

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до випускної кваліфікаційної роботи магістра на тему:
**«Автоматизована система керування вирощуванням
кімнатних рослин»**

Завідувач кафедри	А. С. Опанасюк
Керівник кваліфікаційної роботи	О. М. Кобяков
Консультант з науково-дослідної частини	Т. О. Протасова
Консультант з техніко-економічної частини	О. М. Маценко
Виконав студент гр. ЕС.м-91	А. В. Лаврик

Суми 2020

Сумський державний університет
Кафедра «Електроніки і комп'ютерної техніки»
Спеціальність 8.171.00.10 «Електроніка»
Освітня програма „Електронні системи та компоненти”

Затверджую:
Зав.кафедрою ЕКТ
Опанасюк А.С.
„_____” _____ 2020 г.

ЗАВДАННЯ

до випускної кваліфікаційної роботи магістра

Лаврику Артему Віталійовичу

Тема роботи : «**Автоматизована система керування вирощуванням кімнатних рослин**»

Затверджена наказом по університету від „_____” _____ 2020 р. № _____

Термін виконання роботи: 15 .12. 2020 р.

Початкові дані до роботи:

- 1) реалізувати систему на базі мікроконтролера;
- 2) здійснити вивід на дисплей параметрів системи;
- 3) силові виходи працюють зі змінною напругою 220 В.

Зміст розрахунково-пояснювальної записки:

- огляд подібних пристроїв;
- науково-дослідна частина;
- розробка алгоритму та структурної схеми системи;
- розробка функціональної схеми системи;
- розробка та розрахунок принципової схеми системи.
- техніко-економічна частина.

Перелік графічного матеріалу: креслення схеми алгоритму; креслення схеми електричної структурної; креслення схеми електричної функціональної; креслення схеми електричної принципової.

Консультанти з кваліфікаційної роботи

Розділи	Консультанти	Завдання видав	Завдання прийняв
Науково-дослідна частина	Протасова Т. О.		
Техніко-економічна частина	Маценко О. М.		

Дата видачі завдання _____

Керівник роботи _____

Завдання прийняв до виконання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Перелік етапів виконання роботи:

Термін виконання:

- | | |
|---|---------------|
| 1. Огляд літератури та постановка задачі проектування | 10.10.2020 р. |
| 2. Науково-дослідницька частина | 20.10.2020 р. |
| 3. Розробка алгоритму функціонування | 25.10.2020 р. |
| 4. Розробка та обґрунтування структурної схеми | 30.10.2020 р. |
| 5. Розробка функціональної схеми | 05.11.2020 р. |
| 6. Розробка та розрахунок принципової схеми | 15.11.2020 р. |
| 7. Техніко-економічна частина | 25.11.2020 р. |
| 8. Оформлення пояснювальної записки | 30.11.2020 р. |
| 9. Оформлення графічного матеріалу | 10.12.2020 р. |
| 10. Представлення роботи на рецензування | 15.12.2020 р. |

Студент _____

Керівник роботи _____

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка має наступну структуру: 79 сторінок тексту, 30 рисунків, 12 таблиць і сім розділів тексту.

Графічна частина складається з алгоритму роботи та структурної, функціональної і принципової схем.

Перший розділ присвячений огляду існуючих пристроїв по заданому напрямку проектування та постановці завдання до проектування.

В другому розділі проведено експериментальне дослідження, щодо вибору модулів освітлення та бажаного алгоритму їх роботи.

Третій розділ присвячений створенню структурної схеми пристрою та алгоритму роботи за яким вона працює.

Четвертий та п'ятий розділи містять інформацію про розробку схеми підключення самого мікроконтролера та додаткових датчиків. Вони містять інформацію про розробку функціональної та принципової схем. Також виконаний підбір елементної бази.

Шостий розділ містить пояснення до розробки керуючого програмного забезпечення.

Сьомий розділ присвячений техніко-економічним розрахункам розробленої системи. В ній можна побачити детальні затрати на виготовлення, зберігання та реалізацію розроблених виробів. Визначено рекомендовану ціну для системи.

Приведено 14 літературних джерел.

Ключові слова: мікроконтролер, мікроклімат, фоторезистор, електромагнітне реле.

Key words: microcontroller, microclimate, photoresistor, electromagnetic relay.

ЗМІСТ

ЗМІСТ	5
ВСТУП.....	7
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	9
1.1 Мікроклімат кімнатних рослин	9
1.2 Найпростіша система підтримки мікроклімату	10
1.3 Система для підтримки мікроклімату на основі тепличних контролерів	12
1.4 Гідропонна система вирощування рослин	13
1.5 Пристрої обігріву	14
1.6 Способи вентиляції приміщення	16
1.7 Зволожувачі повітря.....	16
1.8 Кондиціонери повітря.....	18
1.9 Модулі освітлення.....	19
1.10 Система підтримки мікроклімату в приміщенні.....	23
1.11 Математична модель управління мікрокліматом в теплиці	25
1.12 Порівняльний аналіз існуючих систем управління мікрокліматом в теплицях	28
2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА.....	32
2.1 Визначення загального алгоритму роботи для подібних систем.....	32
2.2 Проведення експерименту.....	33
2.3 Теоретичні розрахунки	38
2.4 Підведення підсумків.....	40
3 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ.	41
3.1 Розробка структурної схеми.....	41
3.2 Розробка схеми алгоритму функціонування	44

					<i>ЕлІТ 8.171.00.10.177 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Лаврик</i>			<i>Автоматизована система керування вирощуванням кімнатних рослин. Пояснювальна записка</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Кобяков</i>					5	86
<i>Реценз.</i>						<i>СумДУ, ЕС.м-91</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Галич</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Опанасюк</i>						

4 РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ	51
4.1 Функціональна схема підключення навантаження	51
4.2 Функціональна схема підключення модулю реального часу	52
4.3 Функціональна схема підключення дисплею.....	53
5 РОЗРОБКА І ОПИС ПРИНЦИПОВИХ СХЕМ БЛОКІВ	55
5.1 Вибір елементної бази	55
5.2 Принципова схема підключення датчика	57
температури та вологості DHT22	57
5.3 Принципова схема підключення датчика освітленості.....	58
5.4 Принципова схема підключення датчика вологості ґрунту	59
5.5 Принципова схема підключення модулю реального часу	60
5.6 Принципова схема підключення дисплею.....	62
5.7 Принципова схема підключення мікроконтролера	64
6 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	66
6.1 Команди програмування.....	66
6.2 Розробка керуючої програми	68
7 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	73
ВИСНОВКИ.....	78
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	79
ДОДАТОК.....	80

ВСТУП

Автоматизація та управління - один з основних напрямків розвитку промисловості. Сьогодні системи автоматичного управління впроваджуються для більшої ефективності роботи виробництва, для здійснення операцій, які в звичайних умовах, без автоматизації, вимагають великих людських ресурсів. Інакше кажучи, це перехід від ручної робочої сили, до автоматичних систем, а людині залишається лише стежити за правильністю виконання поставленого завдання та за показниками приладів. Але далеко не завжди у людини є можливість відстежувати роботу машини. У таких випадках використовують повністю автономну систему контролю і управління, здатну на саморегуляцію і самоконтроль виконуваної операції, а в разі відмови одного з вузлів системи оповістити якимось чином власника комплексу про необхідність втручання або виконання аварійної програми.

Предметом дослідження є комплексна система для забезпечення автономного вирощування кімнатних рослин..

Адже, квіти – це те, що можна зустріти у кожному будинку. Завдяки ним можна доповнити будь-яке інтер'єрне рішення в закладах різного типу. Але ж для того, щоб квіти дарували емоції оточуючим, їх необхідно спочатку виростити. Одні вирощують власноруч, інші звертаються до компаній, які займаються цим професійно. Але, не зважаючи ні на що, кожен бажає досягти найкращого зовнішнього вигляду своїх квітів. Проте, на шляху до цього необхідно створити ідеальні умови для рослини: тривалість світлового дня, температурний режим та вологість повітря, в деяких випадках неприпустимим є потрапляння прямих сонячних променів на квітку.

Звичайно в промислових масштабах можливо побудувати засклені промислові приміщення для цілодобового перебування рослини в світловому режимі доби. Беззаперечним недоліком даного способу вирощування будуть великі витрати на підтримання необхідної температури, за рахунок теплових втрат скла, неможливістю підтримання зазначеного рівня вологості повітря. Також необхідно підтримувати тривалість світлового дня: взимку необхідно подовжувати період освітлення, влітку – зменшити потрапляння прямих сонячних променів на рослину. Іншим варіантом вирішення проблеми буде використання звичайних приміщень з

					ЕЛІТ 8.171.00.10.177 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

переведенням рослин на примусове освітлення. В даному випадку зменшуються витрати на підтримання заданої температури та вологості повітря. За рахунок двозонних тарифів можливо зменшити витрати на електроенергію шляхом вибору світлового режиму дня і ночі. Дане рішення можливо використовувати і в домашніх цілях.

Оцінимо значимість даного дослідження в перспективах даного проекту для практичного впровадження в побутових та промислових масштабах. Так само цей проект зацікавить вкрай зайнятих жителів міських квартир, які займаються вирощуванням саджанців декоративних рослин для краси і затишку в домі.

Особливий інтерес роботи полягає в новизні включення процесу догляду за своїм рослинами в побуті користувача. У людей з'явиться можливість в режимі реального часу спостерігати за своїми рослинами, відстежувати параметри роботи системи, що відповідають за здоров'я рослин і, при необхідності, втручатися в автономну роботу системи, здійснюючи додатковий полив або, наприклад, збільшуючи освітлення.

Очікуваними результатами кваліфікаційної роботи є створення комерційного комплексу для збирання автоматизованої системи керування, за допомогою якої можна буде автоматизувати і дистанційно керувати вирощуванням різних рослин. Дану систему можна інтегрувати в будь-якому промисловому приміщенні або домашньому квітнику.

Тому основна ціль кваліфікаційної роботи – розробка системи, яка забезпечує автономне вирощування кімнатних рослин з контролем параметрів мікроклімату.

					<i>ЕліТ 8.171.00.10.177 ПЗ</i>	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Мікроклімат кімнатних рослин

Сучасна технологія вирощування будь-яких рослин базується на умові постійної підтримки необхідного мікроклімату в приміщенні. Мікроклімат – це характеристика навколишнього середовища, в якому знаходиться рослина. Він складається з таких факторів:

- температура навколишнього середовища;
- вологість повітря;
- вологість ґрунту;
- освітленість та час світлового дня.

Саме ці параметри дозволяють мінімізувати присутність людини під час вирощування рослин. Для багатьох видів комфортною температурою є +18-20⁰ С. Звичайно, невеликі зміни температурного режиму значно не вплинуть на зовнішній вид рослини, проте значно вплинуть на період розвитку. Вона «сидітиме на місці» довгий час, оскільки, їй необхідно адаптуватися до нових умов навколишнього середовища.

Вологість повітря звичайно менше впливає на рослину, ніж температурний режим, проте це також важливий параметр. Оскільки, від цього параметру певним чином залежить і вологість ґрунту. Занадто вологе повітря при вирощуванні рослин неможливе. Взимку система опалення знижує рівень вологості, літом система кондиціонування та енергія сонця. А ось засушливе повітря несе за собою певні незручності при вирощуванні рослин. Оскільки при низькій вологості повітря її рівень буде підвищуватись за рахунок вологості ґрунту і він в свою чергу буде зневоднюватися. Це призведе до втручання людини у процес росту шляхом постійного зволоження ґрунту. Адже в зневодненому середовищі рослина не буде розвиватися. Перезволожений ґрунт це один з найстрашніших ворогів квітів. Оскільки при величезному надлишку води рослина відмирає. Тому бажано підтримувати вологість повітря на рівні 60-80% та зволожувати ґрунт на 50-60%.

Повноцінний розвиток рослини протягом доби досягається завдяки поглинанню світлової енергії. В залежності від періоду розвитку необхідно

					ЕЛІТ 8.171.00.10.177 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підтримувати світловий день протягом 10-14 годин. На початкових стадіях росту достатньо і 10 годин, а для повноцінного росту дорослої рослини мінімальним є показник 12 годин.

1.2 Найпростіша система підтримки мікроклімату

Дана система реалізується за допомогою універсальних пристроїв, які можна придбати в будь-якому магазині електротоварів. Наповненість системи залежить лише від ваших побажань, проте коло контролюючих параметрів занадто вузьке. Можливо лише контролювати температурний режим та період світлового дня.

Підтримка заданої температури реалізується завдяки терморегулятору. Він працює за рахунок порівняння температури навколишнього середовища вимірною вбудованим датчиком та порівняння її з заданою користувачем. При відхиленні від заданого температурного значення відбувається ввімкнення навантаження за рахунок вбудованого силового реле, при досягненні необхідного значення силове коло розмикається. Також доступне регулювання дельти температури, тобто регулювання затримок на ввімкнення та виключення для підтримки певного температурного інтервалу в приміщенні.

За принципом роботи регулятори температури поділяються на цифрові та механічні. Механічні моделі зазвичай мають дуже просту конструкцію та мінімальну кількість налаштувань. Користувачу необхідно лише поворотом ручки виставити необхідну температуру і пристрій запущено. Деякі виробники також встановлюють додаткові тумблери та індикатори. Завдяки ним можна примусово вимикати прилад та контролювати за його роботою.



Рисунок 1.1 – Механічний терморегулятор

					ЕЛІТ 8.171.00.10.177 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Цифрові аналоги зазвичай виготовляються за рахунок більш складних схемотехнічних рішень. Зазвичай пристрої даного типу мають повноцінний візуальний інтерфейс (цифровий дисплей) та більш гнучкі в налаштуванні. Також дані терморегулятори виконуються у одно та двоканальних зразках. Тобто для підтримки заданої температури завдяки одному двоканальному терморегулятору можливо почергово вмикати обігрів та охолодження приміщення. Це дозволяє не змінювати налаштування системи при переході з зимового періоду в літній.



Рисунок 1.2 – Цифровий двоканальний терморегулятор

Контроль за ввімкненням додаткового освітлення можливо покласти на цифрове реле часу. Більшість моделей дозволяє запрограмувати близько 10 сценаріїв роботи приладу.



Рисунок 1.3 – Цифрове реле часу

Якщо тривалість світлового дня розглядатимемо в межах 14 годин, то в літню пору достатньо роботи додаткового освітлення по 2 години зранку і ввечері. Для осінньо-зимового періоду цього буде недостатньо, тому необхідно збільшити сумарний час роботи додаткового освітлення до 6-8 годин на добу.

Звичайно дана система дуже проста, відносно недорога, її налаштує і змонтує будь-яка людина. Проте її використання лише частково мінімізує вплив людини на вирощування рослин. Всеодно необхідно контролювати рівень вологості повітря та ґрунту самостійно, та постійно змінювати налаштування для додаткового освітлення. Також недоліком є те, що дана система складається з окремих блоків та для неї необхідно власноруч робити корпус для захисту від удару високої напруги.

1.3 Система для підтримки мікроклімату на основі тепличних контролерів

Системи такого типу можливо використовувати і для вирощування кімнатних рослин, адже майже всі параметри, які контролюються при вирощуванні овочевих культур співпадають з параметрами при вирощуванні квітів. Різниця лише в заданих контрольованих значеннях системи. Також більшість систем даного типу має доступ до мережі Ethernet, що дозволяє відстежувати всі параметри в режимі реального часу і у випадку будь-якої аварії надсилає повідомлення користувачеві.



Рисунок 1.4 – Тепличний контролер

					ЕЛІТ 8.171.00.10.177 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

За принципом роботи регулювання температури відбувається аналогічно цифровому терморегулятору. Контроль вологості повітря здійснюється за рахунок ввімкнення примусової вентиляції через певні інтервали часу, які можливо змінювати. Ввімкнення додаткового освітлення також відбувається за заданим графіком користувачем. Ґрунт зволожується за рахунок подачі певної кількості води до рослин через встановлені за замовчуванням інтервали часу. Цей спосіб зволоження не завжди буде доцільним при вирощуванні рослин, адже ґрунт можливо перезволожити.

Дана система має кращий вигляд, оскільки всі системи відображують інформацію на рідкокристалічний дисплей. Можливо контролювати параметри через глобальну мережу, додані функції зволоження ґрунту та вентиляція у порівнянні з найпростішою системою. Це все її беззаперечні переваги. Проте яка доцільність встановлювати систему даного типу для вирощування невеликого об'єму кімнатних рослин у порівнянні з тепличними обсягами. Звичайно контролери даного типу надто дорогі, вони всеодно лише частково мінімізують роботу людини та для зволоження ґрунту необхідно встановлювати додаткові ємності з водою. Тому навіть переплачувати кошти і використовувати контролер не на повну. Система такого типу нам також не зовсім підходить.

1.4 Гідропонна система вирощування рослин

Гідропоніка – це спосіб вирощування рослин при якому всі поживні речовини беруться з поживного розчину навколо кореневої системи.



Рисунок 1.5 – Гідропонна система вирощування

					<i>ЕліТ 8.171.00.10.177 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		13

Зазвичай це фітільна система отримання поживних речовин. Вона являє собою пасивну систему і є доволі простою. Рослина посаджена в ґрунт, розчин з поживними речовинами до кореня доставляється за рахунок капілярних сил. Дана система забезпечує автоматичну подачу води, яка не потребує будь-яких активних пристроїв. Вона не зможе повноцінно забезпечити подачу води до швидкоростучих рослин, проте для більшості квітів її буде достатньо. Трудозатрати людини полягають в закладенні шнура по якому буде поступати вода до кореня, та контроль за кількістю води в ємності. Дана система контролює лише рівень вологості ґрунту, тому її доцільно використовувати в парі з будь-якою системою мікроклімату.

1.5 Пристрої обігріву

Для унеможливлення зниження температури повітря в приміщенні використовують пристрої обігріву. Вони поділяються на:

- радіатори та конвектори;
- тепловентилятори;
- повітряне опалення;
- системи кабельного нагріву.

В якості нагрівальних приладів в опалювальних системах конвекційного типу зазвичай використовують чугунні радіатори чи конвектори, виконані з сталі чи кольорових металів. Повітря обтікає радіатор знизу та спереду і, нагріваючись підіймається вгору, зверху радіатора виходить гаряче повітря.

Конвектори відрізняються від радіаторів тим, що мають значно меншу площу нагріву і розташовані в спеціальному кожусі, який організовує рух повітря через нагрівальну поверхню та розподілити потік нагрітого повітря по приміщенню.

До систем конвективного нагріву також відносяться системи з трубчатим калорифером, через який вентилятор з великою швидкістю продуває повітря кімнатної температури. В умовах примусової конвекції така система забезпечує більшу тепловіддачу від нагрівальної поверхні у порівнянні з звичайним конвектором чи радіатором.

					<i>ЕЛІТ 8.171.00.10.177 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		14

Тепловентилятори зазвичай виконуються у вигляді блоку, який встановлюється під стелею в центрі приміщення, що обігривається. Кожух тепловентилятора має жалюзі, які дозволяють змінювати напрямок потоку нагрітого повітря, щоб забезпечити краще перемішування повітря в приміщенні і запобігти утворення небажаних застійних зон з градієнтом температури. Трубчасті калорифери з розвиненою поверхнею нагріву іноді використовуються на каналах подачі повітряних опалювальних систем замість безпосереднього повітряного нагріву. Ефективність роботи тепловентилятора залежить від багатьох факторів, зокрема, від його розташування в приміщенні і напрямків повітряного потоку на вході і виході.

Повітряне опалення відноситься до систем опалення, в яких підігріте повітря подається по прокладених в будівлі спеціальних каналах в опалювальні приміщення. Якщо кімнатне повітря повертається назад для повторного нагріву, система називається рециркуляційною. В тих випадках, коли повернення повітря не передбачено і в приміщення надходить тільки підігріте зовнішнє повітря, система називається вентиляційною. Остання система використовується тільки в тих приміщеннях, де рециркуляція повітря неприпустима. Повітряне опалення може бути природним або примусовим. У системах з природною циркуляцією циркуляція повітря відбувається за рахунок різниці температур і щільності повітря, тому важливою вимогою при проектуванні повітропроводів є незначні втрати на тертя, щоб забезпечити необхідну інтенсивність циркуляції повітря. У системах з примусовою циркуляцією використовується зовнішнє джерело енергії для забезпечення необхідної інтенсивності циркуляції. Оскільки швидкості переміщення повітря в системах з примусовою циркуляцією значно вищі, проблема змішування повітря спрощується, проте виникає проблема шуму в повітропроводах і розподільних решітках.

Системи кабельного нагріву являють собою нагрівальні кабелі і нагрівальні тканини. Кабельний обігрів дозволяє ефективно і економічно вирішувати багато проблем, пов'язаних з підтриманням температур, розігрівом, антизамерзанням. Системи кабельного обігріву широко використовуються при створенні «тепліх» підлог, а також під час вирішення нестандартних завдань обігріву.

					<i>ЕЛІТ 8.171.00.10.177 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						15
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1.6 Способи вентиляції приміщення

Вентиляція – це процес який повинен створювати повітрообмін в приміщенні. До класифікації цього процесу можна підійти з різних сторін і в залежності від критерію, види вентиляції можуть бути різні. За способом організації повітрообміну вона буває: природна і примусова. За призначенням система може бути: припливна, витяжна та припливно-витяжна.

Не дивлячись на високу вартість, примусова вентиляція ефективніша, оскільки дозволяє регулювати параметри мікроклімату, що сприятливо позначається на розвитку рослин. Далі необхідно вибрати призначення вентиляції.

Якщо обладнана припливна система, то свіже повітря подається всередину приміщення вентилятором, тобто автоматично, регулюючи тиск і потік. Відпрацьоване повітря виходить самостійно через різні отвори і щілини. У цьому варіанті є можливість регулювати кількість повітря, що поступає, використовуючи засувки, їх зазвичай встановлюють на вентиляційних трубах. Припливна циркуляція зазвичай встановлюється в тих зонах, куди небажано надходження шкідливих речовин з суміжних приміщень або зон. Також вона допомагає не допустити притоку остиглого повітря з вулиці, тому досить часто її можна бачити в приміщеннях, де досить тепло.

Витяжна вентиляція здійснюється з точністю до навпаки. Брудне повітря виводиться на вулицю через вентиляційні отвори за допомогою вентилятора. Чисте повітря заходить природним шляхом через віконні прорізи, двері і з сусідніх приміщень.

При припливно-витяжній системі приплив і відтік повітря відбувається через різні повітропроводи примусовим шляхом. При організації такого типу системи повинні виконуватися певні вимоги. Обсяг вихідного і вхідного повітря повинен бути практично однаковим.

1.7 Зволожувачі повітря

Призначенням побутових зволожувачів повітря є створення сприятливого мікроклімату для існування в ньому людей, вирощування рослин в яких недостатня вологість повітря. Зволожувачі повітря поділяються на адіабатичні і ізотермічні.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.177 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ізотермічне зволоження повітря можливе лише при постійній температурі повітря в приміщенні. Принцип роботи даного зволожувача полягає в наступному. Нагрівальні елементи зволожувача доводять до дуже високої температури воду, що знаходиться в парогенераторі, в результаті чого вона переходить в пароподібний стан. Водяна пара викидається в атмосферу і відбувається зволоження повітря. Нагрівальними елементами зволожувачів повітря можуть бути електроди, опущені в рідину, природний газ або тєни. При цьому газові зволожувачі повітря вважаються більш економічними для споживачів, ніж електричні зволожувачі, тому їх найвигідніше використовувати для зволоження повітря у великих приміщеннях.

Адіабатичне зволоження повітря відбувається тільки в незмінно теплому середовищі, тобто, чим вище відносна вологість повітря, тим нижче його температура. Принцип дії такого зволожувача полягає в тому, що в повітря викидаються найдрібніші водяні краплі, більше схожі на пил, які і зволожують повітря і, одночасно з цим, температура даного приміщення знижується. Адіабатичні зволожувачі повітря бувають дискові, ультразвукові та розпилювальні. В основі дії дискових адіабатичних зволожувачів повітря лежить принцип дії відцентрових сил. У центрі зволожувача встановлений диск, який обертається на величезній швидкості, одночасно розпорошуючи воду і перетворюючи її в водний аерозоль. Вентилятор викидає аерозоль в повітря, який, таким чином, зволожується. Адіабатичні зволожувачі є найбільш ефективними і економічними у використанні, в порівнянні з ізотермічними зволожувачами.

Принцип роботи ультразвукових адіабатичних зволожувачів полягає в наступному: на часто вібруючу діафрагму з накопичувального бака зволожувача надходить вода, яка при контакті з діафрагмою стає водяним пилом з розміром краплі 2-5 мкм. Через своєрідну водяну хмару за допомогою вентилятора проходить зовнішнє повітря і, таким чином, повітря в потрібному приміщенні зволожується.

Принцип роботи розпилювальних зволожувачів полягає в використанні стисненого повітря, який проштовхує воду через форсунки і перетворює її на водяний пил. Такий вид зволожувачів раціональніше всього використовувати у великих приміщеннях, так як, споживаючи невелику кількість енергії, вони, все ж, є найбільш ефективними, в порівнянні з іншими зволожувачами.

					<i>ЕЛІТ 8.171.00.10.177 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						17
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1.8 Кондиціонери повітря

Принцип дії кондиціонера ґрунтується на наступних процесах. На вхід фільтра повітря подається фторвмісний вуглеводень, або фреон, в газоподібному стані під невисоким тиском. У частині кліматичної установки, яка носить назву компресора, на фреон діє тиск, внаслідок чого хладаген розігрівається, переходить в рідку форму і починає свій рух по всіх частинах кліматичної установки. Далі, проходячи по цих частинах, хладаген охолоджується, внаслідок чого стає більш прохолодним і повітря, що проходить через кліматичну установку. Сам же фреон знову переходить в газоподібну форму, і весь цикл повторюється заново. В результаті всіх цих процесів виділяється велика кількість тепла, в побутових кондиціонерах це тепло просто викидається в навколишнє середовище через блок, який знаходиться зовні будівлі.

Класифікувати види кондиціонерів правильніше в цілому по їх основним технологічним відмінностям. Відштовхуючись від цього, вони бувають:

- одноблочні;
- спліт-системи;
- мульти-спліт системи.

Розглянемо найбільш частіше встановлювальні кондиціонери. Віконний електричний кондиціонер його конструкція йде в минуле. Їх особлива відмінна риса – вони легко встановлюються. У віконного кондиціонера компресор, холодильник і теплообмінник знаходяться в одному корпусі - ця особливість є джерелом як усіх його плюсів, так і мінусів. Він закріплюється в віконний отвір, значить, зменшує зону скління, при роботі створює чимало шуму, не завжди здатний однаково освіжати кімнату великої площі і складної форми. При цьому віконні кондиціонери мають великий термін експлуатації, недорогі і прості в конструкції.

Мобільний кондиціонер розміщують всередині будівлі. Він міцний, просто встановлюється і розбирається. Для під'єднання потрібно відвести м'яку гофровану трубу на вулицю. Цей тип кондиціонерів комфортний для дач, заміського житла, тимчасових споруд в зв'язку з його високою мобільністю.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.177 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Спліт-система має 2 зовнішніми блоками. Вони мають знижений рівень шуму, з цієї причини бездоганно підійдуть для кондиціонування в житловому приміщенні, коли необхідна робота кліматичної установки і в нічний час. Мають широкий спектр потужностей. Вартість кондиціонерів даного виду в основному залежить від фірми-виробника та потужності обладнання.

Канальний кондиціонер встановлюється в навісній стелі, яка цілком ховає конструкцію електричної кліматичної установки. Розподіл холодного атмосферного потоку відбувається за системою ізольованих повітроводів, які розташовуються в міжстельовому просторі. Внаслідок цього, такого роду каналні електричні системи можуть освіжати миттєво повітря в декількох кімнатах. Принципова відмінність каналних кондиціонерів від інших систем - в здатності подачі свіжого повітря в обсягах, необхідних для повного провітрювання вентиляованих кімнат. Як недоліки такої системи варто відзначити неможливість встановлення температури для кожного приміщення окремо та велика вартість обладнання.

1.9 Модулі освітлення

Освітлення кімнатних рослин дозволяє розкрити на повню красу кожної квітки та надає сили для повноцінного росту та розвитку протягом доби. Проте із розумом необхідно відноситись до додаткового освітлення за рахунок ефективного використання електричної енергії. Окрім того, що модулі повинні вмикатись лише при необхідності, потрібно використовувати енергоефективні освітлювальні прилади.

Зазвичай використовують лампи, які поділяються на такі класи:

- газові;
- лампи розжарювання;
- світлодіодні лампи.

Вибір модулів освітлення – це одне з найвідповідальніших завдань, завдяки якому рослина розвиватиметься належним чином. Вони повинні відповідати наступним вимогам:

					ЕЛІТ 8.171.00.10.177 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- головний параметр це співвідношення ціни до споживаної потужності та рівнем освітленості;
- низький коефіцієнт виділення теплової енергії;
- естетичність конструкції та простота монтажу.

Проведемо детальний розгляд описаних вище типів ламп. Оскільки, рівень економічності освітлювального приладу повинен бути якомога вищим. Саме цей фактор не дозволяє нам використовувати звичайні лампи розжарювання. Даний тип ламп має дуже низький КПД, та велику кількість спожитої електричної енергії перетворює в теплову. Тому розглядатимемо лише люмінесцентні та світлодіодні лампи. Кожен тип освітлювальних модулів має великий термін служби, виробники обіцяють безперебійно роботу люмінесцентних ламп впродовж 10000 годин та 30000 годин для світлодіодних аналогів.

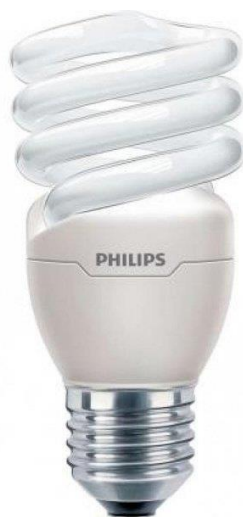


Рисунок 1.6 – Енергозберігаюча лампа

Енергозберігаючі лампи – це електричні лампи з великим рівнем освітленості. Вони мають високий коефіцієнт світлового потоку з низьким рівнем споживання електричної енергії. Вони складаються з колби, наповненої парами ртуті і аргону та пускорегулюючого пристрою (стартера). На внутрішню поверхню колби нанесено спеціальну речовину, так званий люмінофор.

Принцип дії ламп такого типу полягає в русі електронів всередині лампи за рахунок високої напруги. Зіткнення електронів з атомами ртуті утворює невидиме ультрафіолетове випромінювання, яке, проходячи через люмінофор, перетворюється у видиме світло.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.177 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Люмінофор може мати різні відтінки, і як результат, може створювати різні кольори світлового потоку. Розглянемо переваги та недоліки енергозберігаючих ламп.

Переваги енергозберігаючих ламп:

- великий термін служби.
- низьке споживання електроенергії.
- заводська гарантія на люмінесцентні лампи.
- допускається використання енергозберігаючих ламп там, де є обмеження температури, так як ці лампи практично не нагріваються.

Недоліки енергозберігаючих ламп:

- у трубці містяться пари ртуті.
- ризик негативних наслідків для здоров'я при використанні енергозберігаючих ламп

При встановленні енергозберігаючих ламп необхідно забезпечити її стабільну роботу. Лампи такого типу дуже чутливі до циклу вмикання-вимикання, тому необхідно забезпечити їх безперебійну роботу та інтервал між включеннями.

Перейдемо до світлодіодних ламп. Світлодіодна лампа – це світлодіодна збірка з перетворювачем змінної напруги мережі в постійну напругу для живлення світлодіодів.



Рисунок 1.7 – Світлодіодна лампа

Найголовнішим аргументом вибору світлодіодних ламп є їхня економічність та довготривалий термін експлуатації. Але науковці стверджують, що це не головна перевага. Даний тип ламп не має миготіння у порівнянні з іншими типами. Це позитивно впливає на людський зір – очі при штучному освітленні менше втомлюються. Велика кількість виробників відмовляється від використання

					ЕЛІТ 8.171.00.10.177 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

скла та переходить до пластикових корпусів. Це дозволяє забути про можливість пошкодити лампу. Утилізація використаних ламп також не несе проблем. Вони не мають шкідливих речовин у своєму складі, тому утилізуються звичайним побутовим шляхом.

Переваги світлодіодних ламп:

- високий рівень світловіддачі (від 80-120 лм / Вт);
- тривалий термін служби;
- миттєве включення, відсутність мерехтінь;
- високий індекс передачі кольору $Ra > 80$;
- широкий діапазон колірних температур (2700-10000К);
- відсутнє ультрафіолетове випромінювання;
- висока вібростійкість і ударостійкість;
- низьке енергоспоживання.

Недоліки світлодіодних ламп:

- висока вартість;
- низька гранична температура;
- спрямованість світіння (для отримання звичної для людини освітленості в приміщенні необхідно більше світильників, ніж при використанні ламп розжарювання і люмінесцентних ламп).

Для модулів додаткового освітлення рекомендованими будуть лампи трубчатого типу в цоколі Т8. Оскільки саме вони при встановленні на вузьких полицях займають мало місця (2-3 см) в доволі вузькому просторі. При використанні ламп іншого типу відстань між полицями по висоті збільшується з 35 см до навіть 90 при використанні ламп в цоколі Е27.



Рисунок 1.8 – Лампа форм-фактору Т8

					ЕЛІТ 8.171.00.10.177 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

1.10 Система підтримки мікроклімату в приміщенні

Система мікроклімату дозволяє комплексно контролювати і управляти інженерними системами в будинку, які впливають на склад і якість повітря: температура, вологість і т.д. Особливістю комплексної інтелектуальної системи мікроклімату це можливість програмування, створення сценаріїв і умов роботи, коли система самостійно приймає рішення і діє відповідно до заданої програми; всі ці дії спрямовані на створення комфортної для людини атмосфери найбільш раціональним і енергоефективним способом. У приміщеннях житлових і громадських будівель слід забезпечувати оптимальні або допустимі параметри мікроклімату в обслуговуваній зоні.

Існує два види архітектури системи розумний будинок: децентралізована і централізована. Децентралізована архітектура ґрунтується на тому, що всі вузли в мережі рівноправні. Централізована архітектура передбачає наявність центрального контролера, який керує підключеними до нього модулями. У нашому випадку, краще підходить централізована система тому вона є найбільш економною. Якщо планувати систему як централізовану, у неї можна виділити такі рівні:

- рівень 1: призначений для користувача системи управління, до них відносять: web інтерфейс і мобільні пристрої, з яких здійснюється контроль системи і моніторинг на маршруті;
- рівень 2: зв'язок центрального контролера з призначеним для користувача інтерфейсом, на цьому рівні передається інформація між користувачем і контролером;
- рівень 3: центральний контролер, дає можливість системі взаємодіяти з датчиками і периферією;
- рівень 4: зв'язок центрального контролера з датчиками і периферією, на цьому рівні передається інформація між контролером і датчиками;
- рівень 5: датчики і периферія, на даному рівні знімаються показання навколишнього середовища

В автоматизованій системі моніторинг параметрів здійснюється за рахунок показників датчиків температури і вологості, які встановлюються в приміщенні.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.177 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

користувачеві запитувані параметри, приймає і виконує призначені для користувача команди.

1.11 Математична модель управління мікрокліматом в теплиці

У моделі виділяються дві підсистеми - повітря теплиці і ґрунтовий шар з рослинами і ґрунтом. При описі підсистем використовуються наступні змінні: температура повітря в теплиці, температура рослин теплиці (температури ґрунтового шару), вологість (відносна або абсолютна) повітря теплиці. Рівняння масового балансу води в теплиці має вигляд:

$$\rho * V * \frac{dx(t)}{dt} = F(t) + C_{sat}(t) * [E(t) + fog(t)] \quad (1.1)$$

де ρ - щільність повітря теплиці;

V - обсяг повітря теплиці;

$X(t)$ - абсолютна вологість повітря в теплиці;

t - час;

$F(t)$ - витрата води в повітряному потоці, які пройшли через віконні щілини;

$C_{sat}(t)$ - коефіцієнт насичення повітрям;

$E(t)$ - швидкість сумарного випаровування воду рослинами;

$fog(t)$ - витрата води системою туману.

Співвідношення 1.1 показує, що зміна кількості води у внутрішньому повітрі теплиці залежить від наступних складових:

- кількості води, що надходить із зовнішнім повітрям через віконні щілини - $F(t)$;
- кількість води, що випаровується рослинами в процесі свого зростання - $E(t)$;
- кількості води розпилюється системою туману - $fog(t)$.

Рівняння теплового балансу енергії, що впливає на зміну температури внутрішнього повітря теплиці має вигляд:

					ЕЛІТ 8.171.00.10.177 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\rho * V * cV * \frac{dT(t)}{dt} = Qs(t) + Qcc(t) - Q_{sat}(t) * [Qu(t) + Qt(t)] - Qv(t) + W(t) \quad (1.2)$$

де ρ - щільність повітря теплиці;

V - обсяг повітря теплиці;

cV - теплоємність повітря;

$T(t)$ - температура повітря всередині теплиці;

t - час;

$Qs(t)$ - сонячна енергія, що передається повітрю в теплиці;

$Qcc(t)$ - енергія обміну при провідності і конвекції;

$Qp(t)$ - обмін енергії з рослинами;

$Q_{sat}(t)$ - коефіцієнт насичення повітрям;

$Qu(t)$ - втрати енергії за рахунок сумарного випаровування води рослинами;

$Qt(t)$ - втрати енергії за рахунок розпилення води системою туману;

$Qv(t)$ - енергія обміну повітряної вентиляцією;

$W(t)$ - енергія системи обігріву.

Співвідношення 1.2 показує, що зміна температури внутрішнього повітря теплиці залежить від наступних складових:

- сонячної енергії, що нагріває внутрішнє повітря теплиці - $Qs(t)$;
- температури повітря навколишнього середовища, що надходить в теплицю через систему вентиляційних фрамуг і щілини - $Qv(t)$;
- температури повітря навколишнього середовища, що впливає на обмін енергією через стіни шляхом провідності і конвекції - $Qcc(t)$;
- сумарного випаровування води рослинами, що призводить до охолодження повітря теплиці - $Qu(t)$;
- енергії системи обігріву - $W(t)$;
- втрат енергії від розпилення води системою туману - $Qt(t)$;
- теплообміну з рослинами - $Qp(t)$.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.177 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Рівняння теплового балансу енергії, що впливає на зміну температури рослин теплиці, має вигляд:

$$S_{outside} * Cp * \frac{dTp(t)}{dt} = Qur(t) - Qp(t) - Qg(t) \quad (1.3)$$

де $S_{outside}$ - площа поверхні теплиці;

Cp - теплоємність повітря;

$Tp(t)$ - температура рослин всередині теплиці;

t - час;

$Qur(t)$ - енергія, засвоюється рослинами протягом дня;

$Qp(t)$ - обмін енергії з рослинами;

$Qg(t)$ - втрати енергії через ґрунт.

Співвідношення 1.3 показує, що зміна температури рослин теплиці залежить від наступних складових:

- енергії, засвоюваній рослинами - $Qur(t)$;
- втрат енергії через ґрунт - $Qg(t)$;
- теплообміну повітря з рослинами - $Qp(t)$.

Таким чином, система рівнянь, наближено описує мікроклімат теплиці, має вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} p * V * \frac{dx(t)}{dt} = F(t) + C_{sat}(t) * [E(t) + fog(t)] \\ p * V * cV * \frac{dT(t)}{dt} = Qs(t) + Qcc(t) - Q_{sat}(t) * [Qu(t) + Qt(t)] - Qv(t) + W(t) \\ S_{outside} * Cp * \frac{dTp(t)}{dt} = Qur(t) - Qp(t) - Qg(t) \end{array} \right.$$

Модель є наближеною, в ній не враховуються наступні фактори:

- просторовий розподіл температури і вологості по площі теплиці;
- розподіл цих змінних по висоті враховується тільки агрегованих;
- вплив температурно-вологісного режиму на показники розвитку рослин зведено до детермінованої залежності коефіцієнтів моделі від часу.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.177 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Але виходячи з мети використання моделі (для аналізу і синтезу алгоритмів управління, а не для вибору технологічно доцільних режимів зміни температури і вологості) представлена модель прийнятна.

За даними формулами можливий розрахунок і при вирощуванні кімнатних рослин в приміщенні. Відрізатися буде лише навколишнє середовище, замість ґрунтового покриву обширним буде залізобетонна конструкція приміщення.

1.12 Порівняльний аналіз існуючих систем управління мікрокліматом в теплицях

Виробництвом подібних систем займається ряд компаній. Компанія «Антрел автоматизація» пропонує свою систему, яка за описом виробника забезпечує:

- точне регулювання кожного параметра технологічного процесу;
- економія енергоносіїв за рахунок використання тільки за запитом системи;
- відсутність оператора, виключений вплив людського фактора;
- усунення аварійних ситуацій;
- вивід всіх показників на екран ПК оператора;
- контроль системи підтримки мікроклімату за допомогою смартфона або планшета (підтримка пристроїв на основі iOS, Android, MacOS, Windows XP / 7/8);
- можливість інтеграції системи в АСУ підприємства.

Компанія пропонує установку датчиків тиску внутрішнього повітря, температури зовнішнього та внутрішнього середовища, датчик температури ґрунту і ґрунту біля кореня рослини, штучний дощ з підігрівачем, датчик рівня кисню, і система збагачення киснем, і вентилятор зі своїм датчиком швидкості вітру. Плюсом даної системи можна відзначити відсутність оператора і додаткового робочого місця для нього. Мінімальну вартість даної системи виробник не повідомляє.

Компанія «АгроІталСервіс технології зростання» пропонує систему, яка за описом виробника забезпечує контроль і управління:

- температури і вологості повітря;

					ЕЛІТ 8.171.00.10.177 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- температури листу;
- температури і вологості ґрунту;
- температура плівки;
- концентрація CO₂;
- датчик температури і вологості навколишнього середовища.

Головою системи є промисловий мікрокомп'ютер, вартість системи починається від 10000 доларів США. Даний комплекс крім датчиків включає систему зашторювання, систему досвічування, систему крапельного поливу (остання потрібна в разі вирощування в закритому ґрунту, а не методом гідропоніки). До явних мінусів можна віднести його надмірну вартість та необхідність самостійного монтажу.

Виробник теплиць для великих тепличних господарств «НВО Схемотехніка». У кожному тепличному відділенні встановлює по два двигуна-редуктора для управління вікнами і шість вентиляторів для забезпечення циркуляції повітря. CO₂ подається газогенераторами у всю теплицю, площею 1 га. У кожній з половин теплиці вимірюється температура ґрунту і температура повітря. Вологість визначається розрахунковим способом на підставі різниці показань сухого і вологого термометра. Концентрація двоокису вуглецю вимірюється газоаналізатором ГИАМ - 15 з нормованим струмовим виходом 0-5 мА. Кожен з віконних редукторів має датчик положення з нормованим струмовим виходом 0-5 мА.

Кожна з підсистем має місцевий пульт управління зі знакоцифровим індикатором (2 рядки по 20 знаків), що забезпечує контролю. Реальні показники можуть відрізнятися і необхідно проводити регулювання.

Дана система дійсно дозволяє контролювати і управляти всіма критично важливими параметрами, однак нагнітання кисню здійснюється шляхом газогенераторів, мінімальна площа теплиці - 1 Га. Мінімальна вартість даного комплексу складає кілька сотень тисяч доларів США.

Порівняльний аналіз вищеописаних систем наведено в таблиці 1.1.

					<i>ЕЛІТ 8.171.00.10.177 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Таблиця 1.1 – Порівняльний аналіз систем керування теплицями

	Антрел	АгроІталСервіс	Схемотехніка
Датчик тиску внутрішнього повітря	+	-	-
Температура зовнішнього повітря	+	+	+
Температура внутрішнього повітря	+	+	+
Температура ґрунту	+	+	+
Температура ґрунту біля кореня	+	+	+
Температура листка	-	+	+
Вологість внутрішнього повітря	-	+	+
Вологість зовнішнього повітря	-	+	+
Датчик рівню кисню	+	-	-
Система збагачення киснем	+	-	-
Датчик рівню вуглекислого газу	-	+	+
Система збагачення вуглекислим газом	-	+	+
Витяжний вентилятор чи сервоприводи вікон	+	+	+
Штучний дощ	+	-	-
Температура плівки	-	+	-
Температура в контурі опалення	-	+	-

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЕліТ 8.171.00.10.177 ПЗ

Арк.

30

Виходячи з таблиці 1.1 видно, що всі системи забезпечують велику кількість контролюючих параметрів. Проте, більшість з них непотрібна, при використанні тепличного контролера для підтримки мікроклімату при вирощуванні кімнатних рослин. За величезну вартість користувач отримає пристрій, який буде функціонувати лише на 20% від своїх можливостей. Саме цей фактор пояснює необхідність створення автоматизованої системи керування вирощуванням кімнатних рослин.

1.13 Постановка завдання

В кваліфікаційній роботі магістра необхідно розробити систему для контролю за вирощуванням кімнатних рослин. Вона повинна забезпечувати заданий температурний режим, необхідний рівень вологості повітря та ґрунту. Світловий день встановити на рівні 14 годин протягом яких за необхідності вмикається додаткове освітлення. Контролюючий блок повинен складатися з чотирьох датчиків та п'яти виходів для підключення обладнання. Контроль температурного режиму в приміщенні, рівнів вологості повітря та ґрунту відбуватиметься цілодобово, додаткове освітлення буде вмикатися лише в чотирнадцятигодинний проміжок доби заданий користувачем. Денний проміжок з 7 ранку до 21 вечора, нічний – з 19 до 9. При використанні нічного режиму система зчитуватиме значення освітленості лише 4 години проміжку (по 2 години ввечері та зранку). В інший час модулі освітлення будуть незалежно від датчика освітленості. Зміна параметрів системи відбувається за рахунок зміни контролюючих значень в програмному коді. Виходи для споживачів виконати у вигляді клемної колодки. На екран виводяться значення температури та вологості. Забезпечити світлову індикацію ввімкненого навантаження.

					<i>ЕЛІТ 8.171.00.10.177 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						31
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

2.1 Визначення загального алгоритму роботи для подібних систем

Для полегшення проектування системи та повноцінного розуміння можливого алгоритму роботи, розглянемо алгоритм роботи подібних систем підтримки мікроклімату. Більшість аналогічних присторіїв підтримки мікроклімату забезпечують підтримку температурного режиму приміщення, контролюють рівень вологості повітря та забезпечують контроль освітленості поблизу рослин.

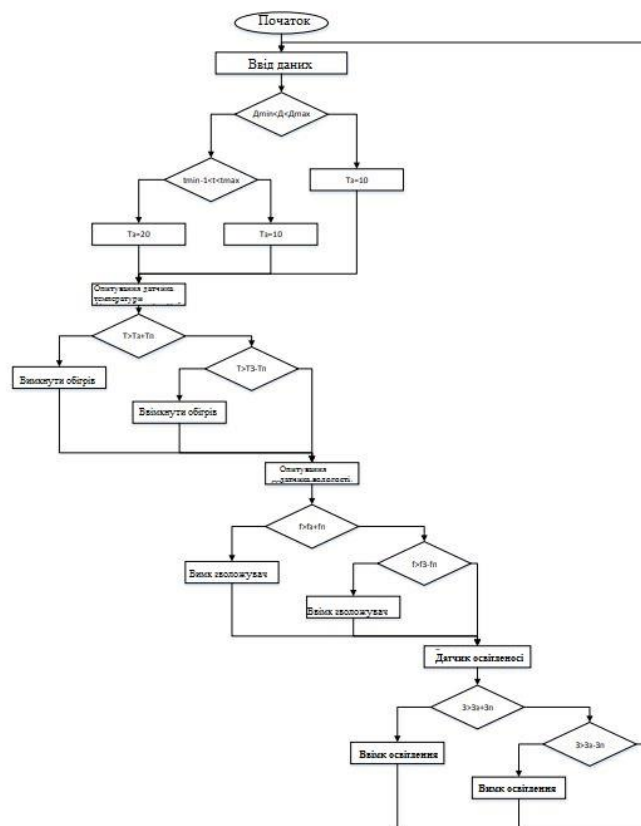


Рисунок 2.1 – Загальний алгоритм роботи систем підтримки мікроклімату

У переважної кількості виробників перед початком роботи пристрою необхідно задати необхідні параметри мікроклімату (температура, вологість, освітленість), а також їх допустимі відхилення. Вводяться час початку і закінчення роботи модулів освітлення, додатково задається режим роботи пристрою під час анульованого алгоритму за контролем освітленості. Далі, пристрій визначає свій режим роботи в залежності від показань вбудованого годинника.

Наступним кроком мікроконтролер отримує дані від датчиків (температури, вологості і освітленості) та при неприпустимих відхиленнях регулює відповідні параметри за допомогою виконавчих пристроїв.

Під час роботи пристрою допустимі ручні зміни в налаштуваннях параметрів мікроклімату на розсуд користувача.

2.2 Проведення експерименту

Суть експерименту полягає в визначенні доцільних модулів освітлення для використання з керуючою системою. Експериментальний стенд складається з стелажу для рослин на 6 полиць, на який встановлюються лампи Т8. Розміри полиці 1250*620 мм. Для забезпечення достатнього рівня освітленості використовуватимемо лампи довжиною 1200 мм та встановлюватимемо по 2 лампи на кожену полицю. Загальна кількість встановлених ламп складатиме 12 одиниць. Для порівняння оберемо два типи ламп: люмінесцентні та світлодіодні.

Розглянемо характеристики кожного типу ламп. Для зменшення похибок експерименту оберемо лампи від одного виробника. В нашому випадку це фірма Osram.

Характеристика люмінесцентної лампи:

- матеріал колби скло;
- температура світіння 6500К;
- потужність 36 Вт;
- світловий потік 2500 Лм.

Даний тип ламп дешевший у порівнянні з світлодіодними, проте вони потребують додаткового пускового модулю. Це в свою чергу анулює різницю в ціні, тому економічну складову в даному експерименті можна опустити.

Характеристика світлодіодної лампи:

- матеріал колби скло;
- температура світіння 6500К;
- потужність 16 Вт;
- світловий потік 2200 Лм.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.177 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відповідно до географічного розташування міста Суми середня протяжність світлового дня протягом року складає 12 годин. А саме 16 годин в літній період, 8 годин в зимовий та 12 годин весною та восени. Проте стелажне утримання рослин суттєво знижує значення світлового дня. Реальний показник, який вдалося зняти на осінь 2020 року склав 6 годин без додаткового освітлення в сонячний день. Якщо небо захмарене, то природнього світла було недостатньо.

В результаті цього при використанні додаткового освітлення ми маємо лише період травень-серпень коли природнього освітлення достатньо протягом 9 годин на день. Якщо врахувати дощі та хмарність це значення приблизиться до 100 днів. Інші 265 дні середнє значення по природньому освітленні складає 5 годин.

$$I_{\text{пр}} = (I_{\text{пр-з}} * \text{час}) + (I_{\text{пр-л}} * \text{час}) = (265 * 5) + (100 * 9) = 2225 \text{ год} \quad (2.1)$$

В рік отримуємо забезпечення природним освітленням протягом 2225 годин. Інші 2885 годин на рік необхідно забезпечувати штучними джерелами світла. І це при умові що приміщення добре освітлюється природнім світлом. Експеримент проводився в двох періодах, а саме денний та нічний час. Період кожного дослідю – 1 тиждень. В денний час система функціонувала з 7 до 21 години. На момент проведення експерименту відбувалась фіксація роботи пристрою, значення світлового дня та роботи модулів освітлення наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Значення при денному експерименті

День експерименту	Значення природного освітлення, хвилин	Час роботи ламп, хвилин
1	352	488
2	346	494
3	267	573
4	118	722
5	247	593
6	335	505
7	324	516
Всього	1989	3891

Перший та другий день експерименту була сонячна погода, на третій день небо захмарило. Четвертий день пішов дощ та потім погода почала покращуватись. Звичайно сумарне значення природнього освітлення мале проте в зимовий період воно буде значно меншим. Отримано середньодобове значення світлового дня на рівні 4 години 44 хвилини. Додаткове освітлення в свою чергу працювало по 9 годин 16 хвилин майже кожного дня. За цей час було спожито 40,42 кВт*год електроенергії. Детальні значення енергоспоживання занесені до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Споживання електроенергії при денному експерименті

День експерименту	Споживання люмінесцентних ламп, кВт*год	Споживання світлодіодних ламп, кВт*год
1	3,51	1,56
2	3,55	1,58
3	4,12	1,83
4	5,19	2,31
5	4,27	1,9
6	3,63	1,61
7	3,71	1,65
Всього	27,98	12,44

На момент проведення експерименту вартість електроенергії становить 1,68 гривень за 1 кВт* год електроенергії. За формулою 2.2 порахуємо затрати на електроенергію та занесемо дані до таблиці 2.3.

$$\text{Затрати} = \text{Споживання} * \text{Ціна} \quad (2.2)$$

Таблиця 2.3 – Затрати на електроенергію

День експерименту	Вартість електроенергії люмінесцентні лампи, грн	Вартість електроенергії світлодіодні лампи, грн
1	5,9	2,62

Продовження таблиці 2.3 – Затрати на електроенергію

День експерименту	Вартість електроенергії люмінесцентні лампи, грн	Вартість електроенергії світлодіодні лампи, грн
2	5,96	2,65
3	6,92	3,07
4	8,71	3,88
5	7,17	3,19
6	6,09	2,7
7	6,23	2,77
Всього	47	20,89

З таблиці 2.3 видно що використання світлодіодних ламп є більш доцільним. За тижневий експеримент вони спожили в 2,25 рази менше електроенергії.

Провівши та отримавши значення денного експерименту налаштування системи було змінено. Систему переведено на нічний режим, додаткове освітлення вмикається з 23 до 13 години. Завдяки такому типу додаткове освітлення працює вночі, а вдень освітлення забезпечується природнім світлом. Час роботи системи наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Значення при нічному режимі

День експерименту	Значення природного освітлення, хвилин	Час роботи ламп, хвилин
1	269	571
2	248	592
3	189	651
4	227	613
5	234	606
6	236	604
7	87	753
Всього	1490	4390

Виходячи з результатів таблиці 2.4 видно, що інтенсивність природного світла зменшилась та час роботи модулів додаткового освітлення значно збільшився. Занесемо подобо́ве споживання електроенергії до таблиці 2.5

Таблиця 2.5 – Значення при нічному експерименті

День експерименту	Споживання люмінесцентних ламп, кВт*год	Споживання світлодіодних ламп, кВт*год
1	4,11	1,82
2	4,26	1,89
3	4,68	2,08
4	4,41	1,96
5	4,36	1,94
6	4,34	1,93
7	5,42	2,4
Всього	31,6	14,02

За такий самий період нічного режиму у порівнянні з денним експериментом було спожито на 12% більше електроенергії. Проте у разі використання двозонного лічильника вартість електроенергії з 23 до 7 зменшується в 2 рази. Тобто становить 84 копійки за 1 кВт*год. Цим самим ми збільшуємо рентабельність нашої системи. Порахуємо затрати на електроенергію та занесемо дані до таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Затрати на електроенергію

День експерименту	Вартість електроенергії люмінесцентні лампи, грн	Вартість електроенергії світлодіодні лампи, грн
1	3,45	1,53
2	3,57	1,58
3	3,93	1,74
4	3,7	1,63
5	3,66	1,62

Продовження таблиці 2.6 – Затрати на електроенергію

6	3,64	1,62
7	4,55	2
Всього	26,5	11,72

Проаналізувавши значення двох експериментів можна побачити, що при використанні двозонного лічильника та нічного тарифу вартість за спожиту електроенергію зменшилась на 45%. Однозначно доцільним буде використання світлодіодних ламп що в свою чергу зменшить на 55% споживання електроенергії.

2.3 Теоретичні розрахунки

Провівши експерименти було визначено, що доцільно використовувати лише світлодіодні лампи. Проведемо розрахунки актуального режиму роботи системи. Вихідні данні для розрахунків:

- денний та нічний режим роботи;
- середня тривалість світлового дня протягом року 12 годин;
- забезпечувати підтримку рівня освітлення протягом 14 годин на добу;
- споживання модулів освітлення 0,192 кВт*год.

Враховуючи те, що середня тривалість світлового дня встановлена на рівня 12 годин для уникнення помилок зменшимо його рівень до 8 годин. При нічному режимі тривалість світлового дня встановимо на рівні 5 годин. Визначимо час роботи додаткового освітлення в денному та нічному режимах.

$$T_d = 365 * (14 - 8) = 2190 \text{ год} \quad (2.3)$$

$$T_n = 365 * (14 - 5) = 3285 \text{ год} \quad (2.4)$$

Отже, після розрахунку визначено, що при денній підтримці світла модулям необхідно працювати 2190 годин на рік. Вночі лампам доведеться світитися 3285 год. Проведемо порівняння за кількістю спожитої електроенергії.

$$C_{\text{д}} = T_{\text{д}} * P = 2190 * 0,192 = 420,5 \text{ кВт * год} \quad (2.5)$$

$$C_{\text{н}} = T_{\text{н}} * P = 3285 * 0,192 = 630,7 \text{ кВт * год} \quad (2.6)$$

Результати відповідають сподіванням. Визначимо вартість спожитої електроенергії.

$$B_{\text{д}} = C_{\text{д}} * 1,68 = 420,5 * 1,68 = 706,44 \text{ грн} \quad (2.7)$$

При денному тарифі спожито 420,5 кВт*год електроенергії вартістю 706,44 гривень. Порухаємо значення для нічного тарифу. Він діє з 23 до 7 та дає знижку 50% на спожиту електроенергію. Враховуючи те, що модулі освітлення працюють в середньому 9 годин, ціну на електроенергію рахуватимемо за двома тарифами. 15% спожитої електроенергії придбаємо за звичайним тарифом, і 85% за нічним.

$$B_{\text{н}} = (0,15C_{\text{н}} * 1,68) + (0,85C_{\text{н}} * 1,68 * 0,5) = (0,15 * 630,7 * 1,68) + (0,85 * 630,7 * 1,68 * 0,5) = 158,93 + 450,31 = 609,24 \text{ грн} \quad (2.8)$$

Провівши порівняння можна побачити, що використанні нічного режиму є більш доцільним. А якщо рослини розташовані в приміщенні зовсім без світла і розвиваються лише на лампах, то денний режим зовсім небажаний. Проведемо розрахунок для даного випадку. Час роботи ламп складатиме 5110 годин. При споживанні 0,192 кВт*год визначимо загальну кількість спожитої електроенергії.

$$C_{\text{заг}} = 5110 * 0,192 = 981,12 \text{ кВт * год} \quad (2.9)$$

Визначимо вартість спожитої електроенергії в двох режимах роботи. Для розрахунку нічного споживання загальне споживання помножимо на 8/14 і отримаємо значення спожитої електроенергії в нічний час.

$$B_{\text{д-заг}} = C_{\text{заг}} * 1,68 = 981,12 * 1,68 = 1648,28 \text{ грн} \quad (2.10)$$

					ЕЛІТ 8.171.00.10.177 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$B_{\text{н-заг}} = \left(\frac{8}{14} C_{\text{заг}} * 1,68 * 0,5 \right) + \left(\frac{6}{14} C_{\text{заг}} * 1,68 \right) = 1177,33 \text{ грн} \quad (2.11)$$

При відсутності природного освітлення досить помітна економія коштів при використанні нічного тарифу. Споживання електроенергії однакове.

2.4 Підведення підсумків

Провівши експеримент було визначено рекомендовані лампи для економної роботи системи. Використання новітніх світлодіодних ламп забезпечує економію електроенергії в 55% у порівнянні з люмінесцентними лампами.

Теоретичним чином визначили річне споживання електричної енергії 12 лампами. Виконали порівняльний аналіз денного та нічного режиму роботи модулів. При достатній кількості денного світла та двозонному лічильнику можна досягти 15% економії коштів за рахунок роботи модулів в нічний час. Проте сумарне споживання електроенергії в даному режимі роботи зростає на 50%.

У випадку коли неможливо досягти достатньої освітленості природнім світлом та використовувати модулі протягом 14 годин на добу показник економії при нічному тарифі значно зростає. Споживання електричної енергії однакове, проте 30% економія досягається за рахунок зменшеної платіжки за електроенергію.

					<i>ЕЛІТ 8.171.00.10.177 ПЗ</i>	Арк.
						40
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

3 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ.

3.1 Розробка структурної схеми

Відповідно до поставленого завдання необхідно розробити систему, яка включає в себе контролюючий блок з чотирма вхідними датчиків та п'яти виходами для підключення обладнання. Для реалізації даного завдання необхідно окрім заданих блоків додати компоненти для функціонування системи, а саме тактовий генератор, ПЗП та ОЗП. Виходячи з цього автоматизована система керування вирощуванням кімнатних рослин повинна містити наступні блоки:

- ПЗП – постійно запам'ятовуючий пристрій;
- ОЗП – оперативно запам'ятовуючий пристрій;
- МК – мікроконтролер;
- тактовий генератор;
- датчик світла;
- датчик температури;
- датчик вологості повітря;
- датчик вологості ґрунту;
- модулі освітлення;
- вентиляція;
- система обігріву;
- зволожувач повітря;
- водяний насос.

Розглянемо детальне призначення кожного блоку. Тактовий генератор – це електронний генератор, який формує електричні тактові імпульси певної частоти для синхронізації сигналів та процесів в цифрових пристроях. Зазвичай це сигнали прямокутної форми. В багатьох пристроях дані сигнали вважаються еталонними та відповідають лише одній операції, яка виконується. Тактова частота МК відповідає за його швидкодію.

Персональний комп'ютер призначений для взаємодії з системою. Всі налаштування відбуваються за рахунок змін програмного коду. Для з'єднання з

					ЕЛІТ 8.171.00.10.177 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

комп'ютером використовується інтерфейс USB-B. Завдяки цьому можливо змінювати налаштування системи за декілька хвилин.

Мікроконтролер – це один з найголовніших елементів системи. Він відповідає за керування підключеними до нього електронними пристроями. Для повноцінної роботи кожен мікроконтролер необхідно забезпечити швидкою та надійною пам'яттю. Саме для цього і використовується ОЗП та ПЗП.

ОЗП – енергозалежна пам'ять, призначена для зберігання програм, даних з якими вони працюють та результатів. Завдяки ній можливо як зчитувати так і записувати дані. Вона виділяється надзвичайною швидкістю у порівнянні з іншими видами пам'яті. Доступ до даних зазвичай складає декілька наносекунд. Основним її недоліком є втрата даних при кожному вимкненні живлення, після чого їх неможливо відновити.

ПЗП – енергонезалежна пам'ять в якій зберігаються програми та інша незмінна інформація користувача. Вся інформація доступна лише для перегляду. Зазвичай першочергово відбуваються відповідні операція в ОЗП і лише потім проходить зчитування даних ПЗП.

Датчик світла – це світлочутливий фоторезистор призначений для визначення рівню освітленості в навколишньому середовищі. Принцип його дії полягає в зміні внутрішнього опору в залежності від рівня освітленості приміщення. Мікроконтролер фіксує всі зміни та приймає рішення щодо ввімкнення додаткового освітлення.

Датчик температури призначений для фіксації температурних коливань навколишнього середовища. Кожне значення температури відповідає певній ємності датчику.

Датчик вологості повітря визначає відносний вміст води в повітрі. Зазвичай датчики даного типу складаються з двох пластин з діелектричним шаром між ними. Зміни рівню вологості призводять до зміни ємності за рахунок руху пластин.

Датчик вологості ґрунту визначає рівень вологості земляного покриву. В свою чергу він працює аналогічним чином, проте роль діелектрика виконує сам ґрунт в який поміщено два електроди.

Модулі освітлення являють собою світлодіодні лампи формату Т8. Їх призначення полягає в підвищенні освітленості приміщення при відсутності

					ЕЛІТ 8.171.00.10.177 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

природного світла. Ввімкнення відбувається при фіксації датчиком світла низького рівня освітленості.

Вентиляція забезпечую надходження свіжого повітря, його рух в приміщенні та зменшення температури за рахунок його змішування.

Система обігріву підтримує заданий рівень температури в приміщенні. Можливе підключення як автономного обігрівача так і під'єднання до існуючої системи опалення та керування нею.

Зволожувач повітря призначений для поліпшення умов вирощування при засушливій погоді за рахунок підвищення рівню вологості в приміщенні. Зволоження повітря обов'язкове в літній та зимовий період, оскільки, взимку повітря зневоднене обігрівачем, а влітку сонячною енергією.

Водяний насос призначений для подачі води для забезпечення гідропонної системи зволоження ґрунту. Його виконання можливе як автономного пристрою так і під'єднання до центрального водопроводу в якості запірної арматури.

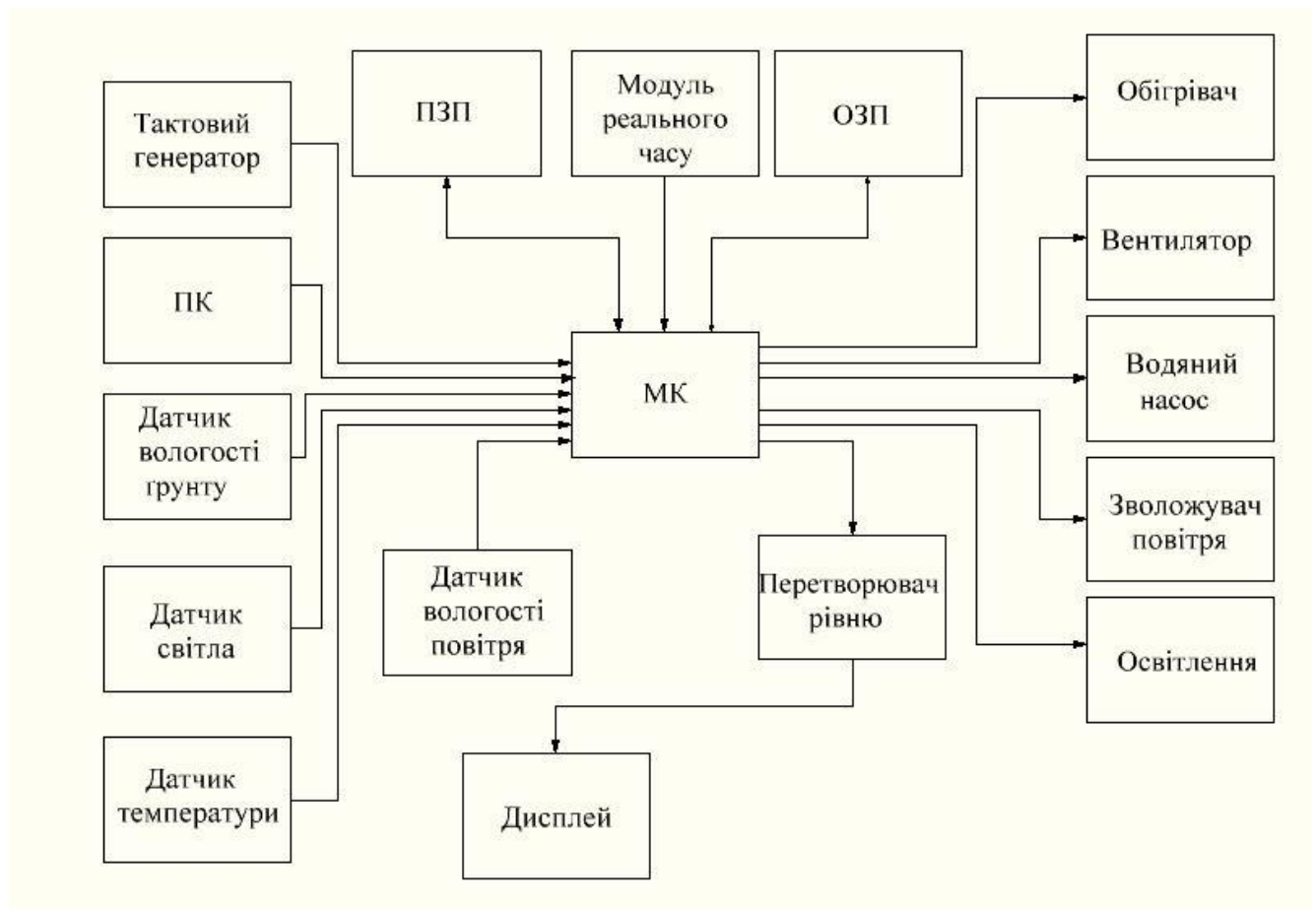


Рисунок 3.1 – Структурна схема автоматизованої системи

3.2 Розробка схеми алгоритму функціонування

Для полегшення розуміння роботи розроблюваної системи необхідно зрозуміти її принцип роботи. Дану функцію виконує блок-схема алгоритму функціонування. Розроблювальна система повинна виконувати такі функції:

- вмикати та вимикати обігрів в залежності від температури в приміщенні;
- вмикати та вимикати вентиляцію в залежності від температури та вологості в приміщенні;
- керувати додатковим освітленням в залежності від рівня освітлення на стелажах;
- вмикати та вимикати подачу води за датчиком вологості ґрунту.
- керувати зволожувачем повітря в залежності від рівня вологості в приміщенні.

Побудуємо блок-схеми які будуть відповідати кожному з цих пунктів. Спочатку реалізуємо контроль температури в приміщенні за рахунок обігрівача та вентилятора. Алгоритм роботи за блок-схемою наведеною на рисунку 3.2 полягає в наступному: першочергово відбувається вимірювання температури в приміщенні. Після чого виконується порівняння її значення з запрограмованим. У випадку якщо температура нижча відбувається опитування роботи вентилятора та при необхідності його вимикання. Після цього продовжується подальший контроль температури. Якщо ж вентилятор вимкнений і температура продовжує падати при досягненні порогового значення відбувається ввімкнення системи обігріву. Даним чином реалізована підтримка нижнього порогового значення температури в приміщенні. Контроль за верхнім пороговим значенням реалізовано аналогічним чином. При заданому інтервалі температур відбувається лише контроль її значень. При перевищенні заданого користувачем значення система переходить до активних дій. Першочергово перевіряється обігрівач та при необхідності вимикається. Якщо ж після цього температура продовжує зростати вмикається примусова вентиляція приміщення для прискорення повітрообміну в приміщенні. За замовчування інтервал температур при якому система лише контролює значення встановлений на рівні 20-22 °С. Загально допустимі температури в приміщенні 19-23 °С. При

					ЕЛІТ 8.171.00.10.177 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відхилення температури приміщення від заданих значень вмикається обігрівач чи вентилятор.

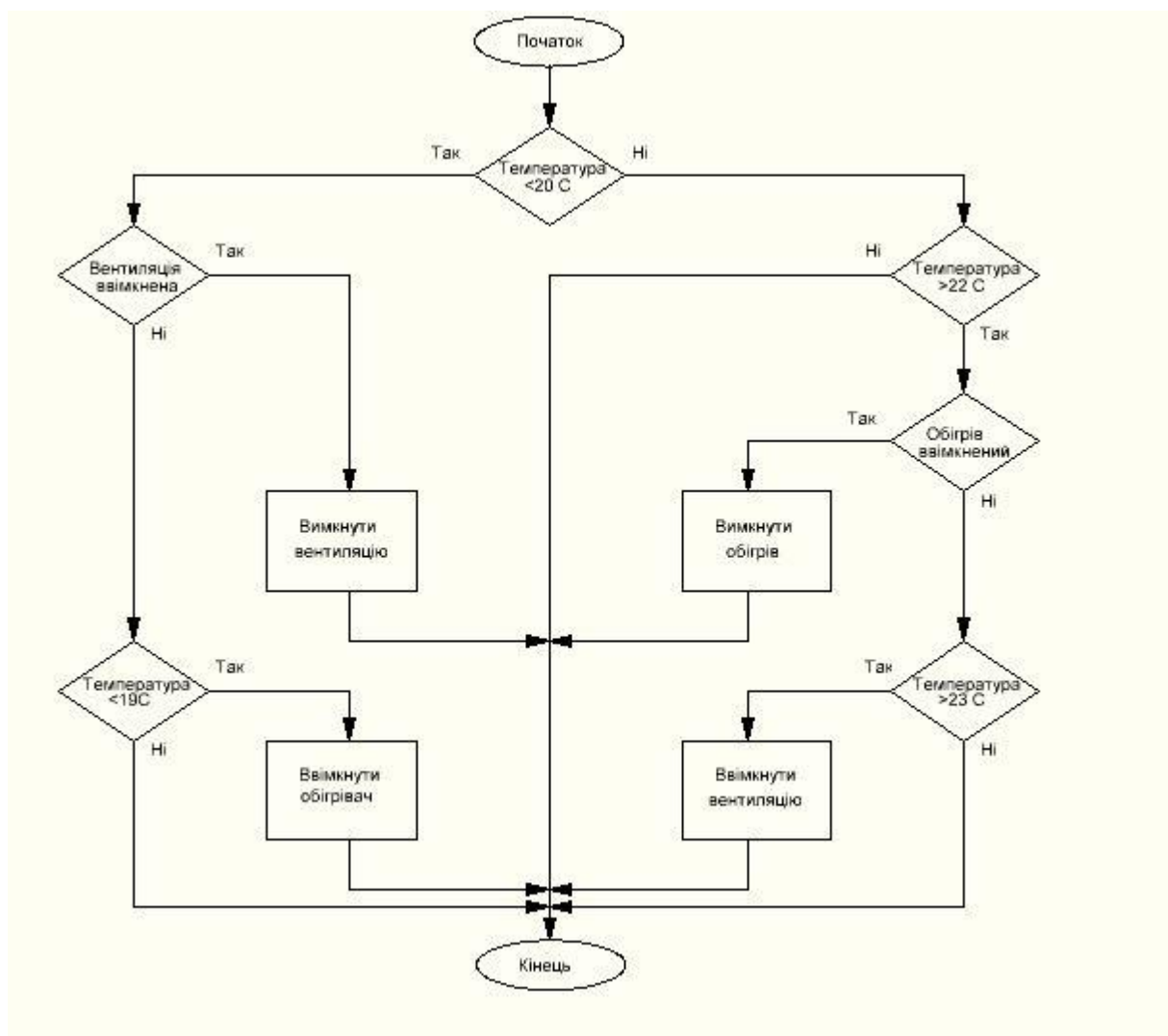


Рисунок 3.2 – Алгоритм роботи підтримки температури

Після успішної реалізації алгоритму підтримки заданої температури перейдемо до контролю рівня вологості повітря в приміщенні. Блок-схему наведено на рисунку 3.3. Відповідно до неї дозволені параметри рівню вологості в приміщенні складають 60-80%. У випадку переходу значення вологості за нижній поріг відбувається ввімкнення зволожувача повітря. При досягненні порогового значення пристрій вимикається. Даного алгоритму могло бути достатньо, проте рівень вологості вищий 80% може привести до негативного результату. Тому для захисту від перенасичення повітря вологою відбувається примусове ввімкнення обігрівача та вентилятора. В свою чергу вентилятор забезпечує рух нагрітого та осушеного обігрівачем повітря з одночасним зниженням температури в

приміщенні. Робота двох пристроїв компенсує температурні коливання та знижує рівень вологості в приміщенні.

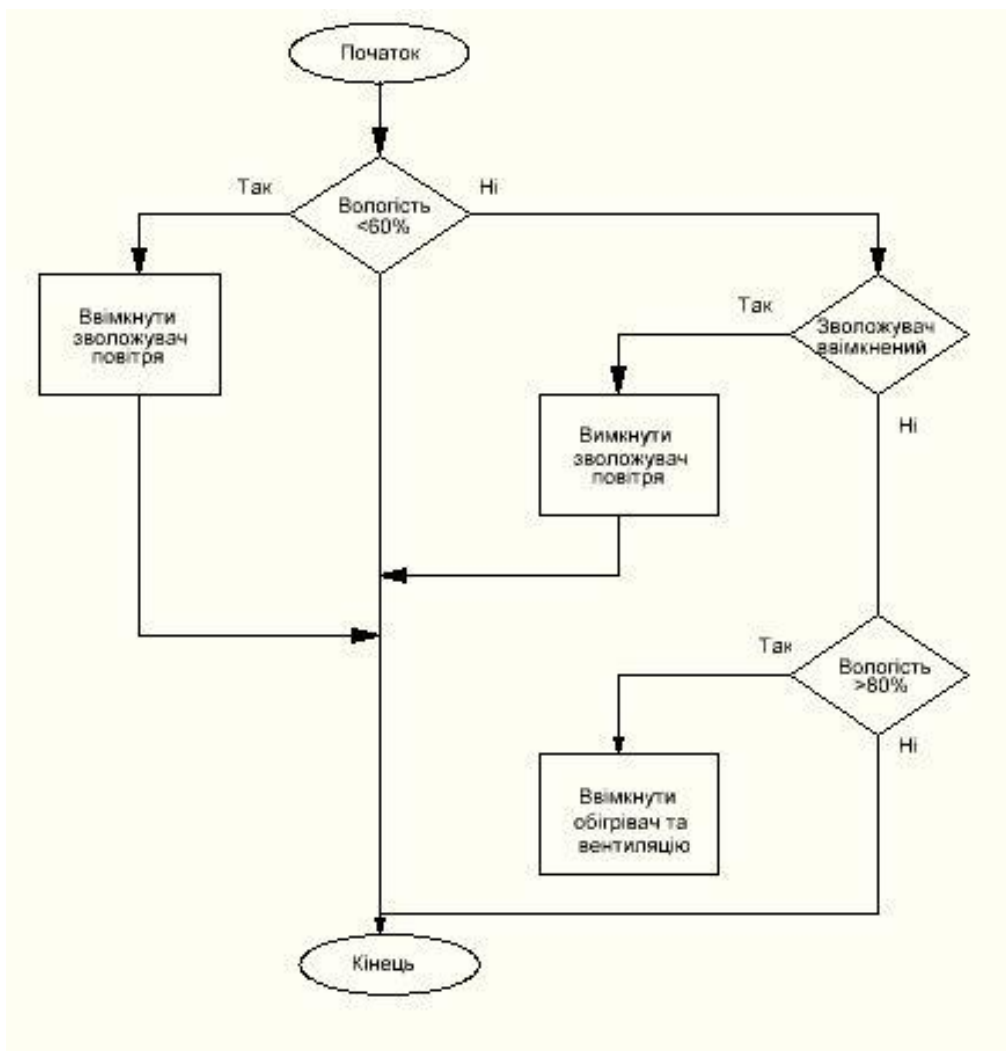


Рисунок 3.3 – Блок-схема забезпечення рівня вологості повітря

Перейдемо до розробки алгоритму забезпечення необхідного рівня вологості ґрунту завдяки гідропонній системі поливу. Гідропонна система – це спосіб самостійного живлення рослини завдяки капілярному ефекту. Завдяки даному ефекту рослина самостійно підтримує необхідний для неї рівень вологості ґрунту. В свою чергу необхідно забезпечити постійну наявність води в резервуарі з якого живиться рослина. Для спрощення системи реалізуємо виявлення води в резервуарі за допомогою датчика вологості ґрунту. Завдяки модулю реального часу здійснимо опитування рівню вологості кожну годину. Саме стільки часу необхідно для капілярного підйому води до ґрунту. Час роботи насосу також контролюватиметься за годинником, відповідно до резервуару його можна встановити від 30 секунд до 10 хвилин. Таким чином реалізується підтримка

заданого рівня вологості за допомогою датчика вологості ґрунту без контролю рівня води в резервуарі. Блок-схема описаного алгоритму роботи наведена на рисунку 3.4.

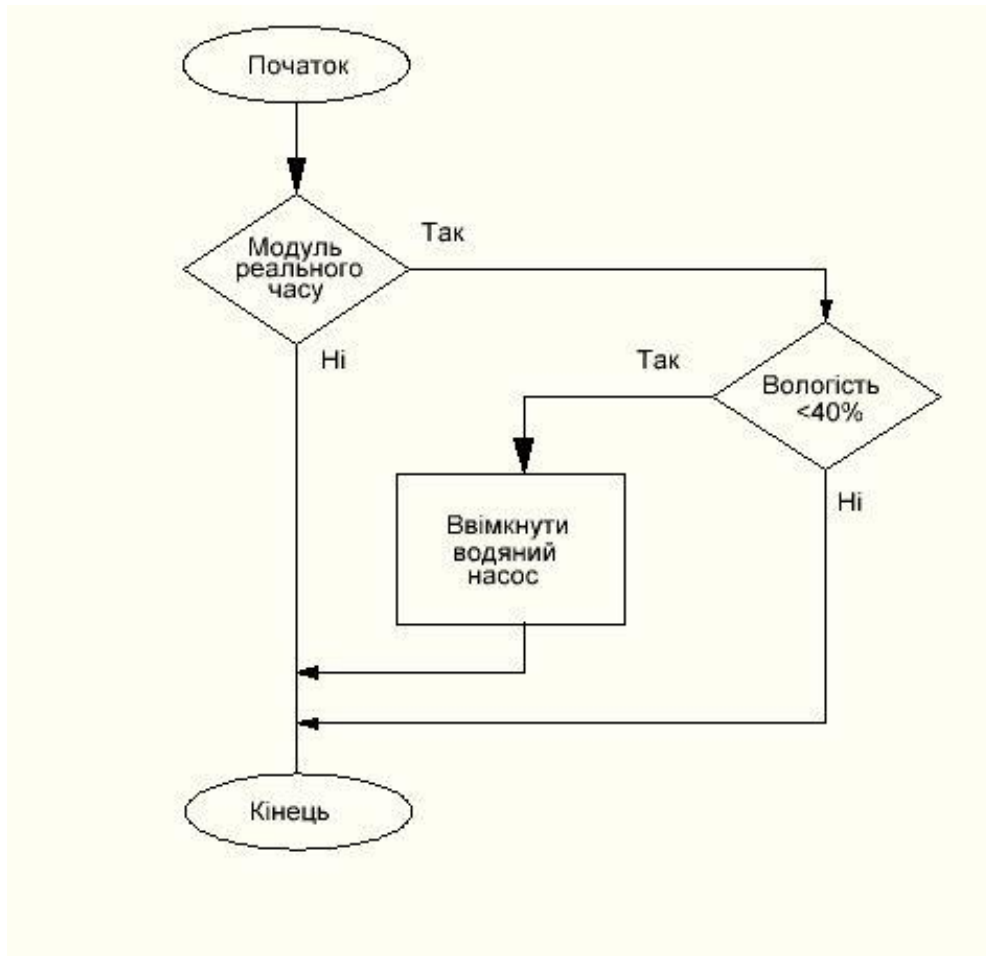


Рисунок 3.4 – Блок-схема підтримки вологості ґрунту

Залишилось реалізувати підтримку необхідного рівня освітлення протягом дня. За умовою протягом 14 годин повинен забезпечуватись контроль показників освітленості та за необхідності вмикання додаткового освітлення. Алгоритм роботи контролю освітленості наведено на рисунку 3.5. Принцип роботи полягає в взаємодії модулю реального часу та датчика освітленості. Коли з модулю надходить дозвіл на опитування датчика освітленості відбувається зчитування показань освітленості на полиці. Датчик встановлено таким чином, що модулі освітлення не впливають на нього. У випадку якщо зафіксовано зниження рівню освітленості відбувається ввімкнення додаткових ламп. Після чого відбувається контроль показників і при поновленні інтенсивності природнього освітлення лампи вимикаються. У випадку якщо рівень освітлення не змінюється, а з модулю

реального часу надходить заборонний сигнал додаткове освітлення вимикається і очікує наступного позитивного сигналу для ввімкнення.

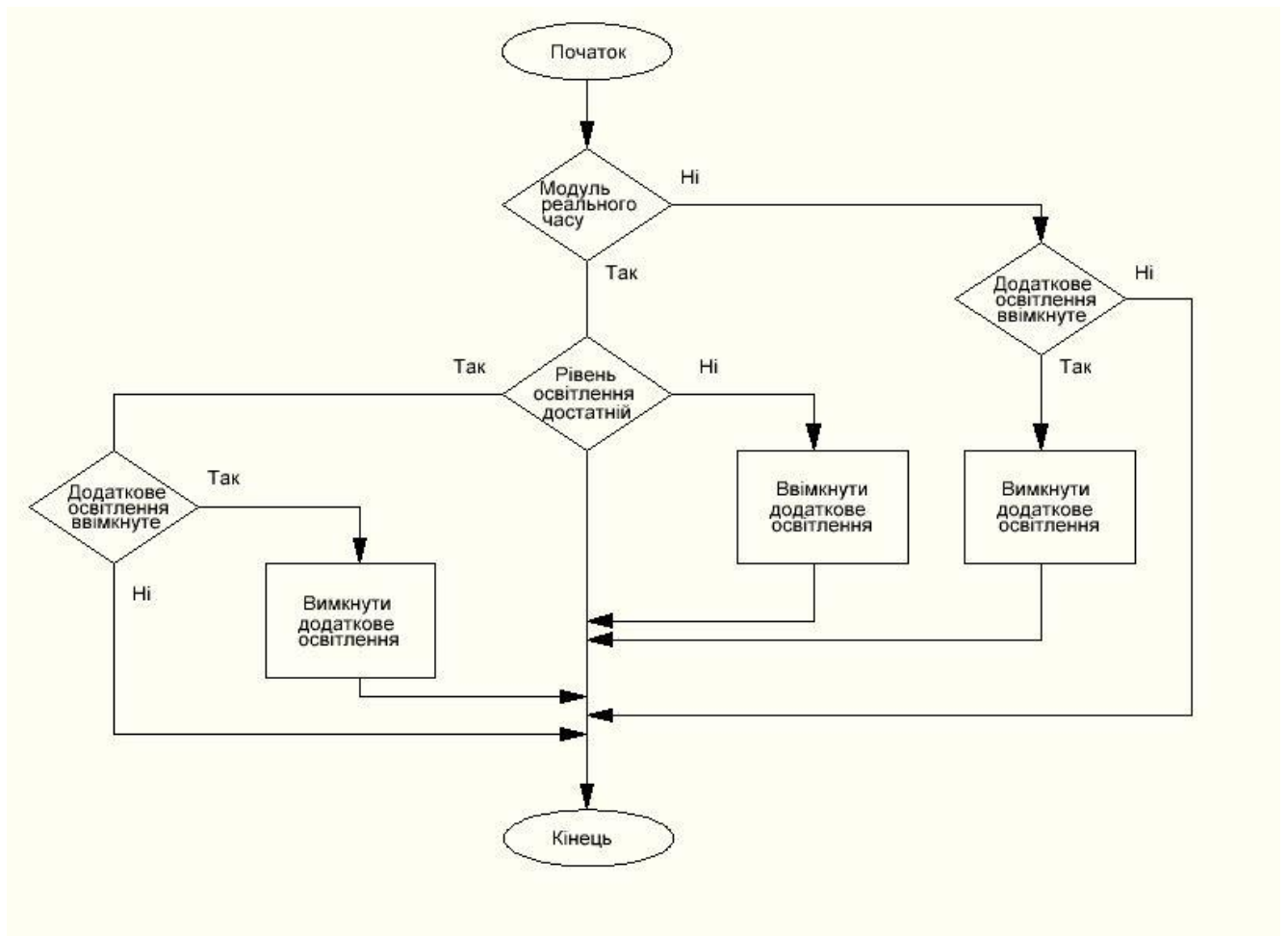


Рисунок 3.5 – Блок-схема контролю рівня освітленості

За моїми підрахунками саме дані алгоритми забезпечать безперебійну роботу системи. Цілодобово буде підтримуватись заданий температурний режим, рівень вологості повітря та ґрунту та протягом 14 годин на добу відбуватиметься контроль за рівнем освітленості біля рослин. Побудуємо загальний алгоритм роботи системи об'єднавши всі блок-схеми. Загальна блок-схема алгоритму роботи автоматизованої системи керування вирощуванням кімнатних рослин наведена на рисунках 3.6 та 3.7 . Принцип роботи об'єднує почергові дії кожного алгоритму за одним шляхом.

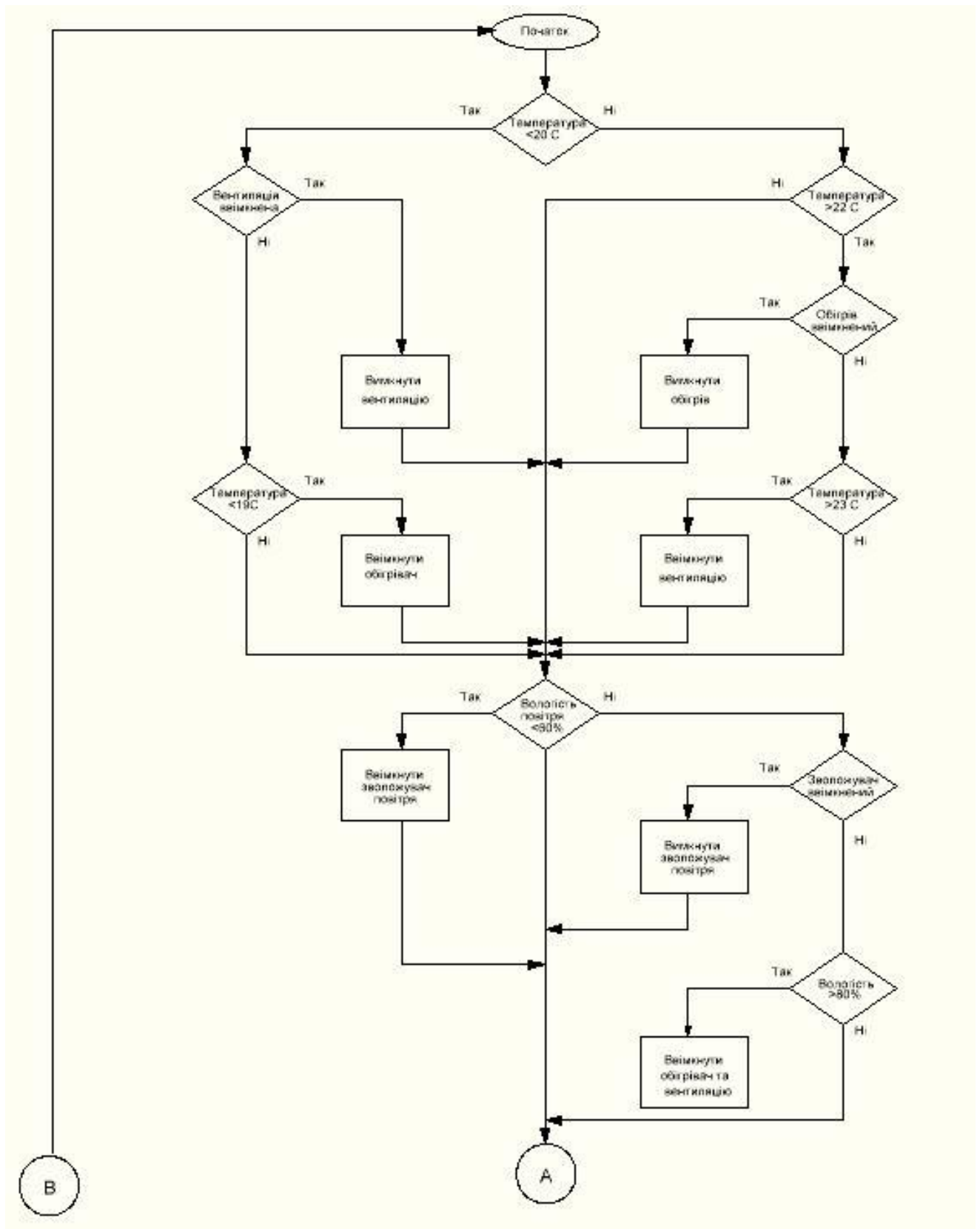


Рисунок 3.6 – Загальна блок-схема системи керування

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

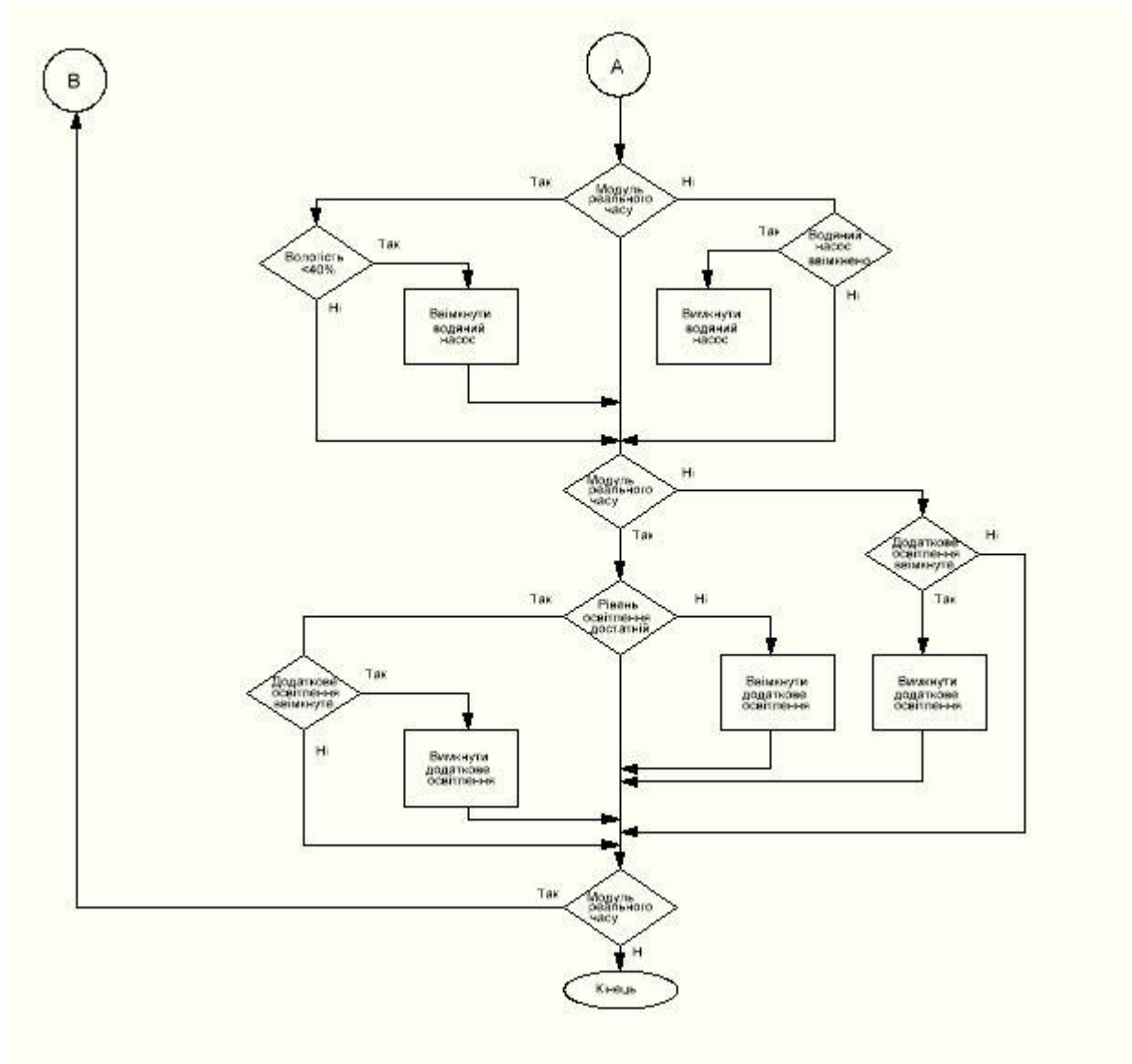


Рисунок 3.7 – Продовження загальної блок-схема системи керування

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

4 РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ

4.1 Функціональна схема підключення навантаження

Для реалізації контролю за вирощуванням рослин необхідно керувати навантаженням, яке має велике споживання струму змінної напруги. Для того щоб мікроконтролер міг здійснювати вмикання та вимикання споживачів під'єднаємо їх через електромагнітні реле. Воно забезпечить керування без навантаження на виходи мікроконтролера.

Підключення навантаження відбувається за рахунок електромагнітного поля. При подачі напруги на електромагнітну котушку відбувається замикання електромагніту. Контакти змикаються і навантаження підключене. При зникненні потенціалу на електромагнітній котушці за рахунок натягнутої пружини контакти розмикаються і реле повертається в початковий стан. Схема підключення реле з підсилювальним каскадом до мікроконтролера наведена на рисунку 4.1.

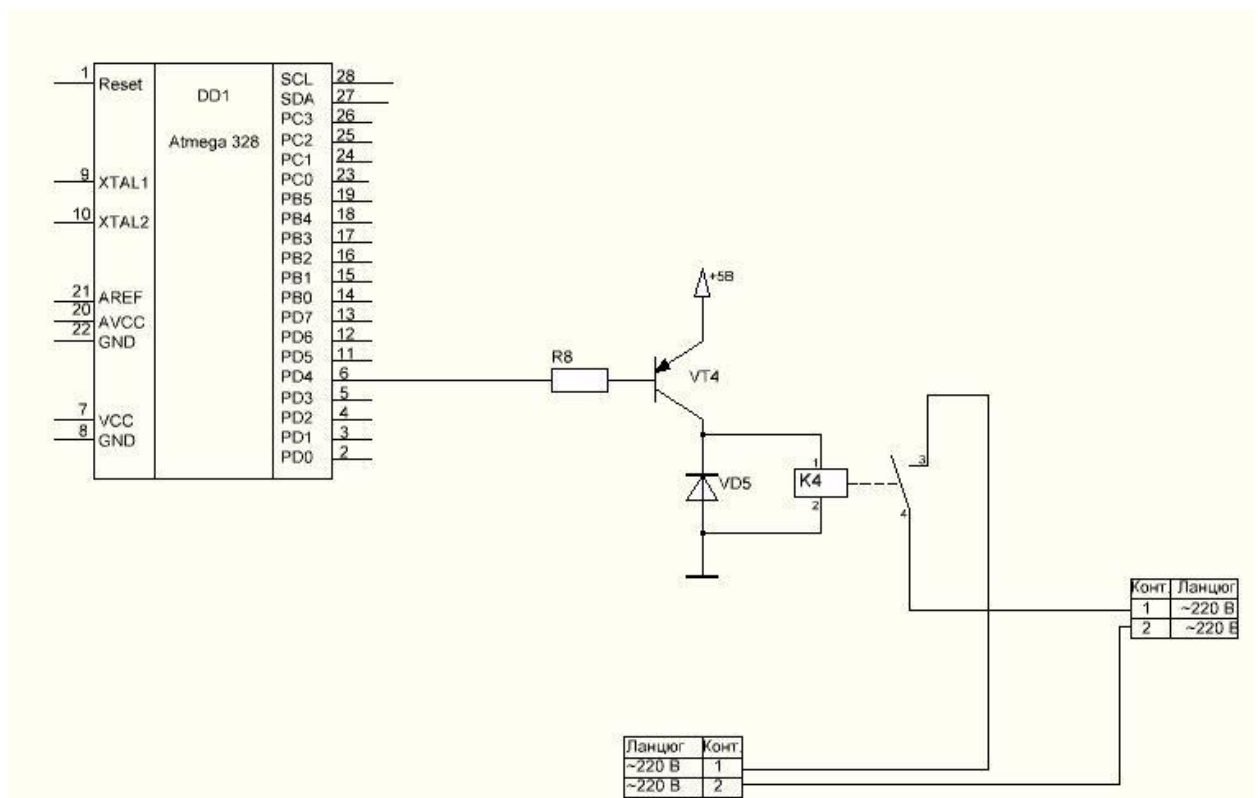


Рисунок 4.1 – Функціональна схема підключення навантаження

Керування електромагнітною котушкою здійснюватиметься завдяки керуючому імпульсу мікроконтролера. Оскільки ми маємо 5 модулів реле, то

необхідно забезпечити захист виходів мікроконтролера від перенавантаження. Для цього використаємо підсилювальну схему з використанням транзистора. Оберемо транзистор р-п-р типу S8550. Для обмеження струму в ланцюзі бази використаємо обмежувальний резистор. При появі напруги на базі транзистора він привідкривається і по ланцюгу емітер-колектор починає рухатись струм. Саме це забезпечує надійну та безперебійну роботу реле без перенавантаження виходів мікроконтролера. Для захисту самого транзистора від ЕДС самоіндукції встановимо захисний діод.

4.2 Функціональна схема підключення модулю реального часу

Годинник реального часу – це електронна схема, спеціально призначена для обліку поточного часу, дати, дня тижня та інших тимчасових і календарних даних.

Зазвичай, така схема, окрім лічильного пристрою включає і автономне джерело живлення, щоб продовжувати працювати навіть при вимкненні основної системи. Годинник реального часу веде облік в одиницях виміру часу, більш звичних для людини (години, хвилини, роки та ін.). На відміну від тактових генераторів і лічильників, які створюють і рахують лише такти. Можна сказати, що годинник реального часу - це тактовий генератор, спеціально призначений для відліку часу. Використання модулів даного типу дозволяє забути про збої роботи пристрою при частому вимкненні живлення. При аварійній зупинки система вимикається і після появи живлення продовжує роботу незважаючи на пропущений час. Схема підключення модулю до мікроконтролера наведена на рисунку 4.2.

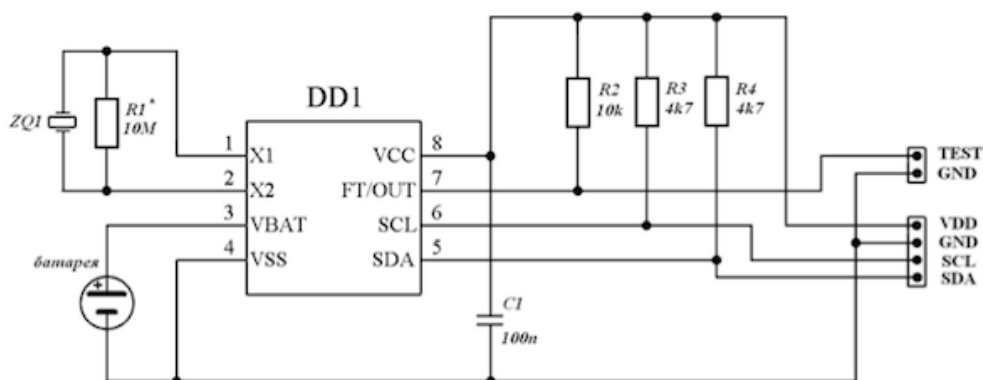


Рисунок 4.2 – Функціональна схема підключення модулю реального часу

4.3 Функціональна схема підключення дисплею

В якості засобу відображення інформації використаємо OLED дисплей WEN001602D. Він складається з великої кількості органічних світлодіодів, які утворюють пікселі. Кожен з світлодіодів здатен самостійно випромінювати світло. Вивід інформації здійснюється завдяки контролеру WS0010. Він здатен працювати як в 8 так і в 4-бітному режимах. Немає проблем і при використанні інтерфейсів I2C та SPI. Для виводу інформації скористаємося інтерфейсом I2C.

I2C – це протокол, який створено для зв'язку інтегральних мікросхем всередині електронного пристрою. Розроблений фірмою Philips протокол використовує 8-бітну шину для зв'язку електронних блоків. Система адресації дозволяє за одними дротами тримати зв'язок з декількома пристроями. Кожен другорядний пристрій має адресу в діапазоні від 7 до 127.

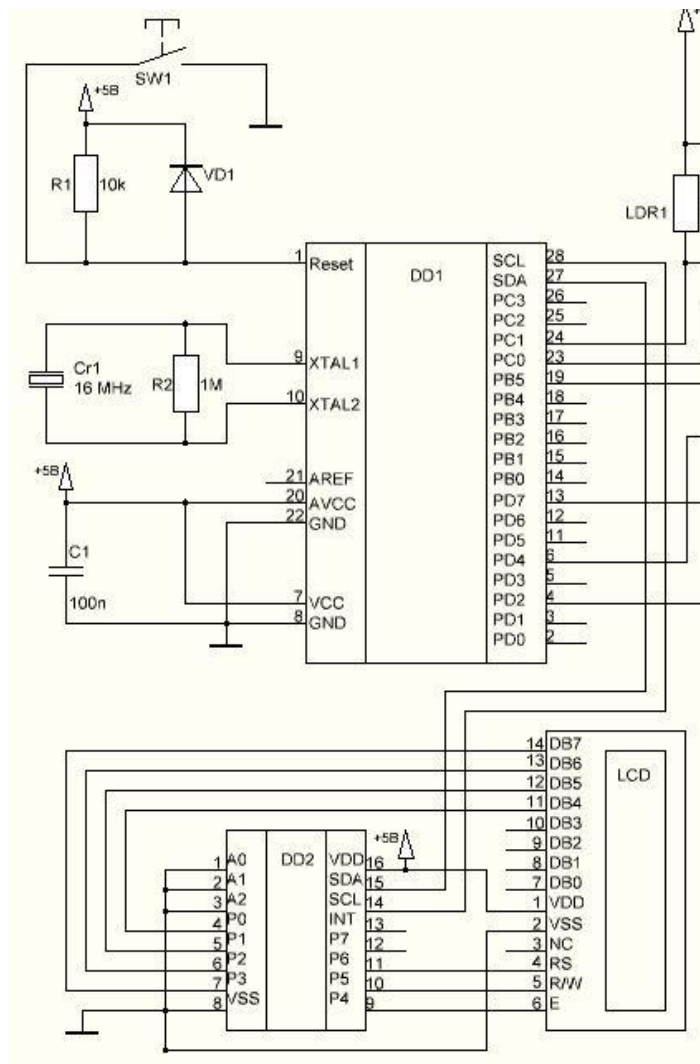


Рисунок 4.3 – Функціональна схема підключення дисплею

Вбудований в мікросхеми апаратний алгоритм завадостійкості забезпечує цілісність даних в умовах перешкод значної величини. Всі I2C-сумісні пристрої мають інтерфейс, який дозволяє їм зв'язуватися один з одним по шині навіть у тому випадку, якщо їх напруга живлення істотно відрізняється. Функціональна схема підключення дисплею наведена на рисунку 4.3.

					<i>ЕліТ 8.171.00.10.177 ПЗ</i>	Арк.
						54
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

5 РОЗРОБКА І ОПИС ПРИНЦИПОВИХ СХЕМ БЛОКІВ

5.1 Вибір елементної бази

Для забезпечення побудови схеми використаємо резистори типу МЛТ – 0.25. Вони мають металодіелектричний провідний шар та призначені для роботи в ланцюгах постійного, змінного та імпульсного струму. Монтаж здійснюється навісним шляхом.

Таблиця 5.1 – Технічні характеристики МЛТ-0,25

Параметр	Значення
Термін зберігання	25 років
Допустимі відхилення	±5
Номінальна потужність	0,25 Вт
Діапазон температур	-60 – +70 °С
Мінімальна експлуатація	30000 годин
Максимальна напруга	250 В

Найголовніша функція резистора в даній роботі є обмеження вихідного струму мікроконтролера. Вони встановлюються в підсилювальному каскаді транзистора. Струм навантаження електромагнітної котушки реле становить приблизно 100 мА, вихідний струм мікроконтролера – 2 мА. Розрахуємо опір обмежувального резистора.

$$R=(U_{bx} - U_{бенас})/I_b=(5-0,7)/0,002=2150 \text{ Ом (5.1)}$$

Обрано найближче значення 2,2 кОм з номінального ряду E24.

В якості підсилювального каскаду оберемо біполярний транзистор р-п-р типу S8550 у корпусі ТО-92, підключений за схемою зі спільним емітером. Дана схема підключення забезпечує значне підсилення струму при незмінній напрузі. Використання транзистора підключеного в підсилювальному режимі разом з обмежувальним резистором розрахованим вище дозволить захистити виводи мікроконтролера від перенавантаження та забезпечить безперебійну роботу електромагнітного реле.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.177 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Таблиця 5.2 – Технічні характеристики S8550

Параметр	Значення
Напруга К-Е, не більше	-25 В
Напруга К-Б, не більше	-40 В
Напруга Е-Б, не більше	-5 В
Струм колектора, не більше	-60 – +70 °С
Коефіцієнт підсилення	85 – 300

В якості датчику світла використаємо фоторезистор. Фоторезистори дають можливість визначати інтенсивність освітлення. Вони маленькі, недорогі, вимагають мало енергії, легкі у використанні, практично не схильні до зносу. Оберемо фоторезистор типу VT83N1 зі змінним опором 12-100 кОм.

Таблиця 5.3 – Технічні характеристики фоторезистора

Параметр	Значення
Потужність	175 мВт
Опір при 10 лк	18 кОм
Опір при 0 лк	100 кОм
Робоча температура	-40...75°С

Фоторезистори реагуватимуть на природне освітлення, при його нестачі по контрольному сигналу управління, включатися спеціальні світлодіодні лампи, що компенсують недолік денного освітлення.

В якості мікроконтролера оберемо Atmega328P. Технічні характеристики мікроконтролера:

- ОЗП – 2 Кб;
- Постійна пам'ять даних – 1 Кб;
- Напруга живлення - 1.8 – 5.5В;
- Флеш пам'ять – 32 Кб.

Мікроконтролер виготовляється компанією Amtel та має дві модифікації Atmega328 та Atmega328P. Atmega328P в свою чергу більш енергоефективний.

5.2 Принципова схема підключення датчика температури та вологості DHT22

В якості датчика температури та вологості повітря було обрано датчик DHT22 який складається з двох основних частин: ємнісний датчик вологості і термістор. Також в корпусі встановлений простенький чіп для перетворення аналогового сигналу в цифровий, що забезпечує доволі просте зчитування цифрового сигналу на виході. Він має такі характеристики:

- низька вартість;
- живлення від 3 до 5В;
- максимальний струм споживання 2.5мА при перетворенні даних;
- розрахований на вимірювання рівня вологості в діапазоні від 0% до 100% з точністю вимірювань в діапазоні 2% - 5%;
- вимірює температуру в діапазоні від мінус 40 до плюс 125 градусів з точністю плюс-мінус 0.5 градусів за Цельсієм;
- частота вимірювань до 0.5 Гц (один вимір за 2 секунди);
- розмір корпусу: 15.1 мм x 25 мм x 7.7 мм.

Принципову схему підключення датчика наведено на рисунку 5.1.

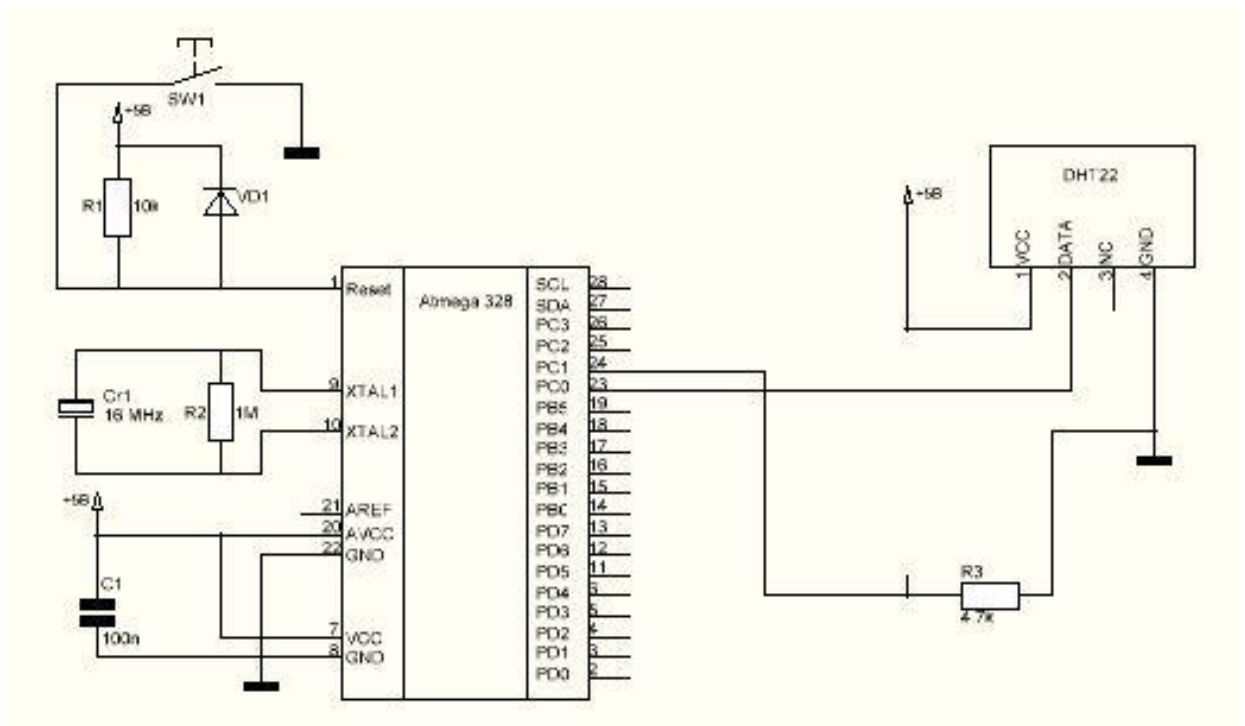


Рисунок 5.1 – Принципова схема підключення датчика DHT22

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

5.3 Принципова схема підключення датчика освітленості

В якості датчика світла було обрано фоторезистор VT831N, оскільки, це один з найпоширеніших варіантів на ринку. Головною частиною є світлочутливий елемент, розміщений таким чином, щоб на нього потрапляло світло.

Фоторезистором називають напівпровідниковий прилад, у якого під впливом світла знижується електричний опір. Принцип роботи фоторезистора полягає в появі електронів при поглинанні світлової енергії. В результаті чого опір світлочутливого резистора зменшується.

Підключити датчик світла на основі фоторезистора доволі просто. Він виконує роль дільника напруги. Одне плече дільника залежить від рівня освітленості, а інше в свою черго подає зміни напруги на вхід мікроконтролера. Для перетворення аналогових даних датчика використовують аналогово-цифровий перетворювач. В залежності від того на яке плече дільника встановлений датчик світла, можлива подача підвищеної та заниженої напруги. Якщо фоторезистор підключений на землю, то максимальне значення напруги відповідає темряві. У випадку підключення на +5В навпаки – максимальному рівню освітленості. Принципова схема підключення фоторезистора до мікроконтролера наведена на рисунку 5.2.

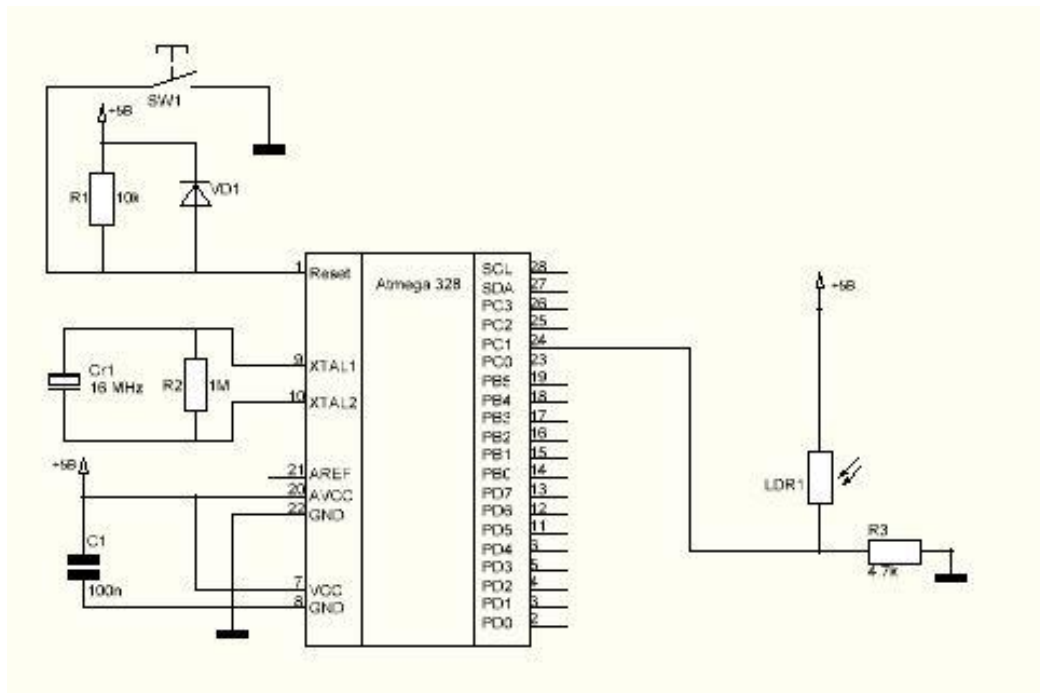


Рисунок 5.2 – Принципова схема підключення датчика світла

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

5.4 Принципова схема підключення датчика вологості ґрунту

В якості чутливого елемента використаємо резистивний датчик вологості ґрунту. Він виконаний у вигляді вилки з двома електродами, які занурюються в ґрунт на відстань до 40 мм. При підключенні живлення на електродах створюється напруга. Якщо ґрунт сухий, його опір великий і через датчик між електродами протікає слабкий струм. Якщо земля волога - її опір стає меншим, а струм датчика між електродами відповідно збільшується. За підсумковим аналоговим сигналом можна судити про ступінь зволоження ґрунту.

Датчик побудований на основі транзисторного підсилювача струму. Для вимірювання вологості ґрунту на датчику розташовані два електроди, які для проведення вимірювань необхідно застромити в ґрунт. Електроди підключені в ланцюг між колектором (точка SP) і базою (точка SN) вбудованого транзистора.

При зміні вологості ґрунту, змінюється опір між базою і колектором, до якого підключений позитивний полюс джерела живлення. Відповідно змінюється протікаючий струм від колектора через емітер на землю. В результаті змінюється і вихідний аналогове напруга сенсора. Принципова схема підключення датчика вологості наведена на ртсунку 5.3.

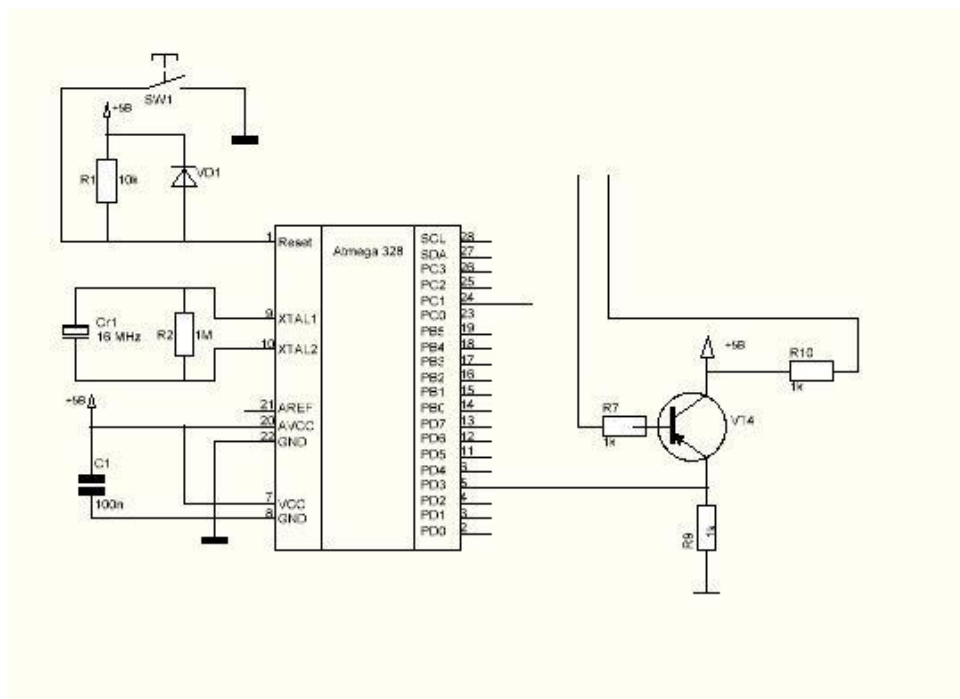


Рисунок 5.3 – Принципова схема підключення датчика вологості ґрунту

5.5 Принципова схема підключення модулю реального часу

Для забезпечення безперебійної роботи системи використаємо модуль реального часу побудований на мікросхемі M41T56. Вона має підключення за послідовним інтерфейсом I2C і низьким енергоспоживанням з 56 байтами незалежній пам'яті. Вбудований генератор з частотою 32768 Гц (або ж зовнішній стабілізований кварцовий) і перші 8 байт ОЗУ використовуються для тимчасових / календарних функцій. Конфігурація здійснюється в двійковій-десятковому форматі. Адреси та дані передаються послідовно по двонаправленій шині шині. Вбудований адресний регістр інкрементується автоматично після кожної операції WRITE або READ для байта даних.

Годинник реального часу на основі M41T56 має вбудовану схему контролю для виявлення збоїв живлення і автоматично перемикається на живлення від батарейки під час збою зовнішнього живлення. Енергія, необхідна для підтримки працездатності оперативної пам'яті і годинника може бути забезпечена при використанні невеликого літієвого елемента живлення.

Типовий час зберігання даних перевищує 10 років з 50 мА · год, 3 В літієвим елементом. M41T56 поставляється в 8-вивідному пластиковому SOIC-корпусі. Схема виводів мікросхеми наведена на рисунку 5.5.

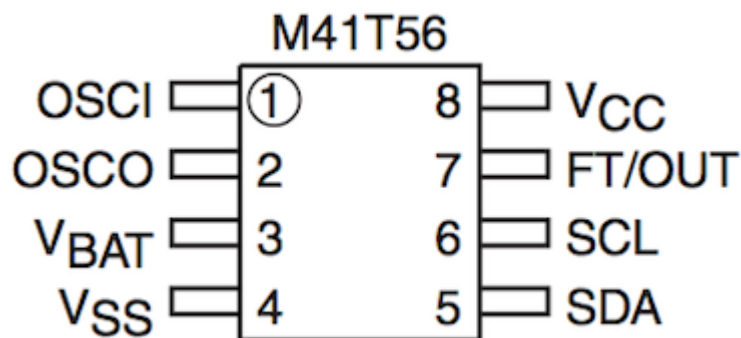


Рисунок 5.4 – Схема розташування виводі M41T56

Дані виводи призначені для:

- OSCI - вхід кварцу
- OSCO - вихід кварцу
- FT / OUT - тест частоти / вихідний драйвер (з відкритим стоком)

- SDA - адресна лінія вхід / вихід
- SCL - вихід даних
- VBAT - живлення від батареї
- VCC - зовнішнє джерело живлення
- VSS - земля

Для зв'язку з головним мікроконтролером використовуються такі виходи:

- VDD використовується для живлення мікросхеми RTC для отримання з нього тимчасових даних. Якщо напруга +5 В відсутня, мікросхема переходить в сплячий режим для збереження і відліку часу.
- GND - земля (загальний провід)
- SCL - тактуючий висновок I2C інтерфейсу (потрібен для комунікації з годинником реального часу)
- SDA - висновок даних I2C інтерфейсу (потрібен для комунікації з RTC)
- SQW (на деяких аналогічних модулях RTC) - додатковий вихід прямокутного сигналу частотою 32768 Гц. У більшості випадків не використовується

Принципова схема підключення модулю до головного мікроконтролера наведена на рисунку 5.5.

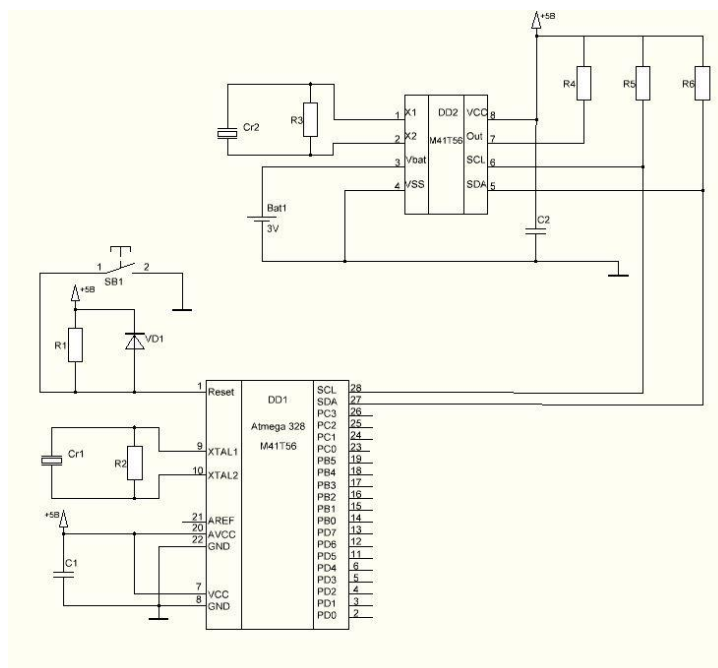


Рисунок 5.5 – Принципова схема підключення модулю реального часу

5.6 Принципова схема підключення дисплею

В кваліфікаційній роботі магістра для відображення інформації щодо розробленої системи було використано дисплей з роздільною здатністю 16x2. В загальному вигляді ми отримуємо відображення інформації на дві строки по шістнадцять символів на кожній. При використанні інтерфейсу I2C можливо виконати підключення декількох дисплеїв на одну шину. Взаємодія з кожним дисплеєм відбуватиметься завдяки адресним зверненням до кожного дисплею.

Для зменшення завантаженості виводів мікроконтролера використаємо підключення за допомогою I2C інтерфейсу. Зв'язок між мікроконтролером відбуватиметься по двом шина даних. Призначення виводів дисплею забражене на рисунку 5.6 та наведено в таблиці 5.4. Принципова схема підключення дисплею за інтерфейсом I2C наведена на рисунку 5.7.

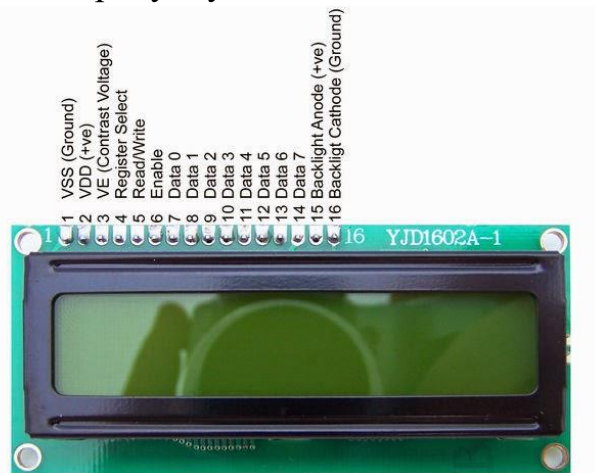


Рисунок 5.6 – Розташування виводів дисплею

Таблиця 5.4 – Пояснення виводів

Вивід	Пояснення
VDD	Живлення (+5 В)
VSS	Земля
RS	вивід за допомогою якого, дисплей визначає що в нього надходить дані або команди
R/W	Читання/запис
E	Лінія синхронізації
DB0 – DB7	Лінія даних

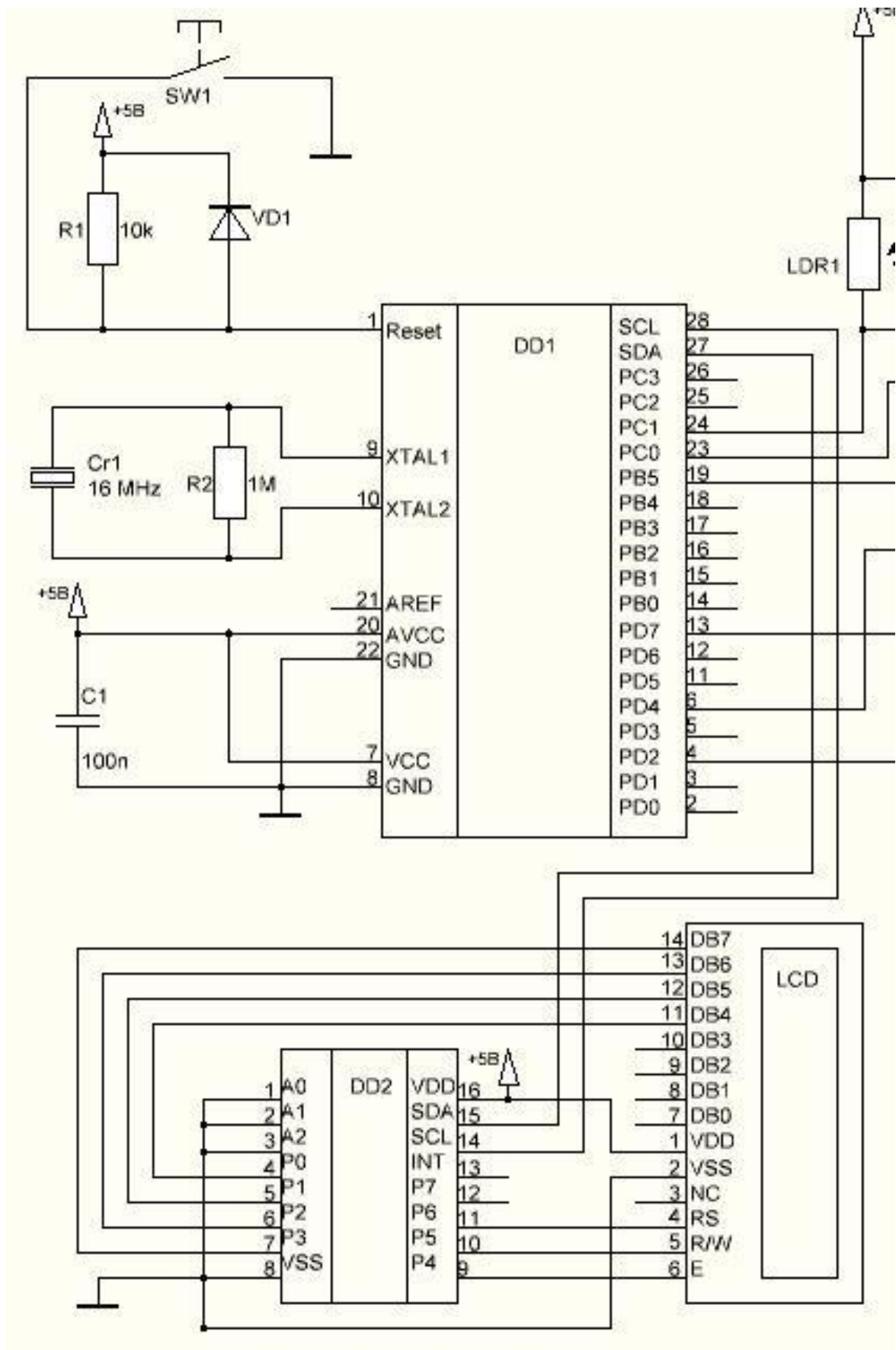


Рисунок 5.7 – Принципова схема підключення дисплею до мікроконтролера за інтерфейсом I2C

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

5.7 Принципова схема підключення мікроконтролера

В даній роботі в якості головного керуючого пристрою обрано мікроконтролер Atmega328. На базі даного контролеру побудовано багато пристроїв та він має досить обширну базу різноманітних схемотехнічних рішень. На рисунку 5.8 зображено схемне розташування виводів мікроконтролера.

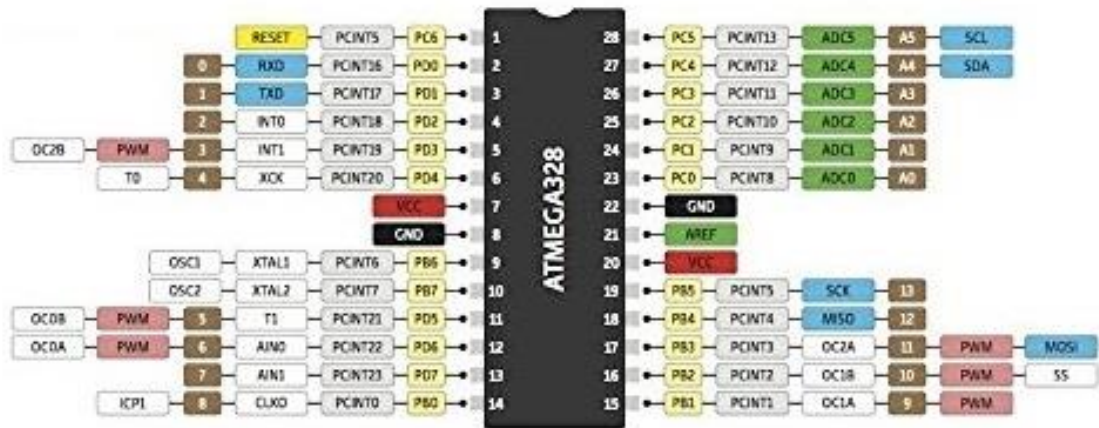


Рисунок 5.8 – Схема виводів мікроконтролера Atmega328

Даний контролер має такі характеристики пам'яті та живлення:

- 32 kB Flash (пам'ять програм, що має можливість самопрограмування)
- 2 kB ОЗУ
- 1 kB EEPROM (постійна пам'ять даних)
- 5.5 В при частоті до 4 МГц
- 2.7 - 5.5 В при частоті до 10 МГц
- 4.5 - 5.5 В при частоті до 20 МГц
- Тактова частота 16 МГц

Даний мікроконтролер може забезпечувати формування вихідного сигналу методом широтно-імпульсної модуляції. Вихідні канали мікроконтролера можуть забезпечувати роботу як з аналоговими так і з цифровими сигналами. В базових налаштуваннях вони працюють в аналоговому режимі. Для переходу до цифрових можливостей необхідно подати живлення на вбудований аналогово-цифровий перетворювач мікроконтролера. Принципова схема підключення мікроконтролера наведена на рисунку 5.8.

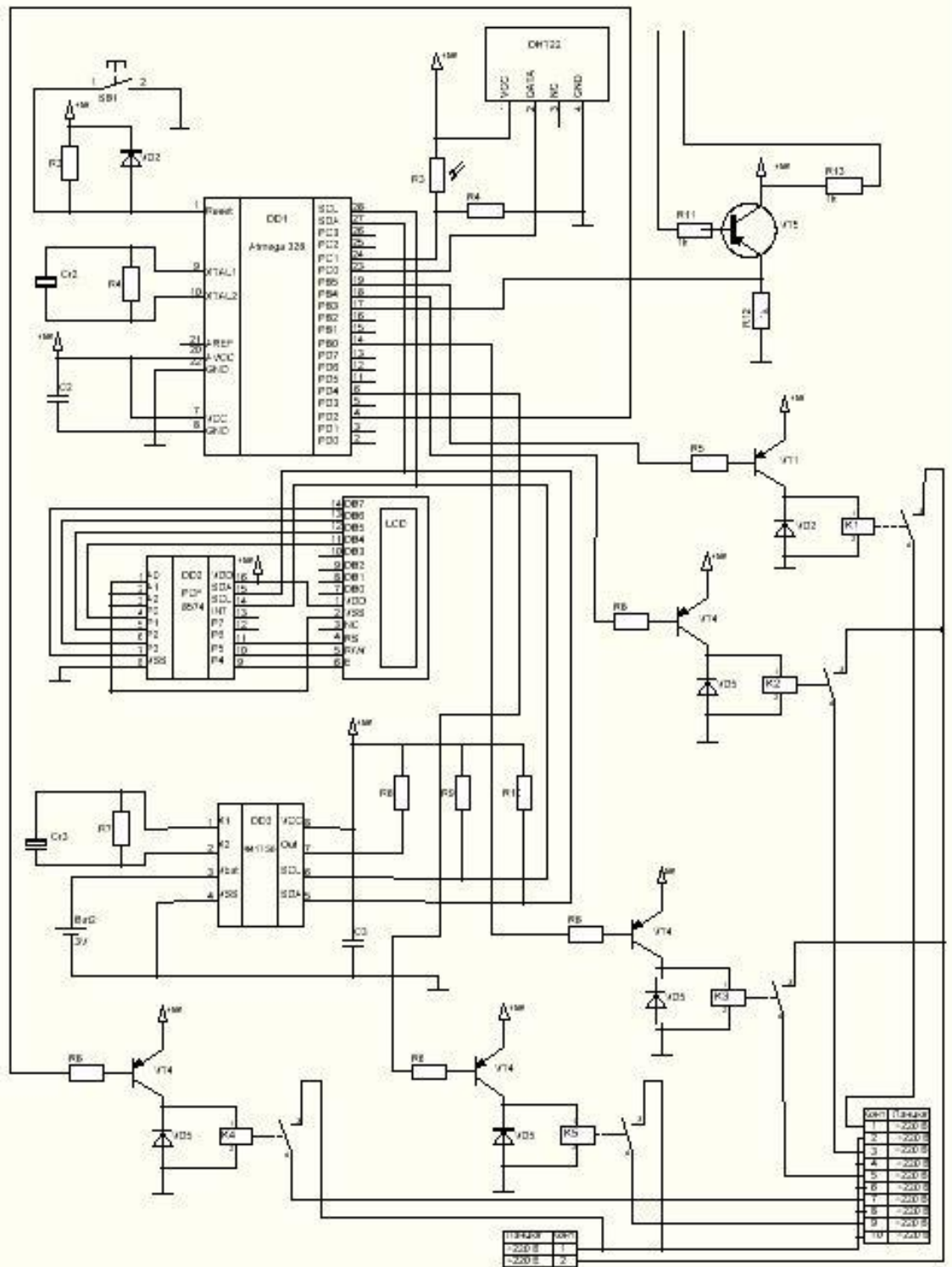


Рисунок 5.9 – Принципова схема підключення мікроконтролера

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

6.1 Команди програмування

Відповідно до заданого алгоритму роботи розроблюваної системи необхідно зрозуміти її принцип роботи. Дану функцію виконує блок-схема алгоритму функціонування. Розроблювальна система повинна виконувати такі функції:

- вмикати та вимикати обігрів в залежності від температури в приміщенні;
- вмикати та вимикати вентиляцію в залежності від температури та вологості в приміщенні;
- керувати додатковим освітленням в залежності від рівня освітлення на стелажах;
- вмикати та вимикати подачу води за датчиком вологості ґрунту.
- керувати зволожувачем повітря в залежності від рівня вологості в приміщенні.

Спираючись на задані функції системи було розроблено блок-схему алгоритму роботи програми. Вона наведена на рисунках 6.1 та 6.2.

Для того щоб закласти певну логіку в роботу мікроконтролера необхідно написати програму і завантажити її на контролер. Для Atmega328 програми розробляються на мові C ++, на основі фреймворку IDE.

Після компіляції коду необхідно зібрати нову прошивку з нашим кодом і завантажити через програматор на контролер.

Для написання програми на мові C ++ можна використовувати безліч IDE (середовищ розробки), також розробники "Arduino UNO" в основі якого лежить обраний нами мікроконтролер пропонують писати в своїй IDE яка називається Arduino IDE. Її відмінною рисою є, тощо вона дозволяє завантажувати вихідний код прямо на контролер з автоматичним складанням прошивки.

Для більш детального розуміння властивостей мікроконтролера проведемо розробку програмного забезпечення для кожного датчику окремо, а потім перейдемо до суміщення всіх датчиків до однієї керуючої програми та запису її в мікроконтролер.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.177 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

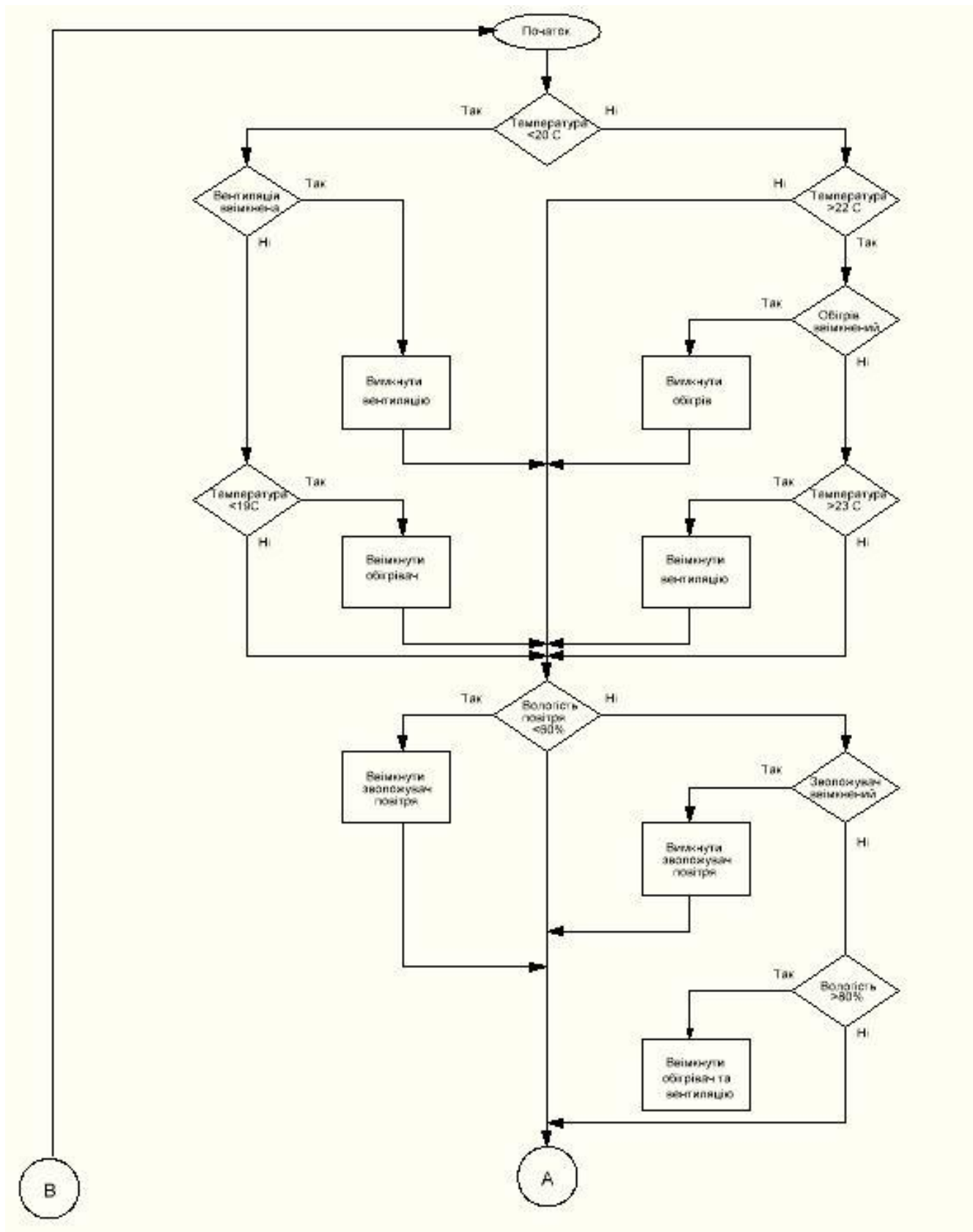


Рисунок 6.1 – Блок-схема алгоритму розроблювальної програми

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

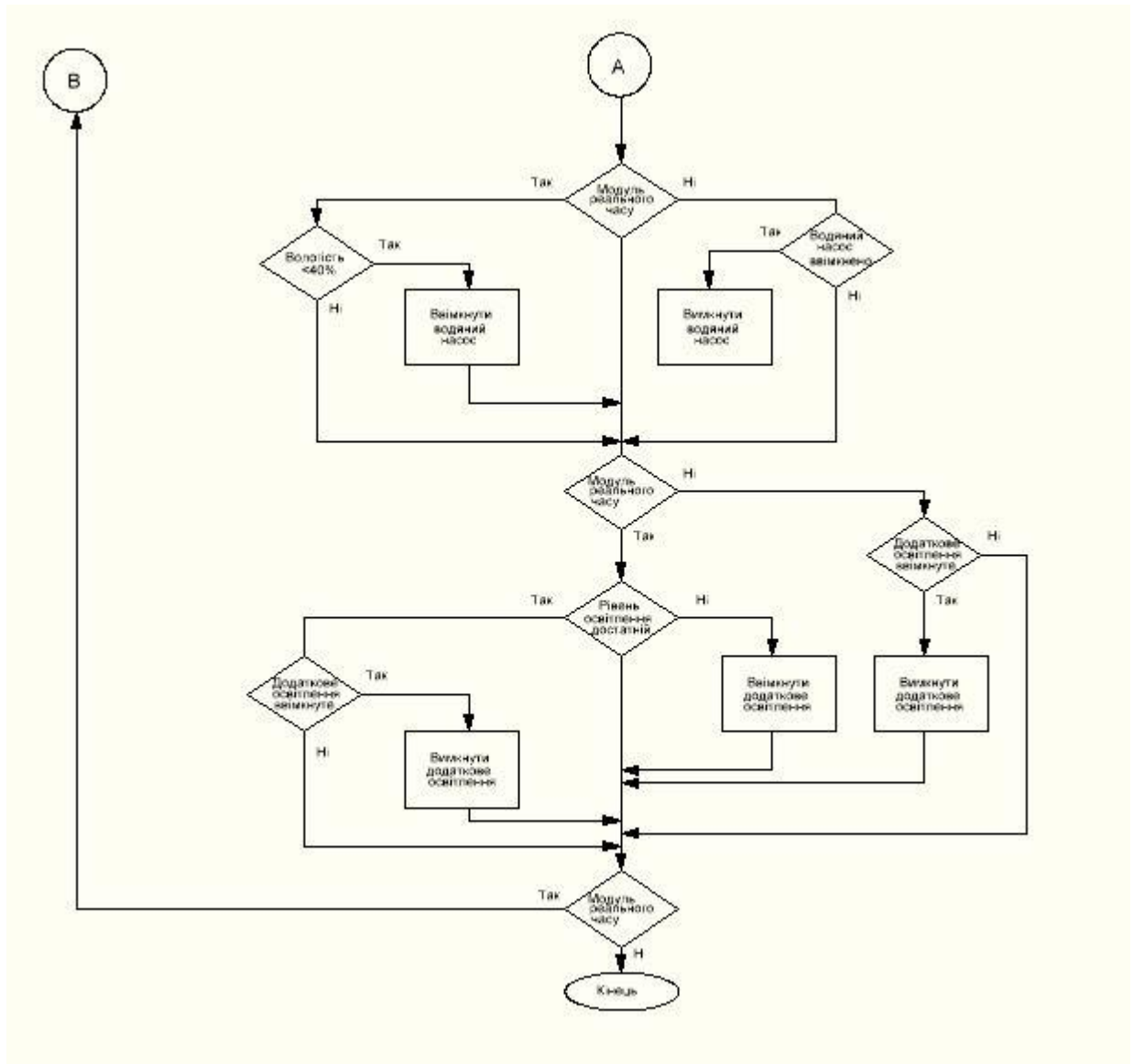


Рисунок 6.2 – Продовження блок-схеми

6.2 Розробка керуючої програми

При розробці програмного забезпечення нам необхідно забезпечити зв'язок мікроконтролера з датчиком температури та вологості і проводити вмикання обігріву, вентиляції та зволоження повітря.

Першим кроком при ввімкненні програма зчитує необхідні бібліотеки, визначається з під'єднаними портами та їхнім призначенням.

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

```
#include "DHT.h"
```

```
#define DHTPIN 2 // Digital pin connected to the DHT sensor
```

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

```

#define OBOGREV_PIN 8
#define COOLER_PIN 9
#define HUMIDIFIER_PIN 11
bool obogrev, cooler, humidifier;
#define DHTTYPE DHT22 // DHT 22 (AM2302), AM2321

```

Після успішного самотестування та завантаження бібліотек система переходить до визначення температури та вологості в приміщенні, після чого приймає рішення про ввімкнення обігрівача, вентилятора чи зволожувача повітря.

```

float h, t;
int light_value, X;
void ReadingDHT() { // Функція опитування DHT
delay(2000);
// Reading temperature or humidity takes about 250 milliseconds!
// Sensor readings may also be up to 2 seconds 'old' (its a very slow sensor)
h = dht.readHumidity();
// Read temperature as Celsius (the default)
t = dht.readTemperature();
// Check if any reads failed and exit early (to try again).
if (isnan(h) || isnan(t)) {
Serial.println(F("Failed to read from DHT sensor!"));
return;
}
}
void CheckTemperatures() { //Функція перевірки температури
if (t < 20) {
digitalWrite(COOLER_PIN, LOW);
cooler = false;
if (t < 19) {
digitalWrite(OBOGREV_PIN, HIGH);
obogrev = true;
}
} else {
if (t > 22) {

```

					ЕЛІТ 8.171.00.10.177 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

digitalWrite(OBOGREV_PIN, LOW);
obogrev = false;
if (t > 23) {
digitalWrite(COOLER_PIN, HIGH);
cooler = true;
}
}
}
}

```

Дана частина коду відповідає за підтримку температурного режиму в приміщенні. Перейдемо до контролю за вологістю повітря в приміщенні.

```

void CheckHumidity() { //Функція перевірка вологості
if (h < 60) {
digitalWrite(HUMIDIFIER_PIN, HIGH);
humidifier = true;
} else {
digitalWrite(HUMIDIFIER_PIN, LOW);
digitalWrite(COOLER_PIN, HIGH);
digitalWrite(OBOGREV_PIN, HIGH);
humidifier = false;
cooler = true;
obogrev = true;
}
}
}

```

Програма для підтримки заданої температури та вологості в приміщенні реалізована. Перейдемо до реалізації програмного забезпечення для взаємодії з датчиком вологості ґрунту та контролю рівня освітленості в приміщенні. Для контролю за часом реалізуємо підключення бібліотеки модулю реального часу.

```

#include <iarduino_RTC.h>
iarduino_RTC time(RTC_DS1307);
void setup() {
delay(300);
Serial.begin(9600);
}

```

					ЕЛІТ 8.171.00.10.177 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

time.begin();
time.settime(0,51,21,27,11,20,5); // 0 секунд, 51 хвилин, 21 година, 27,
листопада, 2020 года, пятница
}

```

```

void loop(){
  if(millis()%1000==0){ // якщо пройшла 1 секунда
    Serial.println(time.gettime("d-m-Y, H:i:s, D")); // вивід часу
    delay(1); // затримка виводу часу
  }
}

```

Контроль за вологістю ґрунта та ввімкнення водяного насосу забезпечує дана частина коду:

```

void CheckHumidityTorf() { //Функція перевірка вологості
if (h < 40) {
digitalWrite(WATERPUMP_PIN, HIGH);
waterpampr = true;
} else {
digitalWrite(WATERPUMP_PIN, LOW);
waterpump = false;
}
}
}

```

Контроль за рівнем освітлення забезпечує фоторезистор, код програми наведений нижче:

```

void CheckLight() { //Функція перевірки рівня освітленості
light = analogRead(A0);
if (light_value > X) {
digitalWrite(LIGHT_PIN, LOW);
light = false;
} else if (light_value < X - 200) {
digitalWrite(LIGHT_PIN, HIGH);
light = true;
}
}
}

```

					ЕЛІТ 8.171.00.10.177 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

Для контролю показників на дисплеї постійно відображаються значення зчитаних показників системою. Також відбувається почергова індикація стану всіх приєднаних споживачів.

```
void ReleyStateToLCD(bool k) { //Функція виводу "ON"/"OFF" в залежності  
від стану відповідної змінної  
if (k) {  
    lcd.print("ON");  
} else {  
    lcd.print("OFF");  
}  
}
```

					ЕЛІТ 8.171.00.10.177 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

7 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

В кваліфікаційній роботі магістра поставлена задача запропонувати і обґрунтувати систему для підтримки життєдіяльності кімнатних рослин. Окрім технологічного розрахунку обов'язково потрібно додати економічні розрахунки. Оскільки основною задачею розробленої системи буде зменшення витрат людського часу на догляд за розумні кошти. У випадку загально високої ціни попит на пристрій буде дуже низьким.

Першочергово розрухуємо собівартість системи. Собівартість - це вартісна оцінка поточних витрат, фактична собівартість трудових і грошових ресурсів на виробництво і реалізацію продукції, грошова сума або її еквівалент, нарахована при виробництві або сплачена при придбанні об'єкта. Виробничі витрати на систему формують виробничу собівартість, а якщо до виробничої собівартості додати вартість збуту отримаємо його повну собівартість.

Витрати, що утворюють собівартість продукції групують відповідно до їх економічного змісту за такими елементами:

- матеріальні витрати (за вирахуванням вартості зворотних відходів);
- витрати на оплату праці;
- відрахування на соціальні потреби, амортизацію основних фондів;
- інші витрати, в які зазвичай включаються витрати на маркетинг.

Затрати на матеріальну базу виробу визначаються виходячи з ціни за одиницю комплектуючого та їх кількості наведені в таблиці 7.1. Актуальні ціни на комплектуючі візьмемо з прайс-листів виробників та постачальників.

Таблиця 7.1 – Витрати на матеріальну базу

Найменування комплектуючих	Ціна, грн
Мікроконтролер	80
Датчик температури та вологості	52
Силові реле	160
Датчик світла	30

Продовження таблиці 7.1

Найменування комплектуючих	Ціна, грн
Датчик вологості ґрунту	35
Блок живлення 5В	55
Всього	412

Розрахуємо затрати на пристрій з урахуванням транспортно-заготівельних витрат ($k_{m-з}=5\div 15\%$):

$$K_{Т-з} = 412 * ((100+10)/100) = 453 \text{ грн.} \quad (7.1)$$

Вартість робіт порахуємо виходячи з затраченого часу та середньої заробітної плати. Основну заробітну плату розрахуємо за допомогою формули (3о):

$$Z_o = \sum_{i=1}^n Tz_i \cdot Hч_i \cdot n \quad (7.2)$$

де $TГ_i$ – тарифна оплата за одну годину роботи спеціаліста що задіяний у виробництві пристрою (установки), грн/год;

$Hч_i$ – часові затрати робітника на виробництво та налаштування пристрою;

n – кількість задіяних працівників.

Погодинна тарифну ставку можна розрахувати за допомогою місячної заробітної плати інженера та програміста:

$$TГ_i = \frac{T_{м_i}}{Вф_i * 8} = \frac{9000}{22 * 8} = 51 \text{ грн} \quad (7.3)$$

$T_{м_i}$ – місячна заробітна плата, грн;

$Вф_i$ – середня кількість робочих днів за розрахунковий період, днів.

Для розробки кожного пристрою потрібно 2 години на збірку та перевірку працездатності і 1 година для написання програмного алгоритму.

$$Z_o = \sum_{i=1}^n TГ_i * Hч_i * n = 51 * 3 = 153 \text{ грн} \quad (7.4)$$

					ЕЛІТ 8.171.00.10.177 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаткова заробітна плата розраховується у вигляді премії в розмірі 10-30% від основної заробітної плати:

$$З_д = З_о * \frac{К_д}{100} = 153 * \frac{20}{100} = 30 \text{ грн} \quad (7.5)$$

де $К_д$ – відсоток додаткової заробітної плати.

Також неможна забувати про відрахування на соціальні заходи. Вони визначаються за встановленими ставками і залежать від основної та додаткової заробітної плати:

$$ЕСВ = 0,22 * (З_о + З_д) = 0,22 * (153 + 30) = 40 \text{ грн} \quad (7.6)$$

Накладні витрати :

$$Н = 1,5 * (З_о + З_д) = 1,5 * (153 + 30) = 274 \text{ грн} \quad (7.7)$$

Виходячи з проведених розрахунків загальні витрати на реалізацію проекту складуть:

$$З_{заг} = 453 + 153 + 30 + 40 + 274 = 950 \text{ грн} \quad (7.8)$$

Порахуємо загальні експлуатаційні розходи. Амортизаційні витрати на устаткування складають 120-150% від основної заробітної плати:

$$В_{УЕ} = З_о * 1,35 = 153 * 1,35 = 206 \text{ грн} \quad (7.9)$$

Загально-виробничі складають в середньому 130-250% від основної заробітної плати:

$$В_{ЗВ} = 153 * 1,5 = 230 \text{ грн} \quad (7.10)$$

					ЕЛІТ 8.171.00.10.177 ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначимо виробничу собівартість системи. Вона складається з загальних витрат на реалізацію, амортизацію обладнання та загально-виробничі витрати:

$$C_B = 950 + 206 + 230 = 1386 \text{ грн} \quad (7.11)$$

Адміністративні витрати суттєво залежать від повної собівартості виробу і в середньому складають 140-200% від основної заробітної плати.

$$B_A = 30 * 1,4 = 153 * 1,4 = 214 \text{ грн} \quad (7.12)$$

Витрати на збут залежать від виробничої собівартості та складають 5-10% від неї:

$$B_{ЗВ} = C_B * 0,07 = 1386 * 0,07 = 97 \text{ грн} \quad (7.13)$$

Визначимо повну собівартість виробу:

$$ПС = C_B + B_A + B_{ЗВ} = 1386 + 214 + 97 = 1697 \text{ грн} \quad (7.14)$$

Занесемо всі виробничі витрати до таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 – Калькуляція собівартості виробу

Стаття калькуляції	Витрати, грн
Матеріали та комплектуючі	453
Витрати на основну заробітну плату	153
Додаткова заробітна плата	30
Відрахування на соціальні заходи	40
Накладні витрати	274
Витрати на утримання і експлуатацію устаткування	206
Загальновиробничі витрати	230
Виробнича собівартість	1386

Продовження таблиці 7.2

Стаття калькуляції	Витрати, грн
Адміністративні витрати	214
Витрати на збут	97
Повна собівартість пристрою	1697

Визначимо оптову ціну реалізації. Вона залежить від показника рентабельності встановленого підприємством. В нашому випадку $R=30\%$:

$$C_{\text{опт}} = \text{ПС} * \frac{100 + R}{100} = 1697 * 1,3 = 2206 \text{ грн} \quad (7.15)$$

Для розрахунку ціни для роздрібною торгівлі необхідно до оптової ціни додати податок на додану вартість, якій складає 20% від ціни

$$C_{\text{роз}} = 2206 * 1,2 = 2647 \text{ грн} \quad (7.16)$$

Ціна для роздрібною торгівлі складає 2647 гривень. За ці кошти покупець зменшить затрати людського часу, що в свою чергу приведе до окуплення виробу.

					<i>ЕліТ 8.171.00.10.177 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

ВИСНОВКИ

В ході виконання кваліфікаційної роботи магістра була розроблена автоматизована система керування вирощуванням кімнатних рослин. Завдяки ній можливо залишати рослини на довгий час без догляду людини. Розроблена система самостійно контролює температурний режим в приміщенні, поліпшує рівень вологості повітря та забезпечує цілодобове насичення ґрунту поживними речовинами. Для мінімізації факторів недостатньої освітленості система визначає рівень освітленості навколо рослин та самостійно вмикає додаткове освітлення за необхідності. Розроблений пристрій відповідає технічному завданню.

В ході проектування було проведено експеримент та визначено доцільні умови роботи модулів додаткового освітлення. При достатній кількості природного світла майже немає різниці коли ввімкнені модулі. При відсутності природних джерел світла бажано використовувати систему сумісно з двозонними лічильниками. Завдяки ним досягається економія в 45% у порівнянні зі звичайним тарифом.

Техніко-економічна частина представляє собою розрахунок вартості приладу враховуючи всі затрати на його виготовлення, зберігання, реалізацію та податки. В результаті розрахунків отримали доволі конкурентоспроможну ціну. За умови співпраці по оптовим закупівлям вартість системи значно зменшується.

Даний пристрій працює за власноруч розробленим алгоритмом роботи. Відповідно до заданого алгоритму роботи побудовано структурну, функціональну та принципову схеми системи. В ході роботи було підібрано елементарну базу, яка оснований на розповсюджених елементах.

Виходячи з цього, можна зробити висновок, що дана система повністю задовольняє вимоги.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.177 ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Лаврик А.В., Випускна робота бакалавра на тему: «Система клімат-контролю для кімнатних квітів» СумДУ 2019р.
2. Лаврик А.В., «Система клімат-контролю для кімнатних квітів». Фізика, електроніка, електротехніка ФЕЕ::2019. Матеріали та програма науково-технічної конференції. Наукове видання — Суми, Сумський державний університет, 2019.
3. Тигранян Р.Э., Микроклимат. Электронные системы обеспечения, М.: ИП РадиоСофт, 2005. — 112 с.
4. Богданов Э.О., Фоторезисторы и их применение, Л.: Энергия, 2014 – 114с.
5. Методичні вказівки до виконання випускної кваліфікаційної роботи магістра спеціальності 8.171.00.01 "Електронні системи" усіх форм навчання — Суми: видавництво СумДУ 2017
6. Автоматизация управления теплиц. – <http://lib.eltech.ru/files/vkr/2017/bakalavri/3307/2017.pdf>
7. НПФ «Фито »Система управления микроклиматом теплицы (ФС серия) – <http://www.fito-system.ru/upravleniemikroklimatem-teplicity>.
8. Датчик влажности грунта - <http://wiki.amperka.ru/products:sensor-soil-moisture-resistive>
9. Усатенко С. Т., Каченюк Т.К., Терехова М.В. Выполнение электрических схем по ЕСКД: Справочник – М.; Издательство стандартов, 1989 – 312с.
10. Atmega328 Datasheet – <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/392243/ATMEL/ATMEGA328.html>
11. Біполярний транзистор - <https://static.chipdip.ru/lib/004/DOC001004046.pdf>
12. Экономика предприятия: Учебное пособие / Под общ. ред. д.э.н., проф. Л. Г. Мельника. — Сумы: ИТД «Университетская книга», 2002. — 632с.
13. Экономика предприятия. Конспект лекций: Учебное пособие. - Сумы: ИТД "Университетская книга", 2002. – 400 с.
14. Расчет финансово-экономических показателей в проектах – <https://www.src-master.ru/article26774.html>

					ЕЛІТ 8.171.00.10.177 ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК

```
#include "DHT.h"
#include "esp32-hal.h"
#include "esp32-hal-ledc.h"
#include "esp32-hal-timer.h"
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <iarduino_RTC.h>
iarduino_RTC time(RTC_DS1307);
void setup() {
    delay(300);
    Serial.begin(9600);
    time.begin();
    time.settime(0,51,21,27,11,20,5); // 0 секунд, 51 хвилин, 21 година, 27,
листопада, 2020 года, пятница
}
void loop(){
    if(millis()%1000==0){ // якщо пройшла 1 секунда
        Serial.println(time.gettime("d-m-Y, H:i:s, D")); // вивід часу
        delay(1); // затримка виводу часу
    }
}

#define DHTPIN 2 // Digital pin connected to the DHT sensor
#define RTCPIN3
#define OBOGREV_PIN 8
#define COOLER_PIN 9
#define HUMIDIFIER_PIN 10
#define HUMIDIFIERTORF_PIN 11
#define LIGHT_PIN 11
bool obogrev, cooler, humidifier, light, waterpump;
#define DHTTYPE DHT22 // DHT 22 (AM2302), AM2321
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);
```

					ЕЛІТ 8.171.00.10.177 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80


```

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
void setup() {
Serial.begin(9600);
lcd.begin();
lcd.backlight();
Serial.println(F("DHTxx test!"));
DDRB = B1111; //Налаштування пінів 8-11 на вихід
dht.begin();
}
float h, t;
int light_value, X;
void ReadingDHT() { // Функція опитування DHT
delay(2000);
// Reading temperature or humidity takes about 250 milliseconds!
// Sensor readings may also be up to 2 seconds 'old' (its a very slow sensor)
h = dht.readHumidity();
// Read temperature as Celsius (the default)
t = dht.readTemperature();
// Check if any reads failed and exit early (to try again).
if (isnan(h) || isnan(t)) {
Serial.println(F("Failed to read from DHT sensor!"));
return;
}
}
void CheckTemperatures() { //Функція перевірки температури
if (t < 20) {
digitalWrite(COOLER_PIN, LOW);
cooler = false;
if (t < 19) {
digitalWrite(OBOGREV_PIN, HIGH);
obogrev = true;
}
} else {

```

					<i>ЕЛІТ 8.171.00.10.177 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>81</i>

```

if (t > 22) {
digitalWrite(OBOGREV_PIN, LOW);
obogrev = false;
if (t > 23) {
digitalWrite(COOLER_PIN, HIGH);
cooler = true;
}
}
}
}

void CheckHumidity() { //Функція перевірка вологості
if (h < 60) {
digitalWrite(HUMIDIFIER_PIN, HIGH);
humidifier = true;
} else {
digitalWrite(HUMIDIFIER_PIN, LOW);
digitalWrite(COOLER_PIN, HIGH);
digitalWrite(OBOGREV_PIN, HIGH);
humidifier = false;
cooler = true;
obogrev = true;
}
}

dht.begin();
Serial.println("dht: starting");
float h = dht.readHumidity();
float t = dht.readTemperature();
if (isnan(h) || isnan(t)) {
Serial.println("dht: error.");
} else { Serial.println("dht: ok"); }
Serial.println("pwm: starting");
ledcSetup(0, 1200.0, 8);
ledcAttachPin(REL1, 0);

```

					ЕЛІТ 8.171.00.10.177 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

```

ledcWrite(0, 0);
Serial.println("pwm: ok");
Serial.println("timer: starting");
timer = timerBegin(0, 500, true);
timerStart(timer);
timerAttachInterrupt(timer, &onTimerOne, true);
timerAlarmWrite(timer, 10000000, true);
timerAlarmEnable(timer);
Serial.println("timer: ok");
timer0 = timerBegin(0, 24, true);
timerStart(timer0);
timerAttachInterrupt(timer0, &onTimerTwo, true);
timerAlarmWrite(timer0, 10000000, true);
timerAlarmEnable(timer0);
Serial.println("timer0: ok");
void refresh_data(){
  Serial.println("Reading all parameters...");
  read_ground();
  humidity = dht.readHumidity();
  temp = dht.readTemperature();
  Serial.println("ok");
}
float read_ground(){
  Serial.println("Reading ground humidity...");
  digitalWrite(REL4, LOW);
  delay(30);
  ground_humidity = analogRead(GROUND_SENSOR);
  delay(5);
  digitalWrite(REL4, HIGH);
  return ground_humidity;
}
void switch_fan(bool mode){
  if (mode){

```

```

Serial.println("fan enabled");
ledcWrite(0, 200);
delay(500);
ledcWrite(0, 40);
} else {
Serial.println("fan disabled");
ledcWrite(0, 0);
}
}

void switch_pump(bool mode){
digitalWrite(REL2, mode);
}

void logic_air(){
switch_fan((humidity >= trigger_humidity) || (temp >= trigger_temperature));
}

void logic_water() {
need_water = ground_humidity <= trigger_ground;
}

/*void enable_pump(bool mode) {
if (mode){
Serial.println("pump enabled on 3 second");
switch_pump(true);
delay(3000);
switch_pump(false);
need_water = false;
Serial.println("pump disabled");
} else {
return;
}
}*/

void CheckHumidityTorf() { //Функція перевірка вологості ґрунту
if (h < 40) {
digitalWrite(WATERPUMP_PIN, HIGH);
}
}

```

					ЕЛІТ 8.171.00.10.177 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

```

waterpampr = true;
} else {
digitalWrite(WATERPUMP_PIN, LOW);
waterpump = false;
}
}

void CheckLight() { //Функція перевірки рівня освітленості
light = analogRead(A0);
if (light_value > X) {
digitalWrite(LIGHT_PIN, LOW);
light = false;
} else if (light_value < X - 200) {
digitalWrite(LIGHT_PIN, HIGH);
light = true;
}
}

void ReleyStateToLCD(bool k) { //Функція виводу "ON"/"OFF" в залежності
від стану відповідної змінної
if (k) {
lcd.print("ON");
} else {
lcd.print("OFF");
}
}

void OutputToLCD() { //Функція виводу інформації на дисплей
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Humidity: ");
lcd.print(h);
lcd.print("%");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Temperature: ");
lcd.print(t);

```

					ЕЛІТ 8.171.00.10.177 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

```

lcd.print("C");
lcd.setCursor(0, 2);
lcd.print("Nagrev ");
ReleyStateToLCD(obogrev);
lcd.setCursor(11, 2);
lcd.print("Cooler ");
ReleyStateToLCD(cooler);
lcd.setCursor(0, 3);
lcd.print("HUMI ");
ReleyStateToLCD(humidifier);
lcd.setCursor(11, 3);
lcd.print("Light ");
ReleyStateToLCD(light);
}
void loop() {
ReadingDHT();
CheckTemperatures();
CheckHumidity();
CheckLight();
OutputToLCD();
}

```

					<i>ЕЛІТ 8.171.00.10.177 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		86