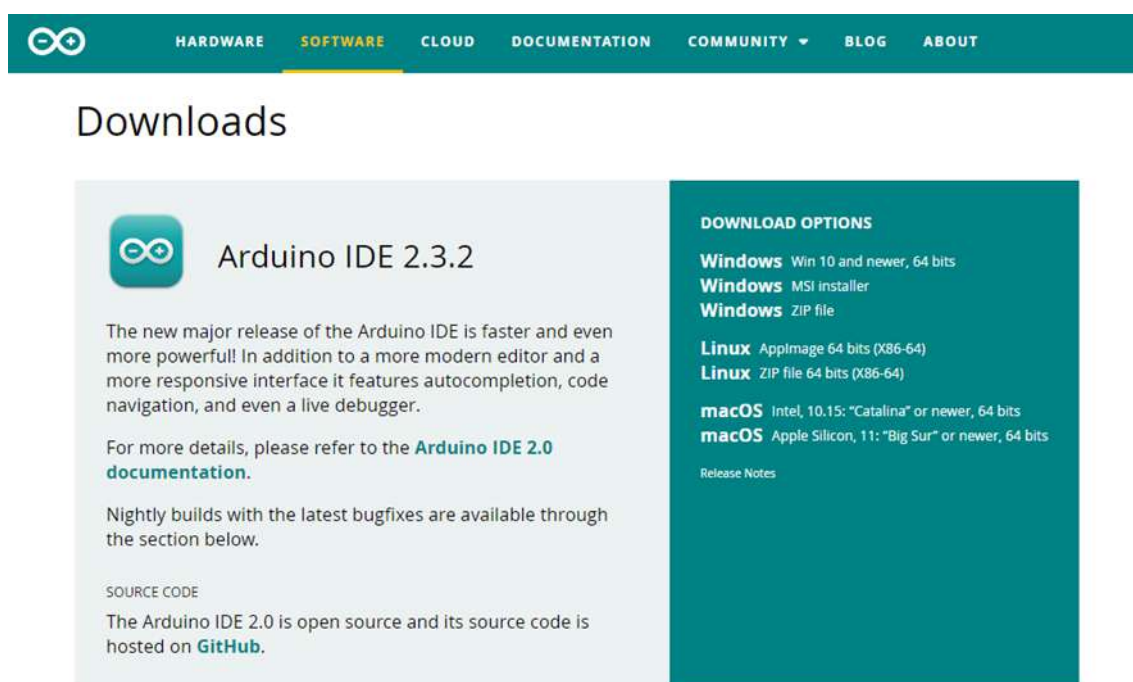


Рисунок 3.1 – Сторінка завантаження з офіційного сайту Arduino

Далі, після запуску середовища розробки буде автоматично створено файл, назва якого складається з «`sketch_дата.ini`». Цей файл містить 2 пусті функції, `setup()` та `loop()` (рисунок 3.2).

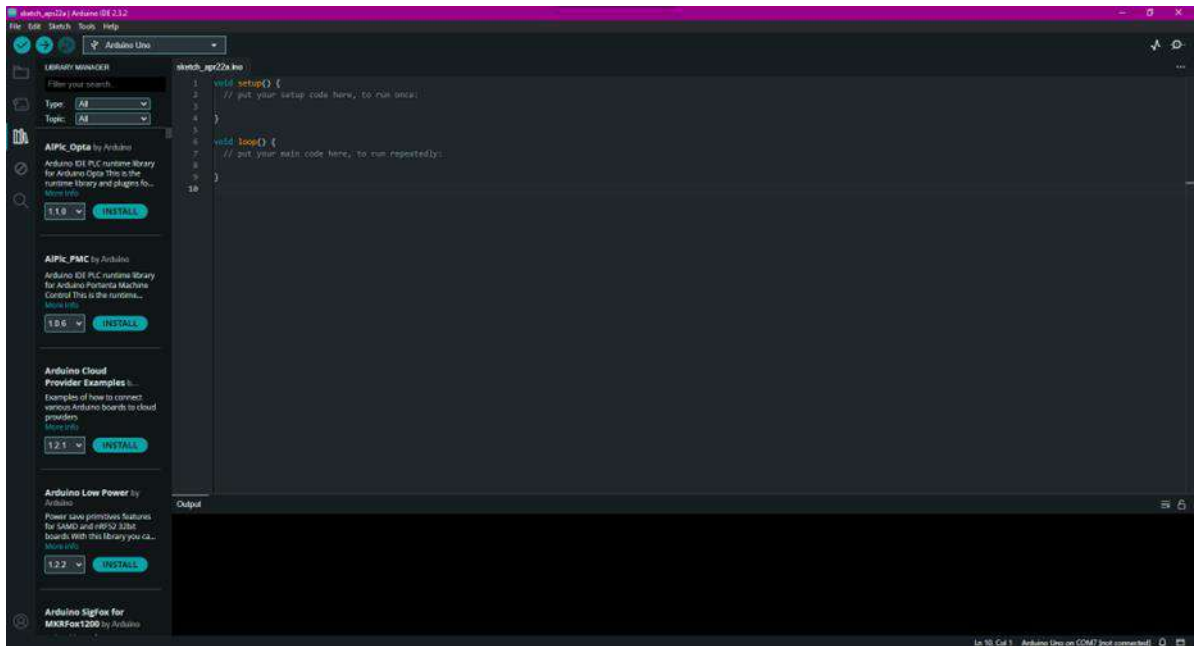


Рисунок 3.2 – Середовище розробки Arduino IDE

Функція `setup()` відповідає за запуск та ініціалізацію підключених до плати пристроїв. Наприклад наступний код відповідає за запуск та ініціалізацію датчика DHT22, LCD дисплея та серводвигуна:

```
void setup()
{
    dht.begin();           //ініціалізація датчика DHT22
    lcd.init();           //ініціалізація LCD дисплея(1)
    lcd.backlight();     //ініціалізація LCD дисплея(2)
    myServo.attach(9);   //встановлення з'єднання з D9-м ШІМ портом
    myServo.write(0);    //встановлення значення повороту в 0 градусів
    delay(2000);        //затримка 2 секунди
}
```

Функція `loop()` – основна програмна частина, вона циклічно буде виконувати заданий код. Наприклад наступний код відповідає за збір даних з датчика DHT22 та вивід даних на LCD дисплей, також на основі даних з датчика будується умова роботи серводвигуна, який буде контролювати температуру всередині теплиці, а саме, якщо температура дорівнює 30°C і більше, то серводвигун встановлює своє

значення в 90 градусів та своїми лопатями відкриє кватирку для провітрювання та пониження температури, а якщо температура нижче 30°C, то встановить значення в 0 градусів, тим самим закривши кватирку. Далі плата чекає 2 секунди та починає все заново:

```
void loop()
{
  h = dht.readHumidity();    //зчитування вологості повітря
  t = dht.readTemperature(); //зчитування температури повітря
  lcd.setCursor(0, 0);      //встановлення курсора на 1 рядок дисплея
  lcd.print("Temperature:");
  lcd.print(t);             //виведення температури повітря
  lcd.print("C");
  lcd.setCursor(0, 1);      //встановлення курсора на 2 рядок дисплея
  lcd.print("Humidity:");
  lcd.print(h);             //виведення вологості повітря
  lcd.print("%");
  if (t >= 30) {            //відкриття кватирки при температурі >=30°C
    myServo.write(110);
    delay(1000);
  } else {                  //інакше закриття кватирки
    myServo.write(10);
  }
  delay(2000);             //затримка 2 секунди
}
```

Також для програмування потрібно підключити плату Arduino UNO R3 до комп'ютера використовуючи порт USB, та обрати відповідний порт із запропонованих (рисунок 3.3).



### 3.2 Програмування контролю параметрів повітря.

Для контролю температури повітря всередині теплиці знадобиться датчик DHT22 та серводвигун. А для контролю вологості повітря буде використаний ультразвуковий туманогенератор на базі п'єзоелектричного диска. Також буде використаний дисплей для відображення поточної температури та вологості повітря.

Для початку потрібно встановити бібліотеки для цих пристроїв, таблиця 3.1.

Таблиця 3.1 – Необхідні бібліотеки для контролю параметрів повітря

Пристрій	Бібліотека
Дисплей LCD 1602 I2C	LiquidCrystal I2C by Frank de Brabander
Серводвигун SG90	Servo by Michael Margolis, Arduino
Датчик DHT22	DHT sensor library by Adafruit
	Adafruit Unified Sensor by Adafruit

Для встановлення бібліотек слід відкрити вікно з бібліотеками у лівій частині програми та ввести потрібну бібліотеку у вікні пошуку (рисунок 3.5).

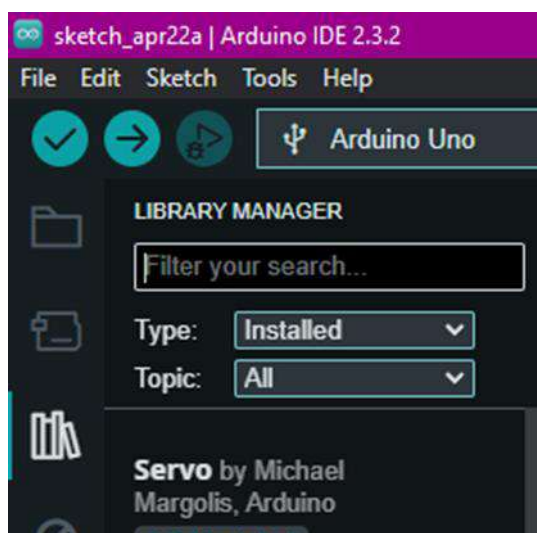


Рисунок 3.5 – Вікно пошуку та встановлення бібліотек

Далі наведено вже встановлені відповідні бібліотеки (рисунок 3.6):

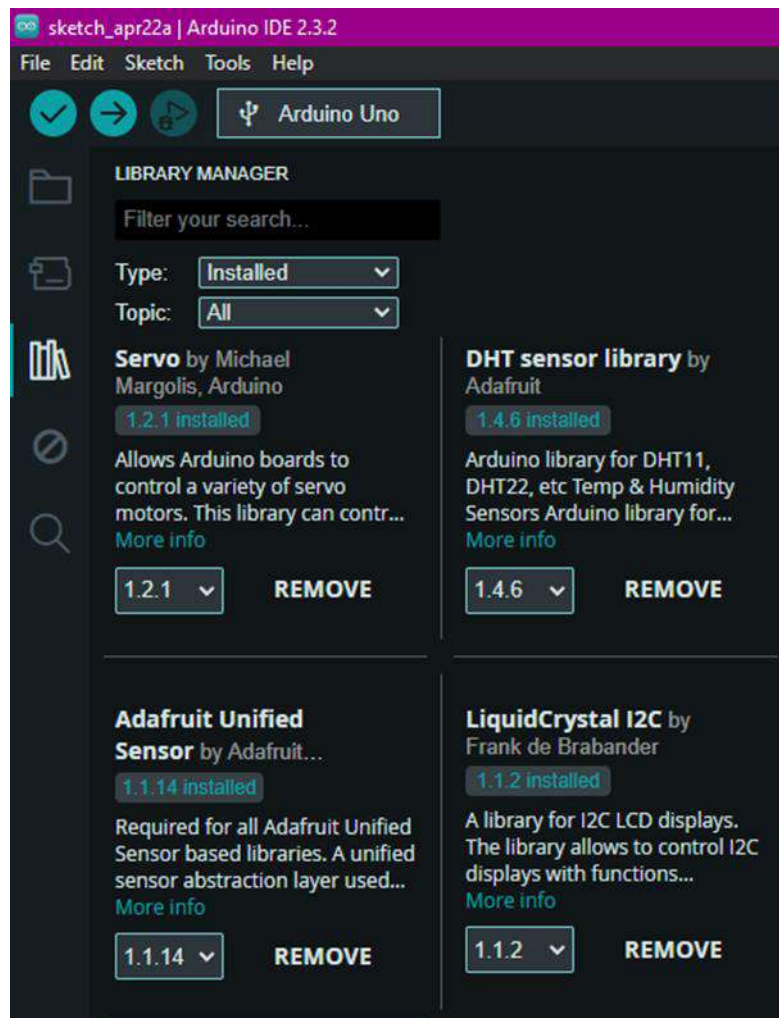


Рисунок 3.6 – Встановлені бібліотеки

Після встановлення бібліотек, слід ініціалізувати їх використавши наступний код на початку програми:

```
#include <DHT.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Wire.h>
#include <Servo.h>
```

Далі слід встановити константи та змінні для збереження даних з датчика, також вказується тип датчика для бібліотеки та порти які будуть використовувати пристрої. Це встановлюється шляхом використання наступного коду:

```

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);           //встановлення типу LCD дисплея
#define DHTPIN 7                            //D7 порт для датчика DHT22
#define DHTTYPE DHT22                      //встановлення типу датчика DHT22
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);                 //зв'язок порту D7 з датчиком DHT22
Servo myServo;                             //встановлення типу серводвигуна
int h;                                     //змінна для вологості повітря
int t;                                     //змінна для температури повітря
const int RELAY_PIN_AH = 8;               //D8 порт для зволожувача повітря

```

Далі слід ініціалізувати самі пристрої, а саме датчик DHT22, дисплей LCD 1602 I2C та серводвигун SG90. Вказується швидкість передачі даних на послідовному порті плати Arduino, ініціалізуються датчик та дисплей з серводвигуном, задається значення повороту лопаті серводвигуна в 10 градусів, встановлення режиму роботи 5 порта в якості реле та очікування 2 секунди для правильної ініціалізації та запуску всіх пристроїв. Використаний наступний код:

```

void setup()
{
    Wire.begin();                          //ініціалізація шини I2C
    dht.begin();                           //ініціалізація датчика DHT22
    lcd.init();                            //ініціалізація LCD дисплея(1)
    lcd.backlight();                       //ініціалізація LCD дисплея(2)
    myServo.attach(9);                     //з'єднання серводвигуна з D9-м ШІМ портом
    myServo.write(10);                     //встановлення значення повороту в 0 градусів
    pinMode(RELAY_PIN_AH, OUTPUT);        //налаштування порту для керування
    delay(2000);                           //затримка 2 секунди
}

```

В основному циклі програми в змінні передаються дані з датчика DHT22, далі встановлюється курсор на перший рядок дисплея та виводиться температура повітря із першої змінної та вологість повітря із другої змінної. Після цього створюється умова, якщо температура повітря дорівнює 30°C і більше, то задається значення повороту лопаті серводвигуна в 110 градусів для відкриття кватирки

внаслідок чого буде провітрювання теплиці, що призведе до пониження температури повітря всередині неї. А якщо температура всередині теплиці нижче 20°C, то серводвигун встановить значення повороту лопаті в 0 градусів, внаслідок чого кватирка закриється або залишиться закритою якщо до цього температура вже була нижче 20°C. Також задається умова, якщо вологість повітря дорівнює 40% і менше, то вмикається ультразвуковий туманогенератор до тих пір, доки вологість повітря знову не досягне 40%. Далі через 2 секунди увесь цикл буде повторений.

Далі наведений використаний код:

```
void loop()
{
  h = dht.readHumidity(); //зчитування вологості повітря
  t = dht.readTemperature(); //зчитування температури повітря
  lcd.setCursor(0, 0); //встановлення курсора на 1 рядок дисплея
  lcd.print("Air: ");
  lcd.print(t); //виведення температури повітря
  lcd.write(byte(0));
  lcd.print("C");
  lcd.print("|");
  lcd.print(h); //виведення вологості повітря
  lcd.print("%");
  if (t >= 30) { //відкриття кватирки при температурі >=30°C
    delay(500);
    myServo.write(110);
    delay(500);
  }
  if (h <= 20) { //закриття кватирки при температурі <=20°C
    delay(500);
    myServo.write(10);
    delay(500);
  }
  if (h <= 50) { //вмикання зволожувача при вологості <=40%
    delay(200);
    digitalWrite(RELAY_PIN_AH, HIGH);
  }
}
```

					КВРКІ.200114.20.01.13 ПЗ	Арк. 60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

delay(200); //далі код симулює натискання кнопки
digitalWrite(RELAY_PIN_AH, LOW); //для вмикання зволожувача повітря
delay(200); //оскільки його плата була
digitalWrite(RELAY_PIN_AH, HIGH); //модифікована
delay(5000); //затримка 5 секунд
digitalWrite(RELAY_PIN_AH, HIGH); //далі код симулює подвійне
delay(200); //натискання кнопки для вимикання
digitalWrite(RELAY_PIN_AH, LOW); //зволожувача повітря
delay(200);
digitalWrite(RELAY_PIN_AH, HIGH);
delay(200);
digitalWrite(RELAY_PIN_AH, HIGH);
delay(200);
digitalWrite(RELAY_PIN_AH, LOW);
delay(200);
digitalWrite(RELAY_PIN_AH, HIGH);
delay(500);
}
delay(2000); //затримка 2 секунди
}

```

Далі наведені блок-схеми роботи частин програми по контролю параметрів повітря (рисунок 3.7-3.9).

					КВРКІ.200114.20.01.13 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

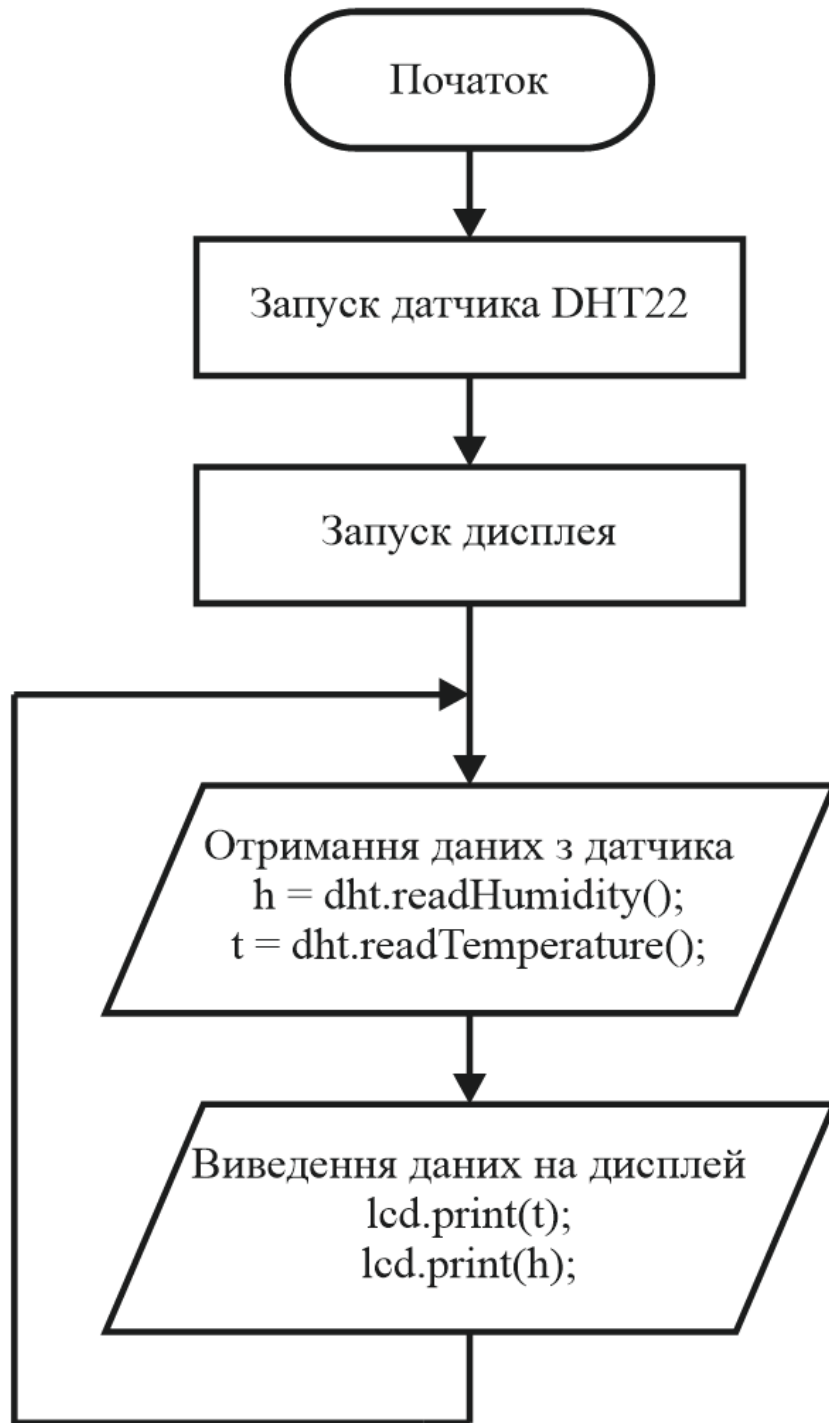


Рисунок 3.7 – Схема роботи виведення даних з датчика DHT22 на дисплей

Рядок “`h = dht.readHumidity();`” відповідає за зчитування даних вологості повітря, а “`t = dht.readTemperature();`” – за зчитування даних температури повітря. Обое рядків коду працюють та беруть дані з одного датчика DHT22.

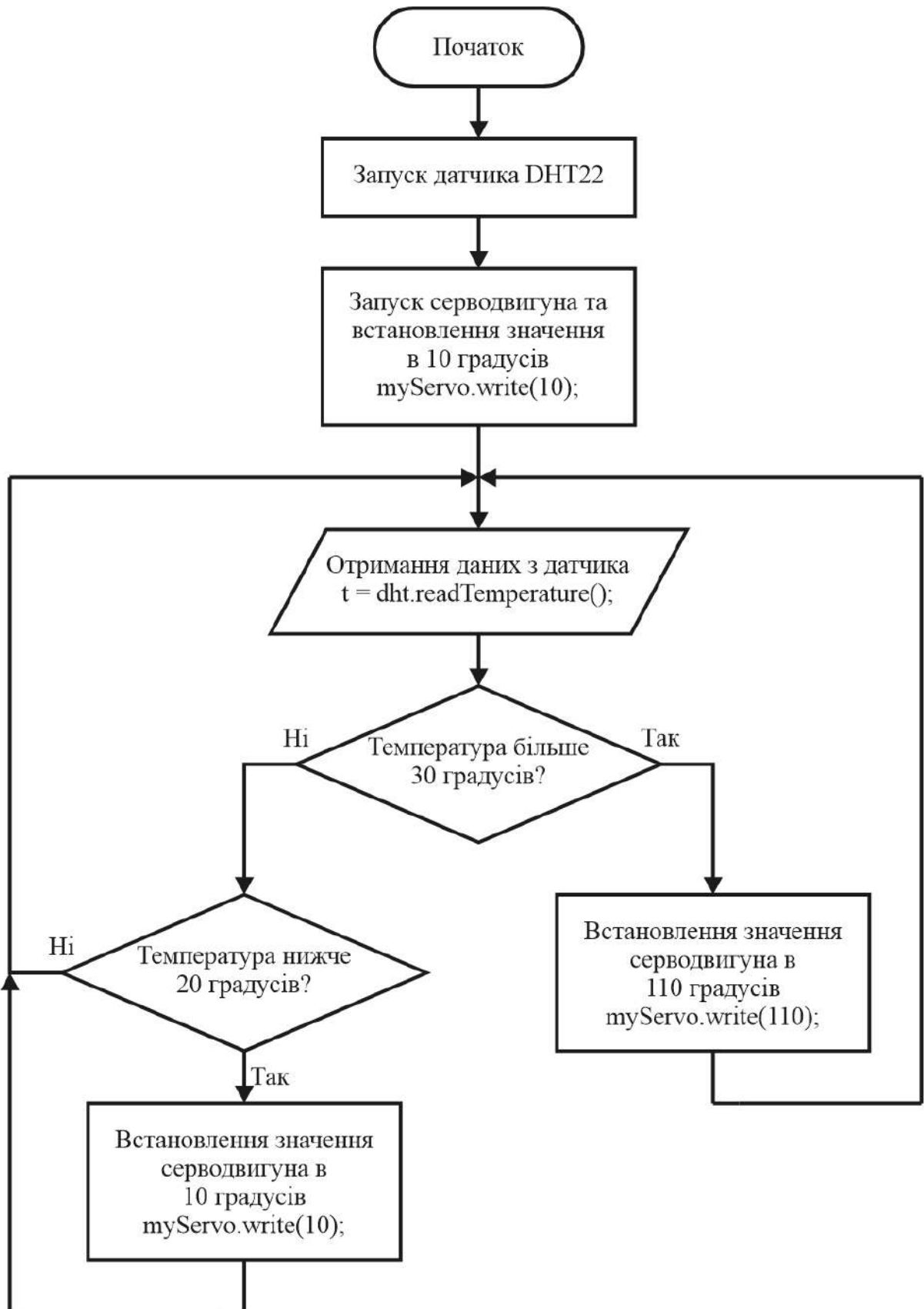


Рисунок 3.8 – Схема роботи серводвигуна з використанням даних з датчика DHT22



Рисунок 3.9 – Схема роботи туманогенератора з використанням даних з датчика DHT22

Після зчитування даних вологості повітря далі йде проста умова, якщо вологість повітря менше 50%, тоді кодом симулюється натискання кнопки на модифікованій платі зволожувача повітря для його вмикання на 2 секунди.

На рисунку 3.10 зображено готову схему контролю параметрів повітря в теплиці з виведенням даних на LCD дисплей.

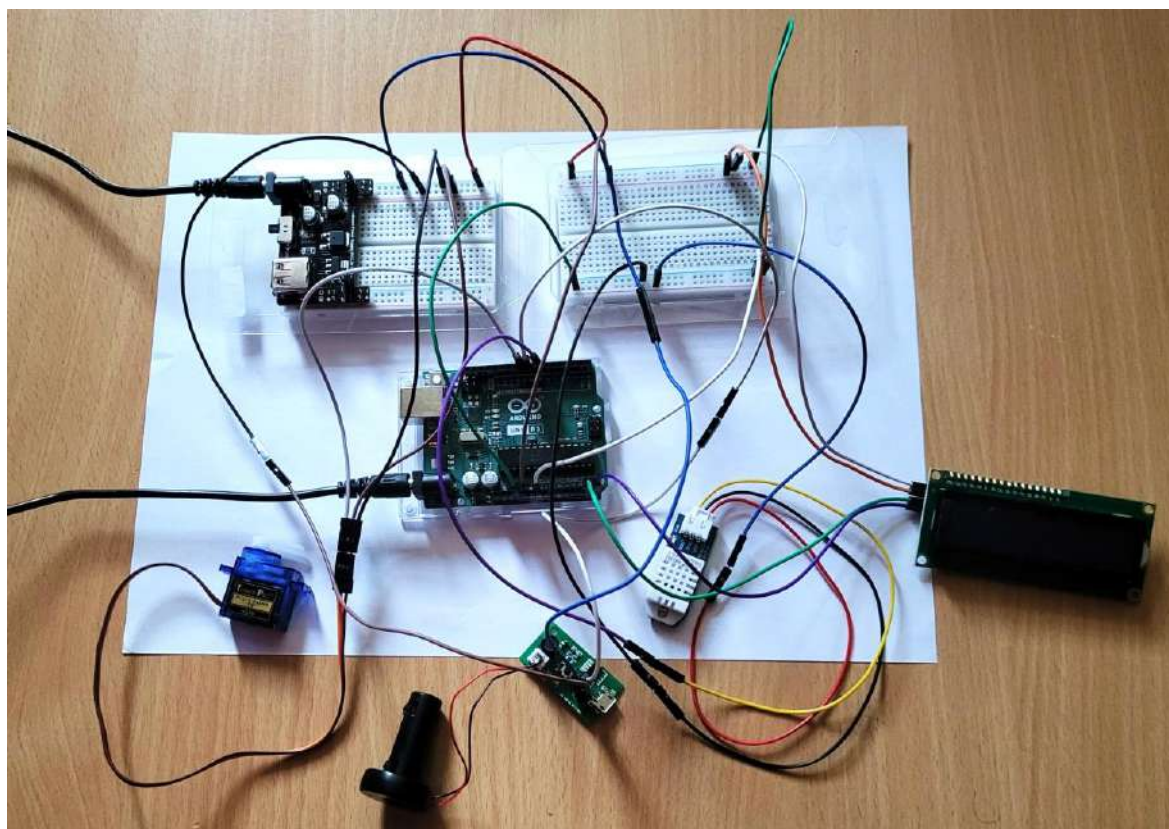


Рисунок 3.10 – Схема контролю параметрів повітря

### 3.3 Програмування контролю параметрів ґрунту

Для контролю температури ґрунту всередині теплиці знадобиться датчик DS18B20 та елемент Пельтьє. А для контролю вологості ґрунту буде використаний датчик DFRobot Capacitive Soil Moisture Sensor V1.0 та водяна помпа. Також буде використаний дисплей для відображення поточної температури та вологості ґрунту.

Для початку потрібно встановити бібліотеки для цих пристроїв.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



Після встановлення бібліотек, слід ініціалізувати їх використавши наступний код на початку програми:

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
```

Далі слід встановити константи та змінні для збереження даних з датчика, також вказується тип датчика для бібліотеки та порти які будуть використовувати пристрої. Це встановлюється використанням наступного коду:

```
#define ONE_WIRE_BUS 2 //D2 порт для датчика DS18B20
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS); //зв'язок з датчиком DS18B20(1)
DallasTemperature sensors(&oneWire); //зв'язок з датчиком DS18B20(2)
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2); //встановлення типу LCD дисплея
const int AirValue = 530; //значення повітря з датчика DFRobot
const int WaterValue = 260; //значення води з датчика DFRobot
int soilMoistureValue = 0; //змінна вологості ґрунту
int soilMoisturePercent = 0; //змінна вологості ґрунту в %
const int RELAY_PIN_WP = 3; //D3 порт для водяної помпи
const int TRANSISTOR_PELT = 5; //D5 порт для елемента Пельтьє
```

Далі слід ініціалізувати самі пристрої, а саме датчик DFRobot, дисплей LCD 1602 I2C та елемент Пельтьє. А саме вказується швидкість передачі даних на послідовному порті плати Arduino, ініціалізуються датчик та дисплей з елементом Пельтьє, задається значення елемента Пельтьє в 0 одиниць щоб виключити його та очікування 2 секунди для правильної ініціалізації та запуску всіх пристроїв. Використаний наступний код:

```
void setup()
{
    Serial.begin(9600); //ініціалізація послідовного зв'язку з ПК
    sensors.begin(); //ініціалізація датчика DS18B20
    Wire.begin(); //ініціалізація шини I2C
```

```

lcd.init(); //ініціалізація LCD дисплея(1)
lcd.backlight(); //ініціалізація LCD дисплея(2)
pinMode(RELAY_PIN_WP, OUTPUT); //налаштування порту для керування
pinMode(TRANSISTOR_PELT, OUTPUT); //налаштування порту для керування
analogWrite(TRANSISTOR_PELT, 0); //вимикання елемента Пельтьє
delay(2000); //затримка 2 секунди
}

```

В основному циклі програми в змінні передаються дані з датчика вологості ґрунту DFRobot Capacitive Soil Moisture Sensor V1.0 та датчика температури ґрунту DS18B20, далі встановлюється курсор на другий рядок дисплея та виводиться температура ґрунту із першої змінної та вологість ґрунту із другої змінної. Після цього створюється умова, якщо температура ґрунту дорівнює 26°C і менше, то задається значення елемента Пельтьє в 50 одиниць, щоб він працював в п'яту частину від своєї сили до тих пір, доки температура ґрунту знову не стане 27°C і більше. Якщо вологість ґрунту нижче 25%, то на 2 секунди вмикається водяна помпа для зволоження ґрунту. Далі через 2 секунди увесь цикл буде повторений.

Далі наведено використаний код:

```

void loop()
{
    soilMoistureValue = analogRead(A0); //зчитування вологості ґрунту
    soilMoisturePercent = map(soilMoistureValue, AirValue, WaterValue, 0,
100); //обробка даних за датчика вологості ґрунту DFRobot
    sensors.requestTemperatures(); //зчитування температури ґрунту
    float soilTempF = sensors.getTempCByIndex(0); //обробка температури(1)
    int soilTemp = round(soilTempF); //обробка температури(2)
    lcd.setCursor(0, 1); //встановлення курсора на 2 рядок дисплея
    lcd.print("Soil:");
    lcd.print(soilTemp); //виведення температури ґрунту
    lcd.write(byte(0));
    lcd.print("C");
    lcd.print("|");
    lcd.setCursor(10, 1);
    lcd.print(" "); //очищення рядка
}

```

					КВРКІ.200114.20.01.13 ПЗ	Арк. 68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

lcd.setCursor(10, 1);
lcd.print(soilMoisturePercent);           //виведення вологості ґрунту
lcd.print("%");
if (soilMoisturePercent <= 25) {         //якщо вологість ґрунту <=25%
    delay(500);                           //вмикання помпи на 2 секунди
    digitalWrite(RELAY_PIN_WP, HIGH);
    delay(500);
    digitalWrite(RELAY_PIN_WP, LOW);
    delay(2000);
    digitalWrite(RELAY_PIN_WP, HIGH);
    delay(500);
}else {
    delay(500);
    digitalWrite(RELAY_PIN_WP, HIGH);
    delay(500);
}
if (soilTemp <= 26) {                   //якщо температура ґрунту <=26°C
    delay(200);
    analogWrite(TRANSISTOR_PELT, 50);    //вмикання елемента Пельтьє
    delay(200);
} else {                                  //інакше вимикання елемента Пельтьє
    delay(200);
    analogWrite(TRANSISTOR_PELT, 0);
    delay(200);
}
delay(2000);                             //затримка 2 секунди
}

```

Далі наведені блок-схеми роботи частин програми для контролю параметрів ґрунту (рисунок 3.12-3.14).

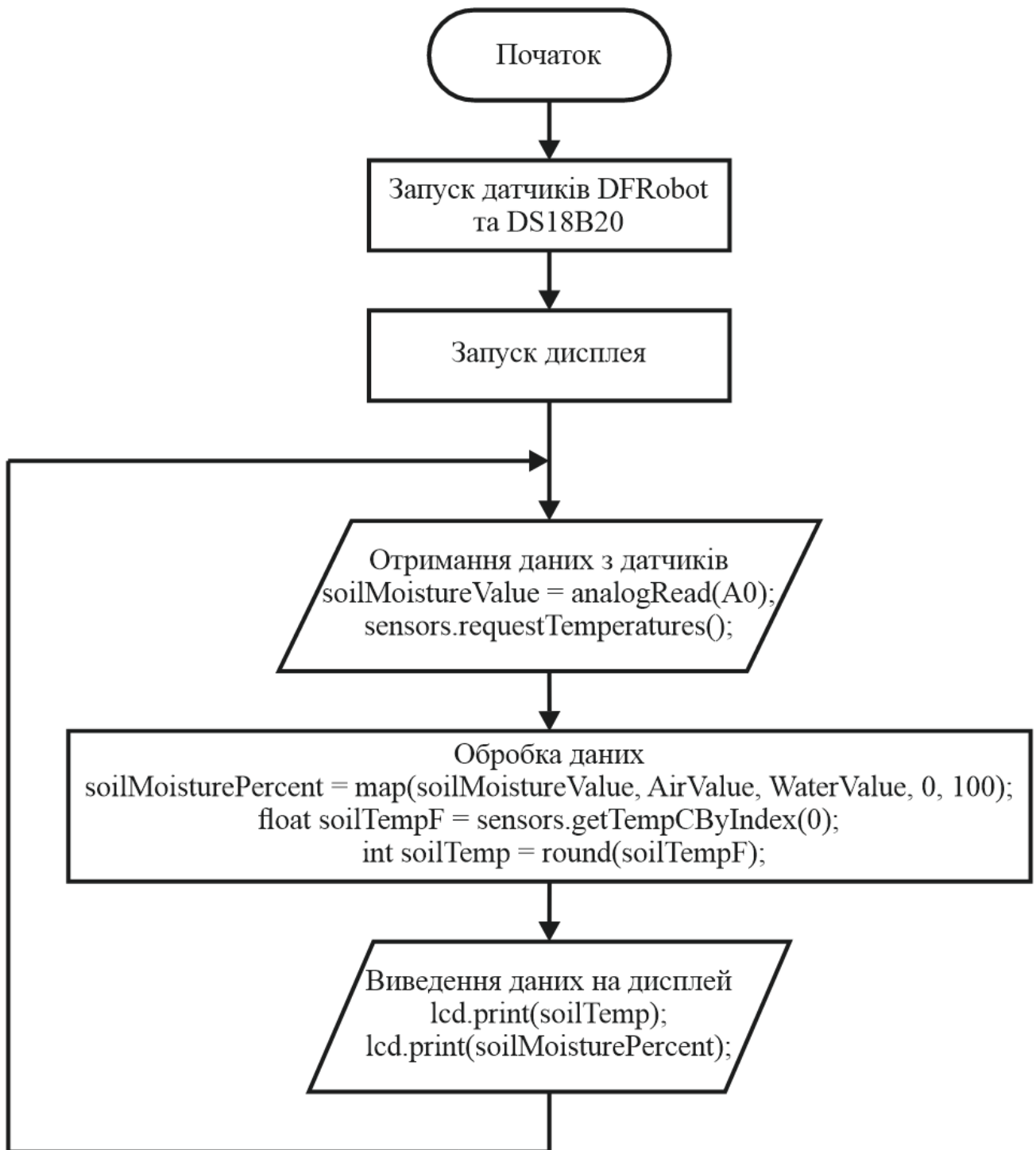


Рисунок 3.12 – Схема роботи виведення даних з датчиків DFRobot та DS18B20 на дисплей

Рядок “soilMoistureValue = analogRead(A0);” відповідає за зчитування даних вологості ґрунту з датчика DFRobot, далі рядок “sensors.requestTemperatures()” відповідає за зчитування даних температури ґрунту з датчика DS18B20.

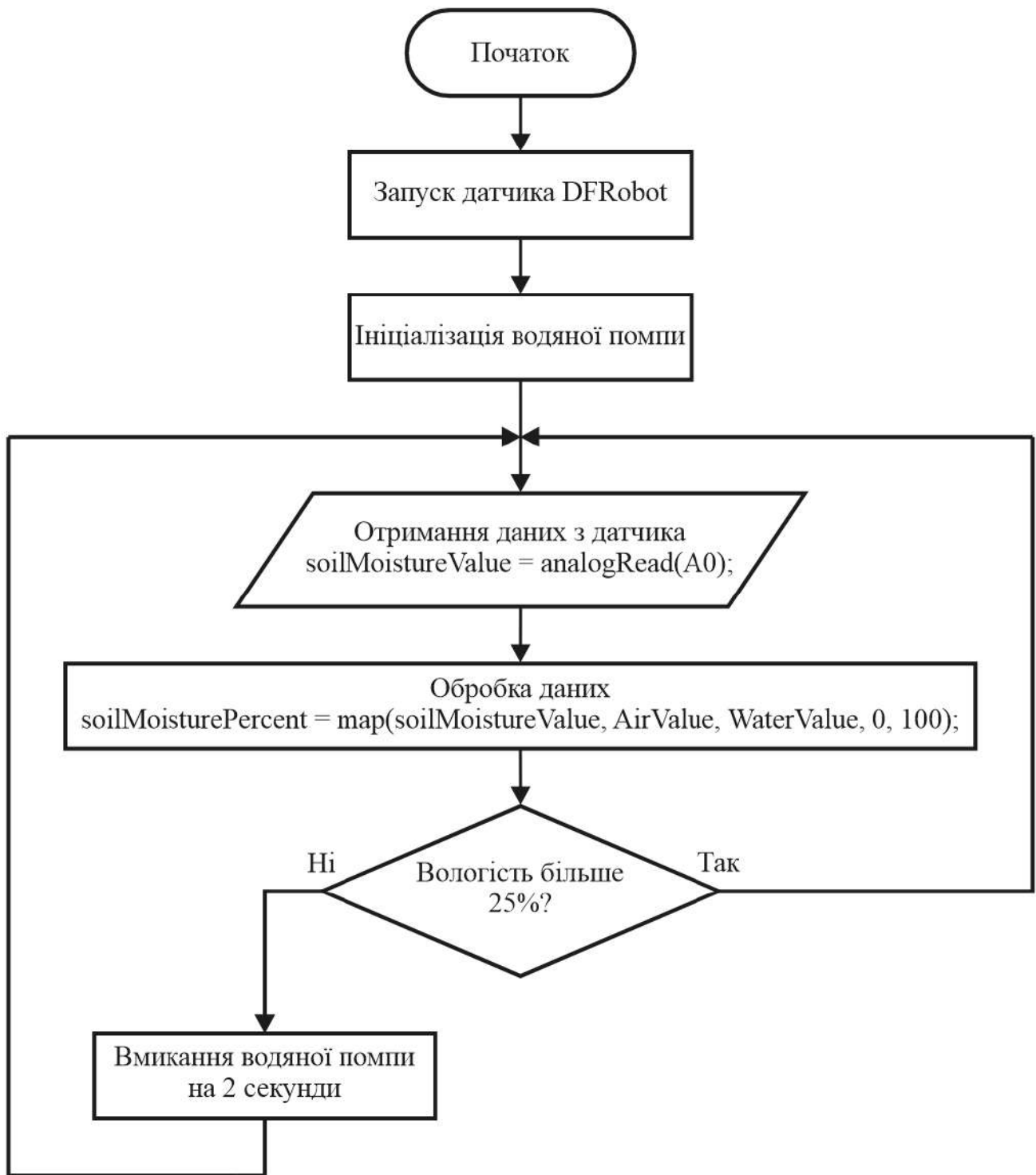


Рисунок 3.13 – Схема роботи водяної помпи з використанням даних з датчика DFRobot

Рядок “`soilMoisturePercent = map(soilMoistureValue, AirValue, WaterValue, 0, 100);`” відповідає за конвертацію вхідних даних з датчика вологості ґрунту у вологість ґрунту в процентах для зручнішого використання у кодї.

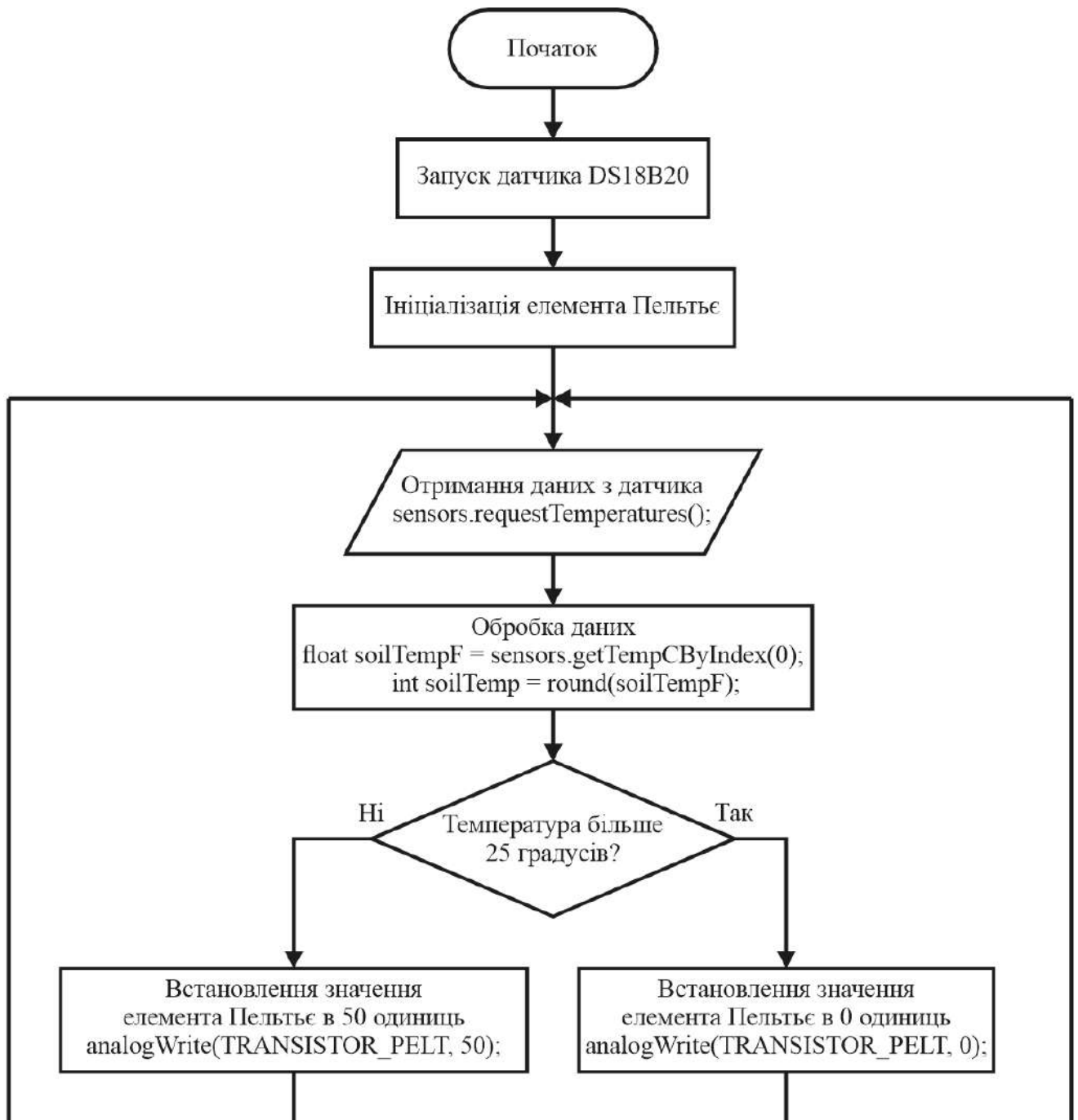


Рисунок 3.14 – Схема роботи елемента Пельтьє з використанням даних з датчика DS18B20

Рядок “float soilTempF = sensors.getTempCByIndex(0);” відповідає за зчитування та запис даних температури ґрунту в змінну soilTempF. Рядок “int soilTemp = round(soilTempF);” відповідає на округлення температури ґрунту до цілих чисел. Далі за умовою буде вмикатись або вимикатись елемент Пельтьє за такою командою: “analogWrite(TRANSISTOR\_PELT, значення);”.

На рисунку 3.15 зображено готову схему контролю параметрів ґрунту в теплиці з виведенням даних на LCD дисплей.

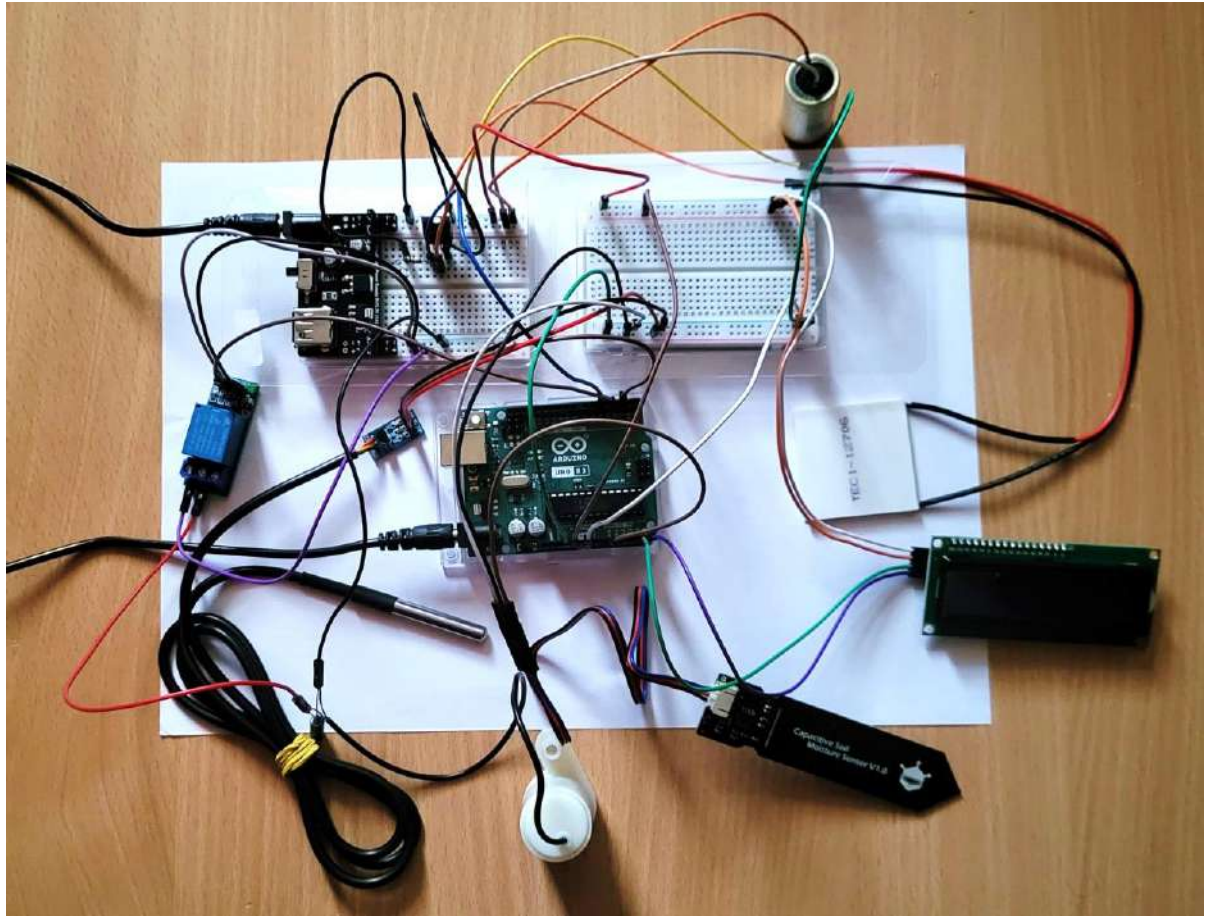


Рисунок 3.15 – Готова схема контролю параметрів ґрунту

### 3.4 Програмування контролю параметрів освітлення.

Для контролю освітлення всередині теплиці знадобиться модуль GY-30 на базі датчика BH1750FVI та LED фіто-стрічка.

Для початку потрібно встановити бібліотеки для цих пристроїв.

Таблиця 3.3 – Необхідні бібліотеки для контролю параметрів освітлення

Пристрій	Бібліотека
Модуль GY-30 (BH1750FVI)	BH1750 by Christopher Laws

Далі наведено вже встановлені відповідні бібліотеки (рисунок 3.16):

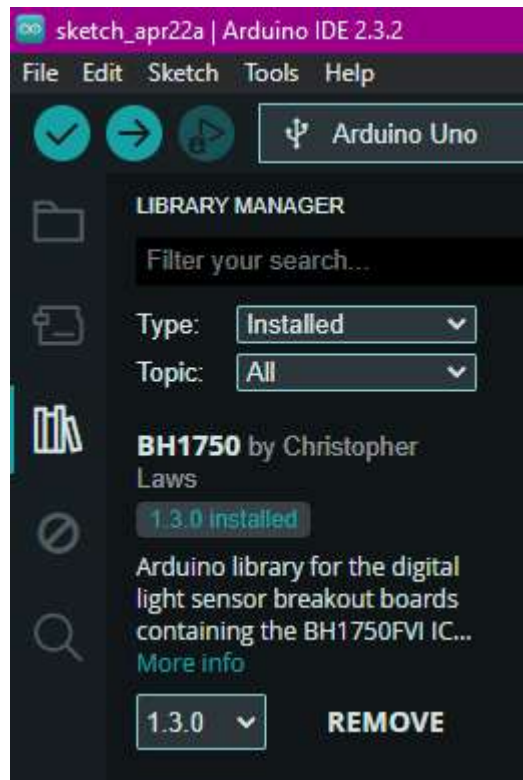


Рисунок 3.16 – Встановлені бібліотеки

Після встановлення бібліотек, слід ініціалізувати їх використавши наступний код на початку програми:

```
#include <BH1750.h>
```

Далі слід встановити константи та змінні для збереження даних з датчика, також вказується тип датчика для бібліотеки та порти які будуть використовувати пристрої. Для цього викорисовується код:

```
BH1750 lightMeter; //встановлення типу датчика освітленості  
float lux = 0; //змінна освітленості
```

Далі слід ініціалізувати самі пристрої, а саме модуль GY-30 та LED фіто-стрічку. А саме вказується швидкість передачі даних на послідовному порті плати

					КВРКІ.200114.20.01.13 ПЗ	Арк. 74
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Arduino, ініціалізуються датчик та LED фіто-стрічка, задається значення LED фіто-стрічки в 0 одиниць щоб виключити її та очікування 2 секунди для правильної ініціалізації та запуску всіх пристроїв. Використаний наступний код:

```
void setup()
{
    Serial.begin(9600);           //ініціалізація послідовного зв'язку з ПК
    lightMeter.begin();           //ініціалізація датчика BH1750FVI
    pinMode(TRANSISTOR_LED, OUTPUT); //налаштування порту для керування
    analogWrite(TRANSISTOR_LED, 0); //вимикання LED стрічки
    delay(2000);                  //затримка 2 секунди
}
```

В основному циклі програми в змінні передаються дані з модуля GY-30 (BH1750FVI). Також при приєднанні плати Arduino, в консоль буде виводитись рівень освітленості. Після цього створюється умова, якщо рівень освітленості дорівнює 70 Люкс і менше, то задається значення LED фіто-стрічки в 200 одиниць тим самим вмикнувши її, доки рівень освітленості знову не стане мінімум 210 Люкс. Далі через 2 секунди увесь цикл буде повторений.

Далі наведений використаний код:

```
void loop()
{
    lux = lightMeter.readLightLevel(); //зчитування освітленості
    Serial.print("Light: ");
    Serial.print(lux);                 //виведення освітленості у консоль
    Serial.println(" lx");
    if (lux >= 210) {                  //якщо освітленість >=210 Люкс
        delay(200);
        analogWrite(TRANSISTOR_LED, 0); //вимикання LED стрічки
    } else if (lux <= 70) {           //якщо освітленість <=70 Люкс
        delay(200);
        analogWrite(TRANSISTOR_LED, 200); //вмикання LED стрічки
    }
}
```

```

    }
    delay(2000);
} //затримка 2 секунди

```

Далі наведені блок-схеми роботи частин програми по контролю параметрів освітленості (рисунок 3.17, 3.18).

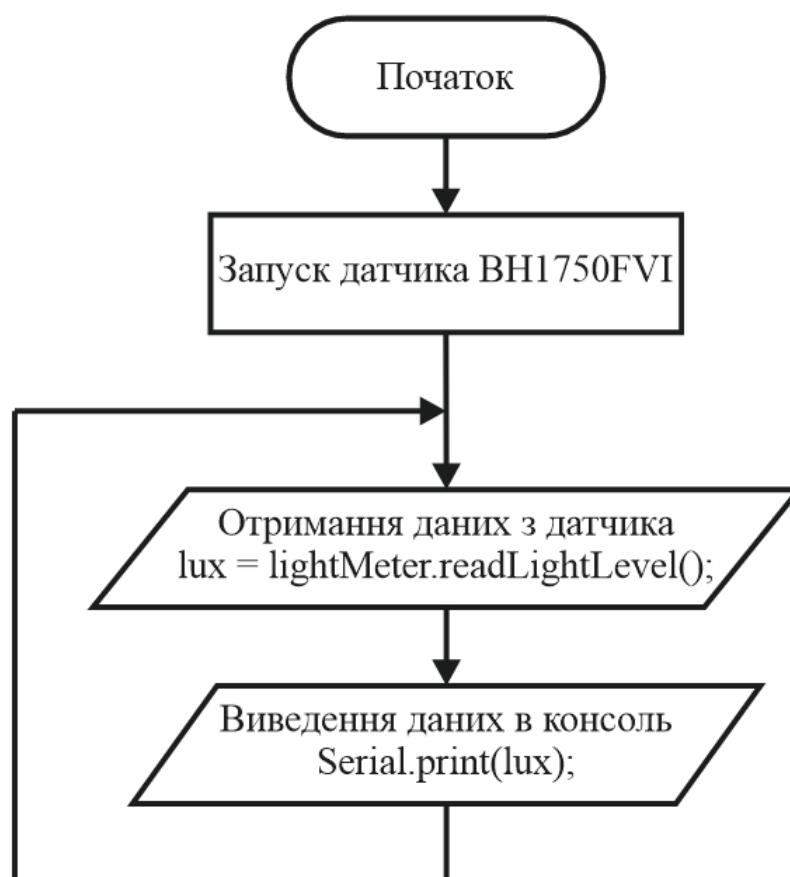


Рисунок 3.17 – Схема роботи виведення даних з датчика BH1750FVI в консоль

Рядок “lux = lightMeter.readLightLevel();” відповідає за зчитування даних освітленості з датчика BH1750FVI. Далі ці дані виводяться в консоль середовища розробки Arduino IDE.

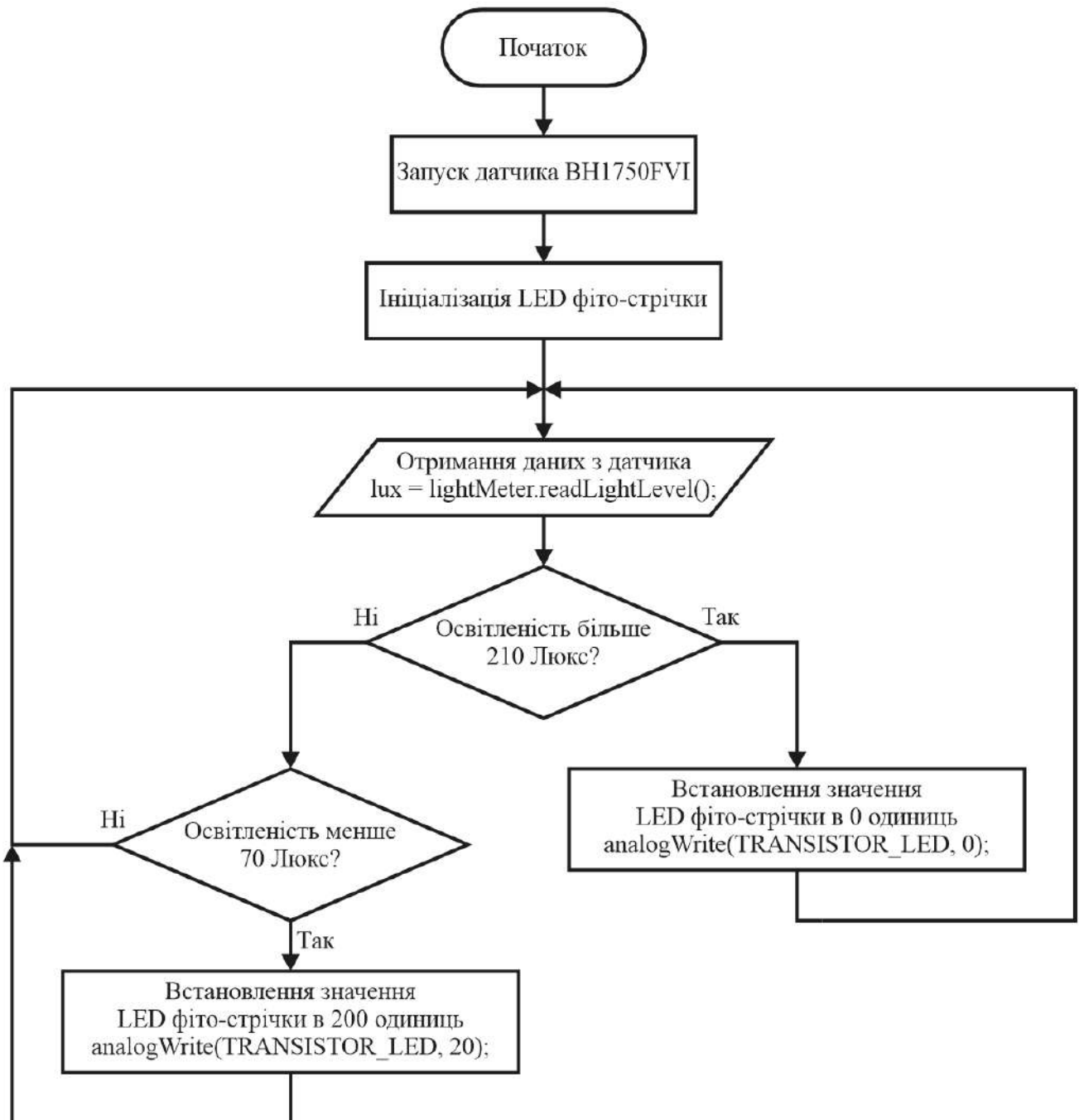


Рисунок 3.18 – Схема роботи LED фіто-стрічки з використанням даних з датчика BH1750FVI

На рисунку 3.19 зображено готову схему контролю параметрів освітлення в теплиці.





### 3.6. Висновки

У третьому розділі було створено блок-схеми алгоритмів, які регулюють системи контролю параметрів мікроклімату теплиці. Також було змодельовано три основні системи програмно-апаратного засобу для керування параметрами мікроклімату теплиці: контроль повітря, контроль ґрунту та контроль освітленості.

Система контролю повітря включає в себе механізм регулювання температури та вологості повітря. Для цього використовується сенсор DHT22 та актуатори такі як зволожувач повітря та серводвигун. Зволожувач повітря спрацьовує якщо вологість повітря занадто низька, а серводвигун спрацьовує, якщо температура повітря занадто висока або низька.

В системі контролю ґрунту задіяні такі датчики як: датчик вологості ґрунту та датчик температури ґрунту, а також задіяні актуатори – елемент Пельтьє та водяна помпа. З датчиків вологості та температури ґрунту надходять дані, які будуть використані в умові роботи актуаторів. Елемент Пельтьє вмикається якщо ґрунт занадто холодний, а водяна помпа якщо ґрунт занадто сухий.

Система контролю освітленості включає в себе LED фіто-стрічку та датчик освітленості. Завдяки простій умові, LED фіто-стрічка буде вмикатись якщо занадто низьке освітлення, або навпаки, вимикатись якщо освітлення достатньо для рослини.

Всі три системи були використані для спільного використання, що дозволяє здійснювати контроль усіх параметрів мікроклімату теплиці одночасно. Це рішення створює оптимальні умови для розвитку рослин, підвищуючи ефективність вирощування рослин.

Моделювання всього програмно-апаратного засобу для керування параметрами мікроклімату теплиці показало його високу ефективність та готовність до практичного застосування. Така система дозволяє автоматизувати багато процесів, зменшуючи потребу в ручній праці та мінімізуючи ризик помилок, пов'язаних з людським фактором.

					КВРКІ.200114.20.01.13 ПЗ	Арк. 80
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

Розробка програмно-апаратного засобу для керування мікрокліматом у теплиці на базі платформи Arduino UNO R3, представлена в даній кваліфікаційній роботі, демонструє значну ефективність і потенціал для домашнього та сільськогосподарського використання. Метою роботи була розробка програмно-апаратного засобу для керування мікрокліматом теплиці, яка успішно виконана шляхом керування температурою та вологістю ґрунту, температурою та вологістю повітря а також освітленістю за допомогою Arduino UNO R3, датчиків і актуаторів.

До найважливіших результатів роботи можна віднести такі:

1. Проведено аналіз науково-технічної літератури, яка описує процеси керування мікрокліматом в теплицях на основі сучасних методів і засобів. Виявлено та досліджено основні тенденції, проблеми та потенційні можливості для вдосконалення сучасних програмно-апаратних засобів.

2. Розроблено архітектуру програмно-апаратного засобу для керування параметрами мікроклімату теплиці на основі мікроконтролера Arduino UNO R3, датчиків та актуаторів, що забезпечують можливості ефективного вирощування рослин в умовах, близьких до природних.

3. Виконано програмування мікроконтролера Arduino UNO для керування параметрами мікроклімату теплиці. Розроблений код програми мікроконтролера забезпечує підтримку параметрів мікроклімату теплиці в допустимих межах. Значення основних параметрів мікроклімату виводяться на цифровий дисплей.

Результати макетування підтверджують, що розроблений програмно-апаратний засіб для керування параметрами мікроклімату теплиці ефективно регулює температуру повітря та ґрунту, вологість і освітленість.

Таким чином, розроблений програмно-апаратний засіб для керування мікрокліматом теплиці є зручним рішенням для автоматизації догляду за рослинами, а також ефективним інструментом розвитку технологій кіберфізичних систем та досягнення високих стандартів продуктивності в аграрному секторі.

					КВРКІ.200114.20.01.13 ПЗ	Арк. 81
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Системи вентиляції зимового саду. URL: <https://imgur.com/a/d9vEqEO/>. (дата звернення: 13.03.2024)
2. Qodirov F. E., Suvonov B. I. Development of an Automatic Ventilation System for Smart Greenhouses. 2019. 154 p.
3. Li Z., Zhang N., Zhu S., Li H. An Energy-Efficient Intelligent Ventilation Control System for Greenhouses. 2020. 183 p.
4. Rion-Canopia Side Louver Window. URL: <https://www.amazon.com/Rion-HG1032-Side-Louver-Window/dp/B00LM90HTC/>. (дата звернення: 13.03.2024)
5. Навіщо проводити провітрювання теплиць з полікарбонату. URL: <https://teplitca.kiev.ua/ua/a430612-zachem-provodit-provetrivanie.html>. (дата звернення: 13.03.2024)
6. Faisal A. H., Al-Saidi A. H., Alshareeda T. M. Design and Implementation of a Low-Cost Smart Greenhouse Monitoring and Control System. 2021. 122 p.
7. Single Span Greenhouse. URL: <https://meiyaagritech.com/single-span-greenhouse/>. (дата звернення: 13.03.2024)
8. Переваги Тунельної Вентиляції. URL: <https://ukrferma.com.ua/pokrashchennia-mikroklimatu-u-ptakhivnytstvi-za-dopomohoiu-tunelnoi-ventyliatsii/>. (дата звернення: 17.03.2024)
9. Wang S., Li H., Zhu Z. Design and Optimization of a Hybrid Heating System for Greenhouses. 2022. 135 p.
10. Опалення теплиць. URL: <https://polikarbonatvs.com.ua/articles/article6-htm/>. (дата звернення: 17.03.2024)
11. Li Z., Zhang N., Wang J. Machine Learning-Based Control and Optimization of Greenhouse Heating Systems. 2023. 198 p.
12. Котельні для опалення теплиць. URL: <https://www.prostanki.com/board/item/277320/>. (дата звернення: 17.03.2024)
13. Li C., Chen J., Zhang X., Wang Y., Zhao X., Sun Y., Liu W. Study on Hot Air Heating Characteristics of Greenhouse in Cold Region. 2023. 159 p.

					КВРКІ.200114.20.01.13 ПЗ	Арк. 82
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

14. Greenhouse Heating Tips. URL: <https://www.gardeningknowhow.com/special/greenhouses/heating-greenhouses.htm>.

(дата звернення: 17.03.2024)

15. Інфрачервоне опалення: Принцип дії та конструкційні особливості. URL: <https://teplitca.kiev.ua/ua/a474978-infrakrasnoe-otoplenie-printsip.html>. (дата звернення: 22.03.2024)

16. Системи нагрівання ґрунту та опалення теплиць. URL: <https://vsesezon.com.ua/ua/p258494287-woks-obogrev-pochvy.html>. (дата звернення: 22.03.2024)

17. Li S., Zhang X., Wu L., Chen Y., Zhang H. Using Modern Automation in the Greenhouse. 2022. 167 p.

18. Singh G., Kumar P., Sharma R., Singh J., Patel R., Verma S. Development of a Novel Environment Monitoring and Control Syst. for Smart Greenhouses. 2019. 144 p.

19. Concept of the Greenhouse Automated System. URL: <https://akytec.de/en/blog/greenhouse/>. (дата звернення: 22.03.2024)

20. Smart Greenhouse Automation System. URL: <https://controlbyweb.com/blog/smart-greenhouse-automation-system/>. (дата звернення: 22.03.2024)

21. Ahamed T., Hosseinzadeh-Bandbafha H., Ahmad T., Abbas A., Khan S., Jadoon A. Integration of Machine Learning and Internet of Things (IoT) for Greenhouse Climate Management. 2023. 211 p.

22. Вибираємо затіняючу сітку: на що звернути увагу. URL: <https://kupyansk.com.ua/vybyraem-zatenyayushhuyu-setku-na-chto-obratyt-vnymanye/>. (дата звернення: 25.03.2024)

23. Li H., Liu J., Wang X., Chen Q., Zhu K. Design and Performance Evaluation of a Dynamic Shading System for Greenhouses. 2022. 145 p.

24. Внутрішні системи теплиці. URL: <https://aqrobazar.com/kend-teserrufati-emplaklari/istixana/8218-istixana-parnik-daxili-sistemleri/>. (дата звернення: 25.03.2024)

					КВРКІ.200114.20.01.13 ПЗ	Арк. 83
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

25. Liu Y., Zhao Y., Chen L., Wu H., Zhang T. A Smart Irrigation System with On-Demand Control for Greenhouse Water Management. 2021. 138 p.
26. Полив під корінь: Особливості та можливості. URL: <https://teplitca.kiev.ua/ua/a424153-poliv-pod-koren.html>. (дата звернення: 25.03.2024)
27. Sprinkler Irrigation Systems. URL: <https://dekaboru.com/case/sprinkler-irrigation-system/>. (дата звернення: 25.03.2024)
28. Liu Y., Zhao Y., Chen L., Wu H., Zhang T. A Smart Irrigation System with On-Demand Control for Greenhouse Water Management. 2021. 138 p.
29. Greenhouse Watering System in Action. URL: [https://www.freepik.com/premium-photo/greenhouse-watering-system-action\\_38926367.htm](https://www.freepik.com/premium-photo/greenhouse-watering-system-action_38926367.htm). (дата звернення: 25.03.2024)
30. Li H., Wang J., Zhou S., Chen K., Huang L. Comparative Study on Different Evaporative Cooling Systems for Greenhouses. 2021. 176 p.
31. Wang J., Li H., Zhang Y., Liu Z., Chen F. Optimization of Ventilation and Evaporative Cooling Strategies for Greenhouses Using CFD Simulations. 2019. 158 p.
32. Зволоження теплиць. URL: <https://aquabud.com.ua/sistemy-tumanoobrazovaniya/uvlazhnenie-teplic.html>. (дата звернення: 29.03.2024)
33. Wang Y., Li Z., Li H., Chen J., Liu Q. Development of an Intelligent Ventilation Control System for Greenhouses Using Wireless Sensor Netw.. 2021. 142 p.
34. How to Choose the Proper Greenhouse Ventilation Fan. URL: <https://climapod.com/how-to-choose-ventilation-fan/>. (дата звернення: 29.03.2024)
35. Chen L., Zhang W., Zhou Y., Wang J., Li F. Building Envelope Design for Energy-Efficient Greenhouses in Cold Climates. 2019. 188 p.
36. Saud S., Ahmed N., Li X., Liu W., Wang Q. Spectrally Selective Glazing Materials for Greenhouse Applications: A Review. 2022. 196 p.
37. Зимова теплиця. URL: <https://profermy.com.ua/sad-i-ogorod/zimnyaya-teplitsa/>. (дата звернення: 29.03.2024)
38. Zhao Y., Xu X., Li Y., Wang Z., Huang H., Zhang M. An Investigation into the Thermal Performance of Inflatable Greenhouses. 2021. 165 p.

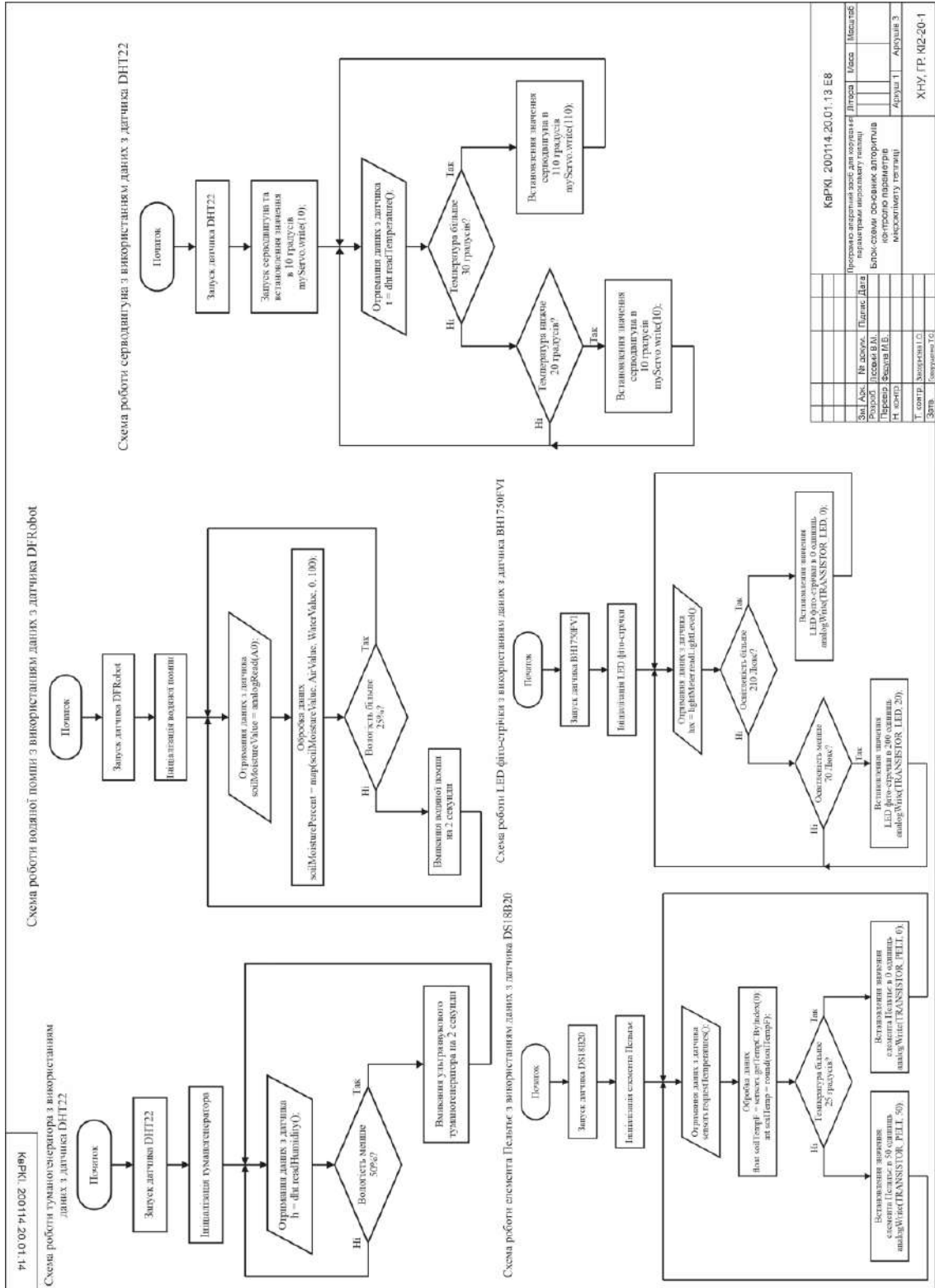
					КВРКІ.200114.20.01.13 ПЗ	Арк. 84
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

39. Парникова зелена плівка. URL: <https://vспенka.com.ua/ua/p83356140-pannikovaya-zelenaya-plenka.html>. (дата звернення: 29.03.2024)
40. Li S., Zhao Y., Wang X., Zhang Q., Liu H. Effect of CO2 Enrichment and Light Intensity on Growth and Photosynthesis of Lettuce Cultivars. 2023. 213 p.
41. Wang X., Zhang Y., Liu Q., Chen P., Yang T. Strategies to Enhance CO2 Enrichment Efficiency in Greenhouse Cultivation. 2022. 192 p.
42. Watering in a Greenhouse: Drip Irrigation from a Barrel. URL: <https://climapod.com/watering-in-a-greenhouse-drip-irrigation-from-a-barrel/>. (дата звернення: 29.03.2024)
43. Chen J., Zhang S., Wang Y., Li F., Liu G. Impact of Different CO2 Enrichment Levels on Yield and Quality of Greenhouse Vegetables. 2019. 186 p.
44. Подача CO2 у теплицю. URL: <https://fermer.blog/bok/ogorod/teplicy/teplicy-svoimi-rukami/obustroystvo-teplicy/8798-generator-uglekislogo-gaza.html>. (дата звернення: 29.03.2024)
45. Yan H., Zhang T., Liu P., Wang X., Sun J. Optimizing CO2 Concentration and Ventilation Strategies for Improving Plant Growth in Greenhouses Using Machine Learning. 2021. 178 p.
46. CO2 Carbon Dioxide Controller. URL: <https://www.amazon.com/GZAIR-Dioxide-Controller-Regulator-Monitor/dp/B0BZ86PKRQ/>. (дата звернення: 29.03.2024)
47. Zhao Y., Xu X., Li Y., Wang Z., Huang H., Zhang M. Development of a Dynamic Model for Predicting CO2 Concentration in Naturally Ventilated Greenhouses. 2021. 202 p.
48. Arduino Uno Rev3 / A000066. URL: <https://evo.net.ua/ru/arduino-uno-rev3/>. (дата звернення: 20.04.2024)
49. Датчик вологості та температури DHT22. URL: <https://arduino.ua/prod301-datchik-vlajnosti-i-temperatyri-dht22/>. (дата звернення: 20.04.2024)
50. Датчик вологості та температури DHT22. URL: <https://arduino.ua/prod301-datchik-vlajnosti-i-temperatyri-dht22/>. (дата звернення: 20.04.2024)

					КВРКІ.200114.20.01.13 ПЗ	Арк. 85
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Додаток А (обов'язковий)

### Копії креслень “Блок-схеми основних алгоритмів керування параметрами мікроклімату теплиці”







## Додаток В (обов'язковий)

Копія креслення “Реалізація та характеристики засобу для керування параметрами мікроклімату теплиці”


**Робота теплиці**




**Виведення даних на дисплей**



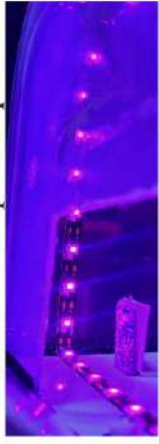
**Робота серводвигуна**



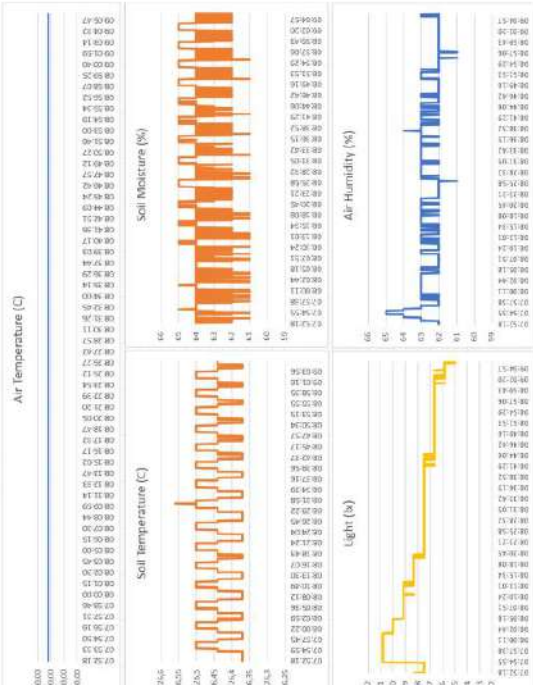
**Робота зволожувача повітря**



**Робота LED фіто-стрічки**



**Графіки даних з датчиків**



Дні Агр.	№ збуч.	Підпис	Дата
Розроб.	Борис В. П.		
Т. центр.			
Т. центр.	Засадка І. С.		
Дата		Версія: 1.0.2	

КВРКІ\_200114\_20.01.13\_E8

Програма/апаратний засіб для керування мікрокліматом в теплиці	Літера	Клас	Місцезнаб.
Реалізація та характеристики засобу для керування мікрокліматом в теплиці			
Архив 3	Архив 3	Архив 3	Архив 3
ХНУ, ГР, КІБ-20-1			

## Додаток Г

Лістинг коду програмного забезпечення з контролю параметрів мікроклімату у програмно-апаратному засобі для керування параметрами мікроклімату теплиці

```
#include <BH1750.h>                                const int TRANSISTOR_LED = 6; //LED
#include <DallasTemperature.h>                    strip
#include <OneWire.h>
#include <DHT.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>                    // Створення символу градуса
#include <Wire.h>                                  byte degreeSymbol[8] = {
#include <Servo.h>                                  B00111,
                                                    B00101,
                                                    B00111,
                                                    B00000,
                                                    B00000,
                                                    B00000,
                                                    B00000,
                                                    B00000
#define ONE_WIRE_BUS 2 //soil temp,
D2 port
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature
sensors(&oneWire); //soil temp
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);                };
#define DHTPIN 7 //D7 port
#define DHTTYPE DHT22                             void setup()
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);                         {
BH1750 lightMeter;                                 Serial.begin(9600);
Servo myServo;                                     sensors.begin(); //soil
                                                    temperature
                                                    Wire.begin();
                                                    lightMeter.begin();
                                                    dht.begin();
                                                    lcd.init(); //initialize the
                                                    lcd
                                                    lcd.backlight(); //open the
                                                    backlight
                                                    myServo.attach(9); //~9 port
                                                    myServo.write(10);
                                                    lcd.createChar(0,
                                                    degreeSymbol);
                                                    pinMode(RELAY_PIN_WP, OUTPUT);
                                                    //water pump
                                                    //peltier
```

```

        pinMode(RELAY_PIN_AH, OUTPUT);
//air humidifier
        pinMode(TRANSISTOR_PELT,
OUTPUT); //peltier
        pinMode(TRANSISTOR_LED,
OUTPUT); //LED strip
        analogWrite(TRANSISTOR_PELT,
0);
        analogWrite(TRANSISTOR_LED, 0);

        delay(2000);
    }

    void loop()
    {
        h = dht.readHumidity();
        t = dht.readTemperature();
        soilMoistureValue =
analogRead(A0); //A0 port
        soilMoisturePercent =
map(soilMoistureValue, AirValue,
WaterValue, 0, 100);
        sensors.requestTemperatures();
//soil temperature
        float soilTempF =
sensors.getTempCByIndex(0);
        int soilTemp =
round(soilTempF);

        lcd.setCursor(0, 0);
        lcd.print("Air: ");
        lcd.print(t);
        lcd.write(byte(0));
        lcd.print("C");
        lcd.print("|");
        lcd.print(h);
        lcd.print("%");

        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print("Soil:");

        lcd.print(soilTemp);
        lcd.write(byte(0));
        lcd.print("C");
        lcd.print("|");
        lcd.setCursor(10, 1);
        lcd.print(" ");
        lcd.setCursor(10, 1);
        lcd.print(soilMoisturePercent);
        lcd.print("%");

        if (t >= 30) {
            delay(500);
            myServo.write(110);
            delay(500);
        }
        if (t <= 20) {
            delay(500);
            myServo.write(10);
            delay(500);
        }

//air humidifier
        if (h <= 50) {
            delay(200);
            digitalWrite(RELAY_PIN_AH,
HIGH);

            delay(200);
            digitalWrite(RELAY_PIN_AH,
LOW);

            delay(200);
            digitalWrite(RELAY_PIN_AH,
HIGH);

            delay(5000);

            digitalWrite(RELAY_PIN_AH,
HIGH);

            delay(200);

```

```

LOW);
    digitalWrite(RELAY_PIN_AH,
HIGH);

    delay(200);
    digitalWrite(RELAY_PIN_AH,

HIGH);

    delay(200);
    digitalWrite(RELAY_PIN_AH,

LOW);

    delay(200);
    digitalWrite(RELAY_PIN_AH,

HIGH);

    delay(500);
}

//water pump
if (soilMoisturePercent <= 25)
{
    delay(200);
    digitalWrite(RELAY_PIN_WP,

HIGH);

    delay(200);
    digitalWrite(RELAY_PIN_WP,

LOW);

    delay(2000);
    digitalWrite(RELAY_PIN_WP,

HIGH);

    delay(200);
}else {
    delay(200);
    digitalWrite(RELAY_PIN_WP,

HIGH);

    delay(200);
}

lux =
lightMeter.readLightLevel();
Serial.print("Light: ");
Serial.print(lux);
Serial.println(" lx");

if (lux >= 210) {
    delay(200);
    analogWrite(TRANSISTOR_LED,

0);
} else if (lux <= 70) {
    delay(200);
    analogWrite(TRANSISTOR_LED,

200);
}

if (soilTemp <= 26) {
    delay(200);
    analogWrite(TRANSISTOR_PELT,

50);

    delay(200);
} else {
    delay(200);
    analogWrite(TRANSISTOR_PELT,

0);

    delay(200);
}

delay(2000); //Delay 2 sec.
}

```

Ім'я користувача:  
Кафедра КІ

ID перевірки:  
1016374211

Дата перевірки:  
19.06.2024 07:58:49 EEST

Тип перевірки:  
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:  
19.06.2024 08:03:34 EEST

ID користувача:  
100005591

Назва документа: Лісовий\_Програмно-апаратний засіб для керування параметрами мікроклімату теплиці

Кількість сторінок: 88 Кількість слів: 10092 Кількість символів: 79402 Розмір файлу: 45.52 MB ID файлу: 1016181934

Виявлено модифікації тексту (можуть впливати на відсоток схожості)

## 6.81% Схожість

Найбільша схожість: 3.32% з Інтернет-джерелом (<https://uk.wikipedia.org/wiki?curid=2726794>)

6.45% Джерела з Інтернету

134

Сторінка 90

1.97% Джерела з Бібліотеки

135

Сторінка 92

## 0% Цитат

Цитати

1

Сторінка 93

Посилання

1

Сторінка 93

## 0% Вилучень

Немає вилучених джерел

## Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

22

Підозріле форматування

19  
сторінок

## Anti-Plagiarism v-15.257

**Максимальне співпадіння з одним документом 1.0%**

**Словники перевірки: en\_US, ru\_RU, ua\_UA. Помилки в документах: 12%**

ID: 131444 Назва: БКР Програмно-апаратний засіб для керування параметрами мікроклімату теплиці Додано в БД: 2024-06-19 Автора: В. М. Лісовий Керівники: М. В. Федула Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	60686	551	1005 (2%)	14 (3%)

### Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми

## РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Лісовий Вадим Миколайович

Тема: Програмно-апаратний засіб для керування параметрами мікроклімату теплиці

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень   3   Кількість сторінок записки   81  

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою кваліфікаційної роботи є розроблення програмно-апаратного засобу для керування параметрами мікроклімату теплиці для плати Arduino.
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 було досліджено основні методи догляду за параметрами теплиці, що включають: вентиляційні, опалювальні, затінювальні, поливні, охолоджувальні та зволожувальні системи. У другому розділі була побудована загальна схема засобу для керування параметрами мікроклімату теплиці та розглянуто використані елементи для догляду за теплицею, що включають такі датчики як: датчик температури та вологості повітря, датчик температури ґрунту, датчик вологості ґрунту та датчик освітленості. Також були розглянуті такі актуатори як: LED фіто-стрічка, зволожувач повітря, елемент Пельтьє, серводвигун, водяна помпа та LCD дисплей. Була розроблена математична модель об'єкту керування мікроклімату та математичну модель контролера. Також була створена архітектура засобу для керування параметрами мікроклімату теплиці. У третьому розділі були побудовані блок-схеми алгоритмів систем контролю параметрів мікротеплиці та окремо змодельовано три основні системи розумної теплиці, а саме контроль повітря, контроль ґрунту та контроль освітленості. Далі всі ці 3 системи були використані одночасно для контролю усіх параметрів теплиці для

створення оптимальних умов для рослин. Вся автоматична система "Програмно-апаратний засіб для керування параметрами мікроклімату теплиці" була успішно змодельована та готова до експлуатації.

4. Позитивні сторони роботи: висока практична цінність роботи.

5. Негативні сторони роботи: суттєвих недоліків немає.

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 високому науково-технічному рівні.


8. Інші зауваження: \_\_\_\_\_

9. Оцінка дипломної роботи: відмінно (5.00)

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

Марочий Валерій Володимирович,  
зав. кафедрою АІТ та Р

"19" 06 2024 р.

 (підпис)

Завідувачу кафедри КПС  
д-р.техн.наук, проф. Говорушенко Т. О.

Лісового Вадима Миколайовича

ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 4 курсу, групи КІ2-20-1

### 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 плагіат оповіщений(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 (Unicheck 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.

15 червня 2024 року

**РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ**  
**КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ**  
**ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ**

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

Назва: Програмно-апаратний засіб для керування параметрами мікроклімату теплиці

Автор: Лісовий Вадим Миколайович

Спеціальність: 123– Комп'ютерна інженерія

Освітня програма: освітньо-професійна

Науковий керівник: Федула Микола Васильович, 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.	відповідає
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 та 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.	

Підтвердження:

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

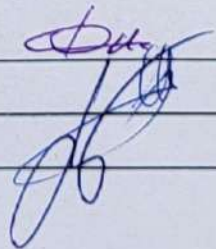
- 1) запозичення розміщені в розділах аналізу існуючих аналогів та прототипів, які не описують безпосередньо авторське дослідження і не стосуються результатів роботи;
- 2) окремі виявлені збіги є загальноживаними фразами або виразами, про що свідчить посилання системи на збіг з 10-40 джерелами на один фрагмент речення;
- 3) в якості запозичень в окремих місцях системою зафіксовано типові умовні позначення фізичних величин;

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ідентичності/схожості Unichack, складає 6.81% і адресується до 269 першоджерел; та системою Anti-Plagiarism складає 1%, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи

Гарант ОП

Завідувач кафедри КПС



М. В. Федула

С. М. Лисенко

Т. О. Говорущенко