

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Автоматики і комп'ютеризованих технологій
(повна назва)

Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА **Пояснювальна записка**

рівень вищої освіти другий (магістерський)

Розроблення автоматизованої системи дистанційного контролю та
моніторингу мікроклімата
(тема)

Виконала:
студентка 2 курсу, групи КІТПВм-21-1

Крамарова В. О.
(прізвище, ініціали)

Спеціальності 151 Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології

Тип програми Освітньо-професійна

Освітня програма Комп'ютерно-
інтегровані технологічні процеси і
виробництва

Керівник проф. Цимбал О. М.

Допускається до захисту
Зав. кафедри КІТАМ

(підпис)

Невлюдов І. Ш.
(прізвище, ініціали)

2022 р.

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

Факультет Автоматики і комп'ютеризованих технологій
Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки
Рівень вищої освіти другий (магістерський)
Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
Тип програми Освітньо-професійна
Освітня програма Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри КІТАМ _____

(підпис)

«_____» _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові Крамаровій Вікторії Олексіївні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення автоматизованої системи дистанційного контролю та моніторингу мікроклімата

Затверджена наказом по університету від 07.11.2022р. №1464 Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 15.12.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи 3.1 DHT11; 3.2 Датчик температури DS18B20; 3.3 Датчик вологості ґрунту; 3.4 Тактова кнопка; 3.5 MOSFET-транзистор; 3.6 Мікропомпа; 3.7 Arduino Uno; 3.8; 3.9 Сервопривід SG90; 3.11 Датчик рівня води; 3.12 Оргскло.

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі _____

4.1 Вступ;

4.2 Аналіз предметної області та технічного завдання;

4.3 Проектна розробка принципової електричної схеми та підбір компонентів;

4.4 Реалізація макетного стенду проекту системи контролю мікрокліматом;

4.5 Охорона праці;

4.6 Висновки;

4.7 Перелік посилань;

4.8 Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій Демонстраційні матеріали, представлені у форматі презентації PowerPoint (*.ppt) – 11 стор. формату А4

6. Консультанти розділів роботи

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз предметної області та технічного завдання	11.11 – 12.11.22	Виконано
2	Вибір архітектури та модулів моніторингу та контролю комплексу	14.11 – 23.11.22	Виконано
3	Створення зразка модуля керування мікрокліматом для макету теплиця	24.11 – 27.11.22	Виконано
4	Тестування системи контролю мікрокліматом	28.11 – 30.11.22	Виконано
5	Подання роботи на перевірку Інтернет-сервісом Unichesk	02.12 – 04.12.22	Виконано
6	Оформлення пояснювальної записки	05.12 – 07.12.22	Виконано
7	Подання роботи на рецензію	07.12 – 09.12.22	Виконано
8	Подання роботи на підпис зав. кафедри	10.12 – 11.12.22	Виконано
9	Подання атестаційної роботи в ЕК	15.12.22	Виконано

Дата видачі завдання 12.05.2022 р.

Студент _____
(підпис)

Крамарова В. О.
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

проф. Цимбал О. М.
(посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 89 с., 4 табл., 49 рис., 2 дод., 20 джерел.

ARDUINO UNO, ДАТЧИК ВОЛОГОСТІ І ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ, СЕНСОР ВОЛОГОСТІ ҐРУНТУ, ТРАНЗИСТОР, ТАКТОВА КНОПКА, КОНТРОЛЬ МІКРОКЛІМАТОМ.

Об'єкт дослідження – процес дистанційним керуванням мікрокліматом автоматизованої системи.

Предмет дослідження – автоматизована система управління мікрокліматом на базі Arduino Uno.

Мета кваліфікаційної роботи – розробити і реалізувати автоматизовану систему, яка зможе автоматично підтримувати середовище системи в заданому кліматичному режимі.

Методи дослідження – знайомлення та опрацювання джерел літератури, що стосуються даної теми, аналіз сучасних аналогів пристроїв контролю мікроклімату в теплицях, структурування отриманих результатів.

У роботі проведено аналіз існуючих рішень автоматизації виробничого комплексу тепличного господарства.

На базі проведеного дослідження розроблено програмний засіб віддаленого контролю мікрокліматом теплиці, який дозволяє здійснювати управління основними факторами, що сприяють зростанню рослин, зокрема, такими як освітлення і вологість ґрунту, провітрення системи та його температура. Також детально досліджена платформа Arduino Uno, її технічні можливості і особливості програмування вбудованого мікроконтролера.

Результати кваліфікаційної роботи апробовані у статтях.

ABSTRACT

The explanatory note contains: 89 pp., 4 tables, 49 figures, 2 appendices, 20 sources.

ARDUINO UNO, HUMIDITY AND AIR TEMPERATURE SENSOR, SOIL MOISTURE SENSOR, TRANSISTOR, CYCLE BUTTON, MICROCLIMATE CONTROL.

The object of research is the process of remote control of the microclimate of the automated system.

The subject of development is an automated microclimate control system based on Arduino Uno.

The purpose of the qualification work is to develop and implement an automated system that will be able to automatically maintain the system environment in a given climate mode.

The paper analyzes the existing solutions for automation of the greenhouse production complex.

On the basis of the conducted research, a software tool for remote control of the microclimate of the greenhouse was developed, which allows you to control the main factors that contribute to the growth of plants, in particular, such as lighting and soil moisture, ventilation of the system and its temperature. The Arduino Uno platform, its technical capabilities and programming features of the built-in microcontroller are also studied in detail.

The results of the qualification work are tested in the articles.

ЗМІСТ

Перелік скорочень	8
Вступ	9
1 Аналіз предметної області та технічного завдання	11
1.1 Аналіз існуючих схем поливу	11
1.2 Аналіз схем автоматичного підтримування температури ґрунту ...	14
1.3 Аналіз існуючих рішень автопровітрювання	18
1.4 Висновки до 1 розділу	22
2 Розробка принципової електричної схеми та підбір компонентів.. ..	23
2.1 Проектування структурної схеми	23
2.2 Вибір необхідних компонентів	26
2.3 Розробка принципової схеми	41
2.4 Розробка макету пристрою.....	50
2.5 Розробка програмної частини системи	52
2.6 Висновки до 2 розділу	56
3 Реалізація стенду проекту системи контролю мікрокліматом	57
3.1 Виготовлення системи контролю мікрокліматом.....	57
3.2 Програмна частина розробленої системи	60
3.3 Розробка алгоритму.....	62
3.4 Висновки до 3 розділу.....	66
4 Тестування системи контролю мікрокліматом.....	68
4.1 Постановка задачі на дослідження.....	68
4.2 Тестування системи контролю мікрокліматом.....	69
4.3 Висновки до 4 розділу.....	70
5 Охорона праці.....	73
5.1 Загальні характеристики приміщення.....	73
5.2 Стан мікроклімату робочого місця.....	74
5.3 Оцінка пожежної безпеки.....	74
5.4 Висновки до 4 розділу.....	75

	7
Висновки	77
Перелік джерел посилання	78
Додаток А Текст програми.....	80
Додаток Б Демонстраційний матеріал	84

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ОС – операційна система;

ПЗ – програмне забезпечення;

НМ – нейронна мережа;

САК – система автоматичного керування;

ПК – персональний комп'ютер;

ШИМ - широтно-імпульсна модуляція;

ШНМ – штучна нейронна мережа;

IDE – Integrated Drive Electronics

LCD – Liquid Crystal Display;

pin – контакти Arduino.

ВСТУП

У наш час тема дистанційного керування різними автоматизованими системами є дуже актуальною, оскільки у людей іноді немає можливості особисто здійснювати контроль деяких процесів. Прикладом таких систем є розумні будинки, однак, одночасно з розумними будинками почали розроблятися і такі системи, як розумні теплиці. Розумні теплиці – автоматизовані системи дистанційного контролю та моніторингу мікроклімату.

Сама по собі розумна теплиця містить у собі одну єдину систему в тепличних спорудах, яка складається з різного роду датчиків, які керують різними елементами та пристроями. Такі системи здатні спростити роботу в городах та садах. Одною з важливих особливостей розумних теплиць є можливість монтування всіх складових системи абсолютно в будь-якій споруді. Для поліпшення власної теплиці необхідно лише мати кмітливість, а також здатність використати відповідні технології. Даний винахід вже давно впровадилася на різних заміських ділянках, і досить давно має успіх повсюдно.

Лише люди пенсійного віку, які мають достатнє вільним часом, здатні постійно стежити за городом. Решта ж населення здатне відвідувати заміські ділянки лише у вільне для час відпочинку.

Пристрої, розробленої системи розумної теплиці, керуються за допомогою подачі сигналів з керуючих пристроїв на виконавчі пристрої з допомогою розробленого алгоритму. Таким чином, у людини з'явиться можливість у режимі реального часу віддалено спостерігати за своїми рослинами, відстежувати параметри роботи теплиці, що відповідають за якість врожаю і, при необхідності, віддалено втручатися в роботу теплиці, здійснюючи додатковий полив або, наприклад, регулюючи температуру.

Очікуваними результатами проекту є розроблення автоматизованої системи дистанційного контролю та моніторингу мікрокліматом, яку у подальшому будуть використовувати у аграрному секторі. За допомогою такої системи можна буде автоматизувати дистанційне керування та вирощуванням різних культур у промислових масштабах. Управління теплицею буде досить зрозумілим для будь-якого працівника аграрного сектору.

Метою роботи є проектування та практична реалізації робочої автоматизовану систему, використання якої буде легким у застосування, а також зниження значної вартості самої конструкції.

Об'єкт дослідження – процес керування мікрокліматом для автоматизованої системи.

Предмет дослідження – автоматизована система управління мікрокліматом на базі платформи Arduino Uno.

Для досягнення поставленої мети треба вирішити такі завдання:

- проаналізувати існуючі рішення;
- розглянути існуючі датчики та необхідне устаткування;
- розробити конструкцію макетного стенду;
- реалізувати програмний код, який задовольняв усі необхідні умови;
- протестувати розроблену систему керування мікрокліматом;
- оцінити безпеку проекту;
- оформити пояснювальну записку згідно з рекомендаціями [1], та вимогами ДСТУ 3008:2015 [2].

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1 Аналіз існуючих схем поливу

Однією з найголовніших тем у так званих «розумних теплицях» є вибір правильної системи поливу. Адже жодна рослина не зможе вирости без достатньої кількості води. Існують різні системи поливу.

Так, при використанні так званого крапельного поливу зрошення буде відбуватися безпосередньо до коренів рослини. На рис. 1.1 наведений приклад системи крапельного поливу. До кожної рослини буде надходити необхідна кількість води. Такий підхід реалізований за допомогою численних розгалужень трубок з невеликими отворами даної системи поливу. Завдяки цьому верхній шар ґрунту завжди вологий, що дає можливість рослинам отримувати необхідний рівень вологості [3].

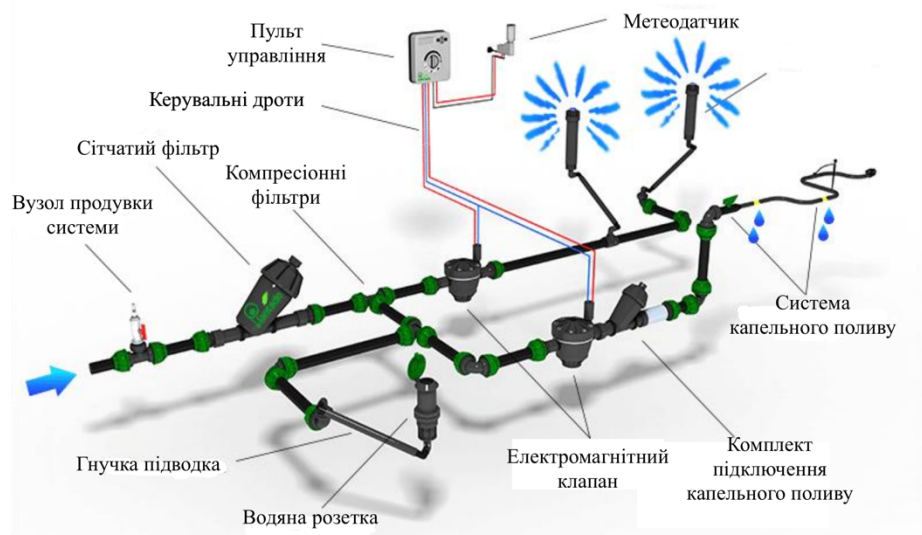


Рисунок 1.1 – Система крапельного поливу

Основною цього способу поливу є гідравлічний прес. Вода витікає з бака по трубах, з якого надходить самопливом.

Перевагами крапельного поливу є:

- відсутній процес розповсюдження бур'янів;
- рівномірний розподіл вологи в ґрунті;
- рівень економії води.

Недоліками такого способу поливу є:

- досить складні конструкції;
- висока вартість обладнання;
- необхідність весь час стежити за чистотою води.

Складність і висока ціна системи вимагає ретельного контролю за чистотою води, аби не допустити засмічення крапельної системи.

Інша система поливу – це система автоматичного поливу. На рис. 1.2 наведено зображення такої системи.



Рисунок 1.2 – Система автоматичного поливу

Це інженерно-технічний комплекс, що забезпечує автоматизований, безперебійний та автономний полив виділених територій. Автоматичний полив має багато переваг:

- система поливу проста в експлуатації і дуже надійна (компоненти виготовлені з полімерів);
- можна обрати час поливу і витрати води;
- за допомогою датчиків вологості можна визначити, коли потрібно здійснювати полив;
- така система поливу економить кошти на електрику та воду;
- кут поливу можна налаштувати так, щоб поливати лише необхідні об'єкти, а не те, що їх оточує.

Від типу форсунки залежить робота системи поливу. На рис. 1.3 зображені різні види форсунок [4].



Рисунок 1.3 – Різні види форсунок

Ротаційні форсунки, коли вода розбризкується круговими рухами для поливу великих площ газону від 8 м до 15 м, які не густо засаджені. Віялові форсунки, коли розбризкування води відбувається в різних напрямках, забезпечують тонке зрошення рослин, оскільки тиск води нижчий, ніж при використанні обертових форсунок. Однак радіус їх дії менший, ніж у ротора. Клумби поливають за допомогою віялових форсунок. Аератори

використовуються для поливу кореневої системи кущів і великих дерев, в тому числі, аератори використовуються для поливу молодих рослин, які потребують рясного поливу для активного росту. Всі типи форсунок відрізняються один від одного тим, що вода в них подається з різною силою і під різними кутами, що дозволяє поширювати воду на великі відстані або здійснювати спрямований полив.

Інший вид системи поливу – це система дощування. На рис 1.4 зображено цю систему поливу Система встановлюється поверх теплиці. Труби розташовані над рослинами, щоб імітувати краплі дощу. Спринклери також можна встановити на землі.



Рисунок 1.4 – Система дощування

Розрізняють два типи зрошувачів: стаціонарні, положення яких жорстко фіксовано, і поворотні за допомогою більш складних конструкцій. Переваги цього виду поливу:

- можливість поливу великих площ;
- рівномірно розподілена волога;
- на ґрунті не утворюється кірка;
- можлива ретельна дезінфекція.

Поливати не завжди зручно, тому що повітря в теплиці може стати занадто вологим. У сонячні дні краплі води на листках можуть викликати опіки рослин. При розгалуженні системи буде потрібно багато труб, що призведе до додаткових витрат. Крім того, частина води випаровується, не встигаючи дібратися до коріння. Під тонким плівковим покриттям може утворюватися конденсат [5].

1.2 Аналіз схем автоматичного підтримування температури ґрунту

Також важливим в автоматичній системі контролю мікрокліматом є контроль підігріву ґрунту, температура якого змінюється в залежності від показників у терморегуляторі. На рис. 1.5 зображена приклад системи обігріву ґрунту.

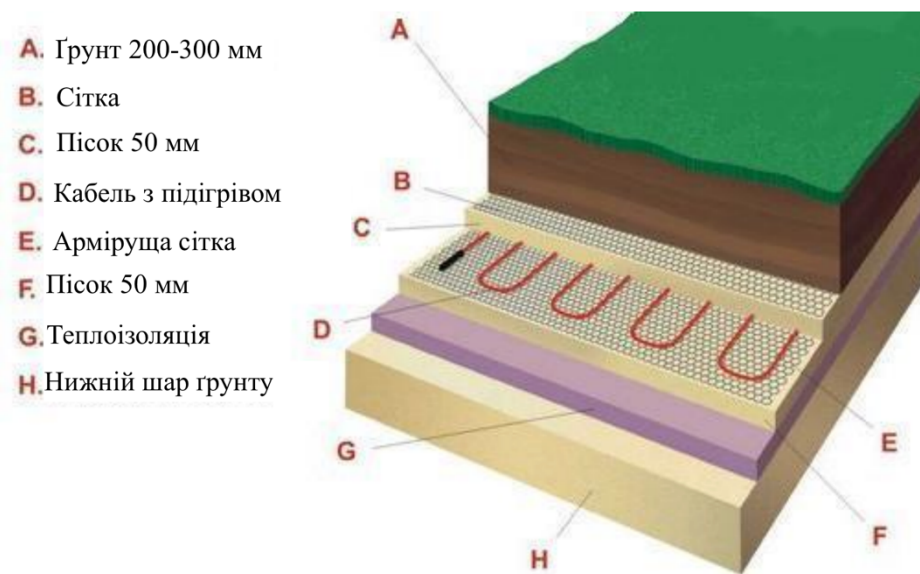


Рисунок 1.5 – Система підігріву ґрунту

Обігрів ґрунту в теплицях збільшує врожай з одиниці площі. Це можна пояснити тим, що чим більша температура ґрунту, тим швидше ростуть рослини. Також температура ґрунту впливає на стійкість рослин до різних видів захворювань. За допомогою такої системи обігріву ґрунту створюються

особливий мікроклімат для зростання культур. Також така система є надійною і економічною.

Для створення системи водяного підігріву можна використовувати металеві, пластикові та металопластикові труби. При використанні металевих труб із високою тепловіддачею необхідно бути обережним, щоб не обпалити коріння рослин. Також має місце велике охолодження води при проходженні через металеві труби, і в котел повертатиметься вже майже холодна вода, що вимагатиме великих витрат на її повторний підігрів [6].

При використанні металопластикових труб різниця температур виходить з котла та зворотної води буде більш комфортною, адже тепловіддача цих труб порівняно з металевими набагато менша.

Тепер слід поговорити докладніше про можливі варіанти обігріву ґрунту. Системи такого роду у продажу вже давно не нововведення і становлять величезну різноманітність їх на ринку, тому слід розглянути деякі з них, які є основою даної теми. Сама по собі система обігріву ґрунту включає терморегулятор і нагрівальний елемент.

Слід розглянути терморегулятор «Buderus T63606», зображеного на рис. 1.6. Цей терморегулятор дозволяє регулювати електричні системи обігріву землі. Як нагрівальний елемент, цією системою виступають нагрівальні мати і плівкові нагрівачі. Терморегулятор дозволяє витримувати певний показник температури, який був заданий заздалегідь оператором та забезпечує раціональний розподіл електроенергії.



Рисунок 1.6 – Зовнішній вигляд терморегулятора «Buderus T63606»

Терморегулятор даного типу має кнопки для регулювання температури та світлодіодним індикатором роботи системи. «Buderus T63606» дозволяє утримувати температурні показники в межах від +5 градусів за Цельсієм до +45 градусів за Цельсієм. Після того як досягається температурний показник, який було вказано заздалегідь, слід натиснути кнопку до моменту поки світлодіод не згасне, тим самим приходячи до висновку, що обігрів землі вимкнувся. Таким чином фіксується температура, яку була спочатку задана, і дана температура буде далі утримуватися [7].

Як приклад для роботи не підходить, через відсутності дисплея досить проблематично підгадати бажану температуру обігріву землі, особливо для рослин примхливих до даних показниками.

Наступний терморегулятор це «RODA RTW7», який зображено на рис. 1.7. Саме він був обраний для автоматизованої системи контролю мікрокліматом, адже він не має недоліків попереднього терморегулятора.



Рисунок 1.7 – Зовнішній вигляд «RODA RTW7»

В якості нагрівального елемента буде виступати нагрівальний мат. Він являє собою кабельну систему, яка стягнута сіткою для зручності розміщення. Розігрів поверхні відбувається шляхом подачі електричного струму в кабель нагрівального мату. Таким чином, поверхня, під якою він розміщений, починає нагріватися. На рис. 1.8 зображено нагрівальний мат [7].

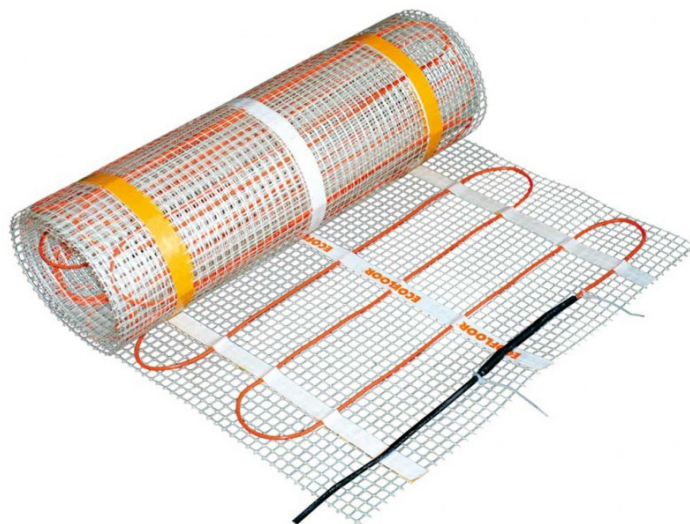


Рисунок 1.8 – Нагрівальний мат

Одним з найважливіших переваг даного виду нагрівача ґрунту без сумніви є зручність розміщення нагрівального елемента та стійкість до особливо вологих областей розміщення, що є важливою перевагою, у разі

розміщення під ґрунтом, який постійно перебуває у вологому стані.

1.3 Аналіз існуючих рішень автопровітрювання

Процес провітрювання теплиці здійснюється шляхом відкриття однієї частини теплиці вбік, що дозволяє уникнути негативного впливу холодних вітрів. Проте завдяки новим дослідженням у цій галузі виявилось, що обидві відкриті балки, розташовані по обидві сторони теплиці. Це дозволяє максимально контролювати теплові потоки в теплиці, крім того, регулюється кількість вуглекислого газу і вологість повітря.

На рис. 1.9 показано традиційний вигляд відкритої теплиці у максимально відкритому положенні. Проте водночас такий спосіб є досить повільний. Оскільки теплий потік повітря спрямований вгору.

На іншій частині рис. 1.9 показано нещодавно представлений метод, де кількість відкритих пучків невелика, але повітря, що надходить, створює таким чином протяг. Це дозволяє краще контролювати вологість повітря та втрачати менше тепла.

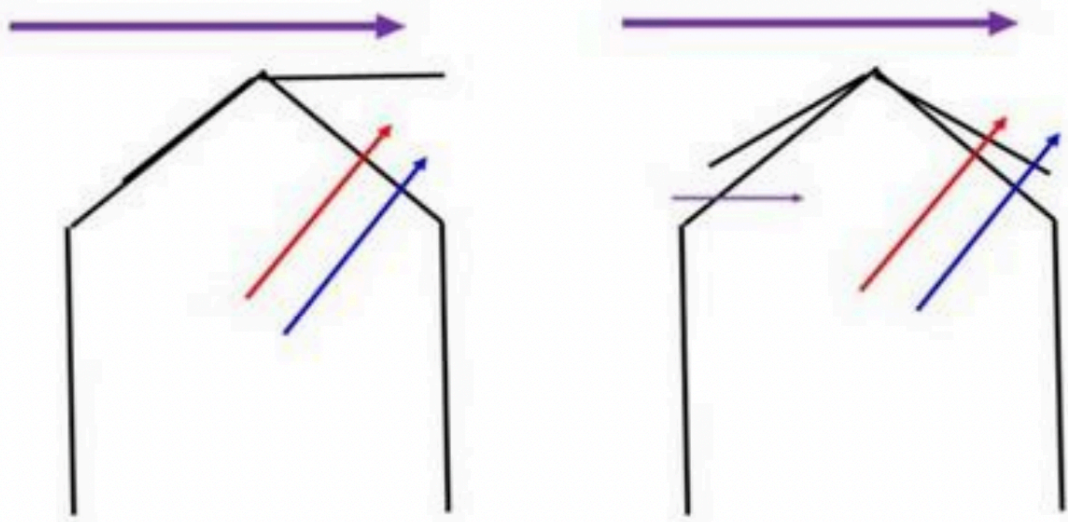


Рисунок 1.9 – Різні методи провітрювання теплиць

Існує чотири види автоматичного провітрювання теплиці – це електричні, біметалічні, гідравлічні, автокомірці.

Електрична вентиляція. Перевагою цього способу є його недорога вартість у порівнянні з іншими методами. Основними компонентами цього методу є теплові реле та електровентилятори, найважливішими з яких є теплові реле. Датчик температури повітря регулює поріг спрацьовування завдяки термореле. Тим самим подавши сигнал на запуск електровентилятора. Так починається процес охолодження тепличного повітря. До переваг електричної вентиляції можна віднести:

- низьку вартість та простоту реалізації;
- можливість реалізації великої кількості вентиляційних підсистем через безліч термореле та електровентиляторів;
- завдяки правильному монтажу системи можна ввести додаткову приточну вентиляцію;
- теплове реле є якісним і надійним приладом, тому точність його показань не викликає сумнівів. Досить нові моделі здатні встановлювати параметри того, яка система повинна бути вимкнена або включена.

До недоліків цього методу можна віднести те, що при відключенні електроенергії важко налагодити безперебійне живлення системи. Щоб уникнути таких нюансів, необхідно використовувати додаткове дороге обладнання. Особливо важливий цей нюанс в жарку погоду, так як досить часто, що проблема може бути кілька годин, в результаті чого всі рослини в теплиці гинуть. Цієї проблеми можна уникнути, використовуючи сонячні батареї, встановлені на даху, але навіть це рішення не дає сто відсоткової гарантії, що система працюватиме.

Гідравлічний метод провітрювання. Цей метод вважається одним з найнадійнішим методом. У цьому методі використовують зазвичай спеціальні гідравлічні елементи, які можна легко виготовити власноруч. Якщо розглядати готовий варіант цієї системи, то все доволі просто. Але при виготовленні цієї системи треба звернути увагу на деталі. Виготовлена власноруч система має

дві ємкості, які з'єднуються за допомогою спеціальної трубки, в які заливають масляну рідину. Ця система зображена на рис. 1.10.

Ємність системи розташовують як ззовні, так і в середині теплиці. У випадку коли у системі досягається максимальна температура відбувається розширення рідини в зовнішній системі. Це призводить до ефекту важеля, що у свою чергу призводить до відкриття стінок теплиці.



Рисунок 1.10 – Система гідравлічного відкриття

Так, коли всередині теплиці буде досягнена бажана температура, відбудеться зворотній процес і стінка теплиці закриється.

Сенс цього процесу полягає в оптимізації температурних показників всередині теплиці відносно показників ззовні. При проектуванні макету теплиці варто розмістити комірку максимально високому рівні, для того щоб забезпечити ефективний процес циркуляції повітря. Головною помилкою при розміщенні комірця є її розміщення поряд з землею, що призводить до зайвого протягу всередині теплиці.

Біметалічний метод провітрювання. Вважається найпростішим методом. Його можна встановити без додаткових спеціальних пристроїв. Для того щоб

спорудити пристрій, необхідні дві металеві пластини, які повинні мати різний коефіцієнт деформування.

Принцип дії таких механізмів ґрунтується на різниці коефіцієнтів розширення сплавів, з яких виготовлені їх деталі. На рис. 1.11 представлений принцип цього методу. Виготовлений таким способом термопривід при підвищенні температури завдяки лінійному розширенню металу відкриває кватирку.

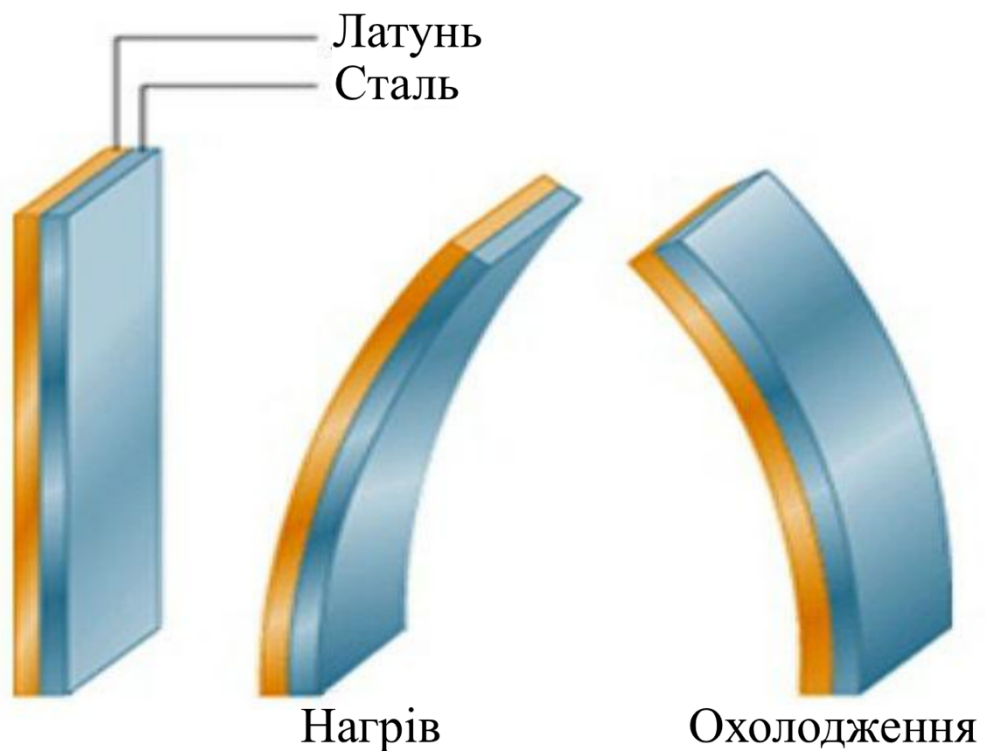


Рисунок 1.11 – Принцип роботи біметалічного методу провітрювання

При охолодженні повітря у теплиці металеві деталі повертаються до свого початкового розміру, і кватирка закривається. Складність проектування такої системи автоматичного провітрювання полягає у розрахунку параметрів термоприводу підтримки необхідної температури. Крім того, потужність більшості подібних конструкцій не дозволяє відкривати важкі стулки. Тому біметалічні системи застосовуються в основному в плівкових та полікарбонатних теплицях.

Основними перевагами такої системи є:

- простий монтаж;
- легкість у застосуванні;
- автономність.

Але необхідно враховувати габарити кватирки, система не може піднімати надто важкі конструкції. На рис. 1.12 зображений використання цього методу у реальній теплиці.



Рисунок 1.12 – Біметалічного методу провітрювання

Метод автокомірця. В наш час метод автокомірця є найпопулярнішим з усіх існуючих методів. Усі виробники рекомендують саме цей метод. У цьому методі основним компонентом є штовхаючий елемент, який виконує дію відкривання та замикання стінки теплиці. Цей метод є однією єдиною системою, яка містить поршні, масляні циліндри, закріплювачі та штовхачі. Цей метод представлений на рис 1.13.

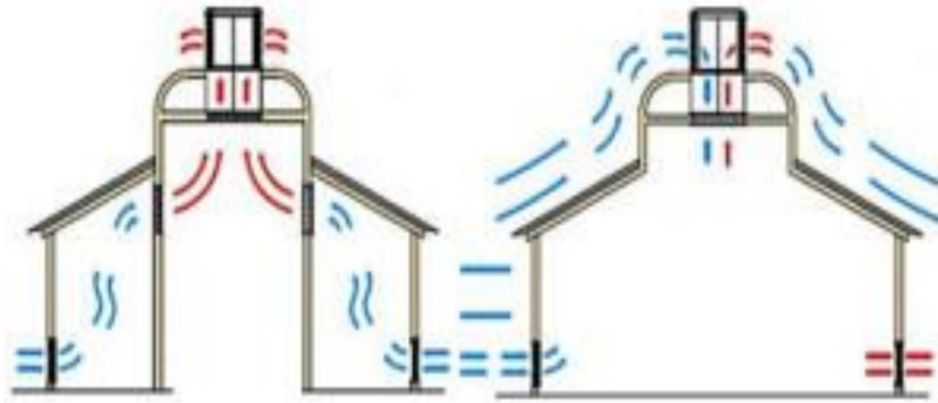


Рисунок 1.13 – Метод автокомірця

У циліндричні судини додається масляна рідина, яка у разі нагрівання запускає процес розширення. Цей процес змушує рухатися поршням, тим самим виштовхуючи їх, що внаслідок цього запускає процес відкривання стінок теплиці. Внаслідок зменшення зовнішньої температури масла в циліндрі починають охолоджуватися, через що стінки починають закриватися.

Перевагою цього методу провітрювання є його легкість та економічність. Але, якщо по площі всієї теплиці розмістити велику кількість фрамуг або велику кількість кватирок більше двох, то необхідно розміщувати цю систему окремо на кожну область.

1.4 Висновки до 1 розділу

В даному розділі кваліфікаційної роботи було детально проаналізовано предметну область в якій проводитиметься дослідження. Також проведено огляд розробок в галузі “розумних” теплиць попередніх років в різних країн світу включно з описом використовуваних технологій і методологій досліджень.

В першу чергу розглянуто системи керування автополивом, автопровітрюванням та підігрівом ґрунту.

2 ПРОЕКТНА РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ ТА ПІДБІР КОМПОНЕНТІВ

2.1 Проектування структурної схеми

Розглянувши у попередньому розділі різні аналоги, слід обрати необхідні датчики. Так для управління системою потрібно використовувати компонент, який дозволяє зчитувати та обробляти сигнали та дані, які надходять від датчиків, та відповідно реагувати. Тим самим подаючи сигнали, що управляє системою не виконавчі компоненти, а саме мікроконтролер.

Для системи автоматичного поливу ґрунту потрібно використовувати: датчик рівня води, який визначатиме поточну кількість води у водосховищі, тим самим давши зрозуміти, що необхідно додати води у разі її нестачі у водосховищі; датчик, що фіксує стан вологості ґрунту. У такий спосіб система визначає, коли потрібно запустити процес поливу; дисплей, необхідний для моніторингу вологості ґрунту та візуалізації процесів налаштування системи поливу; пристрій керування навантаженням, який після подачі з мікроконтролера сигналу запускає систему подачі води; система управління для завдання та налаштування процесів поливу. Пристрій сповіщення служить для індикації відсутності води, щоб її додали в спеціальну ємність.

Для системи автопровітрювання необхідно використовувати такі елементи, як: датчик температури та вологості ґрунту, залежно від показань знятих даним датчиком визначається поточний стан усередині теплиці; пристрій керування навантаженням, яке після подачі з мікроконтролера сигналу запускає систему провітрювання.

Для системи автоматичного обігріву ґрунту необхідні елементи: датчик визначення температури ґрунту (контактного типу); пристрій управління навантаженням, яке після подачі з мікроконтролера сигналу запускає підігрів ґрунту; система управління для завдання та налаштування процесів обігріву

грунту; дисплей, необхідний для моніторингу температури ґрунту та візуалізації процесів налаштування системи обігріву ґрунту.

Щоб забезпечити технічну безпеку системи при виконанні робіт, від таких процесів як удар струмом, що може призвести, крім трав, до летального результату. Саме тому в роботі було прийнято рішення утриматися від використання напруги для живлення нагрівального елемента і мікроконтролера. Виходячи з вищесказаного, як елемент живлення вирішено використовувати джерело живлення напругою 12 В і показником струму 3 А. Крім безпеки дане рішення було прийнято, так як в якості живлення нагрівального елемента системи обігріву ґрунту 5 В напруга від мікроконтролера є недостатнім для отримання бажаного результату. Щоб забезпечити мікроконтролеру можливість керування навантажувальними елементами, необхідно використовувати ключові елементи.

Скомпонувавши отримані дані можна побудувати структурні схеми систем, що зображені на рис. 2.1, 2.2, 2.3.

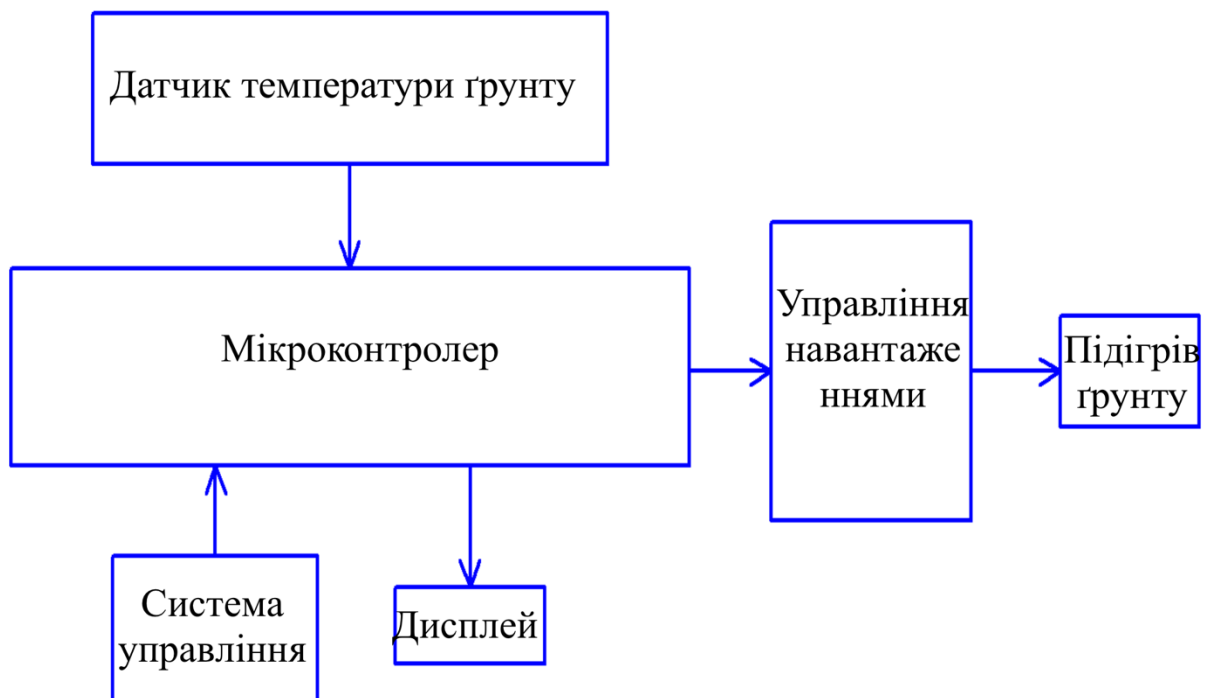


Рисунок 2.1 – Структурна схема підігріву ґрунту

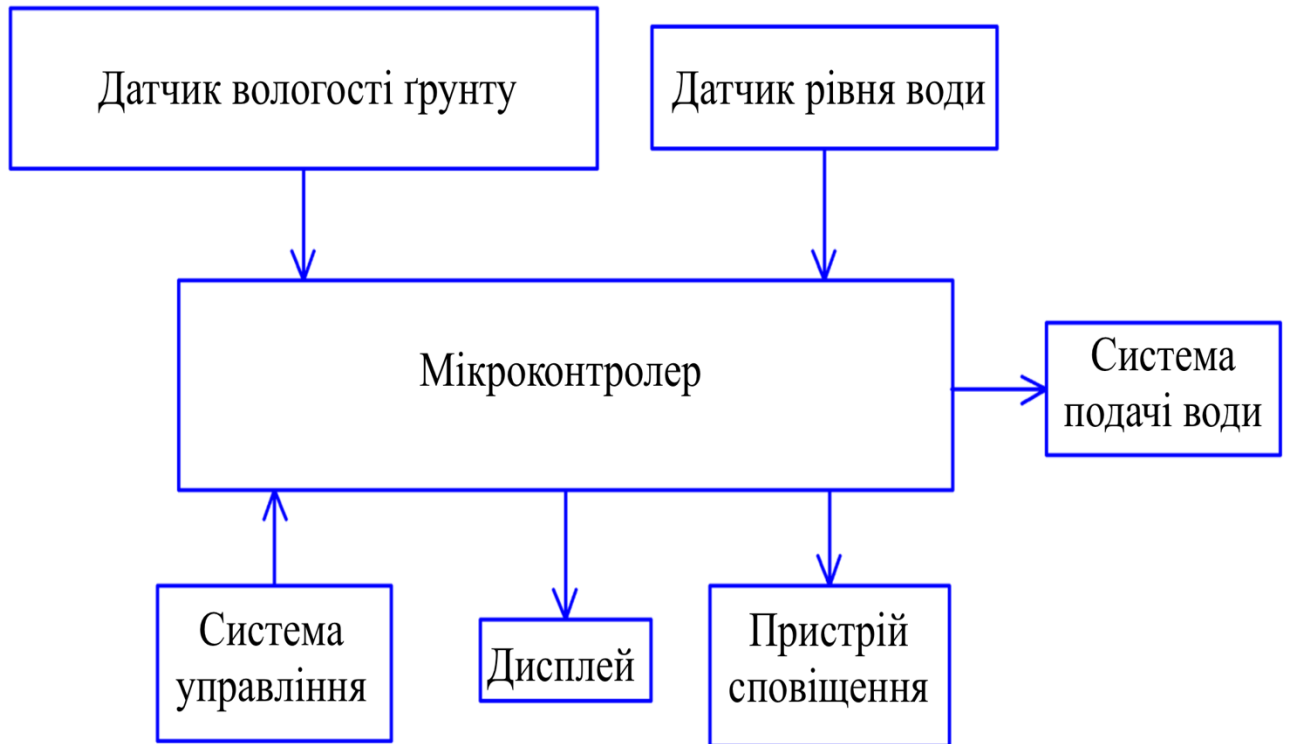


Рисунок 2.2 – Структурна схема автоматичного поливу ґрунту

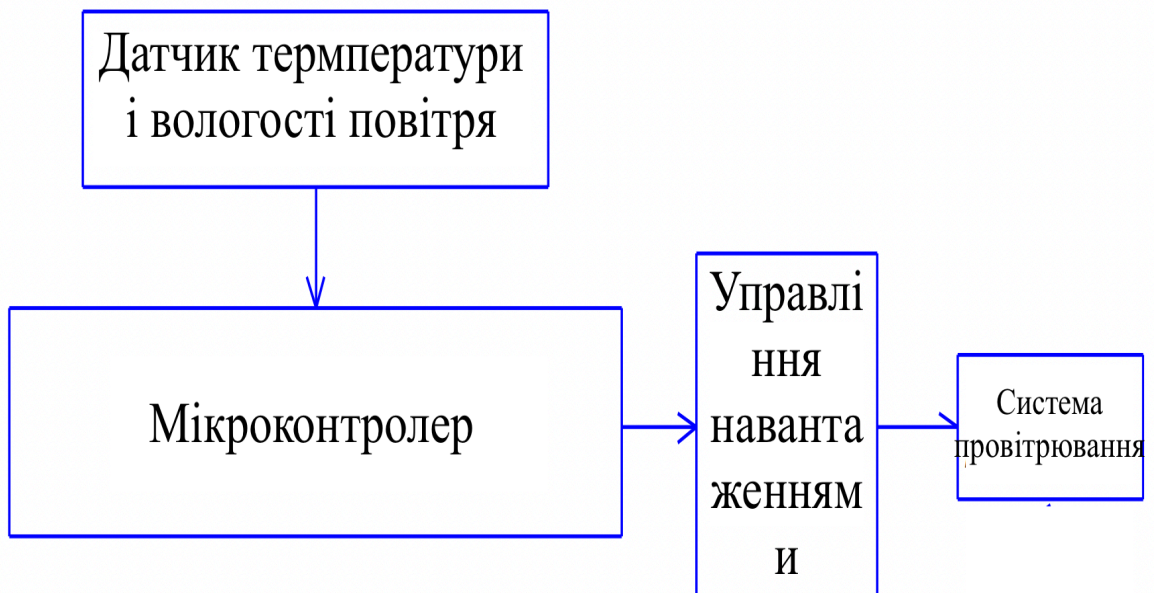


Рисунок 2.3 – Структурна схема автопровітрювання

2.2 Вибір необхідних компонентів

2.2.1 Вибір мікроконтролера

Для системи дистанційного керування мікрокліматом потрібно в першу чергу обрати мікроконтролер. Серед усіх наявних на ринку моделей був обраний 8-бітний мікроконтролер від компанії Atmel серії Arduino. Саме у цьому мікроконтролері Arduino є найголовніша перевага для даного проекту, яка дозволяє повністю керувати тривалістю і часом подачі керуючих сигналів на силову частину. Далі було потрібно обрати необхідну серію мікроконтролера. Так для цього було визначено кількість необхідних pin-ів. Виходячи з цього було обрано мікроконтролер Arduino Uno. Він зображений на рис. 2.4.

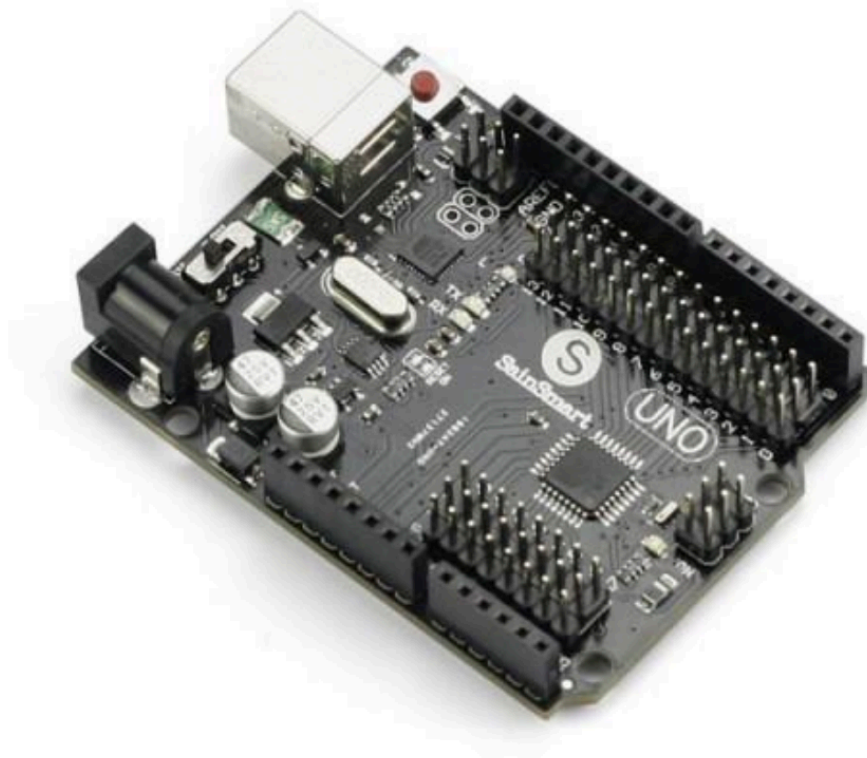


Рисунок 2.4 – Мікроконтролер Arduino Uno

Так до переваг цього мікроконтролера можна віднести процесор на 16 МГц, 32 Кб постійної та 2 Кб оперативної пам'яті. Також цей мікроконтролер має 20 pin-ів для введення та виведення сигналів, які включають 6 pin-ів аналогового типу, 6 pin-ів цифрового типу, які підтримують ШІМ сигнал, а також 2 pin-а апаратного переривання. У програмному середовищі є значна кількість готових бібліотек. Досить просте середовище в освоєнні IDE з мовою ArduinoC++. При підключенні USB живлення, Arduino має можливість використання власної напруги величиною в 5 В (дана величина напруги є достатньою для живлення більшості плат датчиків).

2.2.2 Вибір дисплею

Для того щоб відстежувати стан системи та візуалізації процесів налаштування, для систем автоматичного поливу та регулювання обігріву ґрунту, необхідно застосовувати дисплей. Так головним критерієм для вибору дисплею було достатня кількість рядків і стовпців, що знадобиться для використання у процесі роботи у вигляді інформації з мікроконтролера Arduino Uno. Виходячи з цього, було обрано LCD-дисплей з 16 контактами під назвою WH-1602B2. Цей LCD-дисплей представлений рис. 2.5. Цей дисплей має наступні характеристики. 16 – кількість стовпців дисплея, 2 – це кількість рядків дисплея. Дисплей здатний підтримувати два види варіацій паралельного типу інтерфейсу, а саме: 8 бітний інтерфейс, дозволяє за один такт передавати 8 біт інформації та 4 бітний інтерфейс, він дозволяє за один такт передавати 4 біт інформації.

Дані види інтерфейсів сильно обмежуються кількістю необхідних pin-ів мікроконтролера при підключенні, особливо 8 бітний тип. Хоча від кількості біт залежить швидкість відгуку зображення на дисплеї, вона на стільки невисока, що навіть не слід брати велику кількість бітів як варіант. Величина швидкості оновлення дисплея або FPS становить величину не більше 8 разів на секунду, що не дозволяє помітити оком частоту оновлення даних.

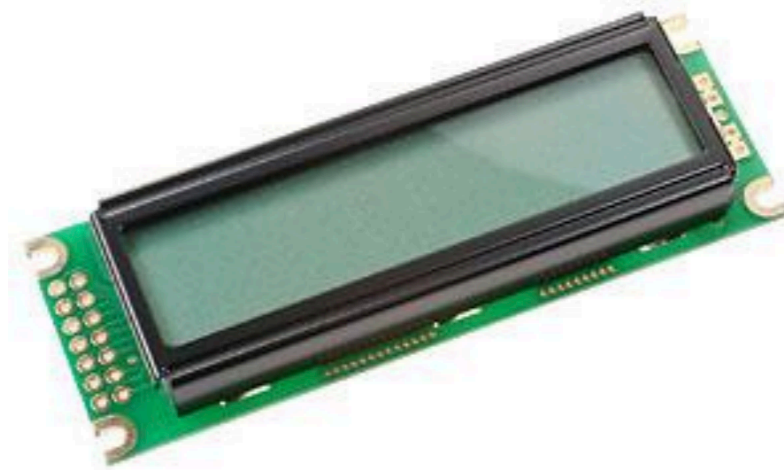


Рисунок 2.5 – Вигляд LCD-дисплей WH-1602B2

У подальшій роботі з цим дисплеєм було виявлено один недолік. Він є не зовсім зручним у розміщенні через велику кількість дротів, що в свою чергу призводить до необхідності використовувати велику кількість pin-ів на Arduino Uno. Так якщо враховуючи факт того, що навіть при 8-бітному паралельному інтерфейсі необхідно використовувати цілих 12 pin-ів [10]. Враховуючи цю причину, було прийнято рішення використовувати до LCD-дисплея модуль I2C, який зображено на рис. 2.6.

2.2.3 Вибір пристрою сповіщення

Для сповіщення користувача було обрано пристрій звукового сповіщення. Так наприклад, при необхідності додати води в ємність поливу, були використані звичайний світлодіод і зумер, який також інколи ще називають п'єзопищалкою.

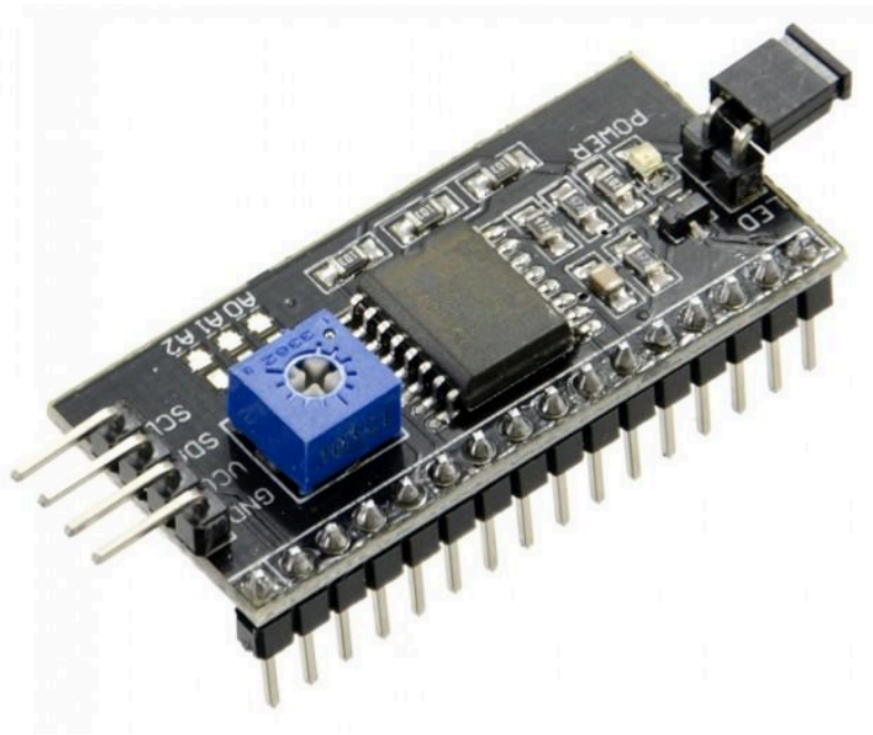


Рисунок 2.6 – I2C-модуль для дисплею

Таку проблему як використання занадто великої кількості pin-ів для підключення до мікроконтролера можна вирішити за допомогою I2C-модулю. Так цю кількість можна скоротити всього до 4 pin-ів. Також цей модуль підрядковий резистор, яким в свою чергу можна легко врегулювати підсвічування самого

Завдяки I2C модулю вирішується така проблема як занадто велика кількість pin-ів необхідних для підключення до Arduino до кількості в 4, так повз це також I2C - модуль має підрядковий резистор, завдяки якому легко можна регулювати підсвічування самого LCD-дисплея.

2.2.3 Вибір датчика температури

За допомогою датчика температури можна буде відстежити зміну температури ґрунту. У свою чергу датчик буде знаходитися в близькому контакті з поверхнею, що нагрівається та ґрунтом.

Так при виборі датчика температури були розглянуті наступні критерії. В першу чергу, мати діапазон вимірювання від -10 градусів за Цельсієм до +40

градусів. Це рішення пов'язано з тим що інші аналоги працюють в цих межах та навіть більше. Але в нашому випадку немає потреби, оскільки в наших умовах ґрунт не буде нагріватися вище 40 градусів за Цельсієм. Датчик повинен мати невисокий поріг похибки вимірюваних температури. Корпус датчика повинен бути реалізованим плоским, саме це необхідно для максимально щільного розміщення датчика у ґрунт, тим самим отримуючи максимально точні значення з температурного датчика. Напруга 5 В.

Враховуючи все вище описане, було обрано датчик температури TMP35. Цей датчик зображений на рис. 2.7.

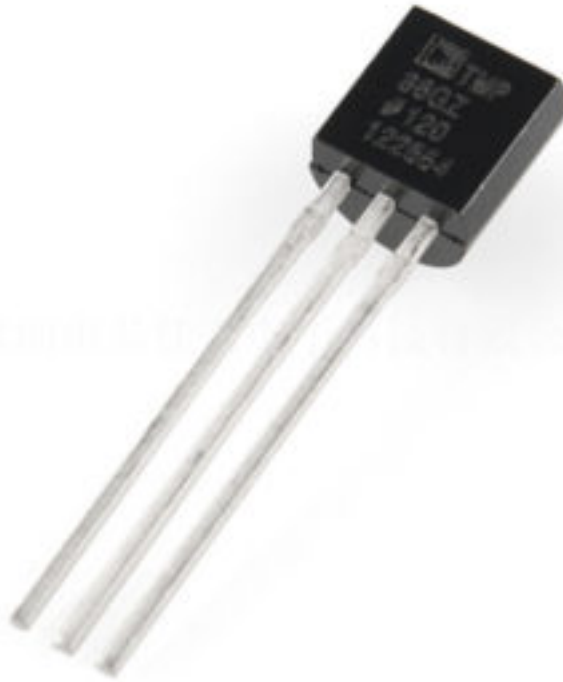


Рисунок 2.7 – Датчик температури TMP35

Датчик температури TMP35 має напругу живлення від 2 В...5 В, похибку у 2 градуси за Цельсієм. Температуру вимірювання від 25...45 градусів за Цельсієм. Та споживчий струм 50 мкА. Датчик TMP35 має три виводи. Якщо подивитися на датчик з боку цих виходів і зрізом нагору, як

показано на рис. 2.8, то ліворуч буде позитивний контакт живлення, по центру - вихід на контролер, і праворуч - негативний контакт живлення [9].



PIN 1, +V_S; PIN 2, V_{OUT}; PIN 3, GND

Рисунок 2.8 – Зображення виводів датчика TMP35

2.2.4 Вибір системи підігріву

При виборі нагрівального елемента було єдине обмеження – це величина напруги живлення в 12 В. Усі існуючі аналоги такого нагрівального елемента працюють при напрузі живлення мережі у 220 В. Це означає, що використання маточного нагрівального елемента та інфрачервоного неможливо у системі.

Особливістю використання маткового здійснюється довжиною не менше 2 м довжиною, а для інфрачервоного нагрівального елемента не менше 1 м.

Виходячи з описаного вище, в якості реалізації обігріву ґрунту для дисертаційної роботи було вирішено використовувати звичайний нагрівальний елемент. Даний нагрівальний елемент на ринку продається у різних реалізаціях розмірів та зображений на малюнку під номером 19.

Враховуючи все вище описане, для системи керування мікрокліматом в якості елемента обігріву ґрунту було обрано звичайний нагрівальний елемент, який зображений на рис. 2.9.

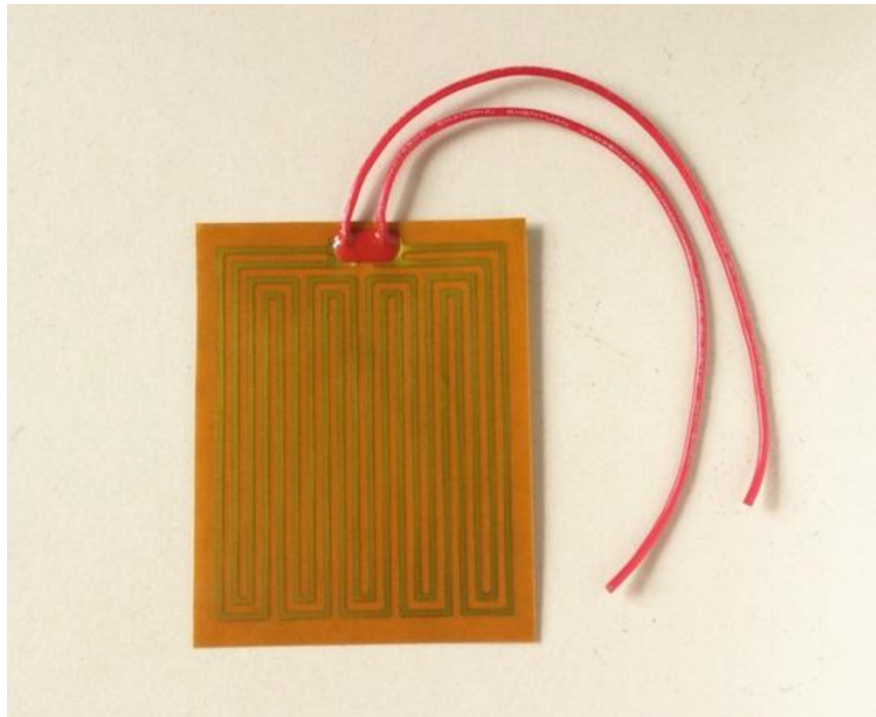


Рисунок 2.9 – Зовнішній вигляд нагрівального елемента

2.2.5 Вибір пристрою управління

Для пристрою управління було обрано тактові кнопки, які при натисканні можуть повернутися у свій вихідний стан. При виборі цього елемента було приділена увага наступним критеріям. Елемент пристрою управління повинен легко розміщуватися на стенді системи. Важливим критерієм також є використання напруги а 5 В. Провівши аналіз ринку тактових кнопок, було обрано модель IT-1101V. Зовнішній вигляд цієї моделі представлений на рис. 2.10.



Рисунок 2.10 – Зовнішній вигляд тактової кнопки IT-1101V

2.2.5 Вибір ключового елемента

Оскільки pin-и Arduino не розраховані для живлення високих напруг та навантажень, струм виводів обмежується в 40 мА. Тому для вирішення проблеми управління сильним навантаженням було обрано MOSFET-транзистор. Виходячи з цього, тепер є можливість використовувати навантаження у декілька Ампер.

MOSFET-транзистор є найкращим варіантом для управління ШІМ сигналом, оскільки струмом регулюється відкриття транзистора, як і в біполярному транзисторі, а на затвор транзистора регулюється саме напругою.

Саме за допомогою цього є можливим керувати великими струмами на самому навантаженні за допомогою великих струмів. Також до переваг MOSFET-транзисторів можна віднести те, що величина падіння напруги є малою, невідмінну від значень, які надходять при використанні реле, тому що транзистор має малу R_{DSon} .

Для того щоб обрати потрібний транзистор потрібно продумати, що відкривання від мікроконтролера буде проходити без додавання додаткових драйверів або біполярних транзисторів. Отже, потрібно дотримуватися $GateTreshhold$, що означає порогову напругу включення транзистора. У цій

роботі даний параметр повинен знаходитися у межах 1...5 В. Також важливим параметром є Draincurrent (continuous), що вирішує тривалість струму транзистора, що надходить на затвор, для його відкриття. Це означає, що величина струму повинна бути 3 А, а Draincurrent повинен бути із запасом у 30%.

Беручи до уваги все вище описане, був обраний транзистор IRFB3806, який зображений на рис. 2.11.



Рисунок 2.11 – Зовнішній вигляд транзистора IRFB3806

Так транзистор IRFB3806 має опір у відкритому стані 0,1 Ом, порогову напругу від 2 В до 5 В, максимальний струм стоку 10 А.

2.2.6 Вибір датчика температури та вологості повітря

При виборі датчика температури та вологості повітря було обрано серію DHT, а саме вибір був між DHT11 і DHT22. Адже саме ці 2 датчики мають деякі відмінності. Датчик DHT11 неможливо використовувати при температурі нижче 0 градусів за Цельсієм. Але наша система не враховує її використання при таких умовах, тому це не є недоліком. У свою чергу датчик DHT22 є більш точним, що у свою чергу дозволяє вимірювати температуру з точністю до десятих. Але DHT11 є дешевшим ніж датчик DHT22.

Тож для системи був обраний датчик DHT11. За допомогою датчику DHT11 буде відбуватися стеження за температурою та вологістю. Датчик складається з ємнісного датчика вологості та терморезистора для вимірювання температури. Конденсатор, що відчуває вологість, має два електроди з підкладкою, що утримує вологу, як діелектрик між ними. Зміна величини ємності відбувається зі зміною рівня вологості. Вимірюють, обробляють ці змінені значення опору та змінюють їх у цифрову форму. Зовнішній вигляд датчику DHT11 зображений на рис. 2.12.

Для вимірювання температури цей датчик використовує термістор з коефіцієнтом негативної температури, який спричиняє зменшення значення його опору із збільшенням температури. Щоб отримати більше значення опору навіть при найменшій зміні температури, цей датчик зазвичай складається з напівпровідникової кераміки або полімерів [12].

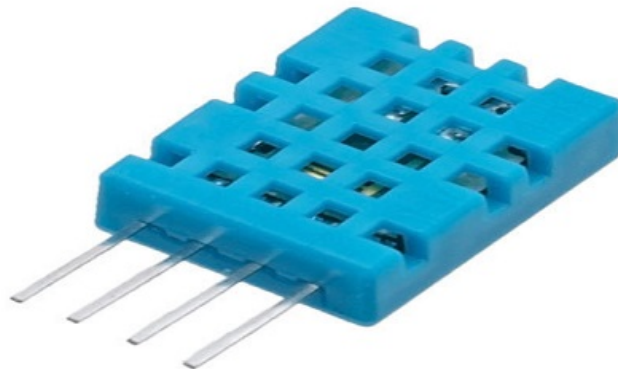


Рисунок 2.12 – Датчик DHT11

Цей датчик використовується в різних додатках, таких як вимірювання вологості та температури в системах опалення, вентиляції та кондиціонування. Погодні станції також використовують ці датчики для прогнозування погодних умов. Датчик вологості використовується як профілактичний засіб у будинках, де на людей впливає вологість. Офіси, машини, музеї, теплиці та промисловість використовують цей датчик для вимірювання значень вологості та як засіб безпеки [8].

2.2.7 Водяний насос

Будь хто знає, що рослинам потрібна вода. Вода забезпечує структурну підтримку, охолоджує рослину і переміщує мінерали у потрібні місця. Рослинні клітини схожі на водні кулі. Коли вони наповнені, вони стають жорсткими, а рослина міцнішає. Коли бракує води, клітини спустошуються, і рослина виглядає в'ялою – чіткий знак, що їй потрібно більше води.

Тому для поливу був обраний невеликий занурювальний водяний насос, який працює на постійному струмі 3 В...6 В. Зовнішній вигляд представлений на рис. 2.13.



Рисунок 2.13 – Водяний насос

Він надзвичайно простий і легкий у використанні. Достатньо просто занурити насос у воду, підключити відповідну трубку та підключити двигун до

напруги, щоб почати відкачувати воду. Чудово підходить для наукових проектів, вогнегасників, протипожежних роботів, фонтанів, водоспадів, систем поливу рослин тощо. Цей двигун невеликий, компактний та легкий. Ним можна керувати за допомогою мікроконтролера чи Arduino за допомогою постійного струму. Дає можливість перекачувати рідину зі швидкістю до 120 л/год.

2.2.8 Елемент провітрювання

Після аналізу всіх можливих систем провітрювання для розумної теплиці було обрано саме сервопривід. Обраний сервопривід повинен мати напругу живлення від 5..12 В, вагу пересувної частини не більше 1 кг, кут доведення 60° та кут повороту 90° .

Беручи до уваги все вищеописаних, як було обрано елемент для керування системою автопровітрювання SG90, який зображений на рис. 2.14.



Рисунок 2.14 – Зовнішній вигляд SG90

Найбільш популярні сервоприводи, які утримують заданий кут і сервоприводи, що підтримують швидкість обертання.

Сервоприводи мають кілька складових частин. Привід електромотор з редуктором. Найчастіше швидкість обертання двигуна буває занадто великою для практичного використання. Для зниження швидкості використовується редуктор: механізм із шестерень, що передає і перетворює крутний момент.

Включаючи і вимикаючи електромотор, можна обертати вихідний вал - кінцеву шестерню сервоприводу, до якої можна прикріпити щось, чим потрібно керувати – важіль у формі кола, хрестовини або перекладинки для обертання руху на робочий орган. Для контролю положення використовується датчик зворотного зв'язку енкодер, який перетворюватиме кут повороту назад в електричний сигнал. Для цього часто використовується потенціометр. При повороті бігунка потенціометра відбувається зміна опору, пропорційне куту повороту. Таким чином, за його допомогою можна встановити поточний стан механізму.

Крім електромотора, редуктора та потенціометра в сервоприводі є електронна начинка, яка відповідає за прийом зовнішнього параметра, зчитування значень з потенціометра, їх порівняння та включення/вимикання мотора. Вона й відповідає за підтримку негативного зворотного зв'язку.

До сервоприводу тягнуться три дроти. Два з них відповідають за живлення мотора і землю, третій доставляє сигнал, що управляє, який використовується для виставлення положення пристрою.

2.2.8 Датчик рівня води

Для заміру рівня води в спеціальній ємкості був обраний спеціальний поплавковий датчик. Поплавковий датчик рівня води дозволяє контролювати рівень води перевіряючи вихідний ланцюг на електричне замикання. Датчик замикає ланцюг, сигналізуючи про те, що він потонув.

Датчик повністю герметичний і не схильний до корозії. Основним елементом датчика є геркон, який знаходиться усередині трубки. Усередині поплавця є магніт. При піднятті поплавця магнітне поле впливає на геркон,

який замикає електричний ланцюг. Зовнішній вигляд датчика зображений на рис. 2.15.



Рисунок 2.15 – Зовнішній вигляд датчика рівня води

Цей датчик має струм до 100 В, струм у ланцюгу до 500 мА при напрузі до 24 В та робочу температуру -20... 80 °С.

2.2.9 Датчик вологості ґрунту

За допомогою датчику вологості ґрунту можна буде поливати рослини лише за необхідності та уникати надмірного або недостатнього поливу. Датчик вологості ґрунту Arduino призначений для визначення вологості землі, в яку він занурений. Він дозволяє дізнатися про недостатнє або надмірне поливання домашніх або садових рослин. Підключення даного модуля до контролера дозволяє автоматизувати процес поливу ваших рослин, городу або плантації. Зовнішній вигляд датчику вологості ґрунту зображений на рис. 2.16.

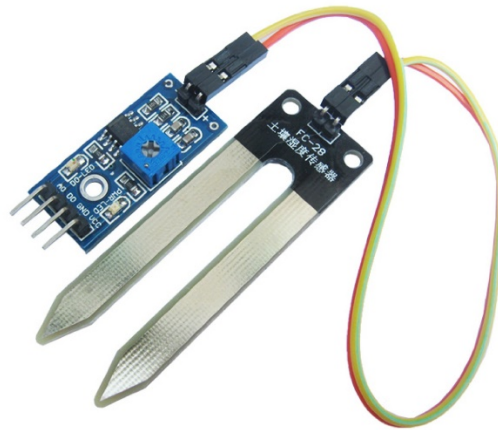


Рисунок 2.16 – Датчик вологості ґрунту

Модуль складається з двох частин: контактної щупа YL-69 і датчика YL-38, в комплекті йдуть дроти для підключення. Між двома електродами щупа YL-69 створюється невелика напруга. Якщо ґрунт сухий, опір великий і струм буде меншим. Якщо земля волога – опір менший, струм – трохи більше. За підсумковим аналоговим сигналом можна судити про рівень вологості. Щуп YL-69 з'єднаний з датчиком YL-38 по двох дротах. Крім контактів з'єднання зі щупом, датчик YL-38 має чотири контакти для підключення до контролера.

Датчик YL-38 побудований на основі компаратора LM393, який видає напругу на вихід D0 за принципом: вологий ґрунт – низький логічний рівень, сухий ґрунт – високий логічний рівень. Рівень визначається граничним значенням, яке можна регулювати за допомогою потенціометра. На висновок A0 подається аналогове значення, яке можна передавати в контролер для подальшої обробки, аналізу та прийняття рішень. Датчик YL-38 має два світлодіоди, що сигналізують про наявність вступника на датчик живлення та рівня цифрового сигналу на виході D0. Наявність цифрового виведення D0 та світлодіода рівня D0 дозволяє використовувати модуль автономно, без підключення до контролера.

2.3 Розробка принципової схеми

При розробці принципової схеми були використані підтягуючі резистори. Головною метою таких резисторів, що підтягують, є гарантія високого або низького логічного рівня на вході.

Ця проблема вирішується у таких випадках, коли є відсутність з'єднання провідників з логічним виходом або відсутність замикання ключового елемента на логічному виході, який застосовується як відкритий висновок ключового елемента. Наявність високого опору між логічними контактами та іншою частиною схеми.

Перше це підключення LCD-дисплея разом з I2C-модулем. Це наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – З'єднання LCD-дисплея разом з I2C-модулем

LCD-дисплея разом з I2C-модулем	Arduino Uno
SDA	A4
SCL	A5
VCC	+5V
GND	GND

Після того, як було описано вище необхідність підтягуючих резисторів, наведемо елементи, які потребують їх наявності, а саме: датчик температури і вологості DHT11 і контактний датчик температури для системи обігріву підлоги DS18B20. Дані факти пояснюються наявністю 40 відповідних схем збору даних елементів, які представлені в довідкових даних. Схеми підключення вище описаних елементів представлено на рис. 2.17 та 2.18.

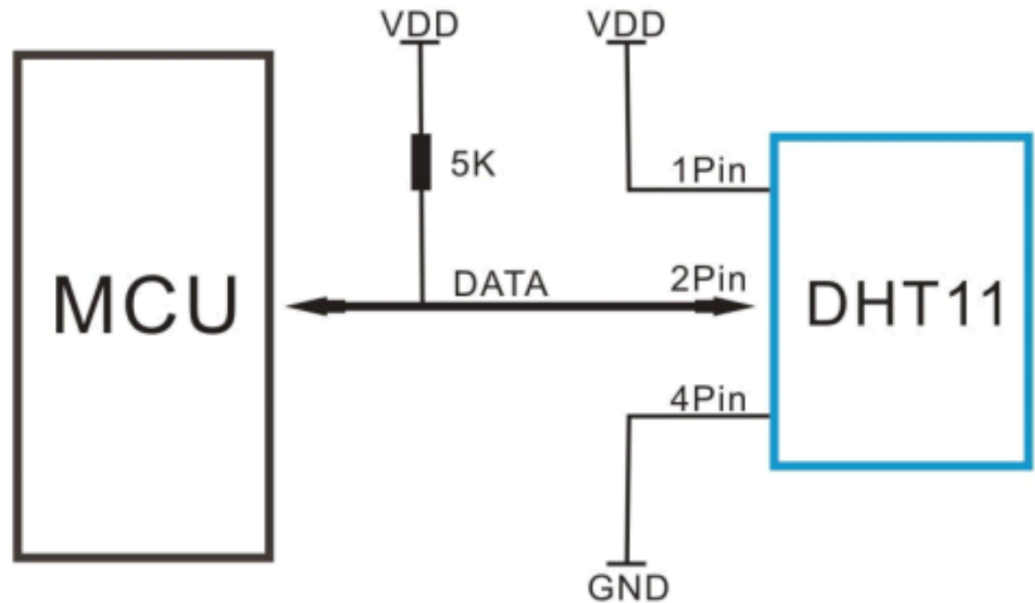


Рисунок 2.17 – Схема підключення датчика температури та вологості DHT11

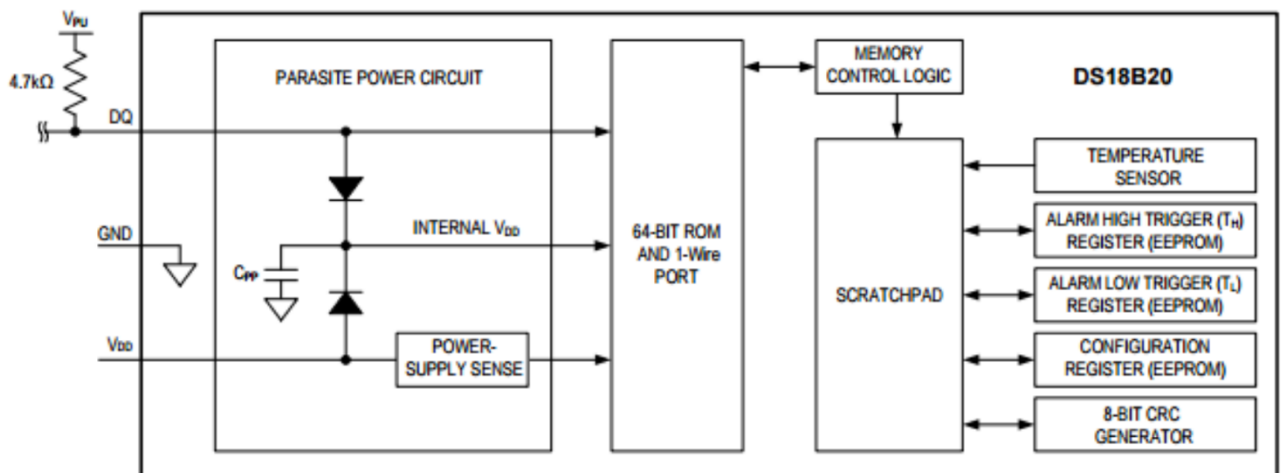


Рисунок 2.18 – Схема підключення датчика температури

Крім даних елементів, також необхідно використовувати резистори, що підтягують, в системі управління, окремо на кожній кнопці. Щоб не додавати додаткових елементів на макетну плату, було вирішено використовувати вбудовані в Arduino Uno резистори, що легко зробити в програмній частині.

Продовжимо з розгляду використовуваного MOSFET – транзистора для керування навантаженням. У даному елементі також використовується підтягуючий резистор між з'єднанням затвор-витік. Це дозволяє утримувати

постійний низький рівень затвора, коли мікроконтролер не подає сигнали високого рівня для відкриття. Завдяки такій зміні схеми запобігається довільне спрацювання польового транзистора, опір обраного резистора величиною в 10 кОм. Також необхідно використовувати резистор величиною 50 Ом...150 Ом в ланцюзі затвором мікроконтролер, так як це необхідно, що на Arduino не прийшов небажаний викид струму. На рис. 2.19 зображена схема підключення.

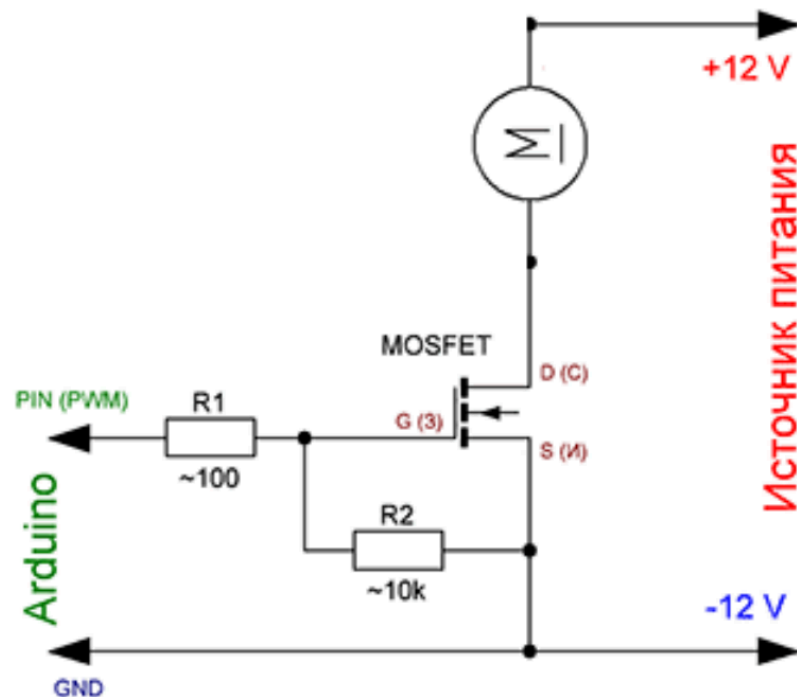


Рисунок 2.19 – Схема підключення транзистора

Підключення сервоприводу системи в елементарному вигляді підключення виглядає так, як показано на рис. 2.20. Тут GND сервоприводу підключається до будь-якого GND pin мікроконтролера, контакт VTG сервоприводу підключається до pin +5 В, а контакт сервоприводу SIG підключається до будь-якого pin-у контролера, що підтримує ШІМ сигнал.

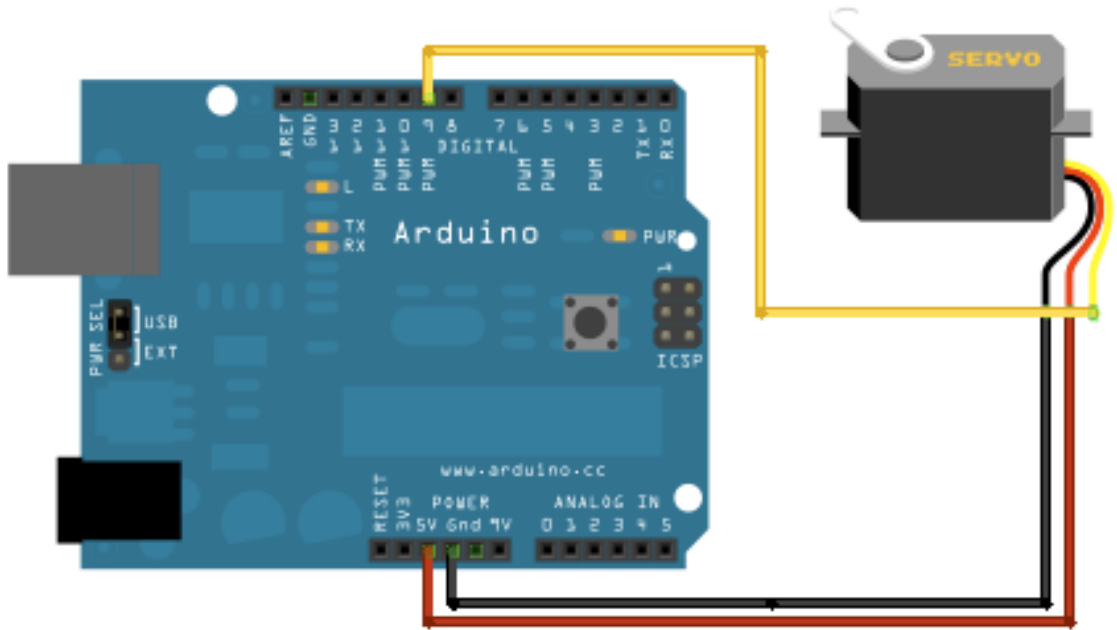


Рисунок 2.20 – Схема підключення сервоприводу SG 90

Підключення датчика вологості ґрунту показано на рис. 2.21, а також у таблиці 2.2.

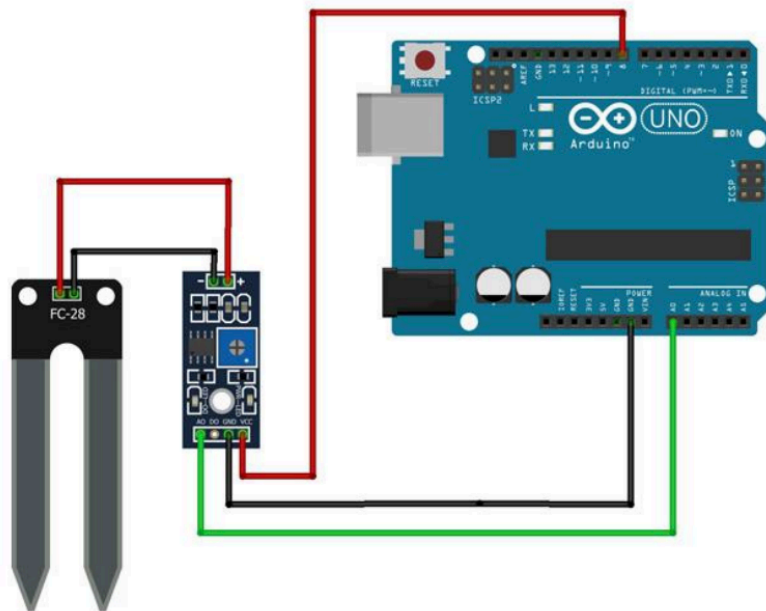


Рисунок 2.21 – Схема підключення YL-38 и YL-69

Таблиця 2.2 – З'єднання LCD-дисплея разом з I2C-модулем

З'єднання контактів YL-38 та YL-69 до Arduino Uno	Arduino Uno
A0	A3
D0	Pin 1
VCC	+5V
GND	GND

Схема електрична принципова кожної з підсистем представлена на рис 2.22, 2.23, 2.24, 2.25. Розробка і реалізація даних принципових схем проводилася у програмному середовищі КОМПАС-3D, у якому також було зроблено перелік всіх використовуваних елементів, і представлено у додатку Б. На рис. представлено повну принципову схему системи розумної теплиці, якій відповідає рис. 2.25.

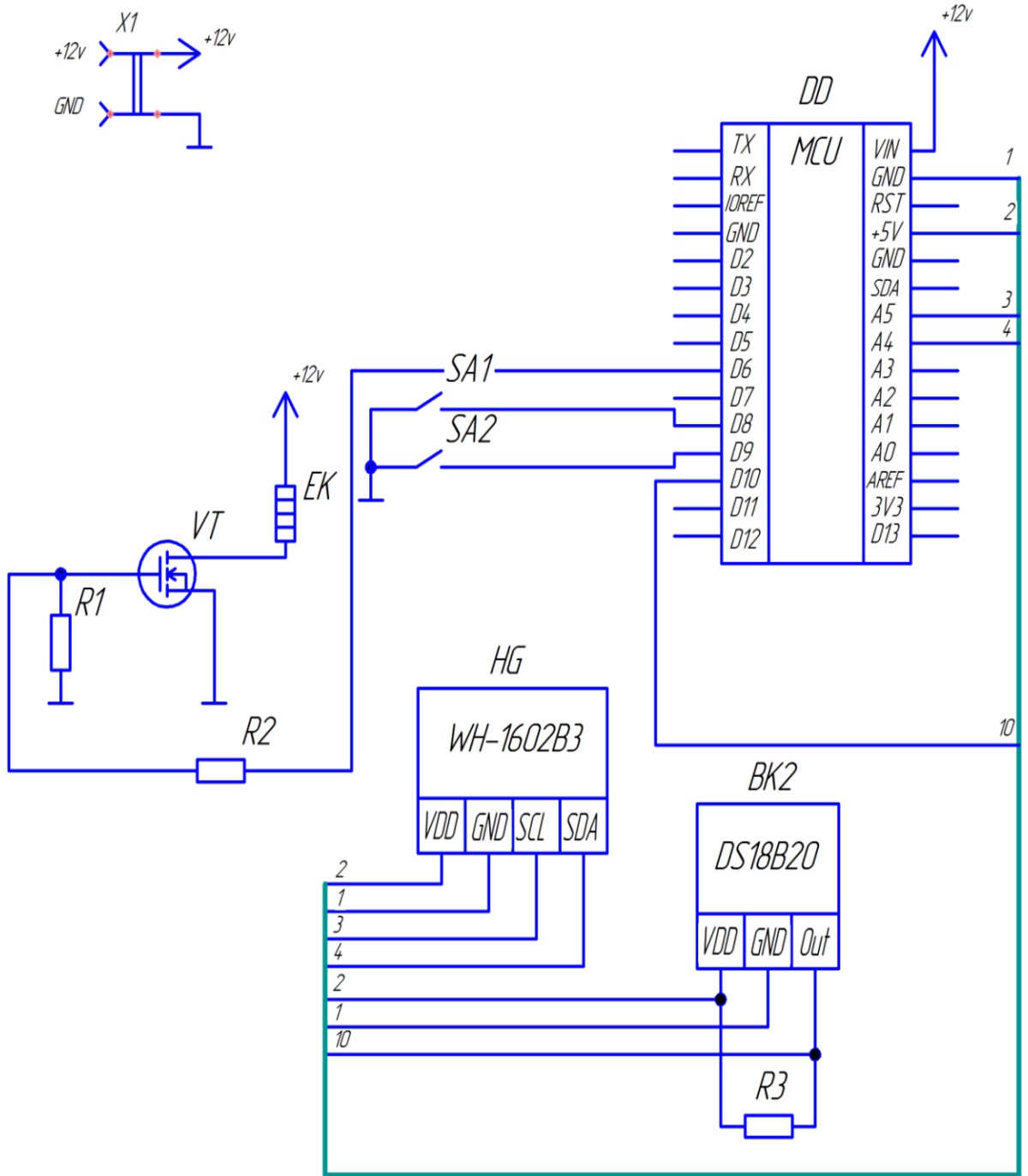


Рисунок 2.22 – Схема електрична важлива для системи обігріву ґрунту

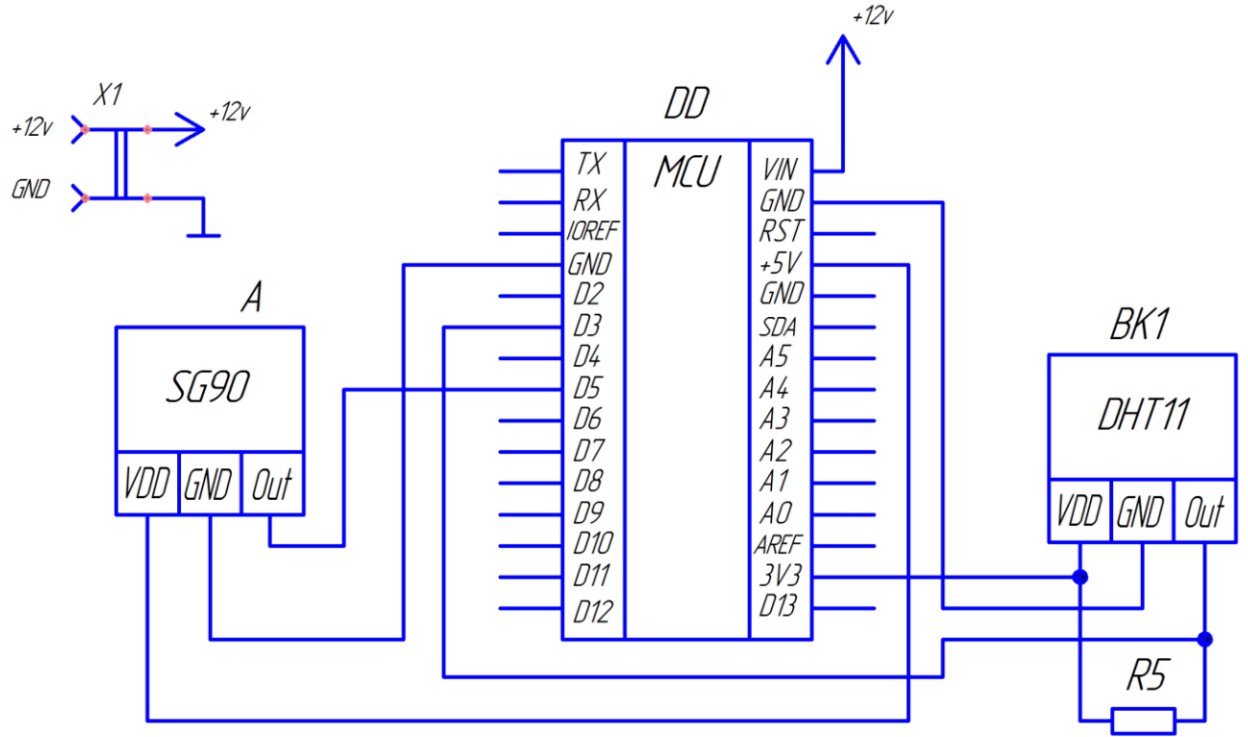


Рисунок 2.23 – Схема електрична важлива для системи автопрівітрювання

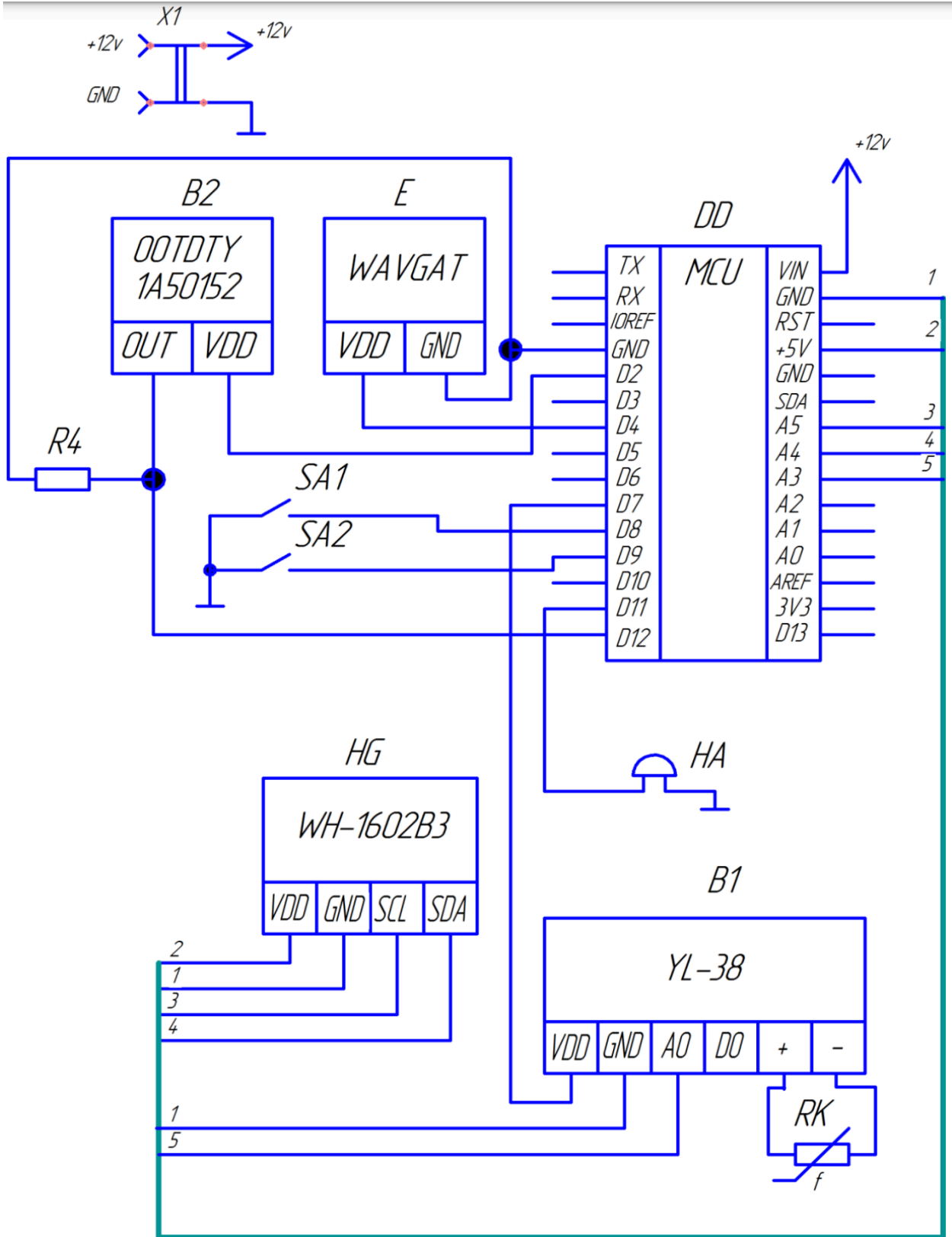


Рисунок 2.24 – Схема електрична важлива для системи автополиву

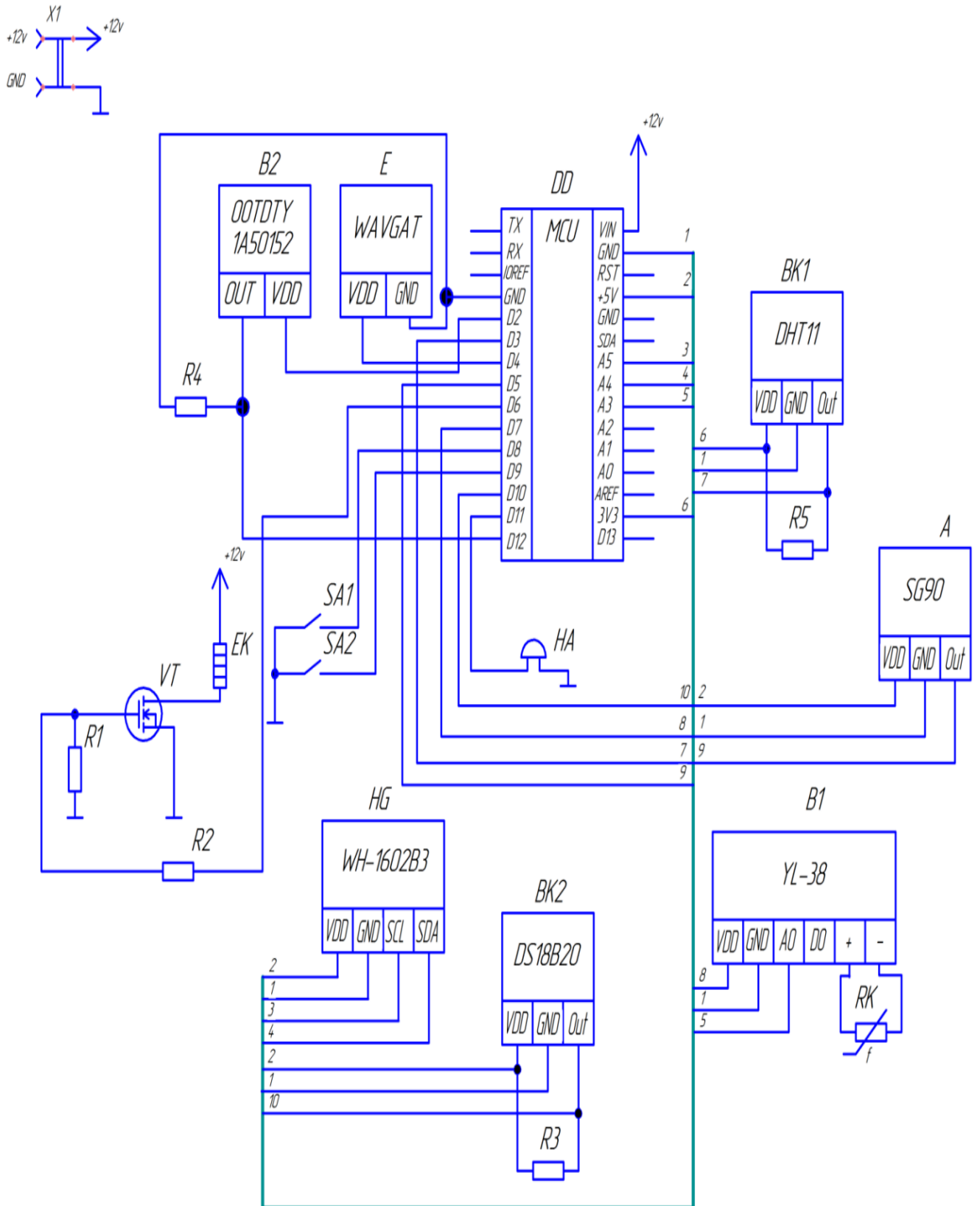


Рисунок 2.25 – Схема електрична принципова системи розумної
тепліці

2.4 Розробка макету пристрою

У процесі проектування макетної конструкції, розробленої системи керуванням мікрокліматом, була реалізована модель, яка складається з 2 секцій. Одна з секцій цього макету буде містити більшу частину всіх частин роботи, в саме макетну плату та мікроконтролер Arduino Uno. Інша ж секція міститиме інші датчики, а на в самому кінці буде нагрівальний елемент, який буде реалізований у макетну конструкцію за допомогою латунних вставок.

Спочатку, як матеріал для конструювання макетної конструкції було обрано МДФ панелі. Але при подальших було обрано листове оргскло, оскільки наша система має автоматичний полив, що в свою чергу передбачає використання води, що може призвести до пошкодження такого матеріалу як МДФ панель. Оргскло в свою чергу має невисоку ціну, та крім цього дозволяє без зусиль зібрати макетну конструкцію та легко розмістити безпосередньо елементи системи на оргсклі. Також при розробці конструкції слід звернути уваги на товщину самого матеріалу, а також продумати місце розташування цих елементів.

Так за допомогою спеціального програмного забезпечення КОМПАС - 3D було спроектовано та зображено у вигляді 2 проєкцій майбутню макетну конструкцію. Це зображено на рис. 2.26.

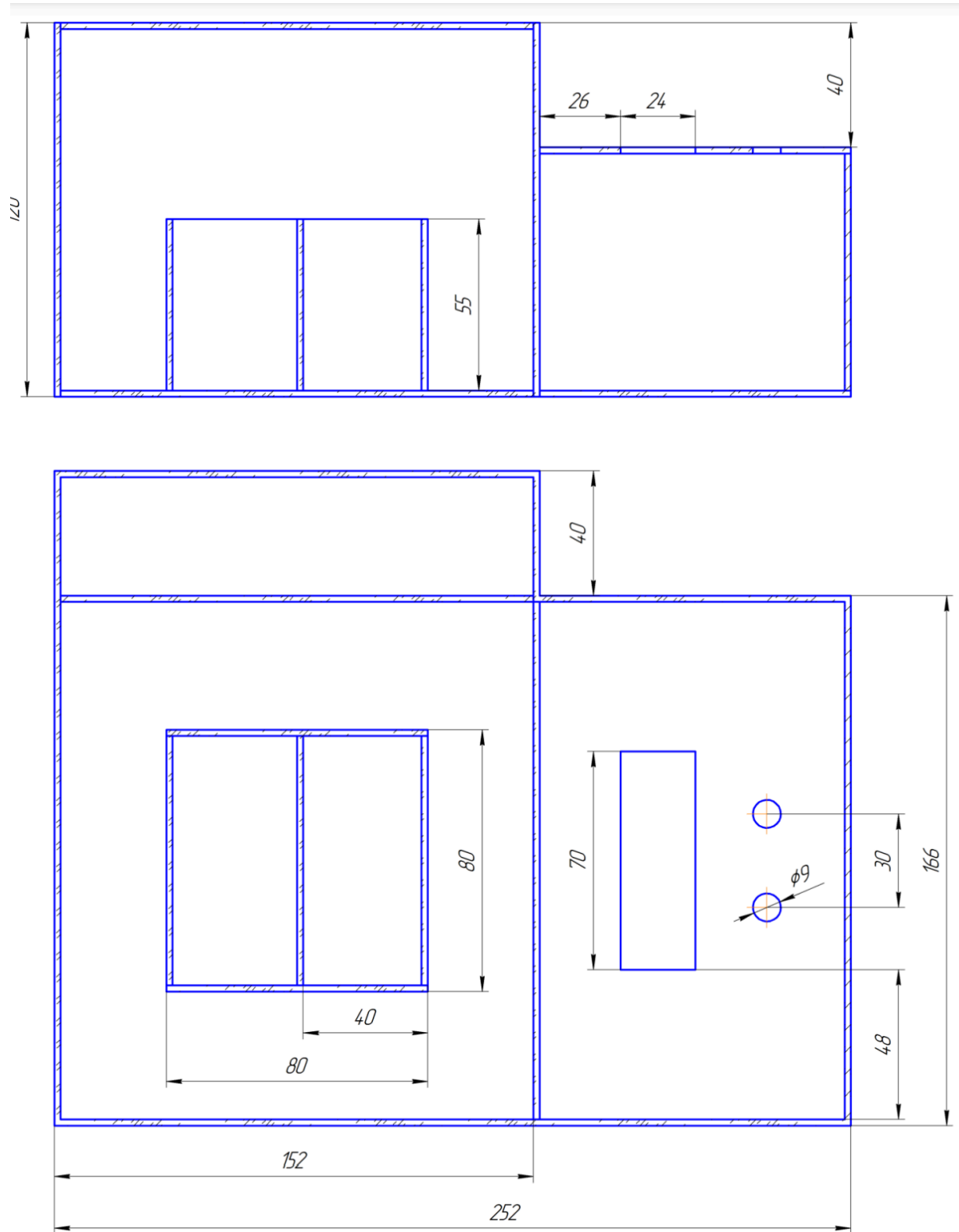


Рисунок 2.26 – Креслення макету майбутньої конструкції

Так горизонтальна проекція конструкції має наступні характеристики: права частина конструкції розмірами 95 мм довжини та 170 мм ширини, а також ліва частина з розмірами 149 мм довжини 170 мм ширини, на дні якої

буде встановлено нагрівальний елемент. На першій частині конструкції був зроблений спеціальний отвір для розміщення LCD-дисплея, розміри якого 75 мм довжини та 24 мм ширини, а також спеціальні отвори діаметром 9 мм під розміщення системи управління.

Крім цього, враховано ємність для зберігання води розміром 40 мм довжини та 152 мм ширини. Також всередині лівої частини конструкції було розміщено спеціальну секцію для виміру вологості ґрунту, де одна з областей демонструватиме сухий ґрунт, а друга вологу. Розміри цієї секції становлять 80 мм ширини та 55 мм висоти.

2.5 Розробка програмної частини системи

Перед написанням будь-якої програми потрібно скласти алгоритм роботи майбутньої програми для різних складових системи. Алгоритм це – послідовність певних операцій або інструкцій для вирішення конкретних задач. Алгоритм зазвичай починається з зображення інструкцій процесу обчислень, які відбуваються в певній послідовності станів, які окрім цього мають кінцевий стан. Перехід від одного до іншого стану не завжди є детермінований.

Для легкого сприйняття алгоритм був зроблений у вигляді блок-схем. Розробка алгоритмів програмної частини системи було виконано у спеціальній програмі під назвою Arduino IDE. Алгоритми для системи підігріву ґрунту, автоматичного поливу, автопровітрювання зображені на рис. 2.27, 2.28 та 2.29.

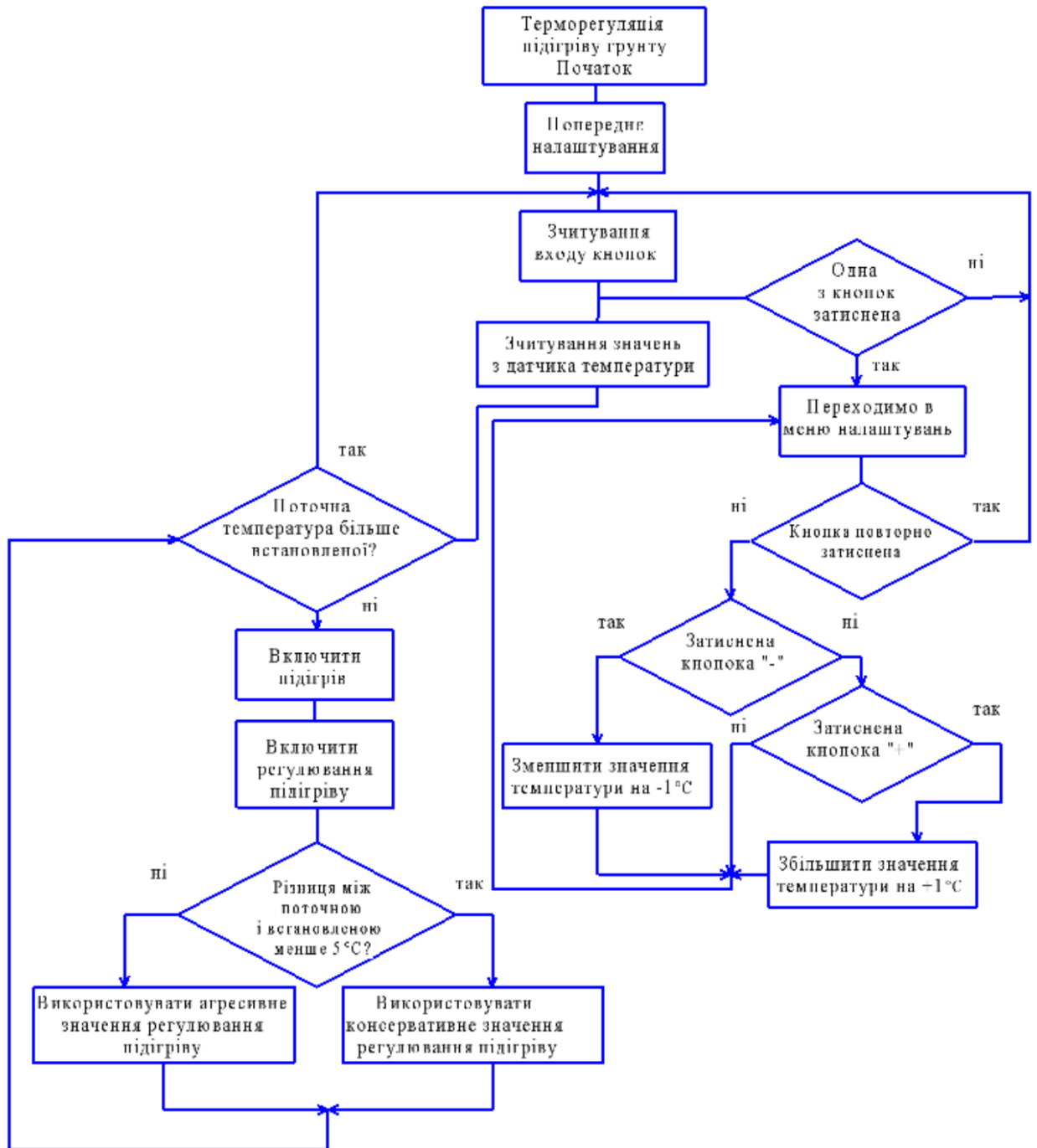


Рисунок 2.27 – Алгоритм програми підігріву ґрунту

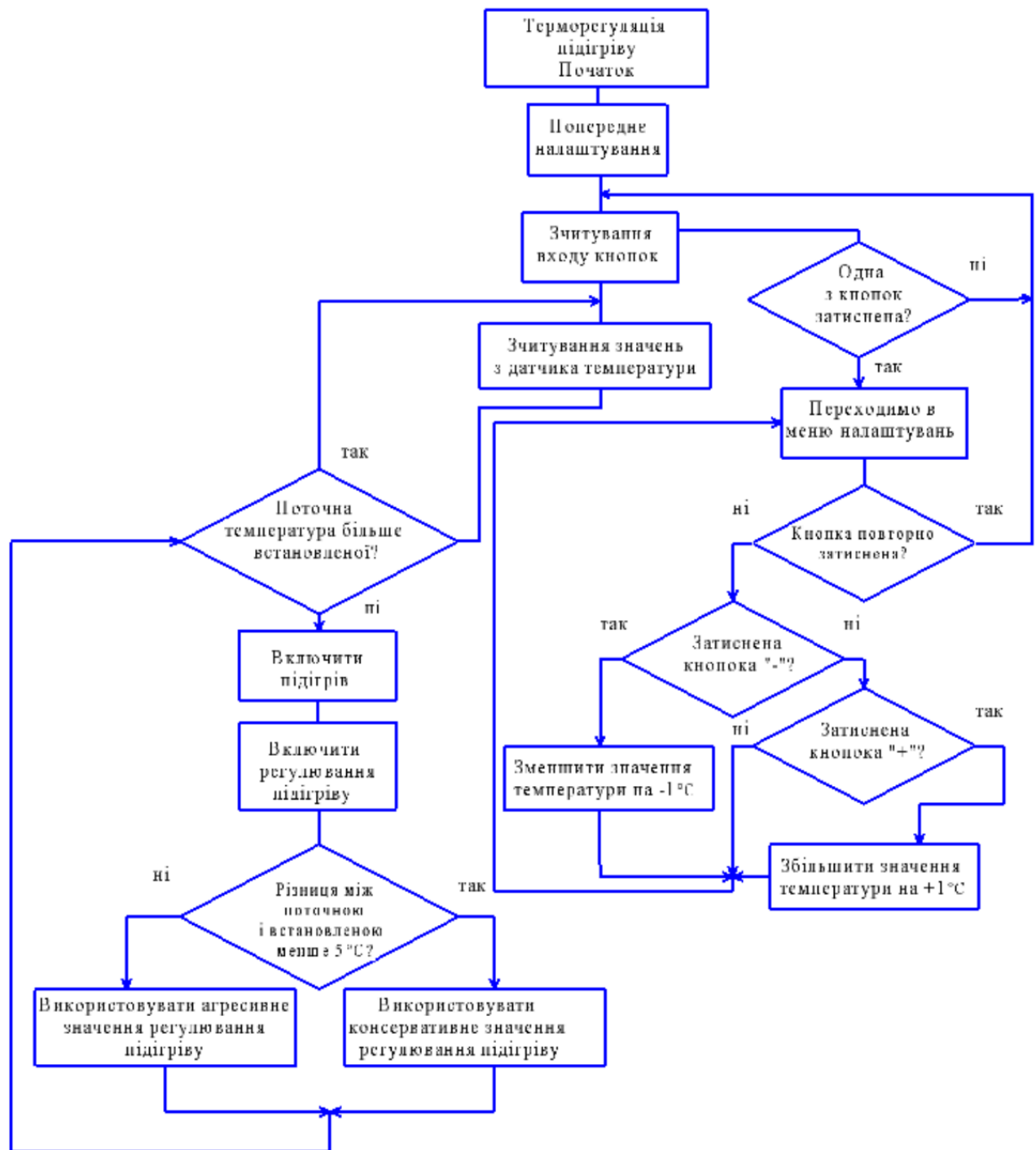


Рисунок 2.29 – Алгоритм програми автопровітрювання системи

Після того як було складено алгоритм майбутньої програми у вигляді блок-схем, можна починати писати безпосередньо код. Далі описаний опис основних частин програми для системи контролю мікрокліматом.

При написанні програми були використані різні бібліотеки для Arduino, які дають можливість значно зменшити час написання коду. Отже, для системи були використані наступні бібліотеки:

- DHT – ця бібліотека використовується для роботи з датчиком вологості та температури DHT1;
- EEPROM, а ця бібліотека дає можливість зберігати данні з Arduino тривалий час. Ця бібліотека може зберігати усі данні навіть після вимкнення мережі контролера. Ця бібліотека буде застосовуватися при написанні коду для системи автоматичного підігріву ґрунту та поливу, тим самим зберігаючи інформацію про встановлену температуру підігріву, а також час спрацьовування та тривалості роботи системи поливу. Але це сховище обмежене у кількості записів, та при перевищенні даних може виходити з ладу;
- OneWire – ця бібліотека, була спеціально розроблена для датчиків температури компанією DALLAS Semiconductor для власних датчиків, серед яких і є DS18B20, який буде використовуватися у системі;
- PIDv1 – бібліотека, яка може регулювати подачу керованого ШІМ сигналу підігріву ґрунту при перевищенні певних значень;
- Servo.h – це бібліотека, яка використовується для налаштування сервоприводів SG90;
- WireLiquidCrystal_I2C – це бібліотека, яка використовується керуючим інтерфейсом для дисплея WH-1602B2 із вбудованим I2C модулем.

Усі написані програмні коди для системи автоматичного підігріву ґрунту, поливу та провітрювання теплиці, а також код інших розроблених програм наведено у додатку Б.

2.5 Висновки до 2 розділу

В другому розділі магістерської роботи було описано прототипу дослідження. Спочатку це фізичний опис, включно з зображенням його. Розглянуто функціонал “розумної” теплиці. Після того наявний опис сенсорів, які забезпечують моніторинг показників всередині розробки, разом з детальним вказанням їх марок і моделей, а також інших складових. Вказано принцип роботи системи з технічної сторони.

3 РЕАЛІЗАЦІЯ МАКЕТНОГО СТЕНДУ ПРОЕКТУ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ МІКРОКЛІМАТОМ

3.1 Виготовлення системи контролю мікрокліматом

Виготовлення системи контролю мікрокліматом буде проводитися за принциповими електричними схемами, які розглядалися у минулому розділі.

Під час проектування було вирішено, що LCD дисплей буде розміщений у спеціальному відділенні. Це відділення буде вирізано, бо оргскло є прозорим матеріалом через який можна спостерігати на дисплей. Сам дисплей буде розміщено на кришці тільки на спеціальні латунні підставки.

Також під час подальшого тестування системи було зрозуміло, що в системі автоматичного обігріву ґрунту транзистор, який повинен відповідати за пропускання струму на нагрівальний елемент, відбуваються сильні перегріву. Незважаючи на це система продовжувала працювати, оскільки температурні показники лежали в межах доступних температур, але все одно було вирішено замінити цей елемент у системі. Під час роботи було виявлено дві причини, через які це все: поганий ступінь відкривання транзистора, внаслідок проступання низької напруги на затвор та поганий контакт проводів у макетній платі. Щоб уникнути першої причини перегріву транзистора, він був замінений на мікросхему UNL2003, яка за своєю суттю є транзисторним складанням Дарлінгтона з вихідними ключами підвищеної потужності. Ця мікросхема містить сім каналів, принципова схема представлена на рис. 3.1.

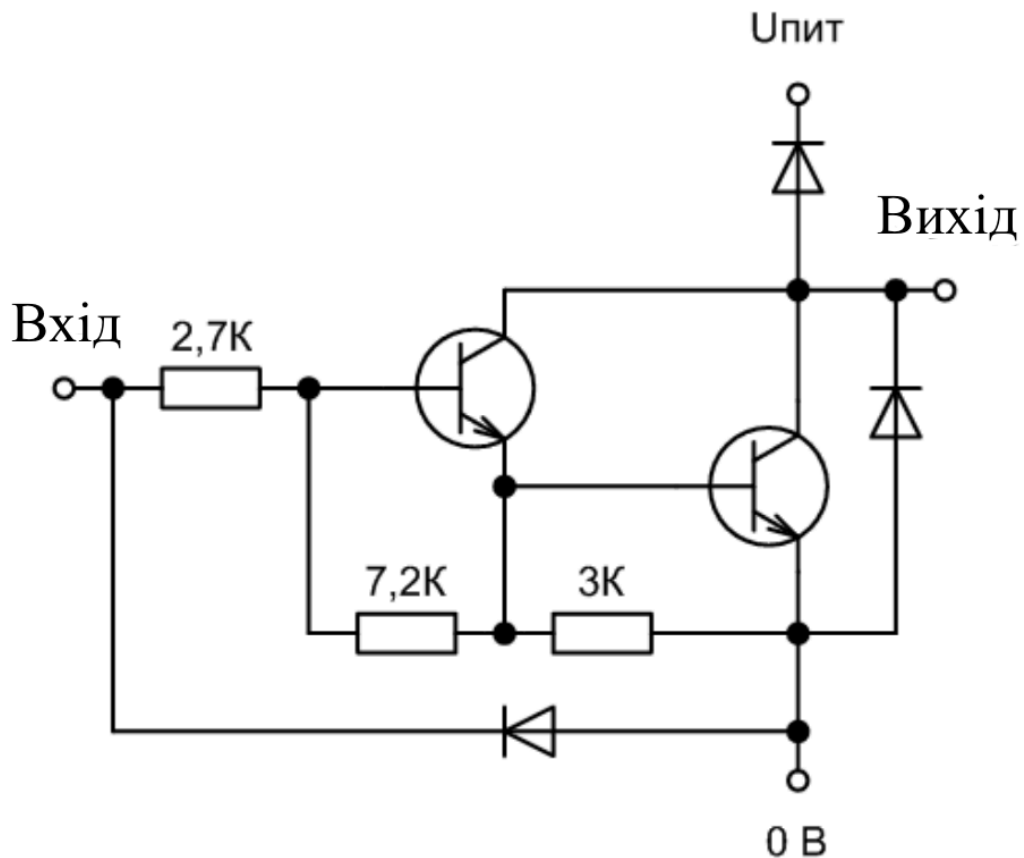


Рисунок 3.1 – Принципова схема для UNL2003

Для системи автопровітрювання було вирішено не використовувати ключовий елемент, так як для спрацьовування сервоприводу не було потреби використовувати додаткові елементи. Однак, через велике місце, яке займає на макетній платі, було вирішено повернутися до варіанта з MOSFET транзистором, а саме IRLZ44N.

Через високу вартість нагрівального елемента було вирішено зробити його власноруч, для того щоб заощадити кошти. Принципова схема зображення методу подряпування доріжок показано на рис. 3.2.

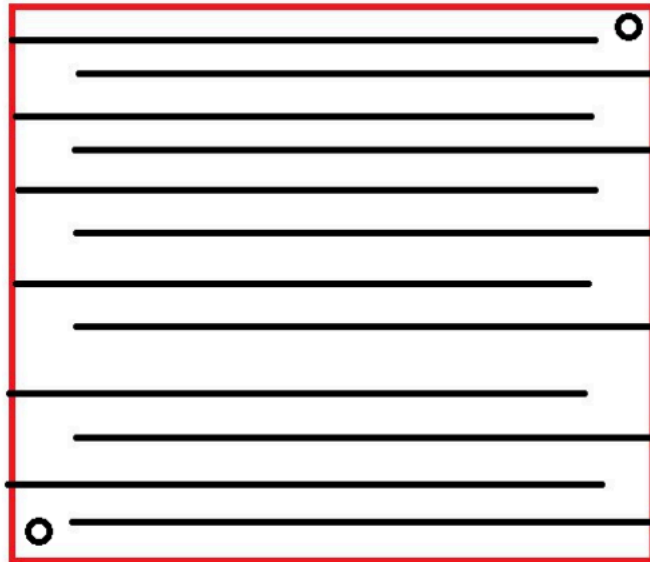


Рисунок 3.2 - Принцип подряпування доріжок нагрівального елемента

Були здійснені спеціальні розрахунки для визначення товщини доріжок. В першу чергу потрібно розрахувати відносний коефіцієнт K .

Для того щоб отримати цей коефіцієнт, було проведено досвід із пробним варіантом нагрівального елемента. Довжина доріжки, після її подряпування, довжина склала 200 мм, а ширина 4 мм. Внаслідок падіння напруги у величину 39 мВ, величина струму, що проходить по доріжці, склала 1,94 А. Виходячи з отриманих даних, було розраховано опір видряпаної доріжки за наступною формулою:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{39 \text{ мВ}}{1,94 \text{ А}} = 0,02 \text{ Ом.} \quad (3.1)$$

Далі слід визначити коефіцієнт відносності за наступною формулою:

$$K = \frac{R \cdot L}{H} = \frac{0,02 \text{ Ом} \cdot 4 \text{ мм}}{200 \text{ мм}} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ Ом.} \quad (3.2)$$

Беручи до уваги ці розрахунки було вирішено зробити нагрівальний елемент з шириною та довжиною 150 мм. Далі, обчислимо довжину доріжки, розміщеної на текстоліті такого розміру. Також слід враховувати товщину

самої доріжки в 1,5 мм, а товщина процарапуючої області 0,5мм. З цього можна розрахувати наступне за наступною формулою:

$$K = \frac{150 \text{ мм} \cdot 150 \text{ мм}}{1,5 \text{ мм} + 0,5 \text{ мм}} = 11,3 \cdot 10^3 \text{ мм.} \quad (3.3)$$

Далі, перерахувавши за вище зазначеними формулами, нові значення при товщині доріжки в 1мм, внаслідок чого вийшли такі значення: $L = 1,5 \cdot 10^4$ мм, а $R = 6$ Ом. Після чого було прийнято рішення, що використовувати в системі варіант з доріжками шириною 1,5 мм, так як товщина в 1 мм є майже неможливою для реалізації.

Виходячи з отриманих вище значень, було подряпано нові доріжки. Та на практиці були проведені виміри напруги при протіканні по них струму. В результаті було отримано такі значення напруги рівним 4,52В і струму рівному 1,3А. В результаті отриманих даних, було розраховано значення опору нагрівального елемента за наступною формулою:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{4,52 \text{ В}}{1,3 \text{ А}} = 3,5 \text{ Ом.} \quad (3.4)$$

Оскільки внаслідок довготривалого використання леза для виготовлення доріжок, почався процес втрати гостроти, що в свою чергу призвело до зменшення ширини самих доріжок, а також враховуючи наявність людського фактору, отримане значення опору є не точним.

Також були застосовані латунні підставки на гвинтах 5 мм для розміщення таких елементів, як: датчик вологості та температури DHT11, мікроконтролер Arduino Uno та нагрівний елемент. Датчик визначення температури ґрунту було розміщено на самому нагрівальному елементі. Також термодатчик нагрівання ґрунту попередньо був змащений термопастою, для отримання більш точних параметрів температури, що вимірюється. Датчик рівня води та pompa були розміщені в ємності з водою, спеціальне кріплення

не було передбачено. Решту елементів були закріплені за допомогою спеціального термоклею. Були зроблені отвори в стінах між секціями, для проведення через них усіх дротів. Готовий стенд зображений на рис. 3.3, 3.4, 3.5, 3.6 та 3.7.

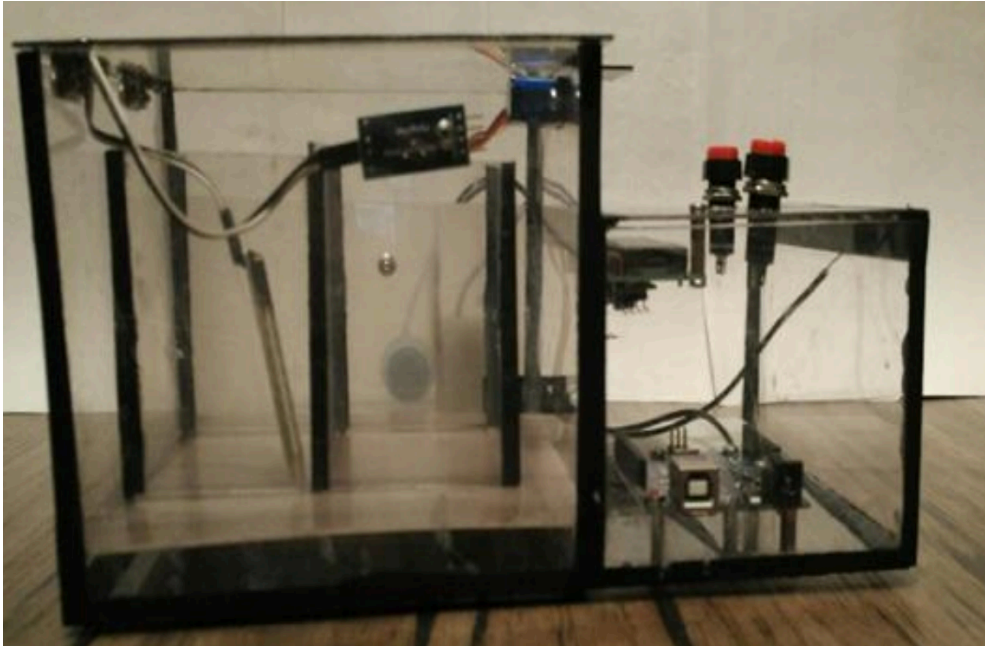


Рисунок 3.3 – Зовнішній вигляд горизонтальної проекції стенда

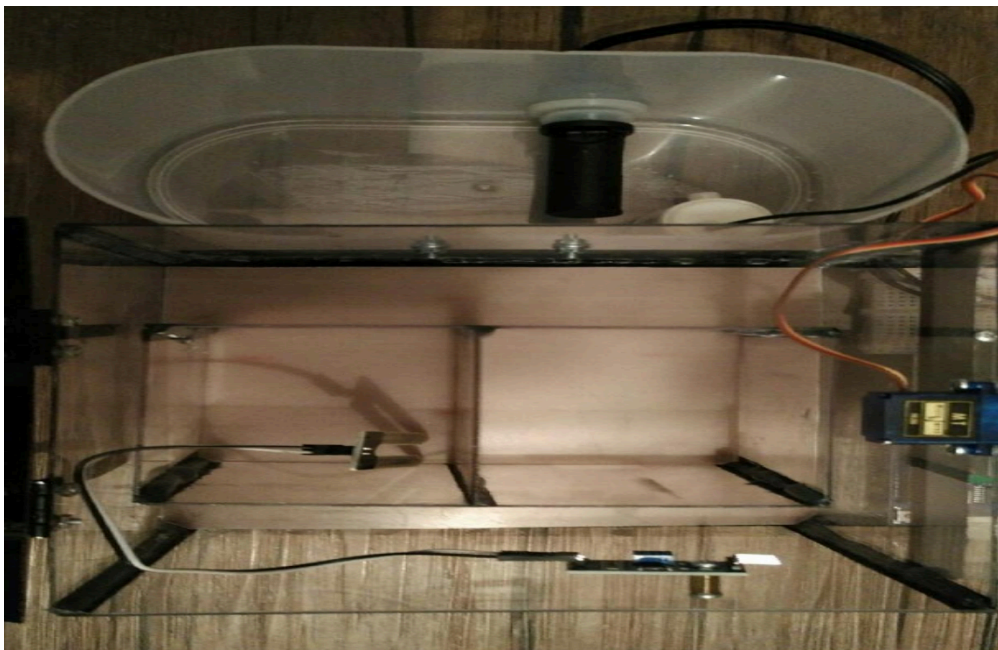


Рисунок 3.4 – Зовнішній вигляд першої секції стенда

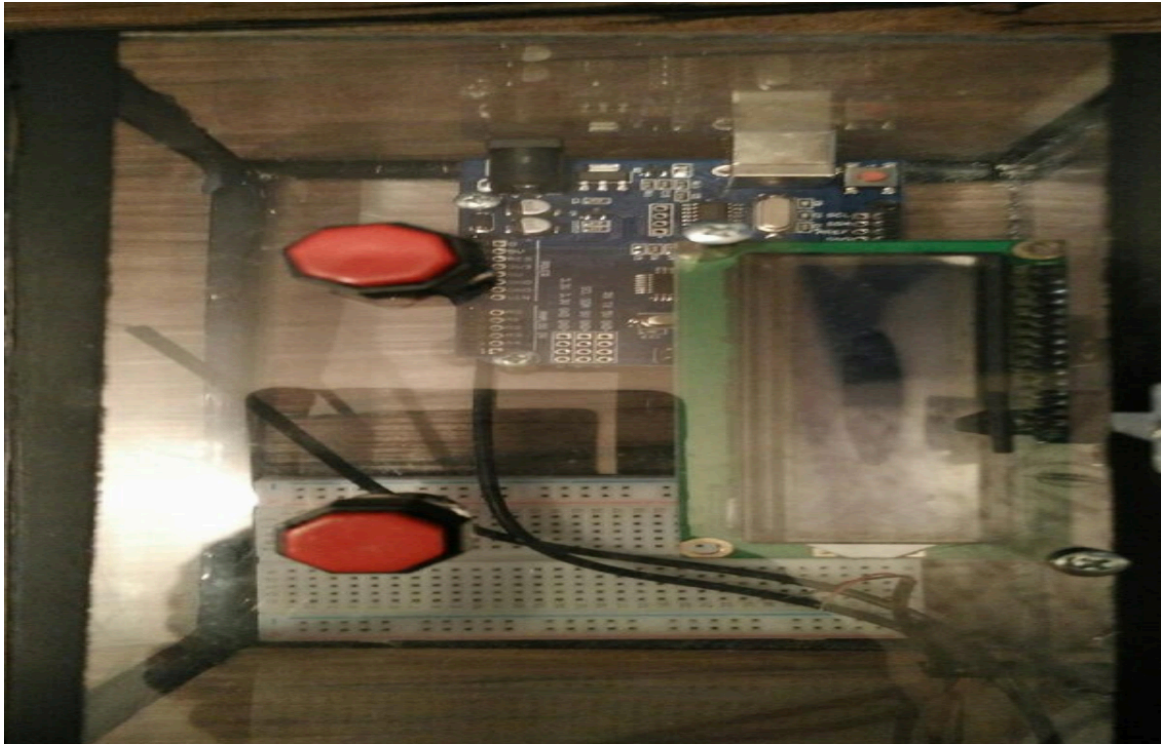


Рисунок 3.5 – Зовнішній вигляд другої секції станда

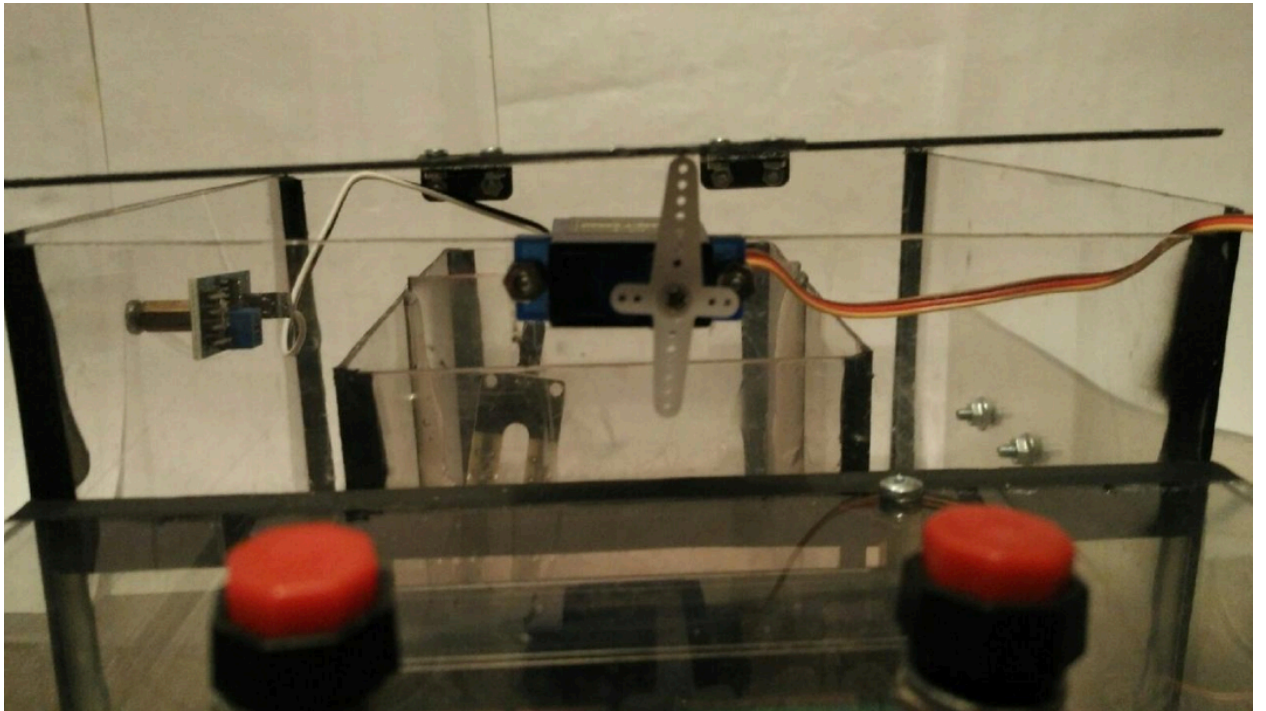


Рисунок 3.6 – Зовнішній вигляд системи провітрювання

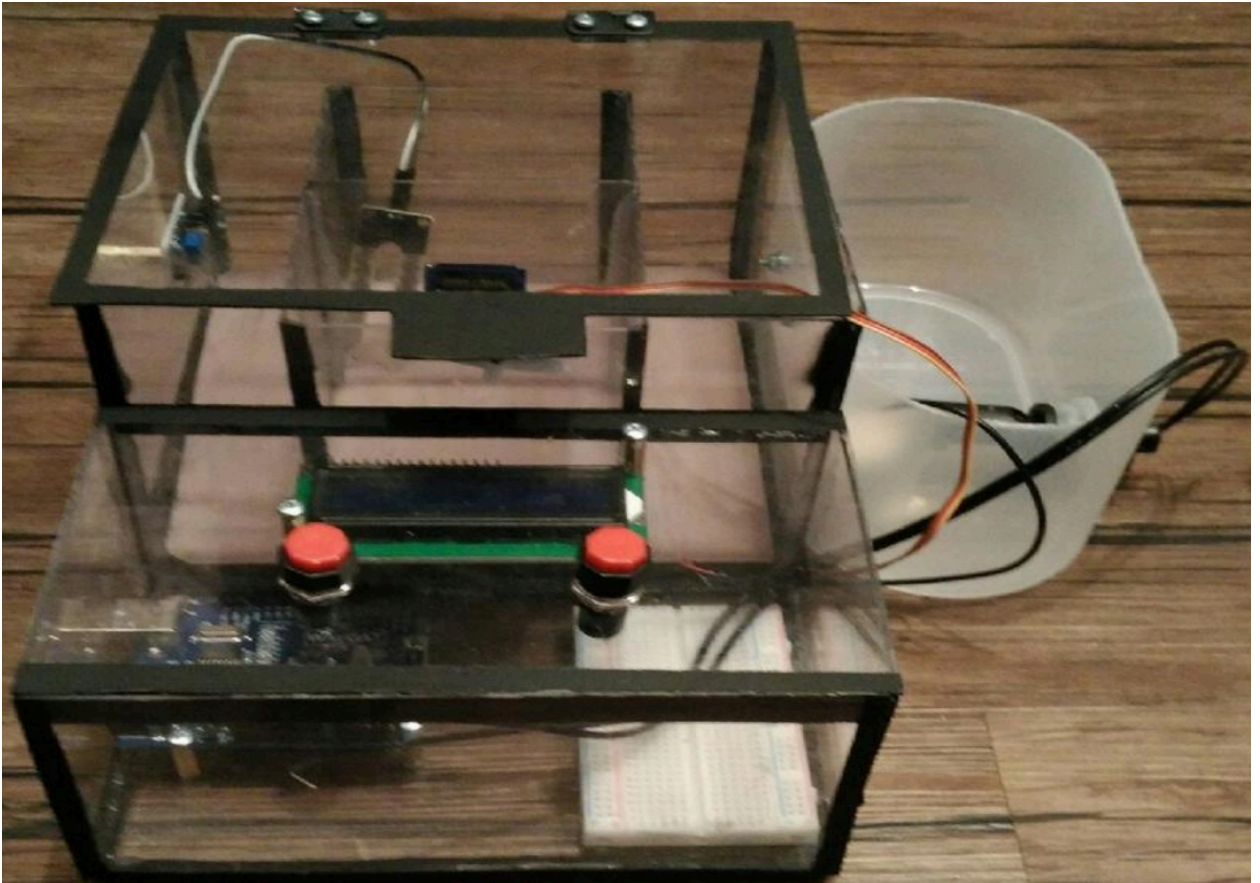


Рисунок 3.5 – Загальний зовнішній стенда

3.2 Програмна частина розробленої системи

У зв'язку з тим, що написаного коду дуже багато, будуть розглянуті тільки функціональні його частини, а частини відповідальні за наладку, налаштування, ініціалізацію, підключення бібліотек, первинну обробку, будуть опущенні. З повним кодом програми можна ознайомитися у додатку Б.

Так для визначення та роботи зі значеннями з датчику вологості був написаний наступний код:

```
int wetness = 0;
unsigned long wetness_time = 0;
unsigned time = 0;
void setup() {
  pinMode (6, OUTPUT);
  digitalWrite (6, LOW);
```

```

}
void loop() {
time_wet = millis() - wetness_time;
time_wet = abs(time_wet);
if (time_wet > 5000) {
get_wetness ();
wetness_time = millis();
}
}
void get_wetness () {
digitalWrite (6, HIGH);
delay (5000);
wetness = analogRead(A1);
digitalWrite (6, LOW);
}

```

Також треба зазначити, що датчик вологості може окислятися та через це виходити з ладу. Для того щоб уникнути проблем з цим, потрібно присвоїти `time_wet` з велику кількість часу. Але оскільки в стенді датчик вологості ґрунту перебуватиме у підвішеному стані і не завжди використовується для демонстрації системи. На даний момент не буде братися до уваги і буде вказано значення не більше 5 секунд. Також, в ході даного експерименту, були виміряні можливі значення на аналоговому вході, які лежать в межах від 0 до 1023. Значення у вологому ґрунті становили близько 710, а при підвішеному стані близько 40 можливо це було пов'язано з вологістю повітря. Саме ці значення були включені до програмного коду демонстрації автоматичного поливу. Далі розглянемо стандартну схему складання та програмної частини сервоприводу, для отримання необхідного значення подачі сигналу у відповідність з необхідним кутом повороту сервоприводу. Програмна частина виглядає так:

```
#include <Servo.h>
```

```
#define servoPin 9
#define servoMinImp 544
#define servoMaxImp 2400
Servo myServo;
void setup() {
myServo.attach(servoPin, servoMinImp, servoMaxImp);
}
void loop() {
myServo.writeMicroseconds(servoMinImp);
delay(3500);
myServo.writeMicroseconds(x);
delay(3500);
}
```

Так під час експерименту було визначено необхідний кут відкриття для провітрювання системи. Також потрібно розглянути детально систему ШІМ регулювання для системи підігріву ґрунту. Розглянемо за допомогою знятих раніше осцилограм напруги, що зображені на рис. 3.6. На вхід приходить ШІМ сигнал, який регулює тривалість відкриття одного з каналів UNL2003. На осцилограмах можна побачити, що в залежності від відсоткового значення шпаруватості сигналу, що подається, на вхід вирішується час відкритого стану каналу UNL2003.

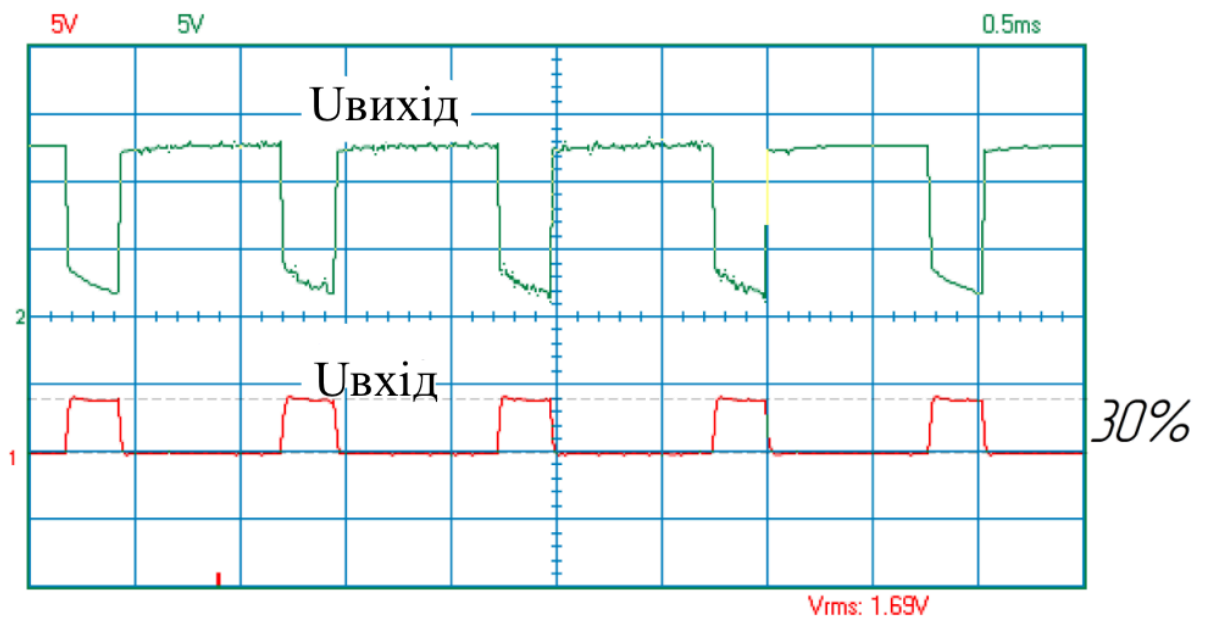
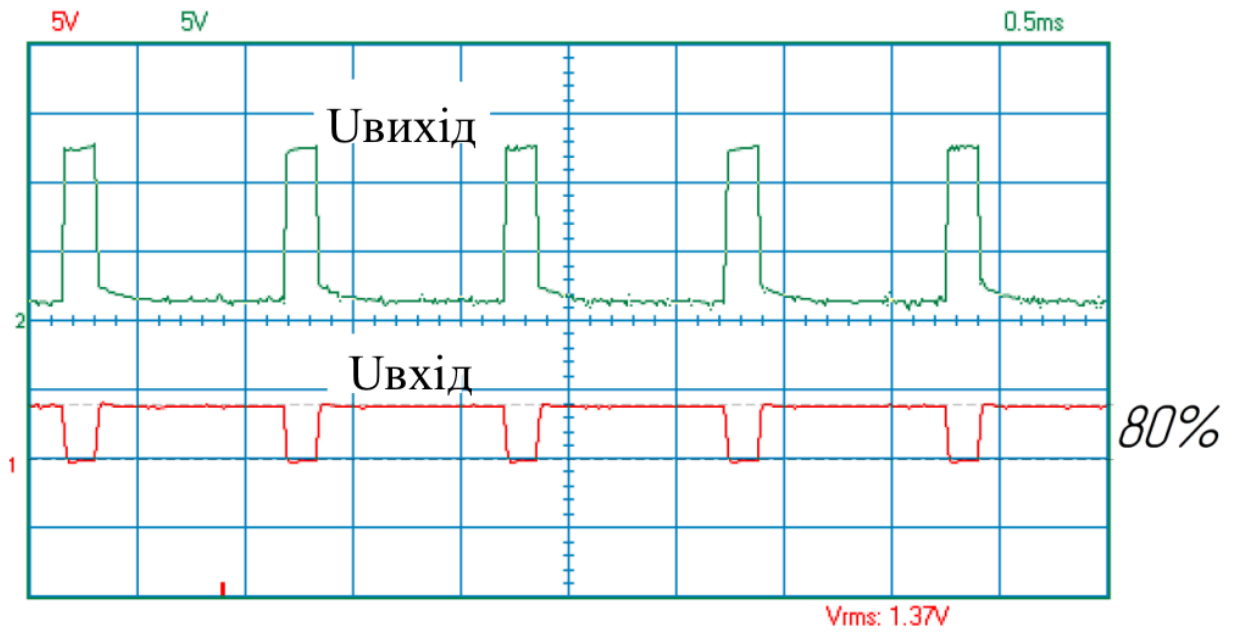


Рисунок 3.6 – Осцилограми ШІМ регулювання системи підігріву ґрунту

3.2 Висновки до 3 розділу

В ході виконання та формулювання третього розділу кваліфікаційної роботи було розглянуто, в першу чергу, інформаційну складову розробленої системи. Подано загальний код тренування по мітках, а також лістинги

тренування кожної мітки окремо.

Описано алгоритм роботи “розумної” теплиці. Побудовано блок-схеми для демонстрації процесу контролю температури, вологості та освітленості в теплиці. Відповідно до принципу роботи кожної системи подано умови та формули для кращого розуміння її функціонування.

4 ТЕСТУВАННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ МІКРОКЛІМАТОМ

4.1 Постановка задачі на дослідження

Основною метою проекту було створити надійну автоматичну систему контролю мікрокліматом з дистанційним керуванням, ціллю якого є полегшити вирощування рослин в домашніх умовах.

Задача цього дослідження полягала в тому, щоб проаналізувати чи можна дистанційно тримати температуру, рівень освітленості, вологість ґрунту та повітря у комфортному для рослини діапазоні для її оптимального росту.

Також ставилося за мету створити таку систему, яка могла скоротити енерговитрати, покращити умови вирощування тепличних рослин у домашніх умовах. При цьому використовуючи недороге обладнання, яке у разі поломки може бути легко замінене.

Реалізований проект повинен виконувати такі функції:

- постачання свіжого повітря;
- підтримка температури в межах $+25\text{ }^{\circ}\text{C} \dots +27\text{ }^{\circ}\text{C}$, з відхилення $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C} \dots 2\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- підтримка вологості повітря з відхиленням 10 %;
- підтримка рівня освітленості та керування через смартфони;
- постійне оновлення показань датчиків;
- підтримка певного рівня вологості ґрунту та можливість керування поливом за допомогою додатку на смартфоні.

4.2 Тестування системи контролю мікрокліматом

Система працювала протягом певного часу, де контролювала задані параметри. За час тестування збоїв у роботі системи керування не виявлено.

Під час одного з випробувань обладнання розігріло повітря до 26 °С за 27 хв. Після цього система не виходила за рамки допустимого відхилення ± 2 °С та тримала температуру на певному рівні. Контроль температури задовольняє потреби по швидкості, точності керування. З графіком залежності температури від часу можна ознайомитися на рис. 4.1.

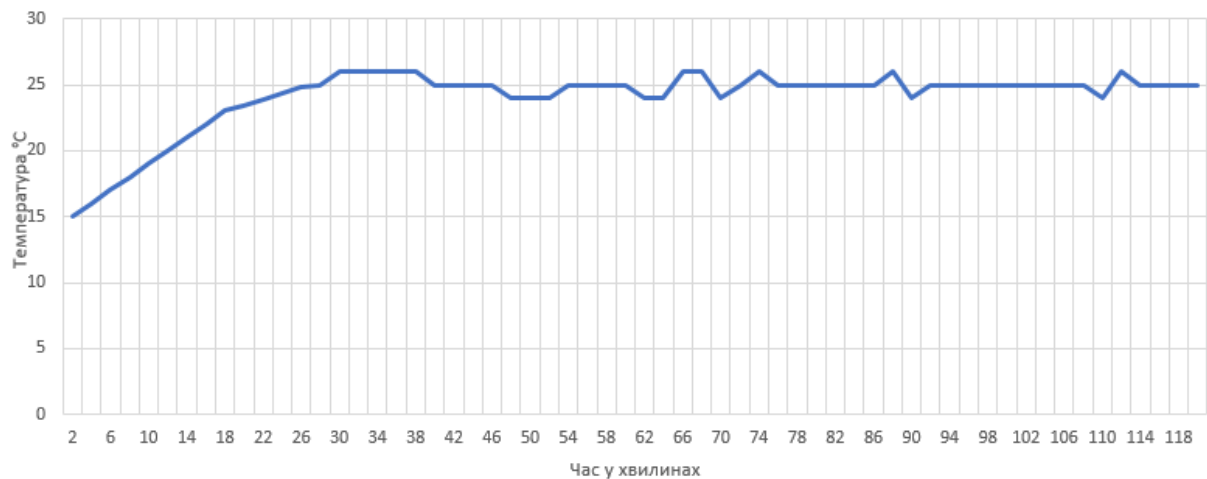


Рисунок 4.1 – Зміна температури повітря у теплиці з часом

Вологість у системі контролюється притоком свіжого повітря зовні, тому якщо зовнішня вологість не відповідає необхідним умовам, її можна збалансувати, нагріваючи або охолоджуючи повітря.

Відсоток вологості під час тестування не відхилявся більше ніж на $\pm 10\%$ протягом двох годин, тому можна припустити, що прилад справний та впорався зі своїм завданням.

Для кращого управління вологістю, система контролю вологості повинна бути пов'язана із системою нагріву та охолодження в теплиці, щоб забезпечити найкращі умови для росту та розвитку рослин. Але для цього потрібно більше обладнання, включаючи дороге, оскільки коли ви не можете впливати на цей параметр зсередини теплиці, неможливо точно відрегулювати відносну вологість. Крім того, розрахунки дуже складні з точки зору впровадження, що вимагає великих витрат на тестування та впровадження, що виходять за рамки даного проекту. За результатом тестування показник вологості повітря був дуже не стабільний. Результати вимірювань можна побачити на рис. 4.2.

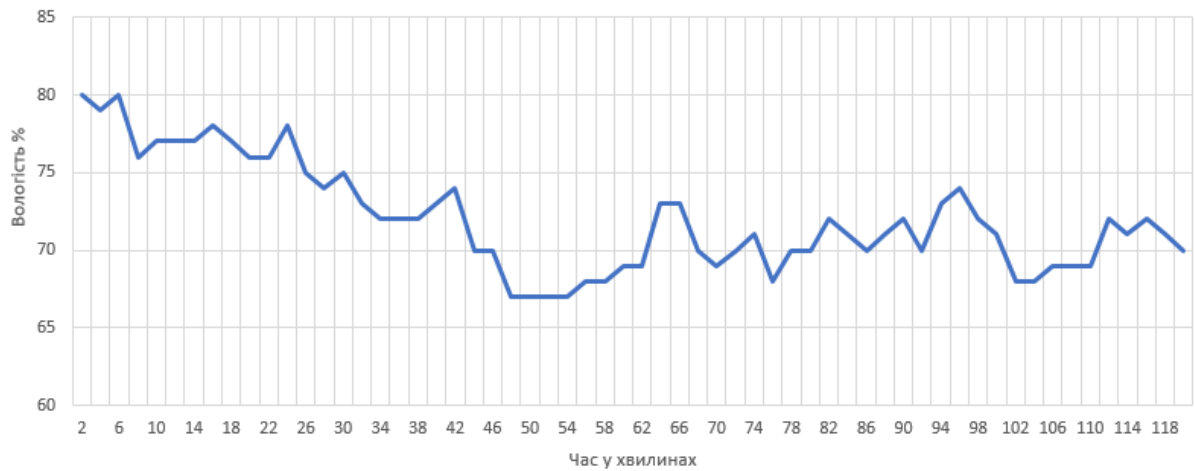


Рисунок 4.2 – Зміна вологості повітря у теплиці з часом

Таким чином, за 1 год система охолодження знизилася рівень вологості повітря у більш сприятливе для рослини значення та не виходила за межі допустимого відхилення.

4.3 Висновки до 4 розділу

В ході виконання та формулювання четвертого розділу кваліфікаційної роботи було поставлено за мету протестувати систему. А саме: чи можна дистанційно тримати температуру, рівень освітленості, вологість ґрунту та повітря у комфортному для рослини діапазоні для її оптимального росту.

Так на прикладі тестування роботи датчика температури та вологості повітря було виявлено, що у роботі модуля керування не виявлено.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Загальні характеристики приміщення

Необхідним фактором в комплексі заходів, націлених на покращення умов праці вважаються заходи з охорони праці. Значимість цього питання постійно зростає, тому що турбота про самопочуття людини стає на перший план. Для успішної реалізації в життя всіх заходів з охорони праці необхідні знання в області фізіології праці, які дають можливість правильно здійснити процес трудової роботи працівника.

У разі якщо людина працює в сприятливих умовах, то це покращує її творчі здібності, збільшує рівень продуктивності та сприяє зниженню аварійності і випадків виробничого травматизму. Якраз в наслідок цього охорона праці розглядається як один з найголовніших завдань не лише тільки окремої фірми, а й країни в цілому. У наданому розділі розглядається приміщення, де велися робота.

План кімнати, де проводилася робота, наведена на рис. 5.1.

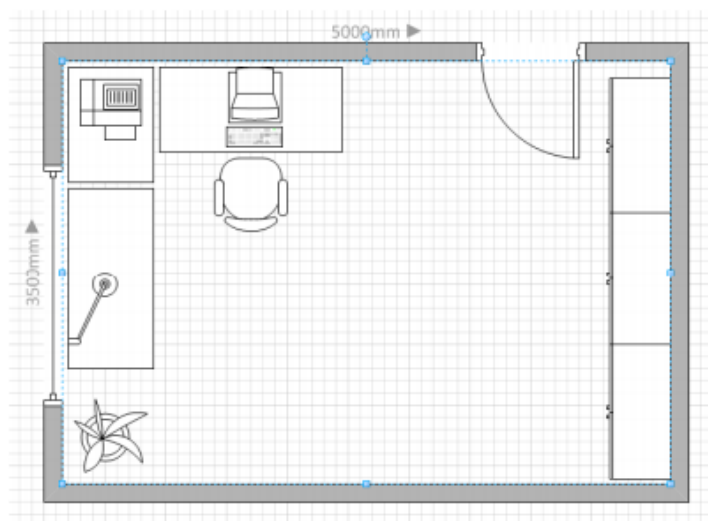


Рисунок 5.1 – План кімнати

Отже, довжина кімнати становить 6 м, ширина – 4,1 м, висота – 2,7 м, кількість робочих місць – 1, площа кімнати – 24,6 м², об'єм – 66,42 м³. Отже, за цими даними об'єм і площа кімнати відповідає нормам згідно [16].

Робоче місце містить достатньо простору для ніг. Стілець має підлокітники і та регулюється за висотою і кутом нахилу спинки. Екран ноутбуку знаходиться на відстані 0,75 м та має можливість регулювання кута нахилу. Отже, за всіма характеристиками робоче місце відповідає нормам. У табл. 5.1 наведено характеристики робочого простору.

Таблиця 5.1 – Характеристики робочого простору

Параметр	Значення	
	Дійсне	За нормою
Висота робочого простору, см	78	68...80
Висота місця для ніг, см	65	від 60
Ширина місця для ніг, см	55	від 50
Глибина місця для ніг, см	75	від 65
Висота стільця, см	43	40...50
Ширина сидіння, см	45	від 40

5.2 Стан мікроклімату робочого місця

На працездатність робітника значно впливає мікроклімат робочого місця. Під цим розуміють вплив вологості приміщення, температури, освітленості приміщення, швидкості руху повітря та теплових випромінювань на організм людини. Вся робота, яка розглядається в проекті, виконується сидячи і не вимагає фізичного напруження. Витрати енергії становить приблизно 120 ккал/год. Тому норми мікроклімату наведені у табл. 5.2 і залежить від пори року.

Таблиця 5.2 – Оптимальні характеристики мікроклімату

Пора року	Температура повітря, °С	Вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
	Оптимальна	Оптимальна	Оптимальна
Зима/осінь	23...24	40...60	0,1
Весна/літо	24...26	40...60	0,1

Температура робочого місця складається з температури повітря та з предметів, які виділяють тепло. Так електрообладнання та організм людини виділяє додаткове тепло. Але сумарна кількість теплоти в приміщенні не виходить за встановлені межі. Температура приміщення складає 26 °С, що відповідає нормам викладених у [16].

Згідно з [16] робочий простір, де проводиться робота над кваліфікаційною роботою, повинен мати природне й штучне освітлення.

Природне освітлення проникає у робочий простір через віконні отвори. Присутні на вікнах жалюзі, що дають можливість регулювати рівень освітленості в приміщенні. В самому приміщенні використовується система рівномірного розподілу штучного світла. Мається люстра, яка знаходиться у центрі стелі, з 2 світлодіодними лампочками.

5.3 Оцінка умов безпеки праці

У середині приміщення наявні електроприлади, тому варто оцінити можливість ураження електричним струмом. Основні небезпеки ураження електрострумом:

- висока вологість;
- температура більше 35 °С;
- наявність струмопровідної підлоги;
- наявність хімічно активних речовин.

У кімнаті вище зазначені ознаки відсутні, особливої небезпеки ураження електрострумом немає. Тому кімнату можна віднести до приміщень без підвищеної небезпеки ураження струмом.

Усі прилади та розроблювальний прилад живляться від мережі змінного струму 220 В. Лінія електроживлення виконана шляхом прокладання фазового, нульового робочого та нульового захисного провідників. Усі електричні розетки, що використовуються для підключення апаратури, мають спеціальні контакти для підключення нульового захисного провідника. Нульовий робочий провідник не використовується як нульовий захисний [16].

5.4 Оцінка пожежної безпеки

Беручи до уваги ймовірність виникнення пожежі слід з'ясувати, які речовини можуть горіти. У кімнаті, де велися робота, можуть горіти вироби з дерева, пластмас, тканини і паперу. Горючі рідини, пил та волокна у приміщенні не застосовуються.

Можливими причинами виникнення пожежі можуть бути несправність електрообладнання, короткі замикання внаслідок виходу з ладу чи експлуатації несправного електроустаткування, порушення правил протипожежної безпеки тощо.

Для уникнення пожежі застосовуються дроти з важкогорючою і негорючою ізоляцією.

При ймовірному виникненню пожежі у кімнаті проведений такий комплекс заходів:

- інструктаж з питань охорони праці та правил пожежної безпеки;
- заборона відкритого вогню;
- наявність системи протипожежної сигналізації;
- наявність шляхів евакуації при виникненні пожежі.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі було розроблено систему автоматичним керуванням мікрокліматом. Було проведено аналіз систем, які були використані у системі дистанційного контролю мікрокліматом, виявлено їх основні компоненти. У функції даних систем входить аналіз мікроклімату теплиці та його автоматичне керування виконавчими механізмами.

Отже, за мету було поставлено створити систему, яка має стежити за кліматичними умовами та керувати виконавчими механізмами, бути легкою у використанні та недорогою в обслуговуванні. Ця система розрахована на використання в промислових масштабах господарствах. Оскільки завдяки цій системі можна підвищити об'єм врожаю.

Так під час роботи було спроектовано систему керування мікрокліматом для теплиці. Ця система може відстежувати вологість ґрунту, температуру, вологість повітря, здійснювати полив та провітрювати приміщення. Також система може забезпечити розрахунок зазначених вище параметрів та регулювати їх.

У якості апаратної платформи для системи контролю мікрокліматом було обрано Arduino Uno.

Було проведено тестування системи для редагування коду та виявлення недоліків самої системи.

За результатами роботи опубліковано статтю на тему «Створення системи дистанційного контролю та моніторингу мікрокліматом» у збірнику студентських наукових статей «Automation and Development of Electronic Devices» ADED-2021 [15].

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ДСТУ 3008-2015. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення. – К.: Вид-во стандартів, 2016. – 26с.
2. Невлюдов, І.Ш. Дипломне проектування для студентів усіх форм навчання спеціальностей 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» [Текст]: навч. посіб. / І.Ш. Невлюдов, А.О. Андрусевич, О.В. Токарева, Г.В. Пономарьова. – Київ-58, пр. Космонавта Комарова, 1, 2016. – 320 с.
3. Положення про протидію академічному плагіату в ХНУРЕ [Електронний ресурс] / Режим доступу: www/ URL: https://nure.ua/wp-content/uploads/Main_Docs_NURE/Polozhennya-pro-protidiyu-akademichnomu-plagiatu-v-HNURE----290-vid-28.04.2017.pdf -29.08.2019р. - Загл.с екрана.
4. Проектування та виготовлення розумної теплиці с Наглядний контроль параметрів навколишнього середовища / Ю. Алавіян, Н. Агасієдабдолла, М.Садафі, А. Яздізаде. // Іранська конференція з обробки сигналів та інтелектуальних систем (ICSPIS). – 2020. – С. 3.
5. Болл Стюарт Р. Аналогові інтерфейси мікроконтролерів / Р. Болл Стюарт – М.: Видавничий дім «Додека – XXI», 2017. – 360с..
6. Мелешин В.І. Транзисторна перетворювальна техніка/В.І. Мелешин - М.: Техносфера, 2017. - 632с.
7. Алехандро Кастаньєда-Міранда. Розумний контроль заморозків в теплицях за допомогою моделей нейронних мереж / Алехандро КастаньєдаМіранда, Віктор М. Кастаньо. // <http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2017.03.024>. – 2017. – С. 3–7.
8. DHT-11. [Електронний ресурс]: документація. – режим доступу: <http://www.micropik.com/PDF/dht11.pdf>.
9. DS18B20. [Електронний ресурс]: документація. – режим доступу:

<https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temp/DS18B20.pdf>.

10. I2C 1602 Serial LCD Module. [Електронний ресурс]: документація. – режим доступу: <https://opencircuit.nl/ProductInfo/1000061/I2C-LCD-interface.pdf>.

11. Автоматична теплиця [Електронний ресурс] URL: <http://umnayateplica.ua/>.

12. Теплична енциклопедія від А до Я [Електронний ресурс] URL: <http://teplіcno.ua/obustr/umnaya-teplica.html>.

13. Розумна теплиця: у чому її особливості? [Електронний ресурс] URL: <https://parnik-teplitsa.ua/umnaya-teplica-180>.

14. Розумна теплиця [Електронний ресурс] URL: <https://greeniq.com.ua/uk/rozumna-teplіcyа/>

15. Крамарова В. О. Створення системи дистанційного контролю та моніторингу мікрокліматом // Автоматизація та приладобудування (Automation and Development of Electronic Devices): збірник студентських наукових статей. – Харків, ХНУРЕ, 2021р. – С. 63-67.

16. Правила охорони праці під час експлуатації електроннообчислювальних машин. НПАОП 0.00-1.28-10 (затверджено наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 26.03.2010р. № 65).