

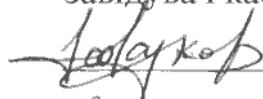
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки

Кафедра морського приладобудування

ДОПУЩЕНИЙ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

 Ю.Д. Жуков
«20» 12 2024 р.

Пояснювальна записка

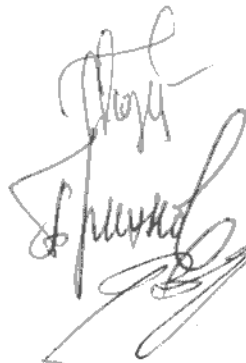
до кваліфікаційної роботи

на тему "Інформаційно-вимірювальна
система моніторингу вогонств
грунту"

Виконав: студент 6 курсу, групи 6631м

Спеціальність: 175 Інформаційно-
вимірювальні технології

Освітня програма: Вимірювально-
інформаційні системи

 Пвозденко С.А.
(прізвище та ініціали)

Керівник Грешнов А.Ю.
(прізвище та ініціали)

Рецензент Ререщаго Е.М.
(прізвище та ініціали)

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова

Факультет

Навчально-науковий інститут автоматики та
електротехніки

Кафедра
Освітній ступінь
Спеціальність
Освітня програма

морського приладобудування
магістр
175 Інформаційно-вимірювальні технології
Вимірювально-інформаційні системи

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми

Гордєєв Б.М.
(підпис)
«*14*» 2024 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Гвозденко Віталіні Андріївні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Інформаційно-вимірювальні системи
моніторингу вологості ґрунту*

керівник роботи *Грецинов Андрій Ілліович, доцент, кафедри*
морського приладобудування (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від «*14*» *жовтня* 2024 року № *1075*

2. Строк подання студентом роботи *16.12.2024*

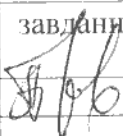
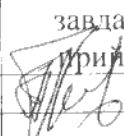
3. Вихідні дані до роботи: *аналоговий компаратор; 23 лній введення-виведення;
напруга живлення від 27В до 5,5В; DIP корпус із 28 виводами; частота
від 0 до 8 МГц; споживаний струм при 25°C на частоті 4 МГц в
активному режимі повинна становити 3,6 мА; 3 цім-канали; 6 каналів АЦП*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): *аналітичний огляд принципів побудови гідропонних систем;
проектнування апаратних засобів системи моніторингу та
керування вологістю ґрунту для гідропонної системи; програмна
реалізація апаратних моніторингу та керування вологістю ґрунту
для вирощування рослин гідропонними методами; особливості праці*

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

*Структурна схема системи моніторингу та керування вологістю
ґрунту. Схема вимірювань вологості ґрунту. Принципова схема системи
моніторингу та керування вологістю ґрунту. Архивована та монтажна
схеми системи. Макетний зразок системи. Склад програмних
модулів у робочому режимі АРМ оператора системи моніторингу.*

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4	Тударовцев А.М.		

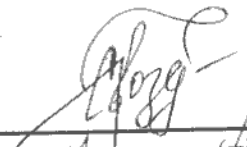
7. Дата видачі завдання 06.09.2024

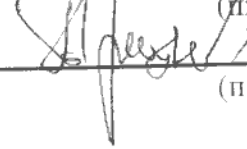
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний огляд принципів побудови гідропонних систем	06.09.2024 11.10.2024	
2	Проектування апаратних засобів систем моніторингу та керування вологістю ґрунту для гідропонної системи	14.10.2024 14.11.2024	
3	Програмна реалізація алгоритмів моніторингу та керування вологістю ґрунту для вирощування рослин гідропонними методами	14.11.2024 03.12.2024	
4	Охорона праці при роботі з комп'ютеризованою системою моніторингу та керування вологістю ґрунту	03.12.2024 16.12.2024	

Студент

Керівник роботи


(підпис)


(підпис)

Гвозденко С.А.
(прізвище та ініціали)

Грешинов А.Ю.
(прізвище та ініціали)

Анотація

Дипломний проект складається зі вступу, 4 розділів, 2 додатків та переліку використаної літератури; представлено на 96 сторінках; містить 29 рисунків та 2 таблиці.

У дипломному проекті проведено розробку мікропроцесорної системи моніторингу та керування вологістю ґрунту; проаналізовані існуючі типи гідропонних систем, розглянуто структурну, принципову та друковану схеми системи керування, виконано розрахунок елементів системи; написане відповідне програмне забезпечення для мікроконтролера та персонального комп'ютера.

В рамках дипломного проекту висвітлені питання охорони праці.

Ключові слова: проект, блок управління, автоматизований комплекс, датчики, програма управління, технологічне обладнання, мікроконтролер, оперативна пам'ять, структурна схема, програмний код, струм, плата, модель, інноваційний розвиток, керування вологістю ґрунту, потік розчину.

Abstract

Graduation project consists of an introduction, 4 chapters, 2 applications and a list of used literature, presented on _96_ pages, contains 29 figures and 2 tables.

In the graduation project the development of a microprocessor system for monitoring and controlling soil moisture is carried out. The analysis of existing types of hydroponic systems has been carried out, structural scheme, schematic and printed circuits of the control system have been developed, the system elements have been calculated. The algorithms and corresponding software for microcontroller and personal computer have been developed.

As part of the graduation project the questions of environmental protection were considered.

Keywords: project, control unit, automated complex, sensors, control program, technological equipment, microcontroller, RAM, block diagram, program code, current, board, model, innovative development, soil moisture management, solution flow.

					13.MP.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Умовні скорочення

АЦП – аналого-цифровий перетворювач

ГЛ – газорозрядна лампа

ДХ – датчик Холла

ЕС – електропровідність середовища

ЛЛ – люмінесцентна лампа

МГ – металогалогенна лампа

НЛВТ – натрієві лампи високого тиску

ОЗУ – енергозалежна пам'ять

ПЗ – програмне забезпечення

ПК – персональний комп'ютер

NFT – техніка живильного слою

pH– показник водню

					13.МР.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зміст

Вступ.....	8
1. Аналітичний огляд принципів побудови гідропонних систем.....	9
1.1. Класифікація та галузі застосування гідропонних систем.....	10
1.2. Узагальнена функціональна схема гідропонної системи.....	13
1.3. Принцип роботи та функції гідропонної системи.....	14
1.4. Проблеми вирощування рослин гідропонним методом.....	16
1.5. Огляд різних типів гідропонних систем.....	17
1.5.1. Системи періодичного затоплення	17
1.5.2. Краплинні системи.....	19
1.5.3. Техніка живильного шару.....	22
1.5.4. Аеропоніка.....	25
1.6. Огляд апаратних засобів, що використовуються в гідропоніці.....	26
1.6.1. Двигунита мотор-редуктори.....	26
1.6.2. Елементи штучного освітлення.....	26
1.7. Огляд існуючих моделей гідропонних установок та визначення їх недоліків.....	29
Висновки по розділу.....	31
2. Проектування апаратних засобів системи моніторингу та керування вологістю ґрунту для гідропонної системи.....	32
2.1. Формулювання вимог до мікропроцесорної системи керування.....	33
2.2. Розробка структурної схеми системи керування.....	34
2.3. Розробка принципової схеми та розрахунок елементів.....	36
2.4. Розробка друкованої та монтажної схем.....	40
2.5. Моделювання системи моніторингу та керування вологістю ґрунту для гідропонної системи.....	43

					13.ДР.175.6631м.02.ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Гвозденко С.А.			Зміст	Літ.	Арк.	Акрушів	
Керівник		Грешнов А.Ю.					2	6	
Н.Контроль		Грешнов А.Ю.				НУК			
Зав. каф.		Жуков Ю.Д.							

2.6. Розрахунок надійності системи моніторингу та керування...	46
2.7 Контроль за роботою керування вологістю ґрунту для гідропонної системи за допомогою Wi-Fi модуля.....	47
Висновки по розділу.....	57
3. Програмна реалізація алгоритмів моніторингу та керування вологістю ґрунту для вирощування рослин гідропонним методом.....	58
3.1. Вимоги до програмних засобів системи моніторингу та керування вологістю ґрунту.....	59
3.2. Розробка алгоритму вимірювання вологості ґрунту.....	61
3.3. Розробка цифрового автомату роботи системимоніторингу та керуваннявологістю ґрунту.....	63
3.4. Розробка протоколу та алгоритму передачі даних для комп'ютеризованої системи моніторингу та керування.....	65
3.5. Розробка програмних засобів для керування гідропонною системою у середовищі LabView.....	66
Висновки по розділу.....	69
4. Охорона праці при роботі з комп'ютеризованою системою моніторингу та керування вологістю ґрунту.....	70
4.1. Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів, характерних для комп'ютеризованої системи моніторингу та керування вологістю ґрунту.....	74
4.2. Розробка заходів щодо забезпечення безпеки при виробництві та монтажі друкованих плат.....	79
4.3 Екологічність та безпека розробленого проекту.....	84
Висновки по розділу.....	85
Висновки.....	87
Перелік використаних джерел	89
Додаток А. Перелік елементів.....	90
Додаток Б. Текст програми для мікроконтролера.....	92

					13.МР.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

В останні роки спостерігається зріст ураження сільськогосподарських рослин хворобами та шкідниками ще на стадії розсади. Причина цього полягає в ураженні ґрунту різними бактеріальними захворюваннями, які знаходяться у ґрунті. Це позначається на врожаї овочевих культур. Тому виникає необхідність в пошуку альтернативного методу вирощування рослин. Наприклад, такі як гідропоніка.

Вирощувати рослини гідропонним методом можна у країнах із засушливим кліматом, браком води, на територіях, не придатних до проживання. Система використання гідропонного методу дозволяє вирощувати більше рослин на одній тій самій площі за рахунок того, що система складається із блоків, які обертаються навколо однієї осі.

При обертанні блоків із рослинами відносно осі, розчин, яким насичується коріння, може вилитися. Цей розчин, найчастіше всього, насичений багатьма мінералами, і його марне використання не економічне. Також цей розчин може пошкодити електронне та механічне обладнання усієї системи.

Для економії розчину потрібно відслідковувати вологість субстрату. Через те, що система рухома, розчин вільно переходить із однієї частини субстрату до іншої. В залежності від розташування датчиків вологості, при одній і тій самій кількості розчину, покази датчику можуть коливатися. Коли розчин перетече до іншої від датчика сторони, система зафіксує недостатню кількість вологи в субстраті і ввімкне помпу, і кількість розчину, яка залишиться, може перевищити максимальну кількість розчину, яку може втримати субстрат.

Щоб забезпечити роботу системи без можливих переливів розчину, використаємо акселерометр і проведемо вимірювання вологості субстрату лише в певних положеннях системи.

					13.MP.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					13.МР.175.6631м.03.ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Гвозденко С.А.				1 Аналітичний огляд принципів побудови гідропонних систем		Літ.		Арк.	Акрушів	
Керівник		Грешнов А.Ю.								22	9	
Н.Контроль		Грешнов А.Ю.						НУК				
Зав. каф.		Жуков Ю.Д.										

1 Аналітичний огляд принципів побудови гідропонних систем

1.1 Класифікація та галузі застосування гідропонних систем

Гідропоніка – це спосіб вирощування рослин без ґрунту, при якому рослина отримує з розчину всі необхідні поживні речовини в потрібних кількостях і точних пропорціях (що майже неможливо здійснити при ґрунтовому вирощуванні). Слово гідропоніка походить від грец. υδρα - вода і πόνοϛ - робота, в результаті отримуємо «робочий розчин».

Ідея застосування гідропоніки далеко не нова. Легенда про знамениті «Висячі сади Семіраміди», що дійшла до нас ще з часів Вавилону, є однією з перших спроб людства вирощувати рослини на штучних ґрунтах.

Ще одним досить давнім аналогом застосування технології гідропоніки є «Плаваючі сади ацтеків». Корінні племена індіанців були витіснені зі своїх родючих земель внаслідок захоплення їх вайовничими сусідами, ацтеками. Індіанці змушені виживати в нелегких умовах мізерних ґрунтів, тому вони придумали вирощувати рослини на плотах, зроблених з очерету. Поверх плотів індіанці укладали шар мулу (сапропель), на якому їм вдавалося вирощувати овочі, і навіть фрукти. При цьому коренева система рослин живила вологу безпосередньо з водойми.

Одним з перших учених, хто спробував розібратися в процесі живлення рослин, був Аристотель. Пізніше над цим завданням працювали такі уми, як ЕдмеМаріот, МарчеллоМальпігі, Стефан Хейлс і Джон Вудворд. Далі естафету підхопив голландський вчений Йоганн Ван Гельмонт, який довгий час проводив дослідження над рослинами, намагаючись визначити для них оптимальну модель харчування.

Гідропоніка дозволяє штучним шляхом регулювати умови вирощування рослин. Застосовуючи її, можна створювати для різних культур спеціальний режим живлення, який по максимуму забезпечить їх потреби

					13.МР.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

усіма необхідними елементами, завдяки чому можна отримувати максимальний урожай, причому чудової якості.

Суть технології – це вирощування сільськогосподарських і декоративних культур гідропонним шляхом, при якому коренева система рослин перебувають не в родючому ґрунті, а його замінику, тобто якомусь субстраті, наповненим поживними речовинами і створює опору для коренів.

У теплицях і оранжереях закритого типу метод гідропоніки дозволяє вирощувати рослини в кілька ярусів, що економить значну частину площі. При цьому обладнання дозволяє проводити регулювання концентрації вуглекислого газу, що сприятливо впливає на процес фотосинтезу, дає можливість встановлювати оптимальну для рослин вологість і температуру повітря, а також змінювати інтенсивність і тривалість освітлення всередині приміщення.

Живлення рослин, при даному способі їх вирощування, подається в їх кореневу систему дозовано і у легкодоступній для них формі, що значно економить енергоресурси і знижує трудовитрати. З цих причин гідропоніка особливо актуальна для районів зі складними кліматичними умовами, де існує брак природної вологи.

Головна перевага гідропоніки полягає в тому, що даний метод дозволяє значно піднімати врожайність культур, оскільки всі необхідні корисні речовини направляються безпосередньо в їх кореневу систему. При цьому в рослинах абсолютно відсутні будь-які отруйні сполуки, нітрати, важкі метали, радіонукліди та інші шкідливі для людського організму елементи. Рослини вирощуються в чистому середовищі без наявності бруду і сторонніх запахів.

Гідропоніка дозволяє застосовувати індивідуальний підхід до кожного різновиду рослин і повністю виключає наступні негативні фактори: пересихання, нестача вологи, освітлення, кисневе голодування рослин і т.д.

					13.МР.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При використанні методу гідропоніки виключена ймовірність пошкодження рослин шкідниками, інфекціями, грибками та іншими захворюваннями, що не має необхідності у використанні інсектицидів та інших отрутохімікатів. При даному методі спрощується і технологія пересаджування рослин, т.я. коренева система не травмується.

На даний час метод гідропоніки розвивається стрімкими темпами, оскільки йому на службу приходять ультрасучасні технології і новітні досягнення науки. Завдяки інноваціям постійно поліпшується якість живильного середовища, вдосконалюється модель вирощування рослин, підвищується якість обладнання. Наприклад, останні розробки в проектуванні систем гідропоніки дозволяють використовувати робочу площу приміщень по максимуму, що зменшує витрати на одиницю продукції, значно підвищуючи врожайність. Гідропоніка дозволяє комп'ютеризувати і автоматизувати абсолютно всі операційні процеси, завдяки чому відбувається значна економія ресурсів, а вирощування рослин полягає виключно в підготовці розсади і збирання врожаю.

Методів вирощування рослин гідропонним способом багато. Вони відрізняються за способами постачання у кореневу систему рослин повітря, води і елементів мінерального живлення. Існує кілька основних типів гідропонних систем. Умовно їх можна розділити на дві основні групи: "Пасивні" і "Активні". В "пасивних" системах живильний розчин не піддається механічному впливу і доставляється до коріння рослин за рахунок капілярних сил, що схоже на підживлення гніту у газових лампах. Такі системи отримали назву «Гнотові».

Всі "Активні" системи вимагають циркуляції поживного розчину або його аерації за допомогою різних pomp і насосів.

					13.МР.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Класифікація методів гідропонних систем

1. Агрегатопоніка— вирощування рослин на твердих субстратах з невеликою вологістю. Цей метод умовно названий гравійної культурою, хоча в якості субстрату, крім гравію, використовують і інші матеріали. Один з різновидів агрегатопоніки - вирощування рослин на гродані і мінеральній ваті.
2. Хемопоніка— вирощування рослин на субстратах рослинного походження.
3. Іонітопоніка— вирощування рослин на синтетичних іонообмінних смолах, насичених живильними елементами, які знаходяться у поглиненому, але доступному для рослин обмінному стані.
4. Водна культура - вирощування рослин на водних поживних розчинах, в які безпосередньо занурені коріння рослин.
5. Аеропоніка, або «повітряна культура», характеризується тим, щокоріння рослин постійно перебувають у вологому повітрі, і їх часто обприскують живильним розчином.

1.2 Узагальнена функціональна схема гідропонної системи

Більшість гідропонних систем мають у своєму складі (рис. 1.1): субстрат, в якому знаходяться рослини разом з мінеральним розчином, яким вони живляться, з елементами штучного освітлення, якими забезпечують рослину випромінюванням певної довжини хвилі і теплом. Також використовується система додаткового збагачення рослини вуглекислим газом, бо використання CO_2 рослинами залежить від інтенсивності освітлення та вмісту його в атмосферному повітрі. Протягом доби вміст в повітрі значно змінюється (завжди більше у ранкові години та у хмарну погоду). Збільшення концентрації вуглекислого газу у пригрунтовому шарі повітря при інтенсивному сонячному освітленні і при оптимальній температурі забезпечує активну асиміляцію і утворення органічних речовин. При вмісті у повітрі 0,03% CO_2 поверхня листків овочевих культур площею

					13.МР.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

1 м² протягом 1 години поглинає 1,9 г, а, при підвищеному вмісті, 6–9г вуглекислоти.

Посилення процесів засвоєння рослинами вуглекислоти підвищує врожай і прискорює його досягання.

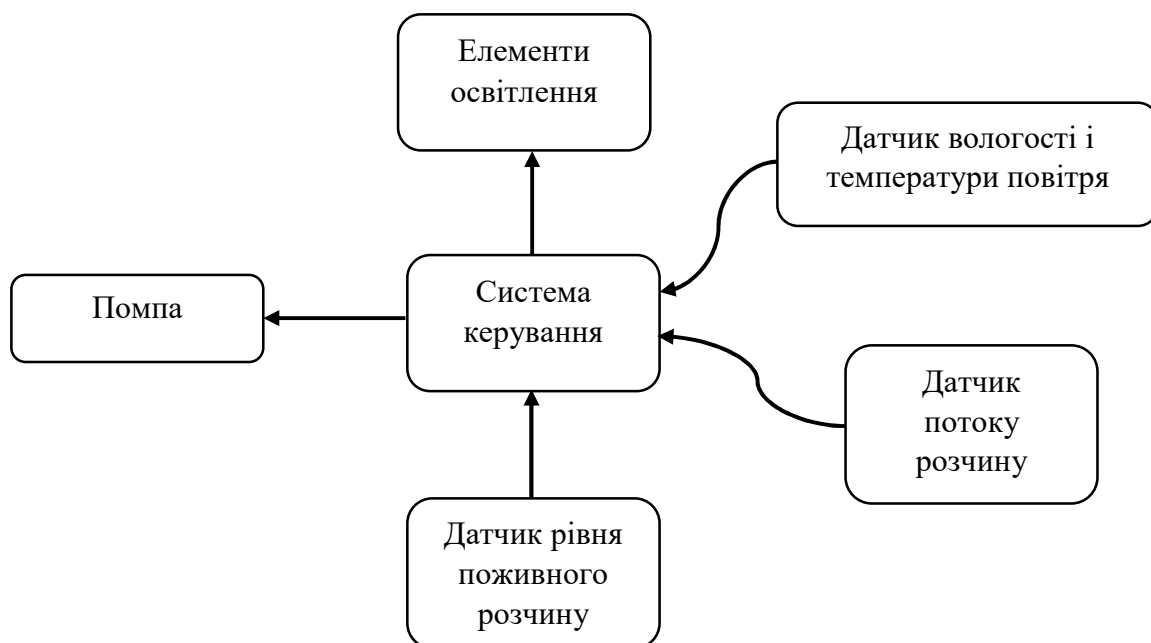


Рисунок 1.1 – Узагальнена функціональна схема гідропонної системи

Більшість гідропонних систем мають насоси чи помпи, за допомогою яких питомий розчин потрапляє на коріння рослин. Для контролю кількості рідини використовують датчики потоку розчину. Для контролю рідини у резервуарі використовують трубки переливу чи датчики рівня поживного розчину спільно із насосом, який перекачує розчин із одного резервуару у другий.

1.3 Принцип роботи та функції гідропонної системи

Сутність гідропонного методу полягає у тому, що ґрунт замінюють штучним субстратом (гравій, пісок, керамзит, вермикуліт, піщано-гравійне і мохове середовище та ін.), а овочеві культури вирощують на розчинах мінеральних солей. Гідропонікою можна займатися у всіх видах теплиць, крім тимчасових споруд, укритих синтетичною плівкою.

При гідропонному методі забезпечуються оптимальне мінеральне живлення рослин, сприятлива концентрація з оптимальним співвідношенням окремих елементів в залежності від освітленості, температури, вмісту вуглекислого газу, кисню та інших факторів; створюються кращі умови для фотосинтезу. При використанні даного методу відпадають трудомісткі роботи по внесенню добрив, полив, підживлення, підсипання ґрунтів, дезінфекції та інше.

Вирощування рослин гідропонним методом має низку переваг:

- рослина швидше розвивається і дуже мало хворіє, тому що його коренева система не страждає від пересихання або від надмірного перезволоження;
- не використовуються отрутохімікати із-за відсутності шкідників;
- зникає проблема передозування добрив, тому що живильний розчин розраховується у строгій пропорції;
- рослина споживає тільки ті речовини, які необхідні для його росту і розвитку;
- у рослин, які вирощують за технологією гідропоніки, не накопичуються шкідливі для здоров'я людини елементи, які завжди присутні в ґрунті. У живильному розчині немає важких металів, нітратів, радіонуклідів.

В залежності від типу гідропонної системи принцип її роботи різний, але виконуються однакові функції:

- збагачення рослини вуглекислим газом, для прискорення її росту;
- контроль вологості повітря;
- надання рослині оптимальної кількості світла. Спектральний діапазон системи освітлення обов'язково має складатися із різних проміжків, налаштованих на певну рослину;
- підживлення рослини макро та мікроелементами;
- контроль температури оточуючого середовища рослини.

					13.МР.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Основні переваги використання гідропонних систем у порівнянні з традиційними методами вирощування рослин:
- економія води;
- економія речовин живлення;
- значно менша потреба у пестицидах;
- відсутність потреби у гербицидах;
- виробництво більшої кількості біомаси;
- вирощування культур у любых умовах.

1.4 Проблеми вирощування рослин гідропонним методом

Головна проблема вирощування рослин гідропонним методом – незахищеність рослин від помилок людини. Грунт при гідропонному методі наділений буферними властивостями, тобто він легко підтримує певний баланс навколо кореневої повсті. Здоровий ґрунт має збалансовані фізичні і біологічні показники. Наприклад, якщо рослині надійде надлишок поживних речовин, максимальний рН, то завдяки ґрунтової хімії і мікроелементів, що містяться в верхньому ґрунтовому шарі, рівновага буде відновлена. Аналогічні дії спостерігаються в гідропоніці, але в невеликому ступені. Поживній суміші властива певна буферність, особливо по відношенню до рН. В результаті, така, на перший погляд, дрібниця, як надлишок показника рН, здатна знищити врожай всього за один день. Гідропоніка дозволяє домогтися стрімкого результату при постійному спостереганні за ростом рослин, але буде досить і години часу, щоб все погубити в одну мить.

Показник температури при гідропонному методі обмежується наступною обставиною. Показник температури при діапазоні 18-22°C у межах кореневої зони сприяє зростанню рослин. Рослини здатні витримувати температуру і до 26°C. Приблизно при температурі 35°C

					13.МР.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

коренева система рослин, що не одержала розчиненого кисню, буде поступово відмирати, і, в результаті, рослина загине. Дана обставина є обмежуючим фактором в ряді тропічних країн і в приміщеннях, де освітлення виділяє велику кількість тепла.

Гідропоніка пов'язана з двома недоліками - первісної високою вартістю і ненатуральністю - «рослини під крапельницею».

Гідропонна система дійсно обходиться дорого. З іншого боку, вирощуючи рослини у приміщенні, витрати окупаються досить швидко. Першопричина полягає в тому, що вартість електрики досить висока. Під час вирощування рослин під лампами, їх збір здійснюється набагато швидше, оскільки загальні витрати електроенергії на освітлення і клімат-контроль дуже значні, навіть в умовах невеликої оранжереї. Чим швидше буде здійснено збір врожаю, тим нижче його собівартість. В свою чергу, гідропоніка дозволяє заощадити час, а, в кінцевому підсумку, і грошові кошти.

1.5 Огляд різних типів гідропонних систем

1.5.1 Системи періодичного затоплення

Система періодичного затоплення (рис. 1.2) працює на принципі тимчасового затоплення кореневої маси живильним розчином і подальшим осушенням ємкості з субстратом у замкнутому циклі. Операція затоплення (осушення) виконується за допомогою насоса, керованого таймером, що дає змогу системі вважатися активною.

Поживний розчин подається з розчинного резервуара в резервуар, де вирощуються ті чи інші культури, і затоплює субстрат. Після припинення подачі розчину його надлишки повертаються назад в розчинну ємкість самопливом, як правило, через той же самий насос. Необхідна циклічність процесу забезпечується спеціальними таймерами.

					13.МР.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таймер налаштовується на включення кілька разів на день, в залежності від виду рослин, від температури, від вологості і типу використовуваного проміжного шару.

Ємкість, де ростуть рослини, може бути виконана різними способами, два найбільш поширених з них наступні:

1. Рослини закріплені в платформі, яка кріпиться до ємкості затоплення.

Коріння знаходяться в підвішеному стані або їх кінчики торкаються тонкого шару живильного розчину, який спеціально не зливають до кінця.

2. Рослини закріплюються в субстраті (керамзит, перліт, гравій тощо).

Часто для універсальності використовують окремі горщики з наповнювачем, що дозволяє вільніше маніпулювати рослинами згідно із потребами, не боячись пошкодити їх коріння.

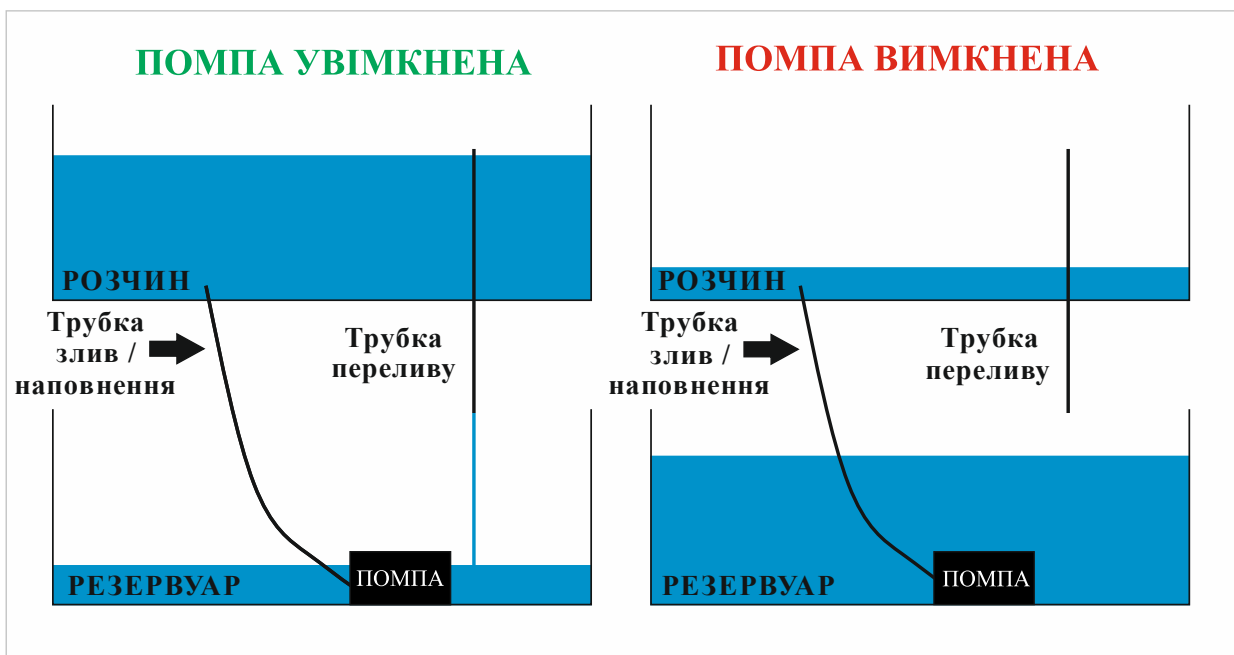


Рисунок 1.2 – Система періодичного затоплення

Один з небагатьох недоліків цієї системи - це вразливість в момент відключення електроніки і відмови насоса або таймера.

У зв'язку з тим, що наповнювачі типу "керамзит" і йому подібні, погано утримують вологу, в критичний момент коріння можуть швидко висохнути, і рослина загине. Саме тому, щоб знизити ймовірність загибелі рослин, рекомендовано використовувати субстрат типу "Агрос", який добре утримує вологу.

1.5.2 Краплинні системи

Система крапельного поливу (рис. 1.3) є найбільш розповсюдженою гідропонною системою світі.

Принцип роботи системи: насос, керований таймером, подає живильний розчин, який за допомогою шлангів витікає під корінь рослини. У реверсивних системах надлишки розчину подаються назад в резервуар і використовуються повторно.

У неревверсивних системах таймер повинен бути відрегульований так, щоб надлишків розчину не було.

Неревверсивна система вимагає меншої витрати часу на обслуговування, що сприяє тому, що живильний розчин не використовується вдруге, і відпадає потреба постійно стежити за рівнем рН та за рівнем поживних речовин. Але в цій системі потрібне використання більш якісного таймера з дуже чітким його налаштування на початок роботи системи.

Ревверсивні системи набагато більш не відносяться до подібного роду проблем, тому що надлишок розчину благополучно вертається назад у резервуар на повторний цикл, і небезпека затоплення коренів мінімальна. Але в даній системі потрібен постійний контроль за рівнем рН і складом живильного розчину.

					13.МР.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

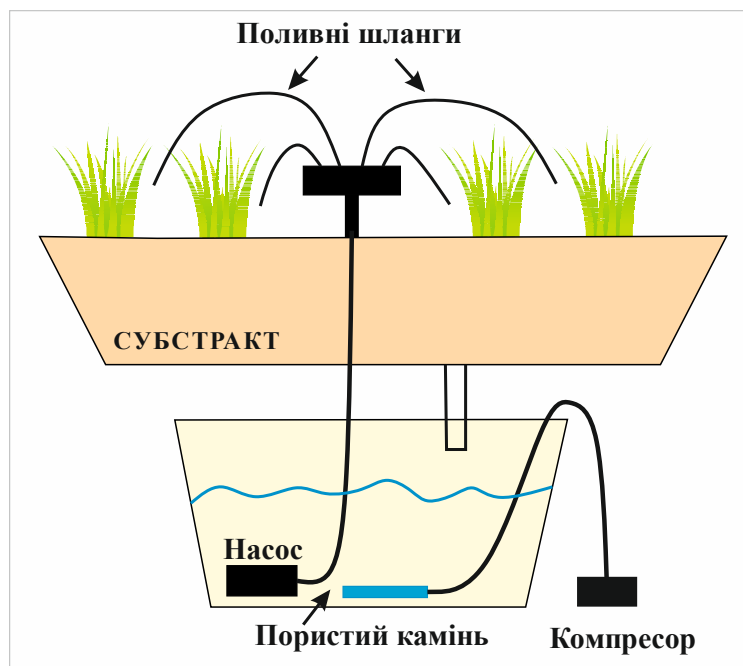


Рисунок 1.3 – Система крапельного поливу

Класифікація системи крапельного поливу

По джерелу надходження води:

- З водопроводу.
- З колодязя або свердловини за допомогою насоса.
- З бочки або танка, розташованого на узвишші.

За способом подачі води:

- За допомогою мікрокрапельниць вода надходить окремими краплями або маленькими струмками. Така система рекомендується для поливу теплиць, невеликих рослин і чагарників.
- За допомогою мікророзбризкувачів вода передається в більшій кількості, що дозволяє зрошувати велику площу у порівнянні з мікрокрапельницями. Подібна система рекомендується для середніх і

великих чагарників, маленьких дерев, живоплотів, при наявності кількох джерел, і для великих дерев.

- За допомогою сплінкерів вода подається шляхом розбризкування, в результаті якого створюється водяний туман. Ця система рекомендується до застосування на великих відкритих площах: газонах, полях для гольфу і т.п.

На сьогодні найпоширенішою є система із краплинною стрічкою.

Крапельний полив має значну перевагу, у порівнянні з іншими способами зрошення, а саме:

- Точне і локалізоване введення води до кореневої системи рослин, що сприяє економії трудовитрат, води і добрив.
- Мінімізація втрат у результаті випарів, що дозволяє, при використанні у теплицях, мати додаткову можливість регулювання вологості та умов середовища вирощування рослин.
- Значне зниження засміченості ґрунту бур'янами.
- Збереження повітряно-водяної рівноваги.
- Синхронне застосування води і поживних речовин.
- Можливість регулювання кількості подаваної води і поживних речовин залежно від періоду вегетації.
- Автоматизація.
- Можливість функціонування в будь-яких топографічних умовах і різних ґрунтах.
- Сполучуваність з іншими видами сільськогосподарських робіт: обробка проти хвороб і шкідників, збирання врожаю і т.п.

					13.MP.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Розподіл води незалежно від погодних умов (наприклад, від вітра).
- Невисокі вимоги до енергії.
- Можливість використовувати воду з підвищеним вмістом солей.

Недоліки краплинної системи

- Можливість засмічення крапельниць твердими елементами органічних і хімічних речовин, а також часток і коренів рослин.
- Більш висока вартість, у порівнянні, з механічним методом.
- Уразливість крапельних стрічок перед шкідниками: гризунами, дикими свинями і т. п.
- Обмежений обсяг поливу, що може призвести до розвитку невеликої, але щільної кореневої системи.

Ємкість, де ростуть рослини, може бути виконана різними способами, два найбільш поширених з них наступні:

3. Рослини закріплені в платформі, яка кріпиться до ємкості затоплення.

Коріння знаходяться в підвішеному стані або їх кінчики торкаються тонкого шару живильного розчину, який спеціально не зливають до кінця.

4. Рослини закріплюються в субстраті (керамзит, перліт, гравій тощо).

Часто для універсальності використовують окремі горщики з наповнювачем, що дозволяє вільніше маніпулювати рослинами згідно із потребами, не боячись пошкодити їх коріння.

1.5.3 Техніка живильного шару

Сама розповсюджена система гідропоніки. У NFT- системах (рис. 1.4) потік живильного розчину постійний або включається автоматично через короткі проміжки часу.

					13.MP.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Поживний розчин виштовхується до піддону з рослинами (зазвичай у формі труби або короба) помпою або насосом, протікає по корінню рослин, а потім стікає назад у резервуар.

В даному випадку, зазвичай, не використовується ніякого проміжного наповнювача, крім повітря, що допомагає економити на його зміні після збору врожаю. Як правило, рослина міститься в невеликому пластиковому стаканчику, а коріння торкаються живильного розчину.

Робота таких систем заснована на тимчасовому припливу живильного розчину у посудину або піддон з рослинами, а потім відтоку його назад у резервуар. Це «Метод припливу і відпливу». Саме такі системи наявні у продажу.

В основі принципу роботи системи гідропоніки з технікою живильного шару лежить налаштування таймеру на включення кілька разів на день, в залежності від виду рослин, від температури, від вологості і типу використовуваного проміжного шару.

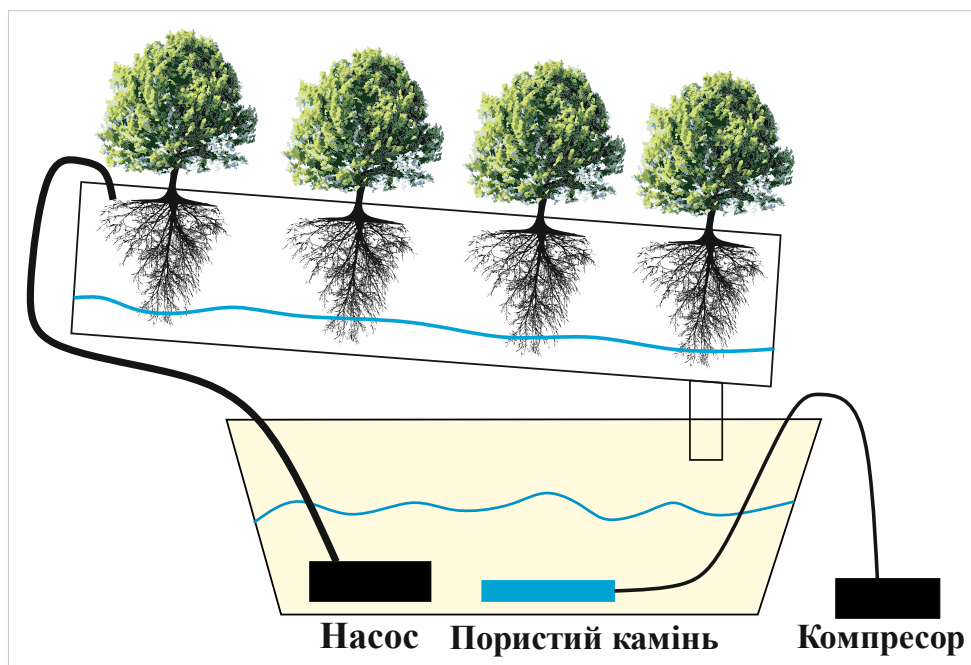


Рисунок 1.4 – Система живильного шару

NFT – відмінна система з точки зору оксигенації, але у неї є недолік у відсутності опори рослинам. Якщо система використовується для вирощування рослин з важкої верхівкою, то їм знадобиться підтримка для протидії силі тяжіння. Такою підтримкою може служити горизонтальна сітка в 25-30 см. Якщо рослини саджають корінням в кубик або сітчастий горщик, у них буде більше підтримки, але цього все ж недостатньо. Відсутність підтримки створює ще більшу проблему, коли рослини стають занадто великими. Під вагою рослини стискаються коріння. Велика коренева повсть може уповільнити або навіть заблокувати приплив живильного розчину. Тому NFT використовується для рослин з коротким циклом вирощування та з невеличкими розмірами. Від проблеми здавлювання коренів можна позбутися у жолобах з кришкою і у сітчастих горщиках, але тоді виникає також проблема – рослини доведеться вирощувати в іншій системі до тих пір, поки коріння збільшаться настільки, що вони дістануть до низу жолоба, де циркулює вода, в іншому випадку, доведеться задовольнятися дуже дрібними жолобами.

Серйозним недоліком NFT є відсутність запасу води. Якщо насос зупиниться через перебій в електропостачанні або з іншої причини, рослини проживуть лише кілька годин. Якщо збій станеться в невідповідний час, наприклад, в спекотний день або на початку світлового циклу, то час виживання рослин буде ще коротше. Навіть для коротких жолобів однієї-єдиної точки впуску живильного розчину в кінці жолоба недостатньо. Розчин на дні жолоба неоднорідний, і у середині кореневої повсті відбувається застій мертвої води у пазухах, що призведе до швидкого збіднення корінь рослин киснем. При цьому рослини будуть рости, але швидкість їх росту буде незадовільною.

Перевагою систем NFT є їх дешевизна. Цю систему використовують при вкладанні невеликих грошей у короткий цикл посадки та вирощування рослин.

					13.MP.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

1.5.4 Аеропоніка

Аеропонна система (Рисунок 1.5) найбільш технологічний тип гідропонного садівництва. Як і в NFT- системі під проміжним шаромнаповнювача знаходиться повітря. Звисаючі коріння звожуються живильним розчином за допомогою спеціальних форсунок-розпилювачів.

Розпилення розчину відбувається через кожні кілька хвилин, щоб коріння рослин, які знаходяться в повітряному просторі, швидко не висохнули у разі переривання процесу зволоження.

Як і в інших гідропонних системах, постачання розчину в систему контролює таймер, який має частий цикл підкачки, майже кожні дві хвилини.

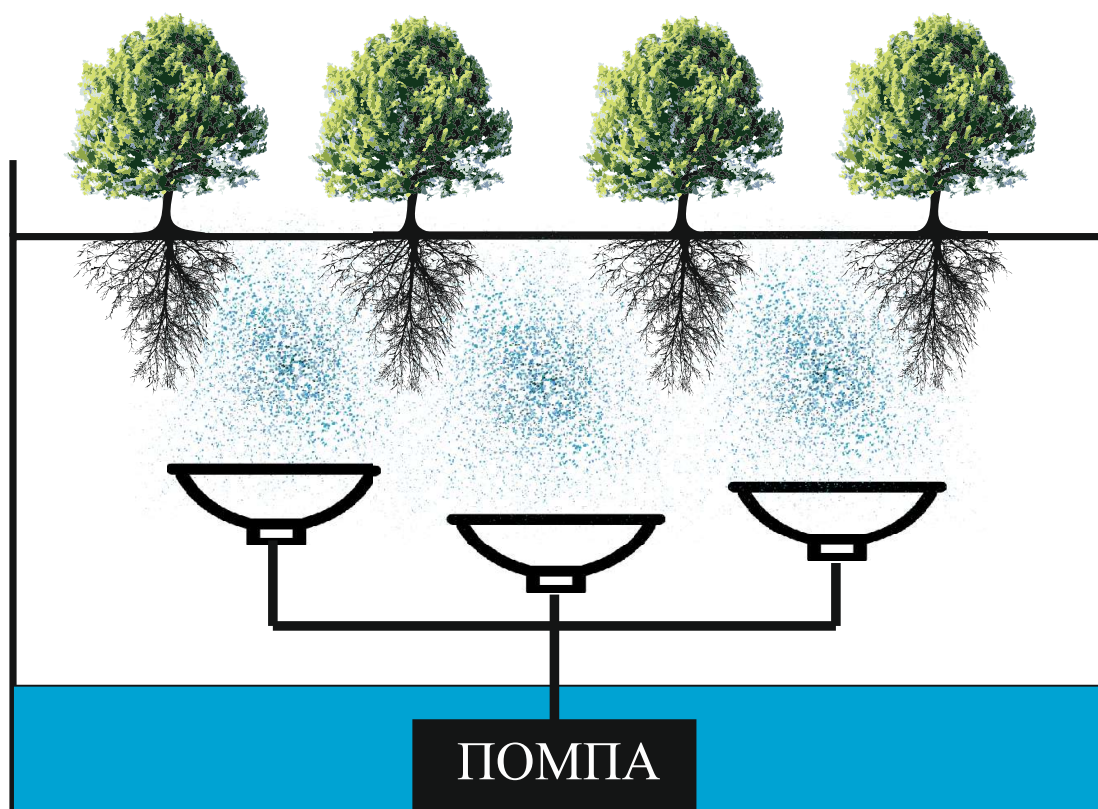


Рисунок 1.5 – Система аеропоніки

1.6 Огляд апаратних засобів, що використовуються в гідропоніці

1.6.1 Двигунита мотор-редуктори

Мотор-редуктор – це єдиний компактний вузол, що складається з редуктора і двигуна. Двигуни постійного струму втратили своє значення. Сьогодні редуктори найчастіше комбінуються з двигунами змінного струму або з серводвигунами.

Залежно від того, зменшує або збільшує редуктор частоту обертання двигуна (частоту обертання на вході), говорять про те, що саме він знижує або підвищує через передавальне відношення між значеннями частоти обертання на вході і виході редуктора.

Ще одним важливим параметром мотор-редуктора є максимальний крутний момент на вихідному валу. Він вказується в ньютон-метрах (Нм).

1.6.2 Елементи штучного освітлення

Сонячне світло не є однорідним, якщо розглядати його спектральний склад. Світло сонця – це промені, які мають різну довжину хвилі. Таким чином, світло – це частинка спектра електромагнітних хвиль, яку людина може бачити.

Рослини чутливі до синіх променів. І більш важливе значення має фізіологічно активна і фотосинтетична активна радіації. Найважливіші промені для рослин – помаранчеві (620-595 нм) і червоні (720-600 нм). Ці промені поставляють енергію для процесу фотосинтезу, а також «відповідають» за процеси, що впливають на швидкість їх розвитку.

Наприклад, пігменти з піком чутливості у червоній області спектра відповідають за розвиток кореневої системи, цвітіння рослин та дозрівання плодів. Для цього у теплицях використовуються натрієві лампи, в яких велика частина випромінювання припадає на червону область спектра.

					13.MP.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Так, наприклад, занадто велика кількість червоних і помаранчевих променів можуть затримати цвітіння рослини.

Також у фотосинтезі безпосередню участь беруть і сині, а також фіолетові промені (490-380нм). В їх функції входить стимулювання утворення білків і регулювання швидкості росту рослин. Рослини, які ростуть у природних умовах короткого дня, швидше зацвітають саме під впливом синіх та фіолетових променів.

Пігменти з піком поглинання в синій області відповідають за розвиток листя та загальний ріст рослини. Рослини, які вирости з недостатньою кількістю синього світла, наприклад, під лампою розжарювання, більш високі, бо вони тягнуться вгору, щоб отримати побільше "синього світла". Пігмент, який відповідає за орієнтацію рослини до світла, також чутливий до синіх променів.

Промені, які мають довгу хвилю (315-380 нм), не дозволяють рослині надмірно «витягуватися» і відповідають за синтез ряду вітамінів. У той же час ультрафіолетові промені, які мають довжину хвилі 280-315 нм, можуть підвищувати холодостійкість рослин. Таким чином, життєво важливими для розвитку рослин не є тільки жовті й зелені промені (565-490 нм). Таким чином, при організації штучного освітлення рослин необхідно, в першу чергу, враховувати їх потребу в особливому спектрі світла.

Як джерела світла можна використовувати лампи розжарювання, люмінесцентні лампи (ЛЛ), газорозрядні лампи (ГЛ), індукційні лампи, а також світлодіоди. В даний час професіоналами, в основному, використовуються газорозрядні і люмінесцентні лампи. У приміщеннях теплиць зазвичай встановлюють натрієві лампи високого тиску (НЛВТ) або металогалогенні (МГ) лампи. Останні, щоправда, все частіше стали замінювати на люмінесцентні внаслідок їх більшої економічності.

					13.МР.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Металогалогенні лампи (далі МГ-лампи) іноді використовують у першій (вегетативній) фазі росту рослин, оскільки вони випромінюють достатню кількість синього світла, яке сприяє зростанню зеленої маси на перших стадіях розвитку рослин. При цьому МГ-лампи мають пік випромінювання у районі жовтого кольору, що дозволяє їм добре замінити умови весняного та літнього природного освітлення.

Натрієві лампи високого тиску використовуються у другій (репродуктивній) фазі росту рослин, оскільки їх випромінювання має червонуватий відтінок. Червоний спектр сприяє цвітінню і утворенню плодів. Якщо натрієві лампи використовувати у стадії вегетативного росту, то рослини розвиваються і зростають швидше, але при цьому відстані між міжвузлями у них більше і, в цілому, рослини виявляються вищими. Даний тип ламп дуже популярний серед людей, що займаються вирощуванням рослин. На сьогоднішній день вони є кращим рішенням для садівників.

Іноді в обох періодах застосовуються МГ-лампи з додаванням червоного спектра або НЛВД-лампи з додаванням синього спектра.

Останнім часом на ринку з'явилися джерела фітоактивного освітлення на основі світлодіодів. Шляхом поєднання діодів різних кольорів отримують світильники ефективні як на стадії вегетації, так і у репродуктивний період.

Люмінесцентні лампи краще ламп розжарювання підійдуть для підсвічування рослин. Вони мають високу світловіддачу (до 70 Лм / Вт), низьке теплове випромінювання, великий термін служби та економічність при споживанні електроенергії. Дані лампи майже не гріються. Для їх пуску необхідні стартер і баласт. Потужність таких ламп залежить від їх розміру. Довгі і потужні лампи застосовувати краще, адже у них вище світловіддача. Дві лампи по 36 Вт кращий вибір, ніж чотири по 18 Вт. Лампи необхідно розташовувати на відстані до 50 сантиметрів від рослин.

					13.МР.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найбільш придатні для використання люмінесцентних ламп спеціальні полиці з подібними по висоті рослинами.

1.7 Огляд існуючих моделей гідропонних установок та визначення їх недоліків

Для порівняння і визначення недоліків існуючих моделей установок гідропонної системи розглянуто модель установки «АДАМ» (рис. 1.6) компанії «ALANA-ECO». Конструкція автоматизованого комплексу являє собою встановлений на рамі (2) барабан (1), який обертається за допомогою роликів (6). На барабані встановлені касети (3), в яких закріплені мінераловатні мати. Обертаючись, барабан занурює касети у піддон (7), в якому знаходиться живильний розчин. Необхідне освітлення для рослин надходить від HPS ламп, встановлених у світильнику (4). Весь процес контролюється блоком управління на базі ПЛК ALPHA 2. Процес вирощування рослин здійснюється шляхом плавного занурення касет з мінераловатними матами у живильний розчин, який з резервуара надходить у піддон за допомогою насоса і, після поливу рослин, відкачується назад. Форма дна піддону повторює траєкторію руху касет, що дозволяє використовувати невеликі обсяги розчину.

					13.МР.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

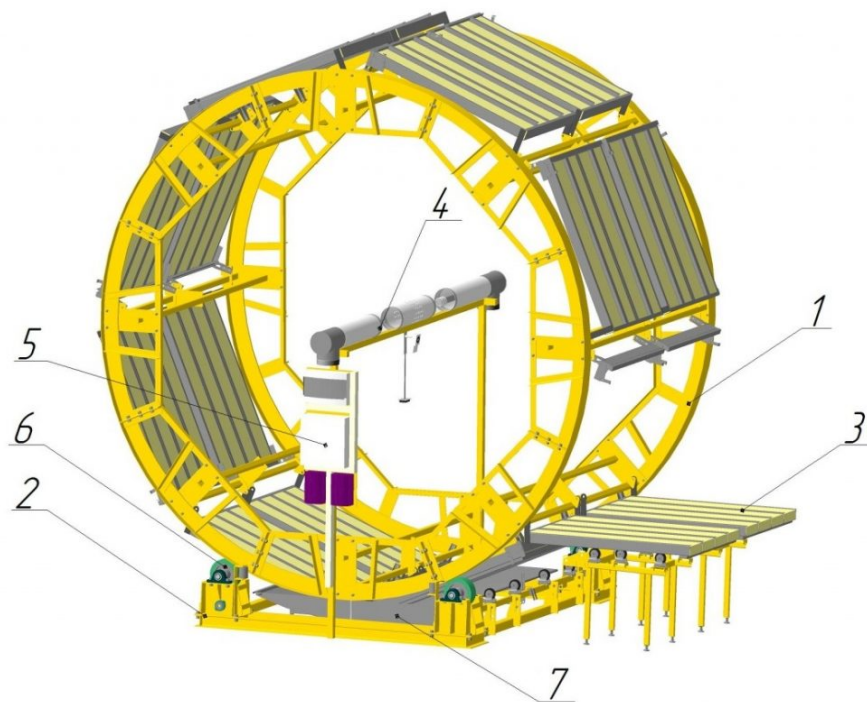


Рисунок 1.6 – Гідропонна система «АДАМ».

Дані рішення дозволяють використовувати рівно стільки розчину, скільки вбирає у себе субстрат, що, в цілому, зменшує кількість необхідного розчину у порівнянні з традиційною гідропонікою. Кількість поданого розчину, його температура, рівень рН, ЕС, а також тривалість процесу живлення рослин контролюються за допомогою відповідних датчиків згідно із заданими параметрами програми управління. Подача живильного розчину і його зворотний злив у резервуар здійснюється за допомогою одного реверсивного насоса з одним поворотним реверсивним клапаном, використовуючи при цьому всього один трубопровід. Таким чином, дана система дозволяє у два рази скоротити кількість технологічного обладнання, традиційно використовуваного у тепличних господарствах з гідропонним методом вирощування, та відповідної арматури.

У даній системі один істотний недолік – відсутність системи захисту від переливу. Якщо об'єднати систему «АДАМ» із системою, яка розглядається у дипломному проєкті, то ця проблема буде вирішена.

Висновки по розділу

Гідропонний метод вирощування рослин дозволяє контролювати кожну стадію процесу їх зростання, економити трудові та енергетичні ресурси, вирощувати більше життєздатних рослин.

Для всебічного розвитку гідропоніки з очікуваним результатом потрібно мати досвід вирощування рослин у ґрунті. Гідропоніка не прощає помилок і вимагає ретельного спостереження за процесом росту рослин.

Для більш економічно доведеного процесу вирощування рослин гідропонним методом необхідно використовувати комп'ютеризовану систему моніторингу та керування вологістю ґрунту, яка розроблена з урахуванням обґрунтованих технічних та економічних складових у даному дипломному проекті.

					13.МР.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					13.МР.175.6631м.03.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2 Проектування апаратних засобів системи моніторингу та керування вологістю ґрунту для гідропонної системи	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Гвозденко С.А.						
Керівник		Грешнов А.Ю.					32	25
Н.Контроль		Грешнов А.Ю.				НУК		
Зав. каф.		Жуков Ю.Д.						

2 Проектування апаратних засобів системи моніторингу та керування вологістю ґрунту для гідропонної системи

2.1 Формулювання вимог до мікропроцесорної системи керування

Система моніторингу та керування вологістю ґрунту призначена для автоматизованої роботи у закритому приміщенні та повинна виконувати функції моніторингу і регулювання вологості ґрунту. Додатково система має відображати температуру повітря і ґрунту, вологість повітря. Для виконання цих функцій на системі встановлюються датчики заданих фізичних величин. При надходженні запиту від ПК, система надсилає результати моніторингу. Якщо трапилась помилка запиту від ПК або датчик витрати розчину не подає імпульсів при ввімкненій pompі, то система повинна подати звуковий сигнал помилки за допомогою п'єзокерамічного резонатору.

Мікроконтролер у системі управління гідропонною теплицею згідно з розробленою структурною схемою має виконувати завдання:

1. Зчитувати показання електронних датчиків, наприклад, рН, температури, вологості.
2. Здійснювати керування освітленням та електричним насосом.
3. Передавати інформацію про стан теплиці через мережу Wi-Fi на смартфон, ноутбук або персональний комп'ютер, забезпечувати приймання та виконання команд оператора.

Обраний мікроконтролер повинен мати достатньо вільних виводів цифрових портів введення-виведення для керування електронасосом, світильником, опитуванням датчика температури та обміну інформацією з Wi-Fi. У мікроконтролері має бути присутніми не менше п'яти вільних цифрових виводів. Також слід врахувати, що обмін інформацією з поширеними Wi-Fi модулями здійснюється текстовими АТ командами для формування та зберігання яких мікропроцесор повинен мати достатньо оперативної пам'яті.

Мікропроцесорна система, що розробляється в дипломному проєкті, задовольняє наступним вимогам:

					13.MP.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

- система підтримує зв'язок по інтерфейсу TWI на швидкості 100 кбіт в секунду для роботи із монохромним дисплеєм і акселерометром;
- обв'язка мікросхеми малопотужного передавача MAX485 налаштована, по замовчанню, на прийом;
- на котушку реле гарантовано повинна надходити напруга, на яку вона розрахована;
- реле розраховане на струм, який споживає помпа;
- герметичність системи, бо середовище її перебування вологе;
- працездатність роботи системи у температурному діапазоні від 5°C до 50°C;
- резистори підтяжки для датчиків температури ґрунту, температури та вологості повітря, потоку розчину, повинні бути розраховані на рекомендовані у специфікації тривалості фронтів, в залежності від довжини лінії зв'язку;
- налаштоване звукове сповіщення при виявленні помилки;
- прийом та передача даних по інтерфейсу USART по створеному протоколу передачі.

2.2 Розробка структурної схеми системи керування

На рис. 2.1 представлено структурну схему системи моніторингу та керування вологістю ґрунту.

Центром структурної схеми є мікроконтролер, який зчитує покази з датчиків, зі стану кнопки енкодера і його положення. Отримані значення мікроконтролер зберігає у своїй ОЗУ та відправляє на ПК по інтерфейсу RS-485. Спеціальна програма на ПК відображає користувачу отримані показники: вологість ґрунту у чотирьох заданих точках, встановлений поріг вологості та температура. За допомогою цієї програми можна змінити поріг спрацювання помпи у залежності від вологості ґрунту; вручну ввімкнути чи вимкнути споживач.

					13.MP.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Сигналізація помилки відбувається за допомогою сигналу, який генерується портом вводу/виводу мікроконтролера. Для цього слід використовувати п'єзокерамічний резонатор без вбудованої мікросхеми генератору.

Налаштування порогу спрацювання помпи, у залежності від вологості ґрунту, виконується за допомогою інкрементального енкодера.

Датчики температури і вологості повітря та температури ґрунту мають програмну реалізацію за допомогою протоколів обміну даними. Для датчику температури та вологості повітря використовується один пін мікроконтролера, який при запиті до датчику працює у режимі передачі, а після запиту налаштовується на прийом.



Рисунок 2.1 – Структурна схема системи моніторингу та керування вологістю ґрунту

Для відображення даних, отриманих з датчиків, мікроконтролер працює із вбудованим на дисплеї контролером SSD1306 по інтерфейсу TWI. Цей контролер дозволяє виводити монохромне зображення із розширенням 128 на 64 пікселі, чого цілком достатньо для системи, яка розглядається у дипломному проекті.

Мікросхема MAX485 під'єднана до апаратного інтерфейсу USART мікроконтролеру, завдяки чому можна працювати із перериваннями по прийому та передачі даних, що значно полегшує написання програмного коду і знижує навантаження на мікроконтролер. Режим прийому чи передачі вибирається за допомогою виводів RE та DE мікросхеми MAX485. Для економії портів мікроконтролеру ці виводи суміщені. Ця можливість зумовлюється роботою цих виводів у протифазі, тобто при подачі напруги до обох виводів активним буде лише один.

Датчик витрат розчину виготовлений із використанням постійного магніту та цифрового датчику Холла (далі ДХ). ДХ працює на принципі ефекту Холла, який полягає в тому, що якщо у магнітне поле помістити пластину, через яку протікає струм, то електрони в пластині будуть відхилятися у напрямку, перпендикулярному напрямку струму. У яку саме сторону будуть відхилятися електрони залежить від полярності магнітного поля. Цифрові ДХ поділяються на уніполярні та біполярні: перші вмикаються магнітним полем певної полярності і вимикаються при зниженні індукції поля; біполярні вмикаються полем однієї полярності, а вимикаються полем протилежної полярності. ДХ під'єднаний до порту мікроконтролеру, який налаштований на апаратне переривання INT1 по зростаючому фронту.

Кнопка, яка вбудована в енкодер і використовується для зміни режиму, спрацьовує на апаратне переривання INT0, яке налаштоване по спадному фронту, тобто коли кнопка енкодеранатиснена, спрацьовує лише один раз з моменту натиску до моменту відпуску.

2.3 Розробка принципової схеми та розрахунок елементів

Принципова схема системи моніторингу та керування вологістю ґрунту (рис. 2.2) побудована за допомогою інтернет сервісу EasyEDA. Цей сервіс вибраний через значну кількість наступних переваг: найбільш велика елементна база з чисельною кількістю типів монтажних місць для

					13.MP.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

проектування друкованої плати; доступ до проекту у будь-якому місці, де є доступ до інтернету; легкість і швидкість проектування та інші.

Пасивні електронні компоненти, які знаходяться на принциповій схемі, вибираються із запасом у два рази по напрузі і можливою похибкою у 10%.

Конденсатори C1, C2 використовуються в якості обв'язки мікросхеми лінійного стабілізатора AMS1117-3.3. Вони електролітичні з низьким еквівалентним послідовним опором та номіналами 10 мкФ і 22 мкФ для усунення низькочастотних перешкод. Номінали цих конденсаторів взято як рекомендовані у документації на мікросхему. Конденсатори мають розмір tantal_V і розраховані на максимальну напругу у 10 Вольт.

					13.MP.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

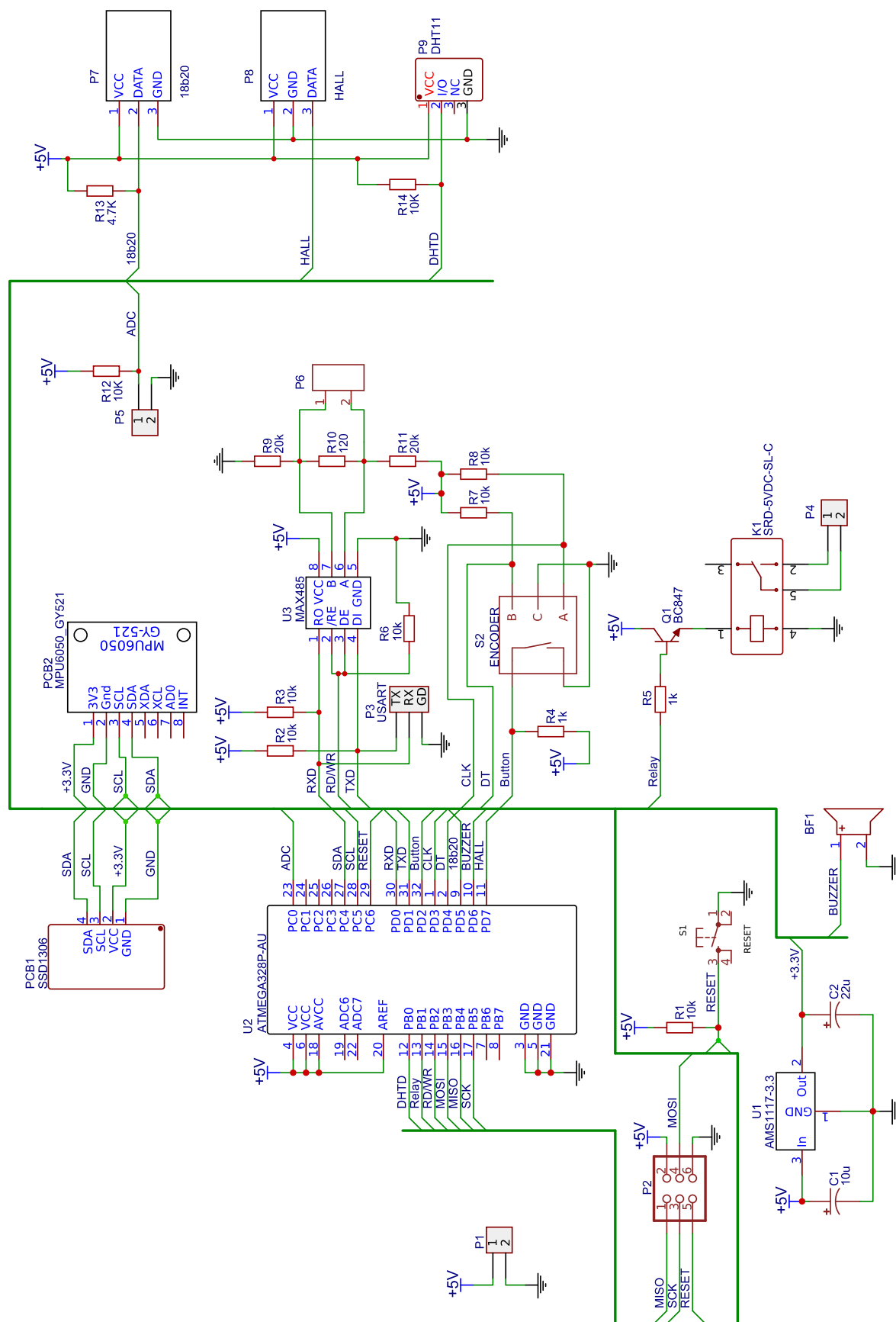


Рисунок 2.2 – Принципова схема системи моніторингу та керування вологістю ґрунту

Резистор R1 виконує функцію підтяжки виводу RESET мікроконтролеру до напруги 5 Вольт, що забезпечує функціонування контролеру у відповідності до коду програми.

Резистори R2 та R3 задають напругу у 5 Вольт на входах прийому та передачі перетворювача MAX485. Це означає, що напруга 5 Вольт буде логічним нулем, а напруга 0 Вольт – логічною одиницею.

Резистор R4 задає напругу на вході мікроконтролера PD2, який відповідає за стан кнопки енкодера, якщо на вході PD2 напруга 5 Вольт, то кнопка відпущена, а якщо 0 Вольт, то нетиснена.

Резистор R5 відповідає за струм, який протікає у ланцюгу бази, що, в свою чергу, впливає на струм, який протікає через котушку реле. Транзистор Q1 має працювати у ключовому режимі. Струм колектора розраховується як напруга, від якої гарантовано спрацює реле. В нашому випадку, це 5 Вольт розділені на опір котушки реле (із специфікації на реле це 60 Ом) отримаємо 84 мА. При цьому струм бази має бути не менш, ніж струм колектора, розділеного на коефіцієнт підсилення струму транзистора. У транзистора BC847 виробництва Infineon це значення коливається від 200 мкА до 600 мкА, в залежності від групи використання. У результаті, струм бази має бути від 420 мкА, тобто резистор R5 має бути менше 11 905 Ом.

Резистор R6 виставляє напругу у 0 Вольт на вході вибору режиму роботи мікросхеми MAX485, тобто по замовчанням мікросхема працює як прийомник.

Резистори R7, R8, R9 ,R11 виставляють напругу на лініях передачі даних енкодера та інтерфейсу RS485. Резистор R10 виконує функцію навантаження лінії, із специфікації на мікросхему MAX485 для лінії менше 100 метрів у довжину, його значення складає 120 Ом.

Резистор R12 разом із опором ґрунту утворює дільник напруги. Його значення розраховано експериментально і складає 10 кОм.

Резистори R13 та R14 вибираються в залежності від довжини лінії зв'язку між мікроконтролером і датчиками.

					13.MP.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

2.4 Розробка печатної та монтажно́ї схем

Друкована плата системи моніторингу та керування вологістю ґрунту розроблена за допомогою сервісу EasyEDA. Плата виконана на двосторонньому фольгованому стеклотекстоліті товщиною 1,6 мм та товщиною шару міді 0,035 мм. Більшість компонентів розміщені на платі за допомогою поверхневого монтажу. На друкованій платі кріпляться роз'єми для подачі напруги живлення, для зв'язку із ПК, для під'єднання помпи та датчиків: вологості ґрунту, витрат розчину, температури та вологості повітря, температури ґрунту. Доріжки, які ведуть до мікроконтролеру, мають ширину 0,4 мм і розраховані на струм до 600 мА. Ширина доріжок, які ведуть від роз'єму помпи до реле, складає 1,5 мм. Під час виробництва на ці дорожки необхідно нанести максимально можливий додатковий шар припою для забезпечення струму до 10 А. Усі резистори мають розмір 0,805 та розсіювачу потужність 0,125 Вт.

Друкована плата двостороння і складається з верхнього шару (рис. 2.3) та нижнього шару (рис. 2.4). Шари об'єднуються за допомогою металізації отворів. На витравлені шари міді наноситься захисна маска, на яку додатково наносяться шари шовкографії для пришвидшення монтажу та ремонту.

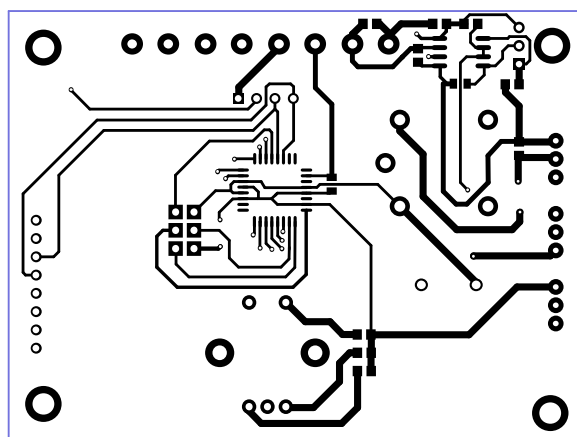


Рисунок 2.3 – Верхній шар друкованої плати

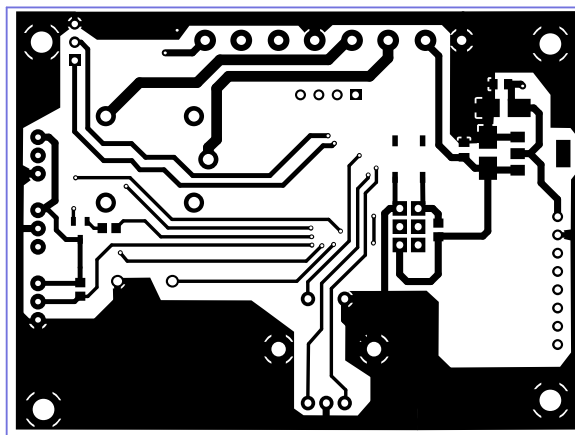


Рисунок 2.4 – Нижній шар друкованої плати

Після того, як визначені розміри плати і монтаж елементів, потрібно виготовити саму плату. Існує багато способів виготовлення друкованих плат. Серед них є наступні: гальванохімічний метод, метод хімічного травлення фольгованого діелектрика, метод переносу схеми із запресуванням в ізоляційну основу та ін.

Для виготовлення зразка системи я використала метод хімічного травлення фольгованого діелектрика. Суть даного метода полягає у нанесенні малюнка схеми кислотостійкою фарбою з послідуєчим витравленням фольги з пробільних ділянок. Цей метод забезпечує отримання чітких ліній провідників друкованої плати, потребує менших трудових затрат у порівнянні з іншими методами, має високу роздільну здатність (до 10 ліній на 1 мм), легко піддається автоматизації. До недоліків цього метода можна віднести хімічну дію розчину на ізоляційну основу, що погіршує діелектричні властивості матеріалу.

Технологічний процес виготовлення друкованої плати розділений на наступні основні операції: підготовка поверхні (знежирення), нанесення малюнку кислотостійкою речовиною (фарбою), хімічне травлення, видалення кислотостійкого шару, механічна обробка плати та нанесення захисного шару (покриття лаком). Для виробництва друкованих плат є кілька хімічних методів.

Метод 1. Розчин 300 г/л хлорного заліза розчиняється у нагрітій до 60°C воді у скляному посуді. Розчин має темно-коричневий колір. Травлення плати краще робити у ванні із пластику. При травленні температура розчину підтримується на рівні 60°C. Травлення триває від двох до десяти хвилин залежно від площі травлення.

Метод 2. Розчин 300 г/л соляної кислоти розчиняється у нагрітій до 60°C воді. У розчин додається 40 г кухонної солі (NaCl) і 50 г мідного купоросу (CuSO₄). Розчин має прозорий жовто-салатовий колір. Він заливається в пластикову ванну, куди опускаються чотири таблетки пергідролі. Потім на ці таблетки стороною травлення лягає плата. Під час травлення розчин змінює колір на зелений. Травлення триває від 60 секунд до 15 хвилин (залежно від площі травлення). Для прискорення процесу у розчин можна додавати таблетки пергідролі, стежачи за готовністю плати. Якщо плата буде перебувати у травильному розчині занадто довго, то можливо втравлювання міді під захисним шаром печатки провідників.

Метод 3. Потрібно приготувати розчин, що складається з 1-ої частини персульфата амонію і 4-х частин води температурою близько 40 °C.

Для забезпечення достатньої жорсткості при впливі на неї механічних зусиль друкована плата повинна бути прямокутної форми зі співвідношенням сторін не більше 1:2. Деформація плати не повинна перевищувати 1,3 мм по всій довжині плати. Для виготовлення друкованої плати необхідно використовувати позитивний спосіб.

Мікроконтролер має корпус QFP-32 із відстанню 0,8 мм між початками виводів. Склад мікросхеми MAX485: корпус SOIC-8, датчики температури та вологості повітря, датчик температури ґрунту, датчик витрат розчину. Всі комплектуючі з'єднуються із платою за допомогою роз'ємів WH-3.

					13.MP.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

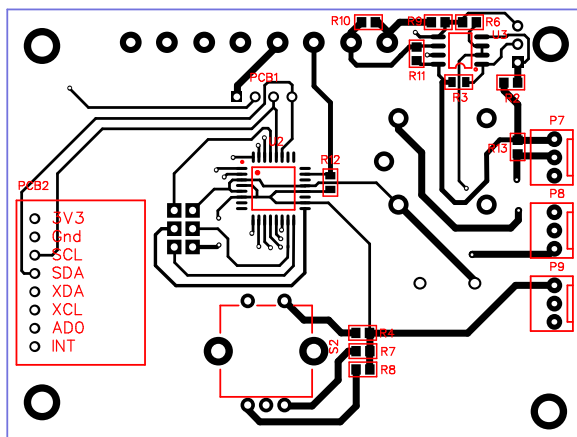


Рисунок 2.5 – Монтажна схема верхнього шару друкованої плати

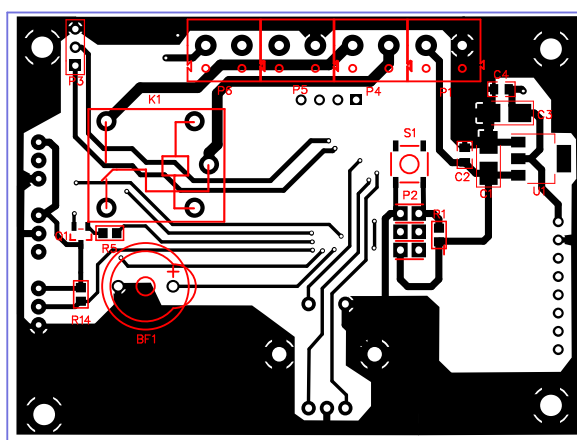


Рисунок 2.6 – Монтажна схема нижнього шару друкованої плати

2.5 Моделювання системи моніторингу та керування вологістю ґрунту для гідропонної системи.

Моделювання системи керування проводилось засобами програмного забезпечення Proteus8.4. Proteus являє собою систему схемотехнічного моделювання, що базується на основі моделей електронних компонентів, прийнятих в PSpice. Відмінною рисою пакету Proteus Professional є можливість моделювання роботи програмованих пристроїв: мікроконтролерів, мікропроцесорів, DSP та інше. Додатково в пакет Proteus Professional входить система проектування друкованих плат. Proteus Professional може стимулювати роботу наступних мікроконтролерів: 8051,

The screenshot displays a digital oscilloscope interface. The main display area shows a square wave on Channel A (yellow) and a horizontal line on Channel B (red). The interface includes several control panels:

- Trigger Panel:** Includes a Level slider (set to 0), AC/DC coupling, a Trigger menu (set to Edge), Auto/One-Shot/Source selection, and a Source selector (set to A).
- Channel A Panel:** Includes Position sliders (set to 0), AC/DC coupling, a Position menu (set to OFF), Invert, A+B, and a scale knob (set to 5 mV).
- Channel B Panel:** Includes Position sliders (set to 0), AC/DC coupling, a Position menu (set to OFF), Invert, C+D, and a scale knob (set to 5 mV).
- Horizontal Panel:** Includes Source selection (set to A), a Position display (set to 13960), and a scale knob (set to 0.5 ms).
- Channel C Panel:** Includes Position sliders (set to 0), AC/DC coupling, a Position menu (set to OFF), Invert, C+D, and a scale knob (set to 5 mV).
- Channel D Panel:** Includes Position sliders (set to 0), AC/DC coupling, a Position menu (set to OFF), Invert, C+D, and a scale knob (set to 5 mV).

					13.МР.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

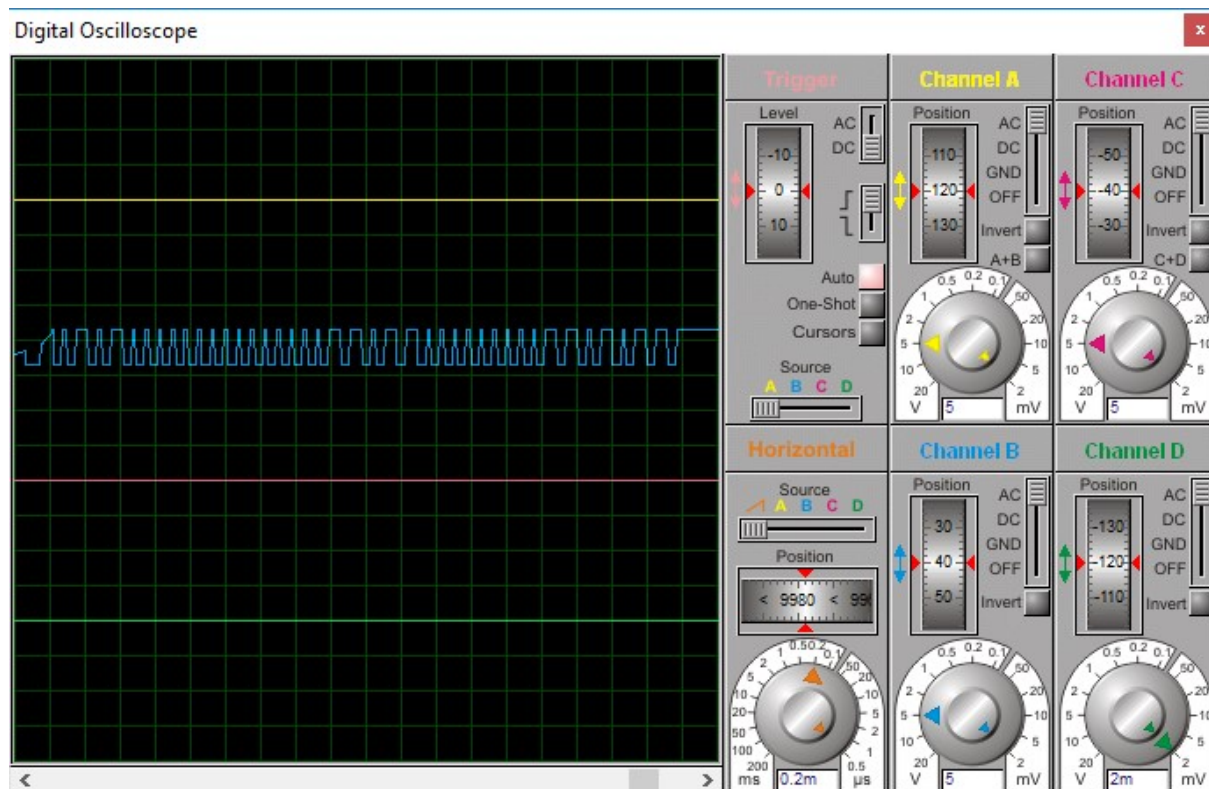


Рисунок 2.9 – Осцилограми сигналів на датчику температури та вологості DHT11

[illegible]

Рисунок 2.10 – Сигнали ініціалізації дисплею по інтерфейсу TWI

					13.МР.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.6 Розрахунок надійності системи моніторингу та керування

Для визначення вірогідності безвідмовної роботи системи потрібно знати потоки відмов кожного з елементів схеми. Потоки відмов елементів схеми зведені у нижченаведеній таблиці.

Елементи	$\lambda_i \cdot 10^5, \text{ годин}^{-1}$	кількість
Напівпровідникові прилади	0,5	9
Резистори	0,25	14
Конденсатори	0,15	2

Сумарна інтенсивність відмов визначається за формулою:

$$\lambda_0 = \sum_{i=1}^n n_i \cdot \lambda_i ,$$

де n_i – кількість елементів, λ_i – інтенсивність відмов елементів.

$$\lambda := \frac{0.5 \cdot 9 + 0.25 \cdot 14 + 0.15 \cdot 2}{10^5} = 8.3 \times 10^{-5} \text{ (год.}^{-1}\text{)}.$$

Середній час безвідмовної роботи дорівнює:

$$m_t := \frac{1}{\lambda} = 1.205 \times 10^4 \text{ (год.)}.$$

Вірогідність безвідмовної роботи розраховується за формулою:

$$P(t) = e^{-\lambda_0 \cdot t} .$$

На малюнку 2.11 представлено графік вірогідності безвідмовної роботи.

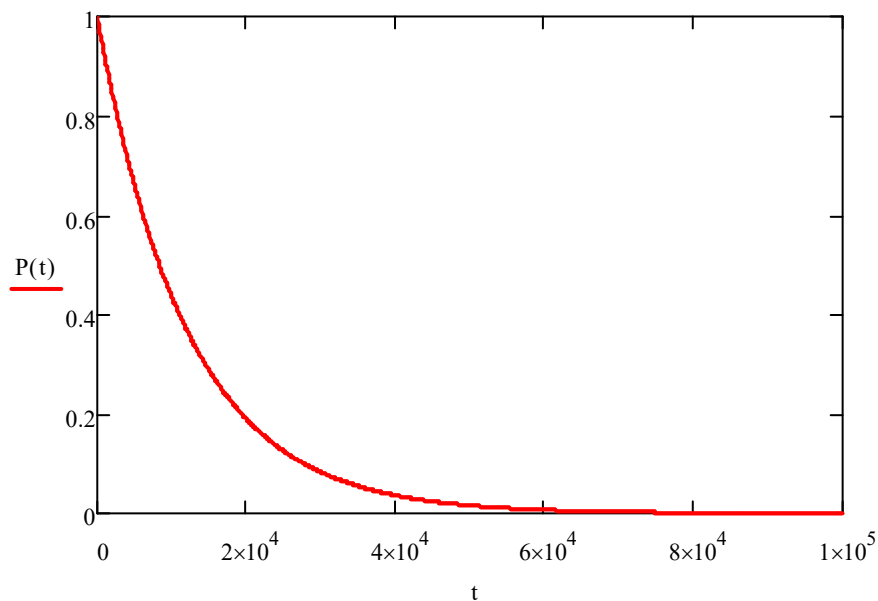


Рисунок. 2.11 – Графік вірогідності безвідмовної роботи.

Час безвідмовної роботи визначається при вірогідності безвідмовної роботи, рівній 0,25. Час безвідмовної роботи визначається за формулою:

$$t = -\frac{1}{\lambda_0} \cdot \ln(P) ,$$

$$t := \frac{-1}{\lambda} \cdot \ln(0.25) = 1.67 \times 10^4 \text{ (год.)}.$$

Із розрахунків видно, що час безвідмовної роботи складає 16 700 годин, що дорівнює приблизно 700 днів безперервної роботи.

2.7 Контроль за роботою керування вологістю ґрунту для гідропонної системи за допомогою Wi-Fi модуля.

З метою керування гідропонною системою через смартфони необхідно застосувати мікроконтролери з низьким енергоспоживанням та швидким запуском, до яких можна віднести мікроконтролер марки ATmega8L-8PU. В ньому частоту можна задавати внутрішнім або зовнішнім ланцюгом. Роботу на частоті вище 8 МГц можна забезпечити тільки з використанням зовнішнього кварцового резонатора. А для відносно повільної роботи мікроконтролера і завдань контролю показань датчиків і керування реле

					13.MP.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

можливе застосування внутрішнього частотозадавального ланцюга, що злегка зменшує кількість елементів у принциповій схемі пристрою.

Манкіровка мікропроцесора ATmega8L-8PU

AT вказує на виробника Atmel;

Mega - це вид сімейства. Крім MegaAtmel випускає мікроконтролери сімейств Tiny і Xmega. У Tiny менше пам'яті, ніж відповідно у Mega, але корпуси бувають з невеликим числом виводів від 6 до 20;

8 - об'єм флеш-пам'яті в кілобайтах. Числом, що вказує на обсяг пам'яті, є ступінь двійки.

Буква L вказує на низьковольтну серію. Такі мікроконтролери можуть працювати від 2,7 вольт, що правда гранична частота зазвичай нижча, ніж у контролерів, що працюють від 5 вольт;. Слід зазначити, що ключовий елемент розробки Wi-Fi модуль передбачається виконати на ESP8266, що працює на напрузі 3,3 В. І в разі використання стандартного мікроконтролера AVR, що живиться від напруги 5 вольт, необхідне використання схем перетворення логічних рівнів 3,3 В - 5 В між мікроконтролером і модулем Wi-Fi. У нашому випадку можливість роботи на низькій напрузі є плюсом.

8 - максимальна частота в мегагерцах;

P - тип корпусу. Це дуже важлива особливість. P - DIP корпус, це найбільший і громіздкий вид корпусів, але монтаж його найпростіший.

Існують спеціальні панельки, які можна припаяти замість мікроконтролера в плату, а сам мікроконтролер можна поміщати і виймати, що буває зручним на етапі створення дослідного зразка або створення і налагодження програми. Корпуси виду SOIC (індекс S) або TQFP 24 (індекс A) без хорошого досвіду пайки та вміння витравити якісну друковану плату, на жаль, досить важко друковану плату, на жаль, досить важко використовувати.

					13.MP.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

U - це тип виконання мікроконтролера, можливий промисловий I варіант або комерційний - U. Тип виконання впливає на допустимі температури роботи, контроль якості та на ціну.

Мікроконтролер ATmega8L-8PU має ключові особливості:

- високопродуктивний із низьким енергоспоживанням восьмибітний мікроконтролер;

- базується на розширеній RISC архітектурі зі 130 командами, більшість яких виконуються за один такт;

- має апаратну підтримку множення, що виконується за два такти;

- 8 кб флеш-пам'яті, 512 байт EEPROM, 1 кб оперативної пам'яті;

- два 8-бітних і один 16-бітний таймер-лічильник;

- годинник реального часу;

- три ШІМ-канали;

- шість каналів АЦП (8 у мікроконтролерів цієї марки в інших корпусах);

- підтримка послідовного UART-інтерфейсу;

- аналоговий компаратор;

- вбудований RC-генератор, що задає частоту роботи;

- 23 лінії введення-виведення;

- DIP корпус із 28 виводами;

- напруга живлення від 2,7 В до 5,5 В;

- частота від 0 до 8 МГц;

- споживаний струм при 25 градусах за шкалою Цельсія на частоті 4 МГц становить 3,6 мА в активному режимі.

Зображення корпусу, представлене в офіційній технічній документації мікроконтролера, з назвами всіх виводів показано на малюнку 2.12.

					13.MP.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

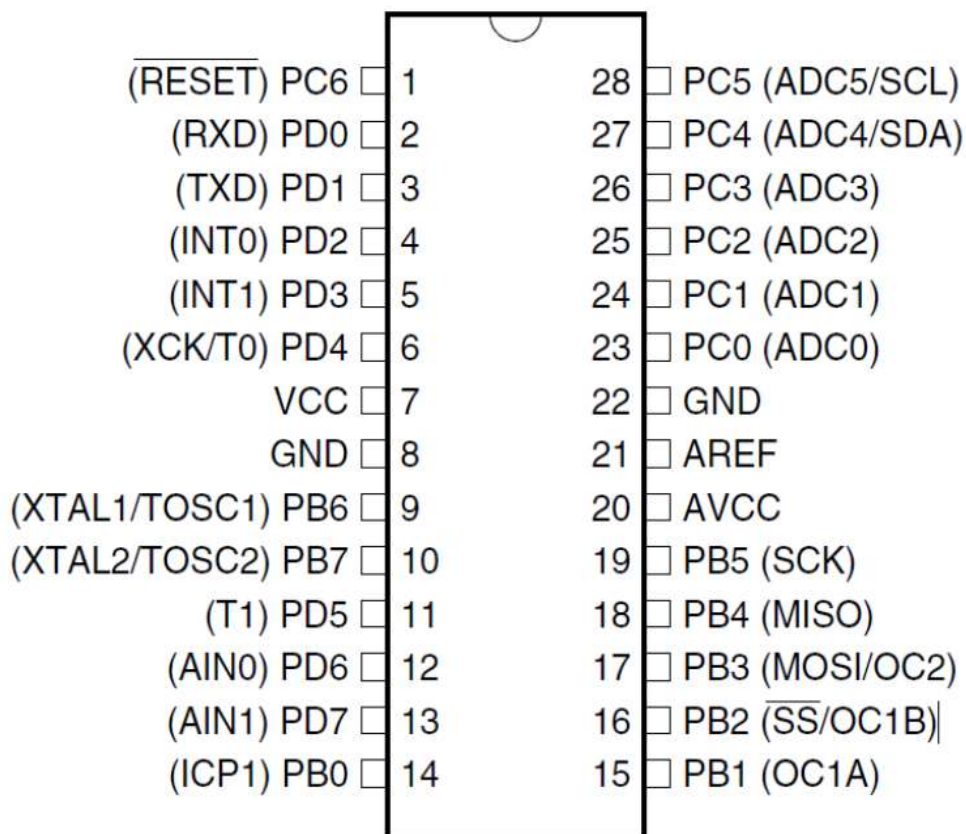
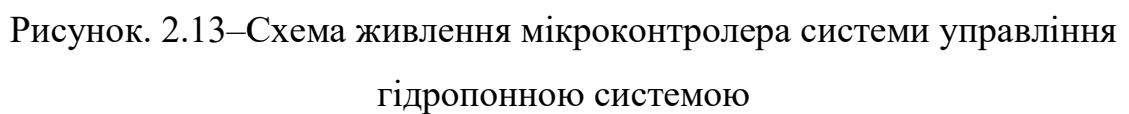


Рисунок. 2.12– Виводи мікроконтролера ATmega8L-8PU

Для роботи мікроконтролеру необхідна електрична енергія.

Живлення під'єднується до виводів Vcc (від 2,7 В до 5,5 В) і GND (земля). AVCC - окреме живлення аналого-цифрового перетворювача і порту C(3..0). АЦП це дуже точний вимірювач напруги, його живлення бажано підключати через додаткові фільтри, щоб перешкоди в звичайному живильному ланцюзі, не впливали на якість вимірювання. З цією метою в точних схемах в AVCC подається напруга через фільтрувальний дросель. Якщо не передбачається використовувати АЦП для вельми точних вимірювань, то цілком допустимо на AVCC подати ту саму напругу, що і на Vcc, але підключити AVCC до джерела живлення необхідно.

Схема живлення мікроконтролера показана на малюнку 2.13.



					<i>13.МР.175.6631м.03.ПЗ</i>	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

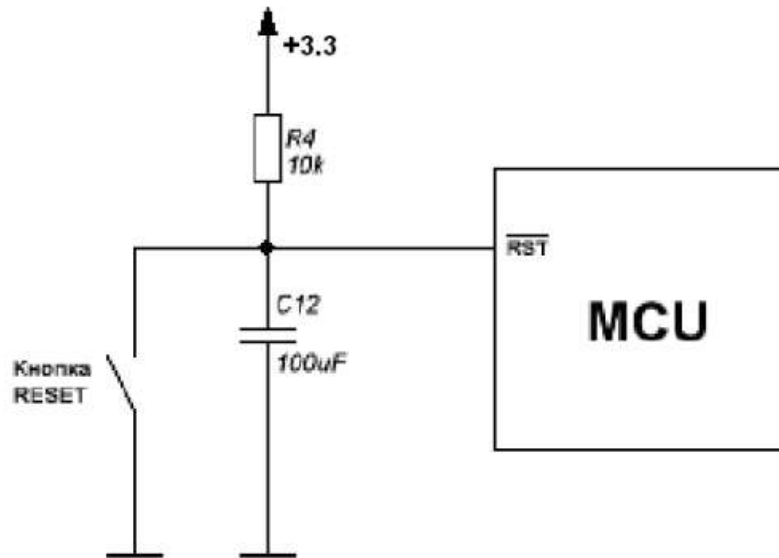


Рисунок. 2.14- Ланцюг надійного скидання мікроконтролера

Такий ланцюг дає змогу скидати схему натисканням на кнопку і застосовується у налагоджувальних платах, контролерах Arduino тощо. Під час увімкнення схеми конденсатор розряджений і напруга RESET близька до нуля - мікроконтролер не запускається, з часом же конденсатор зарядиться, напруга RESET досягне одиниці, мікроконтролер запуститься. Затримка запуску становить приблизно $T = RC$. Тобто, якщо номінал резистора 10 кОм, а ємність 100 мкФ, схема запуститься приблизно через одну секунду. Крім того, старі мікроконтролери, наприклад, AT89C51, могли взагалі не запуститися без такого ланцюга. В нашому випадку користувач не матиме прямого доступу до плати системи управління системою, тому просто виключимо кнопку для скидання з розглянутого ланцюга, обмежившись резистором і конденсатором.

Згідно з рекомендацією Atmel живлення АЦП AVCC підключено через низькочастотний фільтр, що включає дросель номіналом 120 мкГн. Також вважається за необхідне встановити керамічний конденсатор ємністю 100 нФ між VCC і GND якомога ближче до виводів живлення - він згладить короткі імпульсні перешкоди, спричинені роботою цифрових схем, у шині живлення. Конденсатор ємністю 47 мкФ у 29 ланцюзі живлення застосовується для згладжування глибоких кидків напруги живлення.

Це мінімальна схема, необхідна для застосування мікроконтролера в системі керування. Завантажується програма за допомогою програматора, підключеного до виводів SCK, MISO, MOSI, RESET, VCC, GND, і комп'ютера. Сьогодні випускається досить велика кількість спеціальних налагоджувальних плат, що включає майданчик для тимчасового встановлення мікроконтролера під час програмування. Тому вважатимемо, що припаяний до плати системи управління теплицею буде вже запрограмований мікроконтролер. Під час робіт зі створення першого дослідного зразка майданчик для нього. Для спрощення друкованої плати не будемо використовувати ці виводи для програмування мікроконтролера. Найбільш поширеним, інструментальним програмним забезпеченням для розробки програм мікроконтролерів AVR архітектури є AVR Studio. Програма пишеться мовою програмування Сі або асемблер, компілюється в hex-файл, який завантажується в мікросхему за допомогою програматора.

Модуль являє собою, по суті, перетворювач інтерфейсу UART-Wi-Fi. UART є одним із найстаріших цифрових інтерфейсів, що включають лінії передачі інформації RX і TX. Варто зазначити, що багато мікроконтролерів, зокрема й обраний мікроконтролер ATmega8L-8PU, мають підтримку UART. Інтерфейс добре підтримується стандартними бібліотеками засобів розробки програмного забезпечення. Іншими словами для приймання та передавання даних між Wi-Fi модулем і мікроконтролером системи керування необхідно з'єднати відповідні виводи RX і TX і зазвичай використовувати бібліотеку в програмі для організації апаратного UART. Або організувати програмний UART, якщо апаратний 31інтерфейс не може бути використаний з якихось причин. Програма обмінюється інформацією з Wi-Fi модулем пересиланням текстових команд. Кожна текстова команда розбивається на масив символів, а кожен символ послідовно біт за бітом передається по лініях RX і TX згідно зі специфікацією UART.

Плата модуля Wi-Fi представлена на малюнку 2.15.

					13.MP.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

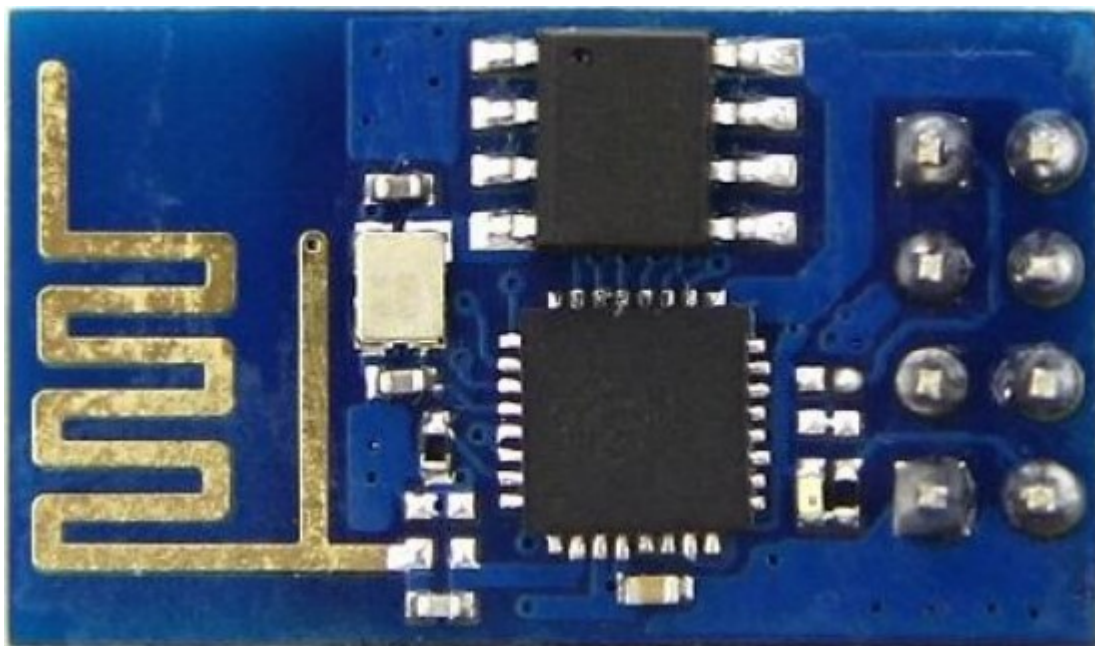


Рисунок 2.15 - Плата модуля Wi-Fi

На представленій платі розташовується власне мікросхема Wi-Fi, розширена версія 32-бітного процесора Tensilica's L106 Diamonseries, відрізняється від аналогів високим ступенем інтеграції компонентів. Модуль створено для використання в IP-камерах, переносній електроніці, бездротових датчиках, елементах розумного будинку, іншими словами має стати основою майбутнього «Інтернету речей». Плата може використовуватися у двох основних режимах: 1) у вигляді моста UART-WiFi, коли модуль керується іншим мікроконтролером за допомогою AT-команд 2) нового рішення, що використовує сам чип ESP8266 в якості керуючого мікроконтролера. На жаль, другий варіант не підходить, оскільки на платі недостатньо виводів для підключення всіх датчиків і виконавчих пристроїв, незважаючи на більш низьку ціну такого рішення і достатність обчислювальних ресурсів 32-бітного процесора. Антена Wi-Fi виконана друкованим провідником необхідної форми на платі. Плата містить стандартну обв'язку мікроконтролерів: кварцовий резонатор, конденсатори, резистори, а також світлодіодні індикатори. Найбільший елемент - це роз'єм 4 на 2 штирі

На малюнку 2.16 наведені назви виводів модулю

					13.MP.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

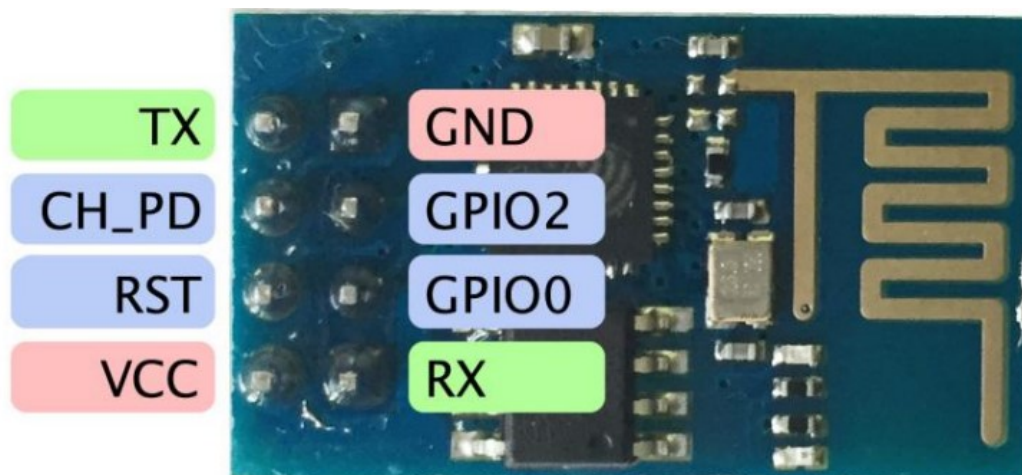


Рисунок 2.16 – Виводи модуля Wi-Fi ESP8266

VCC необхідно підключити до 3,3 В. Варто зазначити, що від п'яти вольт працювати модуль точно не буде, навіть якщо і не згорить миттєво при подачі такої напруги живлення. GND - земля. RX Wi-Fi модуля необхідно з'єднати з лінією TX основного мікроконтролера, TX модуля з RX мікроконтролера, за умови роботи останнього на напрузі 3,3 В. Усі інші виводи згідно з документацією, це GPIO0, GPIO2, RST, CH_PD, необхідно підключити через резистор від 5 до 50 кОм до 3,3 В. Логічний нуль на RST скине модуль у разі зависання, CH_PD щось на кшталт «ChipEnable» використовується під час увімкнення цієї мікросхеми. GPIO0, GPIO2 програмовані виводи, використовуватися нами не будуть.

Основні характеристики Wi-Fi модуля ESP8266 такі:

- напруга живлення 3,3 В;
- струм під час передачі даних до 215 мА;
- струм під час приймання даних до 62 мА;
- реалізує протокол 802.11 b/g/n протокол;
- потужність у режимі 802.11b +20.5 дБм;
- два додаткові виводи GPIO0, GPIO2;
- вбудований програмований 32-бітний мікропроцесор;
- робоча температура від -40 до +125 градусів за шкалою Цельсія;
- максимальна відстань зв'язку 100 метрів.

З появою недорогих рішень навіть у підприємств малого бізнесу з'являється недоступна досі можливість підключення своїх пристроїв до своїх пристроїв до Wi-Fi-мережі.

В нижченаведеній таблиці наведені основні AT-команди Wi-Fi ініціалізації модуля ESP8266.

№	Команда	Опис
1.	AT	Проста тестова команда. При нормальному функціонуванні модуля відповідь має бути ОК
2.	AT+RST	Виконує перезавантаження модуля. Після перезавантаження відповідь має бути ready
3.	AT+GMR	Перевіряє і повертає у відповіді версію мікрокоду модуля
4.	AT+CWMODE=<режим>	Задає режим роботи модуля: 1 - клієнт, 2 - режим точки доступу, 3 - суміщений режим
5.	AT+CWLAP	За допомогою цієї команди можна отримати список усіх точок доступу в радіусі виявлення
6.	AT+CWLAP==<ім'я>,<пароль>	Підключитися до точки доступу
7.	AT+CWLAP	Відключитися від точки доступу
8.	AT+CWSAP=<ім'я>,<пароль>,<канал>,<шифрування>	Ініціалізувати точку доступу на самому модулі
9.	AT+CWLIF	Отримати список усіх пристроїв, підключених до точки доступу модуля
10.	AT+CIPSTATUS	За допомогою цієї команди можна дізнатися статус TCP з'єднання

Найчастіше смартфони підключаються до існуючій точці доступу, якою, у даному випадку, буде досліджувана гідропонна система.

Висновки по розділу

У даному розділі розглянуто питання розробки друкованої плати, починаючи з етапу проектування принципової схеми до моменту остаточної фізичної реалізації ідеї у виготовлений прилад. Проведені розрахунки номіналів компонентної бази і надійності виготовленого по розробленому проекту приладу. Описаний принцип дії пристрою і приведено результати моделювання його роботи.

Використання сучасних технологій на основі мікропроцесорних систем відкриває нові можливості у підвищенні технічних характеристик електронної автоматики, які мають можливість гнучко переналагоджуватись у процесі їх фактичного використання за відповідним напрямком.

Доведені можливості керування системою із застосуванням смартфонів для створення системи управління штучним мікрокліматом.

Дана научна розробка є актуальним рішенням для автоматизації процесів людської діяльності у сучасному світі різноманітних рішень мінімізації впливу людського фактору на будь-який виробничий процес.

У розділі доведено, що застосування в якості управляючого приладу мікропроцесора з розширеною архітектурою дає високе виробництво поряд з низьким енергоспоживанням.

					13.MP.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

					13.МР.175.6631м.03.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Гвозденко С.А.			ЗПрограмна реалізація алгоритмів моніторингу та керування вологістю ґрунту для виращування рослин	Лім.	Арк.
Керівник		Грешнов А.Ю.					Акрушів
Н.Контроль		Грешнов А.Ю.					58
Зав. каф.		Жуков Ю.Д.					11
						НУК	

3 Програмна реалізація алгоритмів моніторингу та керування вологістю ґрунту для вирощування рослин гідропонним методом

3.1 Вимоги до програмних засобів системи моніторингу та керування вологістю ґрунту

Система моніторингу та керування вологістю ґрунту повинна працювати без обов'язкового зв'язку з ПК і відсилати дані з датчиків лише тоді, коли зв'язок з ПК налагоджено. Даний безперервний зв'язок сприятиме економії ресурсів мікроконтролеру і обсягу необхідної електроенергії. Поріг спрацьовування помпи повинен зберігатися у енергонезалежній пам'яті мікроконтролеру для його збереження після вимикання приладу. Система моніторингу повинна враховувати ряд індикацій помилок: відсутність розчину, помилка запиту ПК та інших, інформування про які відбувається за допомогою звукового сигналу, окремого для кожної з помилок.

Програма системи моніторингу облаштовується двома режимами роботи: налаштуванням порогу спрацьовування помпи, незалежності від вологості ґрунту, та налагоджуванням робочого режиму для виводу відповідних даних на дисплей ПК. У залежності від заданих режимів роботи система буде виконувати певні дії. Обмін даними з ПК повинен виконуватися тільки у робочому режимі. Перехід з одного режиму в інший повинен виконуватися за допомогою кнопки енкодера, а налаштування режимів змінюється обертанням ручки енкодера. Покази з датчиків повинні оновлюватися один раз у дві секунди.

В основу роботи системи моніторингу та керування вологістю ґрунту покладено програмний принцип керування, який полягає в тому, що мікроконтролер виконує дії за заданою заздалегідь програмою. Цей принцип забезпечує універсальність використання мікроконтролера: у певний момент часу розв'язується задача відповідно до вибраної підпрограми. Для нормального розв'язання задач потрібно, щоб програма була налагоджена, щоб не затребувала дороблень, і мала відповідну документацію по її використуванню.

					13.MP.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У системі за рівнями програмного забезпечення можна виділити два рівні: базовий і прикладний. Базовий рівень є найнижчим рівнем програмного забезпечення (ПЗ), відповідаючим за взаємодію з базовими апаратними засобами. Базове програмне забезпечення міститься у складі базового апаратного забезпечення і зберігається у flash-пам'яті мікроконтролера. Програмне забезпечення базового рівня (ПЗ мікроконтролера системи керування) виконує наступні функції:

- формування сигналів керування на помпу, яка вкачує поживний розчин до мату;
- переривання керування складовими програмного забезпечення по натиску кнопки енкодера;
- переривання інформації з датчика витрати розчину;
- отримання і передача команд та даних по послідовному інтерфейсу USART;
- зчитування інформації з цифрового датчика температури DS18B20;
- зчитування інформації з цифрового датчика температури та вологості повітря DHT11;
- керування п'єзовипромінювачем для формування звукових сигналів;
- отримання і передача команд та даних по інтерфейсу TWI.

Прикладний рівень програмного забезпечення являє собою комплекс прикладних програм, за допомогою яких виконуються конкретні завдання (від виробничих до творчих, розважальних і навчальних). У дипломному проєкті прикладний рівень ПЗ забезпечує виконання наступних функцій:

- реалізація взаємодії комплексу людина-програма-обладнання за допомогою ПК з операційною системою Windows;
- керування режимами роботи системи (робочий, налаштування).

3.2 Розробка алгоритму вимірювання вологості ґрунту

Інформація з датчиків передається у мікроконтролер по цифровій лінії, тому важливо правильно налаштувати виводи у мікроконтролері.

Вимірювання вологості ґрунту проводяться відповідно схемі (рис. 3.1). Контрольне вимірювання, на основі якого виконуються більшість розрахунків, відбувається при куті 270 градусів відносно горизонту. При цьому куті датчик вологості знаходиться у максимальному оточенні розчину.

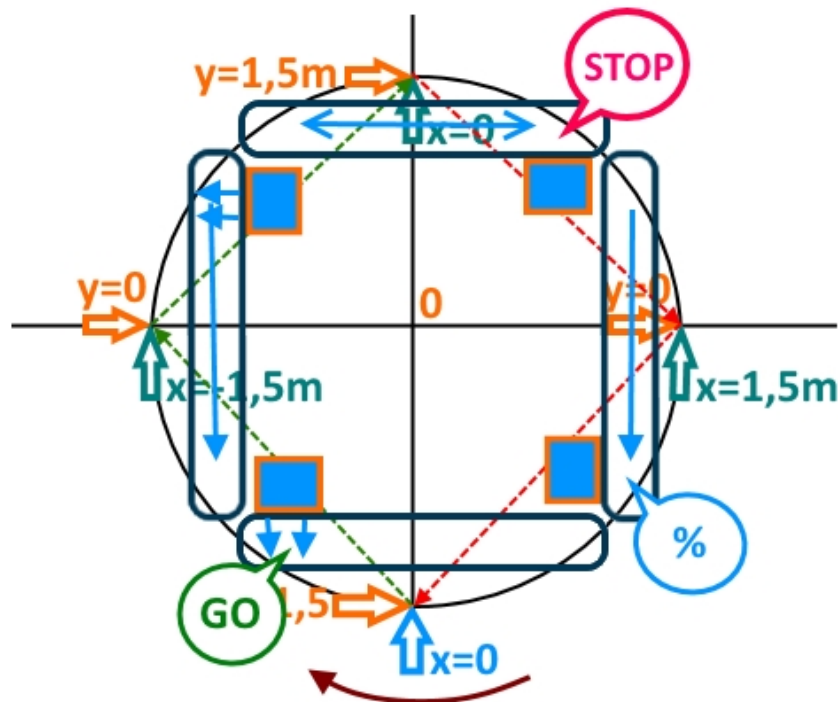


Рисунок 3.1 –Схема вимірювань вологості ґрунту

Максимальна вологість ґрунту, яка може втримуватись при будь-якому куті нахилу системи, вважається максимальною. Для вивчення процесу розподілу розчину, у залежності від кута нахилу і відносної вологості, додані три точки вимірювання зі значеннями 0, 90, 180 градусів.

Барабан із матами обертається до 5 разів за годину. Таким чином, максимальна швидкість його обертання складає один раз за 12 хвилин, що відповідає одному градусу за дві секунди. Період обертання барабану із матами призведе до запиту показників датчиків акселерометру із періодом,

меншим чи рівним двом секундам. Організація контролю показників датчиків акселерометру по розподілу розчину базується на апаратному перериванні таймера по переповненню, налаштованого на спрацювання один раз у дві секунди. Структурна схема алгоритму вимірювання вологості ґрунту зображена на рис 3.2.

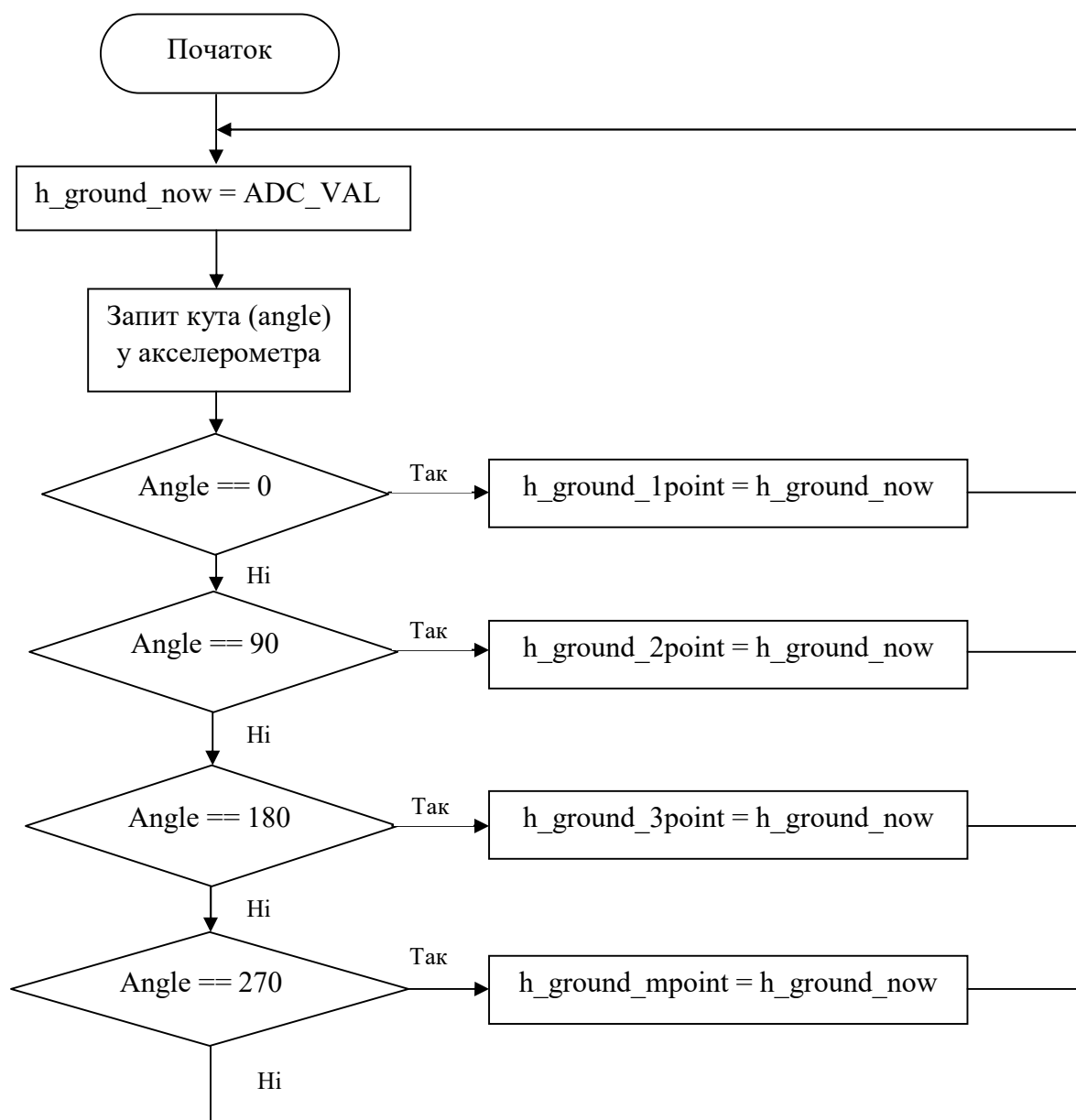


Рисунок 3.2–Структурна схема алгоритму вимірювання вологості ґрунту

Помпа вмикається лише у положенні горизонтально вверх на проміжок часу, який залежить від стану вологості у контрольній точці та об’єму мату з розчином. Об’єм розчину, який додається до мату, не має перевищувати 70%

від об'єму, якого не вистачає до встановленого значення. Ця умова повинна виконуватись для забезпечення захисту системи від переливу. Значення у 70% взято експериментально і зумовлене похибкою датчику витрат розчину та особливістю застосування системи.

3.3 Розробка цифрового автомату роботи системимоніторингу та керування вологістю ґрунту.

Система моніторингу та керування вологістю ґрунту складається з двох автоматів A0 і A1, де A0 – автомат, що реалізує робочий режим системи, а A1 – автомат для ручного налаштування порогу спрацювання помпи.

Перехід від A0 до A1, і навпаки, виконується за допомогою глобальної змінної state типу Boolean, значення якої змінюється при натисканні на кнопку енкодера.

Цифровий автомат A0 складається із п'яти паралельних програм, до якої входить один вічний цикл і чотири апаратних переривання: переривання по переповненню таймера, переривання INT0 (спрацьовує при натисканні кнопки енкодера), переривання INT1 (спрацьовує при низхідному імпульсі від датчику витрат розчину), переривання прийому байту по інтерфейсу USART.

На рис. 3.3 зображена схема переходу автоматів із A0 у A1 і навпаки.

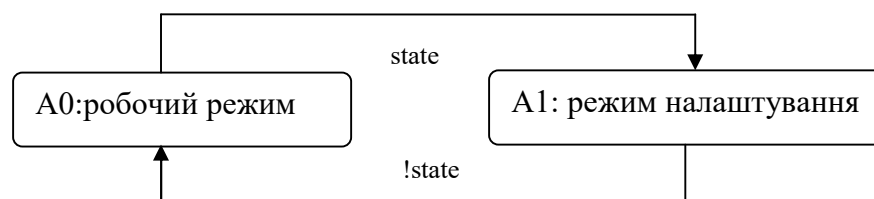


Рисунок 3.3 – Схема переходу автоматів

Паралельно з виконанням основного блоку асинхронно виконуються оброблювачі апаратних переривань. При цьому мікроконтролер переходить у певний режим. Флаг режиму на приборах автомату відслідковується і змінюється контролером. Це дає змогу встановлювати в будь-який момент

часу режим, в якому перебуває схема, для адекватної реакції програми. Особливість алгоритму роботи програми полягає в тому, що вона фактично не має ні початку, ні закінчення. Програма запускається відразу після включення живлення мікроконтролера та працює циклічно та безперервно.

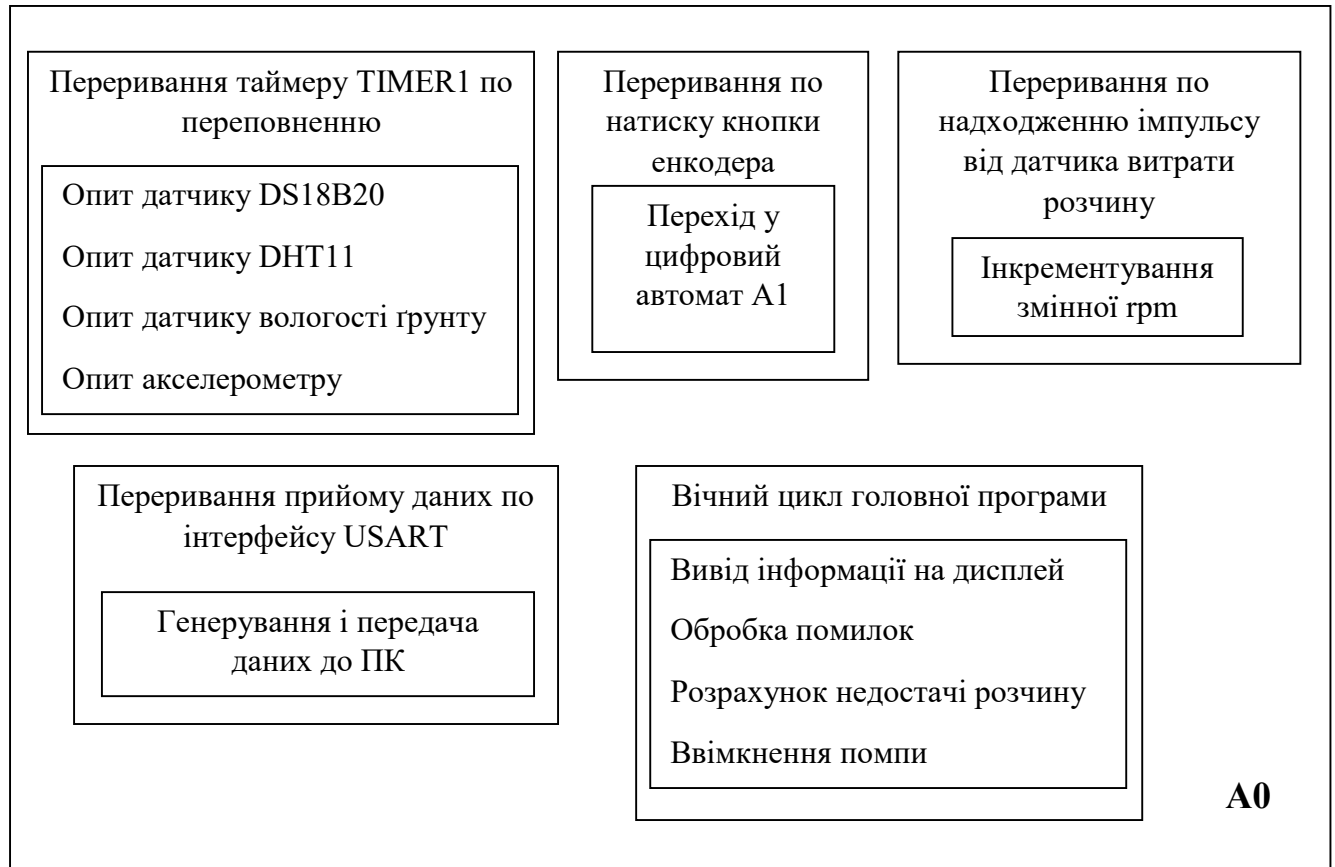


Рисунок 3.4 – Структурна схема цифрового автомату A0

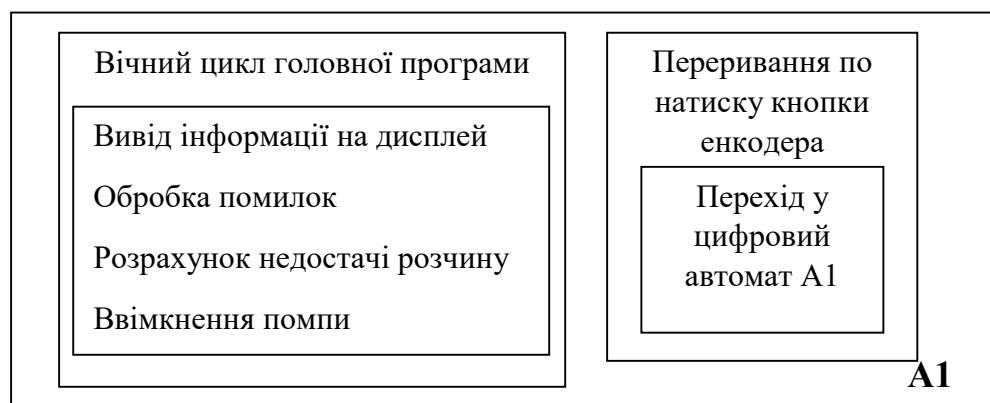


Рисунок 3.5 – Структурна схема цифрового автомату A1

3.4 Розробка протоколу та алгоритму передачі даних для комп'ютеризованої системи моніторингу та керування

Зв'язок мікроконтролера з ПК здійснюється за допомогою USART. USART (UniversalSynchronous-AsynchronousReceiver / Transmitter) – універсальний синхронно-асинхронний приймач, аналогічний UART інтерфейс. В ньому додатково до можливостей UART підтримується режим синхронної передачі даних з використанням додаткової лінії тактового сигналу. При цьому синхронна передача даних відбувається набагато рідше асинхронної. В UART передача даних проходить у послідовній формі, тобто по одному біту. Тому для передачі в одному напрямку потрібен один провідник; для повнодуплексного двобічного зв'язку потрібні два провідники. Вихід позначають TD або TX (transmitteddata), а вхід - RD або RX (receiveddata). Для підключення двох пристроїв використовують наступні підключення: вихід першого - до входу другого, а вхід першого - до виходу другого. Дані передаються у вигляді посилок (фреймів), кожна з яких складається з наступних складових: стартового біта, бітів даних, одного або декількох стоп-бітів. Тривалість усіх бітів однакова. Вона пов'язана зі швидкістю передачі співвідношенням $T = 1 / S$. Існує ряд стандартних швидкостей передачі: 110, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200, 230400, 460800, 921600 біт. Якщо всередині одного пристрою зв'язок можна здійснювати на довільній швидкості, то для зв'язку з зовнішніми пристроями комп'ютеризованої системи моніторингу та керування слід дотримуватися стандартних величин.

Умовно програму базового рівня можна поділити на декілька частин.

Перша – це функції, що забезпечують роботу UART:

- voiduart 0_init (void);
- unsignedcharReceiveByte (void);
- voidTransmitByte (unsignedchar);
- void uart0_rx_isr (void);
- void uart0_udre_isr (void);

					13.MP.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– void uart0_tx_isr (void).

Функція void uart0_init(void) проводить налаштування периферійного модулю UART на роботу з наступними параметрами: 8 байт даних, 1 стоп біт, без контролю парності.

Для отримання показів датчиків ПК необхідно надіслати запит із п'яти байтів формату xxxxX, де xxxx – це ідентифікатор пристрою, аX – байт кінця передачі. Запит до пристрою із ідентифікатором має вид: 1234X. Пакет відповіді від пристрою повинен складатися із 23 байтів. Формат та пояснення до пакету відповідей наведені у таблиці.

Кількість байтів	Приклад	Розшифровка	Пояснення
4	1234		Ідентифікатор пристрою
3	023	23 RH	Встановлений поріг спрацювання
3	345		Кут нахилу пристрою
3	235	23.5°C	Температура ґрунту
3	227	22.7°C	Температура повітря
3	056	56 RH	Вологість ґрунту
3	065	65 RH	Вологість повітря
1	X		Байт кінця передачі

3.5 Розробка програмних засобів для керування гідропонною системою у середовищі LabView

LabVIEW(англ.LaboratoryVirtualInstrumentationEngineeringWork-bench) – платформа та середовище розробки для візуальної мови програмування компанії National Instruments. Метою даної мови є автоматизація використання обчислювального та вимірювального лабораторного обладнання.

Графічна мова носить назву "G". В літературі переважно застосовується назва платформи. Початково мова створювалася для Apple Macintosh в 1986 році. LabVIEW використовується за наступними напрямками: для збору даних, для управління приладами, для застосування у промисловій автоматизації на різних операційних платформах, включаючи Microsoft Windows, UNIX, Linux та Mac OS X. Найновіша версія LabVIEW, LabVIEW 2016, вийшла у 2016 році. Її переваги полягають у наступному: у підтримці взаємодії з елементами, реалізованими на платформі Microsoft .NET Framework 4.5, у покращенні роботи модуля реального часу (Real-Time Module), у розширенні можливості математичної обробки даних.

При розробці LabView програми розробник створив графічний інтерфейс, що представлений на "лицевій панелі" (FrontPanel). Програму в LabView називають віртуальним інструментом (Virtual Instrument-VI).

Розробка програми в LabView відбувається одночасно в двох вікнах: блок-діаграма та лицева панель. На лицевій панелі створюється графічний інтерфейс програми і паралельно ведеться зв'язка інтерфейсу з власною програмою, яка написана за допомогою спеціальних блоків. Таким чином, графічний код програми має вигляд специфічної блок-діаграми.

В блок-діаграму можуть вбудовуватись сполучні панелі (Connector Pane), за допомогою яких утворюються підпрограми (SubVi), які можуть складатися з уже готових віртуальних інструментів (VI). Елементи управління та індикатори на лицевій панелі дозволяють оператору здійснювати ввід/вивід даних при роботі з віртуальним інструментом. Також їх використовують при спрощенні використання підпрограм.

LabVIEW складається з наступних складових: ряд вже готових програм, документація, велику кількість інструментів для створення практично повноцінних програм різноманітного призначення, в тому числі і мережевих, які працюють по технології клієнт/сервер.

LabVIEW дозволяє здійснювати доступ до безліч кількості приладів через вбудовані драйвери; спрощує програмування для непрофесійних

					13.MP.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

програмістів. До ряду приладів, розроблених National Instruments, вже надаються готові віртуальні інструменти. Програми є незалежними від платформи, оскільки виконуються у спеціальному виконавчому середовищі. В неї є наявна велика кількість функцій для збору даних, обчислень, генерації сигналів, аналізу тощо. Також програма має багато графічних елементів для реалізації зручного інтерфейсу користувача. В LabView наявний додатковий програмно-текстовий компонент для проведення обчислень – MathScript. Різні частини блок-діаграми можуть виконуватися паралельно. У програмі наявна значна кількість документації та інтернет групи.

Основним елементом керування в інтерфейсі користувача є кнопка, натискання на яку призводить до запиту інформаційного пакету, який передається по інтерфейсу RS485 в систему моніторингу та керування вологістю ґрунту. При надходженні даних з системи керування відбувається їх обробка з їх відображенням у графічному вигляді на екрані ПК. На рис. 3.6 представлено лицьову панель програми.

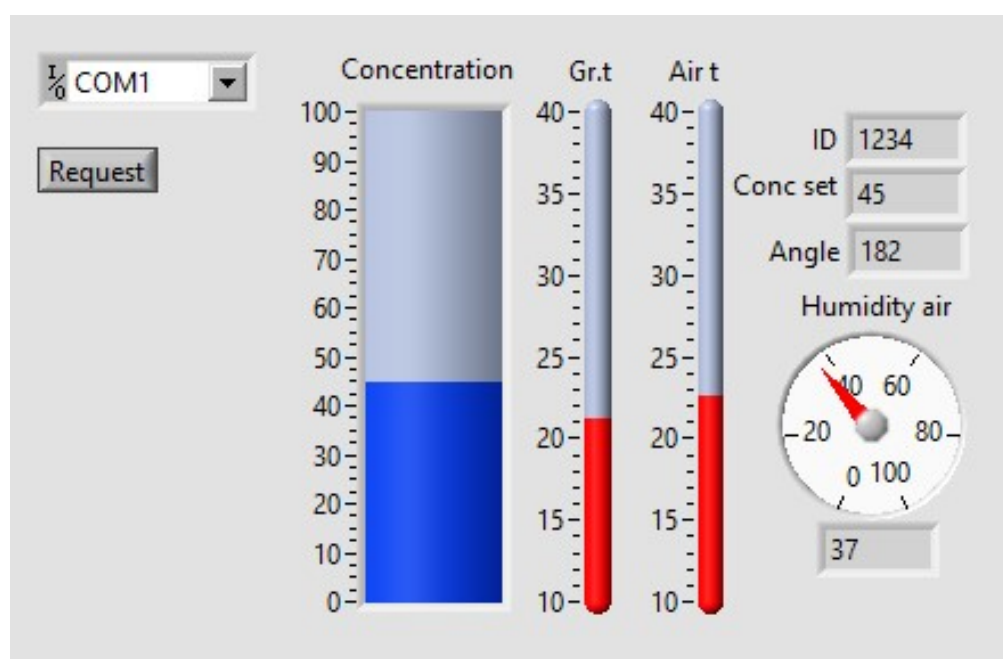


Рисунок 3.6 – Лицьова панель програми

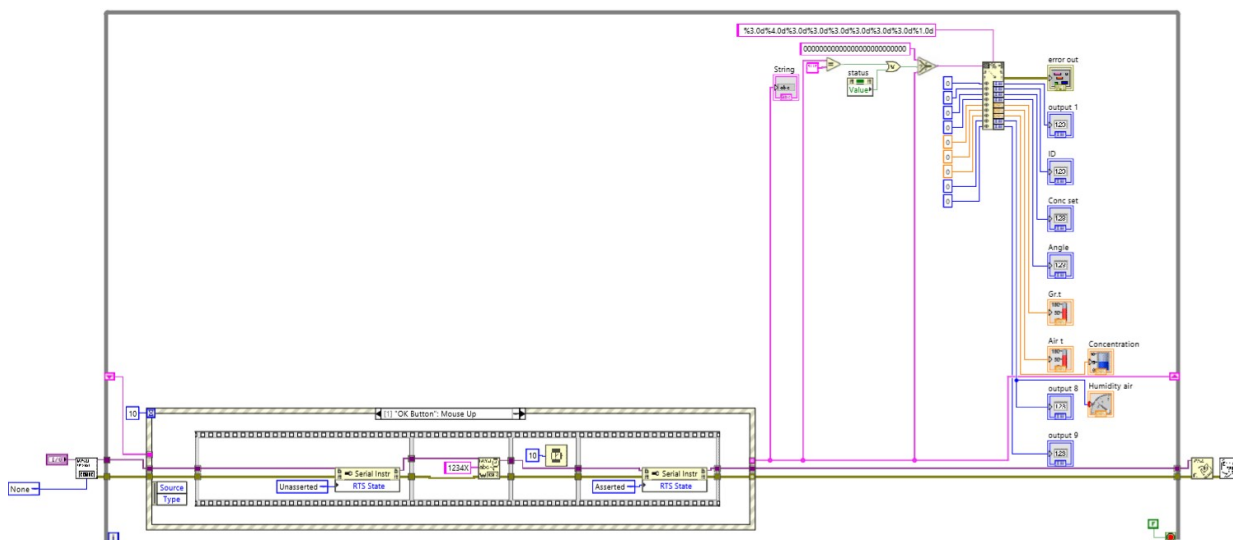


Рисунок 3.7 – Структурна схема програми

Висновки по розділу

У розділі виконано розробку алгоритмів програмного забезпечення базового і прикладного рівнів комп'ютеризованої системи моніторингу та керування вологістю ґрунту. Розглянуто створення програми для ПК, яка відображає покази та стан датчиків даної системи, за допомогою яких можна вивчити закон руху розчину у матах.

Особливістю запропонованої у даному розділі дипломного проекту системи моніторингу та керування вологістю ґрунту є простота і легкість роботи з нею людини-оператора.

За допомогою розробленого алгоритму вимірювання вологості ґрунту можна захистити систему моніторингу та керування вологістю ґрунту від переливу розчину, що зумовлює його економію при використанні. Система має ряд індикацій помилок зі звуковими сигналами, що дозволяє швидко усунути проблему людиною-оператором при роботі, що дозволяє використовувати виробничий процес безперервно та максимально ефективно для досягнення високої матеріальної складової від його кінцевих результатів.

					13.МР.175.6631м.03.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Гвозденко С.А.			4 Охорона праці		
Керівник		Грешнов А.Ю.					
Консульт.							
Н.Контроль		Грешнов А.Ю.					
Зав. каф.		Жуков Ю.Д.					
					Лім.	Арк.	Акрушів
						70	16
					НУК		

4 Охорона праці при роботі з комп'ютеризованою системою моніторингу та керування вологістю ґрунту

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини у процесі праці.

Обов'язкові для виконання всіма фізичними та юридичними особами України відносно дотримання вимог по охороні праці на виробництві, законодавчі документи наведені у переліку:

1. Закон України «Про охорону праці» від 14 жовтня 1992 року зі змінами та доповненнями (далі Закон). Він визначає основні положення щодо реалізації конституційного права працівників на охорону їх життя і здоров'я у процесі трудової діяльності; на належні, безпечні і здорові умови праці, Закон регулює за участю відповідних органів державної влади відносини між роботодавцем і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища; встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

2. Кодекс законів про працю України від 10 грудня 1971 року зі змінами та доповненнями (далі КЗпроП) визначає правові засади і гарантії здійснення громадянами України права розпоряджатися своїми здібностями до продуктивної і творчої праці; регулює трудові відносини всіх працівників, сприяючи зростанню наступних факторів: продуктивності праці, поліпшенню якості роботи, підвищенню ефективності суспільного виробництва, іпіднесенню на цій основі матеріального і культурного рівня життя трудящих, зміцненню трудової дисципліни, поступовому перетворенню праці на благо суспільства та у першу життєву потребу кожної працездатної людини.

3. Закон України «Про загальнообов'язкове державне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності» від 23 вересня 1999 року зі змінами та доповненнями, який відповідно до Конституції України визначає правову

					13.МР.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

основу, економічний механізм та організаційну структуру загальнообов'язкового державного соціального страхування громадян від нещасного випадку на виробництві і професійного захворювання, які призвели до втрати працездатності або загибелі на виробництві застрахованих осіб.

4. «Основи законодавства України про охорону здоров'я» від 19 листопада 1992 року, які гарантують кожній людині природне невід'ємне і непорушне право на охорону здоров'я. Суспільство і держава відповідальні перед сучасним і майбутніми поколіннями за рівень здоров'я і збереження генофонду народу України; забезпечують пріоритетність охорони здоров'я у діяльності держави, поліпшення умов праці, навчання, побуту і відпочинку населення, розв'язання екологічних проблем, вдосконалення медичної допомоги і запровадження здорового способу життя. Основи законодавства України про охорону здоров'я визначають правові, організаційні, економічні та соціальні засади охорони здоров'я в Україні; регулюють суспільні відносини у цій галузі з метою забезпечення гармонійного розвитку фізичних і духовних сил, високої працездатності і довголітнього активного життя громадян, а також з метою усунення факторів, що шкідливо впливають на їх здоров'я; з метою попередження і зниження захворюваності, інвалідності та смертності; з метою поліпшення спадковості.

5. Закон України «Про пожежну безпеку» від 17 грудня 1993 року зі змінами та доповненнями, який регулює питання забезпечення пожежної безпеки, що є невід'ємною частиною державної діяльності щодо охорони життя та здоров'я людей, національного багатства і навколишнього природного середовища. Цей Закон визначає загальні правові, економічні та соціальні основи забезпечення пожежної безпеки на території України, регулює відносини державних органів, юридичних і фізичних осіб у цій галузі незалежно від виду їх діяльності та форм власності.

6. Закон України «Про забезпечення санітарного та епідемічного

					13.МР.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

благополуччя населення»від 24 лютого 1994 року зі змінами та доповненнями регулює суспільні відносини, які виникають у сфері забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя; визначає відповідні права і обов'язки державних органів, підприємств, установ, організацій та громадян; встановлює порядки організації державної санітарно-епідеміологічної служби і здійснення державного санітарно-епідеміологічного нагляду в Україні.

7. Закон України «Про професійні спілки, їх права та гарантії діяльності»від 15 вересня 1999 року зі змінами та доповненнями, який визначає особливості правового регулювання та засади створення прав і гарантій діяльності професійних спілок в Україні.

8. Нормативно-правові акти з охорони праці. Міжгалузеві та галузеві ДНАОП, стандарти системи стандартів безпеки праці (ГОСТ ССБП), Державні стандарти України з питань безпеки праці (ДСТУ), санітарні норми (СН), державні санітарні правила і норми (ДсанПіН), будівельні норми і правила (ДБН) та ін.

9. Накази, розпорядження, положення, інструкції, інші розпорядчі документи, що є обов'язковими до виконання робітниками підприємств України щодо охорони праці, техніки безпеки, пожежної безпеки.

Державна політика у галузі охорони праці базується на принципах:

- пріоритету життя і здоров'я працівників відповідно до результатів виробничої діяльності підприємства, повної відповідальності власника за створення безпечних і нешкідливих умов праці;
- комплексного розв'язання завдань охорони праці на основі національних програм з цих питань та з урахуванням інших напрямів економічної і соціальної політики; досягнень у галузях науки і техніки та охорони навколишнього середовища;
- соціального захисту працівників, повного відшкодування шкоди особам, які є потерпілими від нещасних випадків на виробництві і від професійних захворювань;

					13.МР.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

- використання економічних методів управління охороною праці, що сприяє створенню безпечних умов праці за рахунок фінансування заходів щодо охорони праці;
- забезпечення координації діяльності державних органів, організацій та громадських об'єднань, які вирішують проблеми охорони здоров'я, гігієни та безпеки праці, які також вирішують проблеми співробітництва між власниками та працівниками, між усіма соціальними групами при прийнятті рішень з охорони праці на всіх рівнях.

4.1 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів, характерних для комп'ютеризованої системи моніторингу та керування вологістю ґрунту

При виконанні монтажних робіт на працюючих можуть впливати наступні небезпечні і шкідливі виробничі фактори:

- запиленість і загазованість повітря робочої зони;
- наявність інфрачервоного випромінювання від розплавленого припою у ванні або від паяльника;
- наявність електромагнітного випромінювання високої частоти;
- дія ультразвуку на організм монтажника при пайці хвилею, яка утворюється за рахунок дії ультразвуку на розплавлений припой;
- вплив електростатичного заряду;
- незадовільна освітленість робочих місць або підвищена яскравість;
- вплив бризок і крапель розплавленого припою;
- ураження електричним струмом;

Крім вищенаведених факторів на працівників має вплив і група психофізіологічних шкідливих виробничих факторів: фізичні перевантаження (статичні і динамічні) та нервово-психічні (монотонність праці, емоційні перевантаження).

					13.MP.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

Операції пайки, залуження та випалу ізоляції супроводжуються забрудненням повітряного середовища у приміщеннях парами свинцю, олова, сурми та інших елементів, що входять до складу припою; парами каніфолі і різних рідин, застосовуваних для флюсу та змивки; парами розчинників різних лаків, які застосовуються для покриття друкованих плат; парами соляної кислоти; газами (окис вуглецю, вуглеводню). Пари, потрапляючи в атмосферу цеху, конденсуються і перетворюються в аерозоль конденсації, частки якої за своєю дисперсністю наближаються до димів.

Перебуваючи в запиленій атмосфері, робітники піддаються впливу пилу і парів. Шкідливі речовини осідають на поверхні шкірного покриву; потрапляють на слизову оболонку порожнини рота, очей, верхніх дихальних шляхів; зі слиною заковтуються в травний тракт; вдихаються у легені. Поряд із забрудненням повітряного середовища забруднюються робочі поверхні, одяг і шкірні покриви працівників.

Особливо шкідливі при пайці олов'яно-свинцевими припоями пари свинцю. Свинець і його сполуки отруйні. Частина свинцю, що надійшла в організм, виводиться з нього через кишечник і нирки, а частина затримується у кістковій речовині, м'язах, мозку, печінки. При несприятливих умовах свинець починає циркулювати у крові, викликаючи явища свинцевого отруєння через зміни у складі крові; вражає нервову систему, нирки і печінку.

При систематичному потраплянні свинцю в організм людини, навіть у малих кількостях, виникає хронічне отруєння через властивість металу накопичуватися. Для запобігання гострих і професійних захворювань вміст свинцю у повітряному середовищі не повинен перевищувати гранично допустимої концентрації - 0,01 мг / м³.

Пайка в атмосфері звичайними припоями проводиться із застосуванням паяльних флюсів, біологічна дія яких на організм людини залежить від компонентів, що входять до їх складу. Одні компоненти (каніфоль соснова, етилацетат, олеїнова кислота та ін.) мають подразнюючу дію; другі (спирт

					13.МР.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

етилловий) - наркотичну; треті (семікарбазід гідрохлорид, етиленгліколь) - високу токсичність; дію четвертих (кремній органічна рідина) на організм людини ще вивчено недостатньо.

Для видалення залишків паяльних флюсів після пайки у залежності від їх марки застосовуються різні мийні засоби, які володіють токсичними властивостями.

Деякі з речовин і матеріалів, що застосовуються на ділянках пайки, пожежевибухонебезпечні. Пожежа може виникнути на операціях обробки флюсів після пайки (спиртобензинова суміш, ацетон) і при проведенні робіт із захисту дзеркала розплавленого припою в агрегатах пайки (запалення масла).

Інфрачервоне випромінювання (далі ІЧВ) охоплює область спектра з довжиною хвилі, яка лежить у межах від 760 нм до 540 мкм. Воно є функцією теплового стану джерела випромінювання і виникає там, де температура хоча б на частку градуса вище абсолютного нуля.

ІЧВ надає, в основному, тепловий вплив на організм людини. Ефект його дії залежить від довжини хвилі, яка обумовлює глибину їх проникнення. ІЧВ впливає на функціональний стан людини, на його центральну нервову систему, на органи травлення; викликає зміни у серцево-судинній системі через наступні прояви: різке почастішання серцебиття, підвищення максимального і зниження мінімального артеріального тиску, збільшення частоти дихання, підвищення температури тіла і посилення потовиділення. ІЧВ, впливаючи на очі, може викликати цілий ряд патологічних уражень: кон'юнктивіти, помутніння кришталика, васкуляризацію рогівки, депігментацію райдужки ока, спазм зіниць, опік сітківки і хоріоретиніт.

При тривалому перебуванні людини у зоні ІЧВ відбувається порушення водно-сольового балансу, який викликає судомну хворобу. Порушення теплового балансу викликає захворювання, так зване, теплову гіпотермію.

Джерелами електромагнітних випромінювань (ЕМВ) є різні установки, починаючи від потужних телевізійних, радіомовних станцій, промислових

					13.МР.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

установок високочастотного нагріву і закінчуючи необмеженою кількістю вимірювальних, контрольних і лабораторних приладів різного призначення. Джерелами ЕМВ також можуть бути будь-які прилади, ввімкнені у високочастотну мережу. Електромагнітна енергія (ЕМЕ) випромінюється через неекрановані оглядові вікна, отвори, жалюзі, щілини і нещільності кожухів РЕА, а також отвори, через які проходять осі органів управління. Біологічна дія ЕМЕ залежить від частоти та інтенсивності випромінювання, тривалості та умов опромінення.

Розрізняють термічний (тепловий) вплив, морфологічні та функціональні зміни.

Первинним проявом дії ЕМЕ на організм людини є нагрівання тканин і органів, що призводить до змін у вигляді їх пошкоджень. Тепловий вплив характеризується загальним підвищенням температури тіла або локалізованим нагріванням уражених тканин. Нагрівання особливо небезпечно для органів із слабкою терморегуляцією (мозок, очі, органи кишкового та сечостатевого трактів). ЕМЕ з довжиною хвилі від 1 до 20 см погано впливає на очі, викликаючи катаракту (помутніння кришталика), що провокує з часом втрату зору.

Морфологічні зміни - зміни будови та зовнішнього вигляду тканин і органів тіла людини (опіки, омертвіння, крововиливи, зміни структури клітин). Вони спостерігаються у тканинах периферичної та центральної нервової системи, серцево-судинній системі, викликаючи порушення регуляторних функцій, нервових зв'язків в організмі або змінюючи структуру самих нервових клітин.

Функціональні зміни проявляються у виді головного болю, порушення сну, підвищеної стомлюваності, дратівливості, пітливості, випадінні волосся, болях в області серця, у зниженні статевої потенції.

Заряди статичної електрики (СЕ) виникають при зіткненні або терті твердих матеріалів, при подрібненні або пересипанні деяких матеріалів, при

					13.МР.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

розбризуванні діелектричних рідин, при транспортуванні сипучих речовин і рідин по трубопроводах.

Заряди статичної електрики становлять велику небезпеку пожежі та вибуху при наявності вибухопожежонебезпечних сумішей у виробничих приміщеннях. При розряді з'являється іскра з енергією, достатньою для займання сумішей парів, газів і пилу, які є у повітрі.

Дія електричного струму на живу тканину носить своєрідний і різнобічний характер. Проходячи через організм людини, електричний струм справляє термічну, електролітичну, механічну і біологічну дії.

Термічна дія струму проявляється у виді опіків окремих ділянок тіла, нагріванні до високої температури кровоносних судин, нервів, серця, мозку та інших органів, які знаходяться на шляху струму, що викликає в них серйозні функціональні розлади.

Електролітична дія струму виражається у розкладанні органічної рідини, в тому числі і крові, що супроводжується значними порушеннями їх фізико-хімічного складу.

Механічна (динамічна) дію струму у результаті електродинамічного ефекту виражається у розшаруванні, розриві та інших подібних ушкодженнях різних тканин організму (м'язової тканини, стінок кровоносних судин, судин легеневої тканин.), а також у миттєвім вибухоподібнім утворенні пару від перегрітої струмом тканинної рідини та крові.

Біологічна дія струму проявляється у подразненні і збудженні живих тканин організму, а також у порушенні внутрішніх біоелектричних процесів, що протікають у нормально функціонуючому організмі.

Після тривалої важкої або напруженої роботи може виникнути стомлення, тобто особливий фізіологічний стан організму, що виражається в тимчасовому зниженні працездатності. Об'єктивними ознаками втоми є падіння продуктивності праці і триваюче зміна фізіологічних функцій понад встановленого робочого рівня. При важкому м'язовому навантаженні це

					13.МР.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

призводить до різкого почастішання дихання і пульсу, до підвищення артеріального тиску і до зростанню енергетичних витрат.

4.2 Розробка заходів щодо забезпечення безпеки при виробництві та монтажі друкованих плат

Для безпечної організації виробництва слід дотримуватись правил:

1. До самостійної роботи зі сплавами, що містять свинець, слід допускати лише осіб, які досягли 18-річного віку, пройшли медичний огляд, придатні за станом здоров'я, вивчили правила безпечної роботи та пройшли інструктаж з охорони праці.

2. Виконувати роботу повинні кваліфіковані фахівці, бажано з досвідом роботи.

3. Дотримуватися правил внутрішнього розпорядку і вимог щодо виконання режимів праці та відпочинку.

4. Дотримуватися правил особистої гігієни.

5. Не відвідувати їдальні та буфети у робочому спецодязі (халатах).

Кілька разів протягом робочого дня, і обов'язково перед прийомом їжі, курінням і закінченням роботи мити руки та обличчя теплою водою з милом.

6. Для виключення травмування очей брызками припою необхідно застосовувати захисні окуляри.

7. Для виключення можливості опіків рук при груповій пайці, необхідно застосовувати трикотажні рукавички або рукавиці.

8. Дотримуватися вимог пожежної безпеки, знати розташування засобів пожежогасіння. При виникненні пожежі викликати пожежну команду і вжити необхідних заходів для її гасіння.

9. Роботи виконувати тільки на справному обладнанні, користуючись справними інструментами, пристосуваннями і приладами. Інструмент використовувати тільки за прямим призначенням.

10. Не допускати прийом і зберігання їжі, питної води, а також куріння в приміщеннях, де відбувається пайка.

					13.MP.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

11. Про всі несправності, що виникли під час роботи, для безпеки оточуючих працівників негайно повідомляти майстра.
 12. Робоче місце паяльника повинно бути обладнане витяжною вентиляцією, достатнім освітленням і вільними проходами.
 13. Усі легко займисті рідини (ЛЗР) (спиртобензинові суміші, флюс і т.д.) повинні знаходитися у закритій тарі, під витяжною вентиляцією, подалі від нагрівальних приладів і в кількості, не більше змінної потреби.
 14. Не піднімати вручну тяжкості вагою понад допустимі норми: 10 кг – для жінок, 30 кг - для чоловіків.
 15. При отриманні травми або при відчутті захворювання припинити роботу, повідомити майстра і звернутися у медпункт.
 16. Вміти надавати першу (долікарську) допомогу.
 17. На ділянці повинна знаходитися аптечка із засобами надання першої допомоги.
 18. Носити робочий спецодяг так, щоб він не заважав рухам. Надіти головний убір, прибрати під нього волосся.
 19. Підтримувати порядок і чистоту на робочому місці, не захащувати проходи.
 20. Не відволікатися сторонніми розмовами і не відволікати інших.
 21. Для уникнення опіків деталі, що підлягають пайці, тримати пінцетом.
 22. Для уникнення розбризкування припою слід стежити за тим, щоб в розплавлений припой не потрапили краплі води. Надлишки припою з жала паяльника видаляти за допомогою тканини.
 23. Не залишати ввімкнене в електричну мережу обладнання без нагляду.
- Відлучаючись навіть на короткий час, обладнання відключати.
24. Раз на тиждень проводити генеральне прибирання робочого місця.

При монтажі та налаштування систем широко використовуються електромонтажні паяні операції, в яких у якості припою використовуються легкоплавкі матеріали, що містять свинець. У цих випадках кожне робоче

					13.МР.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

місце повинно бути обладнане системою місцевої витяжної вентиляції. За її допомогою здійснюється уловлювання та видалення забрудненого повітря спеціальними пристроями у вигляді ковпаків (парасольок), встановлених безпосередньо над поверхнею робочого столу або витяжних шаф, з'єднаних з трубопроводом витяжної вентиляції.

Конструкція і параметри місцевої витяжної вентиляції залежать від кількості (K_c) парів свинцю, які виділяються при пайці:

$$K_c = prRN, \text{ де}$$

p – відносна кількість вмісту свинцю у припої;

r – відносна кількість свинцю, яка випаровується у повітря при одній пайці;

R – витрата припою на одну пайку;

N – кількість пайок на годину.

Для застосовуваного у даному дипломному проекті припою марки ПОС-61 відносна кількість вмісту свинцю у припої дорівнює $p = 0,39$. При розрахунках можна виходити з умови, що у повітрі робочої зони випаровується 2-5% свинцю, тобто відносна кількість свинцю дорівнює $r = 0,02 - 0,05$ (вибираємо $r = 0,03$). Кількість припою на одну пайку і кількість пайок на годину задані у технологічній карті і складають 0,05 г і 60 пайок на годину відповідно (з урахуванням часу на відбір і установку необхідного елемента).

При вказаних вище даних кількість парів свинцю, що виділяються при пайці, буде наступною:

$$K_c = 0,0327 \text{ г/годину.}$$

Кількість повітря, що видаляється протягом години витяжною шафою або парасолькою (ковпаком) розраховується за формулою:

$$L = 3600vF_{\text{п}}, \text{ де}$$

v – середня швидкість всмоктування повітря у відкритий проріз шафи (парасольки), м / с;

					13.МР.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

F_{Π} - площа відкритого прорізу шафи (парасольки), м^2 .

Рекомендована швидкість всмоктування у відкритий проріз витяжного пристрою для пайки припоєм, що містить свинець, становить 0,7-1,6 м/с. При цьому швидкість всмоктування повинна забезпечувати відсутність у повітряному середовищі виробничих приміщень шкідливих речовин або їх концентрацію, не перевищуючу встановлені норми. У майстернях і приміщеннях, де проводиться налаштування систем, швидкість всмоктування повинна бути не менше 0,6 м/с.

При проектуванні місцевих відсмоктувачів слід мати на увазі, що швидкість руху повітря через витяжний парасоль залежить від конструкції і розмірів приймального отвору парасольки. При розрахунках слід враховувати, що середня швидкість всмоктування може досягати 1,05 - 1,25 м/с, якщо зонт відкритий з чотирьох сторін; 0,75 - 0,9 м/с - з двох сторін; 0,5 - 0,7 м/с з одного боку.

Кількість повітря, яке необхідно видалити з робочої зони, визначається за формулою:

$$L = K_c / \text{норм}_c, \text{ де}$$

норм_c - норма парів свинцю ($0,01 \text{ мг/м}^3$).

Таким чином, кількість повітря, що видаляється, складає

$$L = 32,7 \text{ м}^3/\text{годину}.$$

Площа прямокутного перетину отвору парасольки визначається за формулою:

$$F_{\Pi} = A \times B = L / 3600v, \text{ де}$$

A і B - довжина і ширина приймального отвору парасольки.

Площа перетину отвору парасольки при швидкості витяжки $v = 0,7 \text{ м/с}$ складає

$$F_{\Pi} = 0,013 \text{ м}^2$$

Прийнявши ширину $A = 0,1 \text{ м}$, отримаємо довжину (B) витяжного отвору $B = 0,13 \text{ м}$.

Таким чином, для забезпечення необхідної вентиляції робочого місця робочого необхідно вентиляційний отвір розміром $F_{\Pi} = 0,1 \times 0,13 \text{ м}$.

					13.MP.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

У роботі важливо використовувати якісні та справні інструменти. Згідно з правилами технічної документації, паяльник має пройти низку спеціальних випробувань і перевірок. Клас цього обладнання в обов'язковому порядку повинен відповідати умовам виробництва і категорії приміщення. Крім цього необхідно подбати про захист кабелю паяльника від зіткнення з гарячими предметами та захист від випадкового механічного пошкодження. Для паяння малогабаритних радіоелементів і друкованих плат зі щільним монтажем як у нашому випадку краще використовувати паяльник потужністю не більше 25 Вт. Зазвичай у радіоаматорській практиці використовують паяльники потужністю 25 - 40 Ватт із живленням від мережі змінного струму 220 вольт.

Приміщення, в якому проводиться паяння, обов'язково має бути забезпечене загальною вентиляцією і посиленою місцевою вентиляцією, що захищає робітників від шкідливого впливу парів і газів, що виділяються під час пайки. У таблиці нижче наведено показники токсичності різних речовин, що застосовуються під час виготовлення друкованих плат.

Компоненти флюсів	Клас небезпеки	Гранично-допустима концентрація в повітрі робочого місця, мг/м ³
Етиловий спирт	4	1000
Етилацетат	4	200
Трибутилфосфат	2	0,5
Триетаноламін	3	5
Солянокислий діетиламін	4	30
Солянокислий гідразін	1	0,1
Ортофосфорна кислота	-	1
Борний ангідрид	3	5
Поліефірна смола марки ПН-9, ПН-56	3	5

Проводити пайку і лужку без використання спеціальних захисних окулярів не допускається.. Робоче місце має бути обладнане світильниками з відбивачами, що не просвічують. Прилади освітлення необхідно розташувати так, щоб світло не «било» в очі працівнику. В процесі пайки досить легко отримати нехай і невеликий, але опік. Найчастіше опіків зазнають пальці та кисті рук. Причиною опіків, зазвичай, є поспіх і погана організація робочого місця. Необхідно стежити за станом електричних з'єднувачів і частин, розташованих поблизу з водою. Згодом провідники можуть оголитися, що спричинить коротке замикання. Встановлювати систему управління бажано далеко від безпосередньо ємкостей із розчином. Зонди всіх датчиків загалом допускають постійне занурення в розчин, проте термін їхньої служби обмежений, у разі тривалої експлуатації вони потребуватимуть заміни в будь-якому випадку. Основний модуль виконано на єдиній друкованій платі і його компоненти загалом мають досить високу надійність, тому будь-які його поломки передбачають діагностику окремих його частин, мікросхем. Для підвищення надійності плати системи керування використовується зовнішній стандартний блок живлення від 6 до 12 В, який може бути замінений на аналогічний у разі поломки.

4.3 Екологічність та безпека розробленого проекту.

Під час виробництва електронних плат необхідно дотримуватися техніки безпеки, наприклад, під час роботи паяльником. Найчастіше використовують електричний паяльник, і під час роботи з ним слід дотримуватися правил захисту від ураження електричним струмом. У роботі важливо використовувати якісні та справні інструменти. Згідно з правилами технічної документації, паяльник має пройти низку спеціальних випробувань і перевірок. Клас цього обладнання в обов'язковому порядку повинен відповідати умовам виробництва і категорії приміщення. Крім цього необхідно подбати про захист кабелю паяльника від зіткнення з гарячими предметами і захист від випадкового механічного пошкодження.

					13.MP.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

Необхідно стежити за станом електричних з'єднувачів і частин, розташованих поблизу з водою. Згодом провідники можуть оголитися, що спровокує коротке замикання. Встановлювати систему управління бажано далеко від безпосередньо ємностей з розчином. Зонди всіх датчиків загалом допускають постійне занурення в розчин, проте термін їхньої служби обмежений, за тривалої експлуатації вони потребуватимуть заміни в будь-якому разі. Основний модуль виконаний на єдиній друкованій платі і його компоненти загалом мають досить високу надійність, тому будь-які його поломки передбачають діагностику окремих його частин, мікросхем. Для підвищення надійності плати системи управління використовується зовнішній стандартний блок живлення від 6 до 12 В, який може бути замінений на аналогічний у разі поломки..

Вартість усіх компонентів, що використовуються в електронній платі управління гідропонною установкою, відповідає якості та легкості її використання в сучасних умовах.

Висновки по розділу

В даному розділі дипломного проекту проведений аналіз умов праці і технологічних процесів при роботі з комп'ютеризованою системою моніторингу та керування вологістю ґрунту з урахуванням виробничого обладнання робочих місць з метою виявлення шкідливих і небезпечних виробничих факторів, їх властивостей і особливостей впливу на організм людини. На підставі даного аналізу розроблені заходи та засоби, спрямовані на створення безпечних та нешкідливих умов праці. При раціональній побудові трудового процесу, науково обґрунтованих режимів праці та відпочинку забезпечується висока продуктивність праці, і створюються умови для збереження здоров'я та збільшення періоду трудової діяльності працівників. Таким чином, для створення безпечних і нешкідливих умов праці на певному робочому місці та під час виконання певного виду

					13.MP.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

робіт, пов'язаних з експлуатацією або обслуговуванням комп'ютеризованих систем моніторингу та керування вологістю ґрунту необхідно дотримуватись вимог в нормативно-правових актів про охорону праці.

В даному розділі доведено, що використані в електронній платі управління гідропонною установкою компоненти відповідають якісним характеристикам при використанні та доступною вартістю придбання в сучасних умовах.

					13.МР.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

Висновки

При розробці даного дипломного проекту створена мікропроцесорна система моніторингу та керування вологістю ґрунту, розроблений алгоритм її роботи, написане відповідне програмне забезпечення.

В ході виконання дипломного проекту досягнуті наступні результати:

- проведено аналіз принципів побудови систем моніторингу та керування, сформовані вимоги до апаратних засобів системи керування, розроблена структурна схема системи керування з визначенням складу датчиків для забезпечення її потрібної функціональності;
- на основі аналізу функціональності системи сформульовано вимоги до програмного забезпечення нижнього та верхнього рівнів;
- розроблено структурну, принципову, друковану та монтажну схеми системи керування, виконано розрахунок її елементів, проведено моделювання її роботи;
- виготовлено зразок системи моніторингу та керування вологістю ґрунту;
- створено програмне забезпечення для мікроконтролера у середовищі AtmelStudio7.0, та комп'ютера з ОС Windows.

У дипломному проекті доведено економічне обґрунтування використання гідропонних систем, яке полягає у зниженні витрат на ресурси, у підвищенні врожайності, в ефективності використання простору, у скороченні витрат на транспортування, у зменшенні залежності від трудових ресурсів і зниженні екологічного навантаження. В умовах глобальних викликів гідропоніка є перспективним напрямком для сталого сільського господарства, особливо в регіонах з обмеженими ресурсами і кліматичними умовами.

					13.MP.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87

Електричні плати в гідропонних системах істотно впливають на економічну ефективність за рахунок автоматизації процесів, скорочення витрат на електроенергію і мінімізації поломок обладнання. Основні економічні вигоди від їх використання включають наступні переваги:

- зниження трудових витрат за рахунок автоматизації;
- збільшення терміну служби обладнання завдяки контролю за його станом;
- скорочення витрат на комунальні послуги, особливо на електроенергію;
- віддалений моніторинг і контроль з використанням технологій, що також знижує витрати на управління системою;
- збільшення рентабельності завдяки вищій врожайності та якості продукції.

Незважаючи на початкові інвестиції, електричні плати в гідропонних системах швидко окупаються і підвищують загальну економічну ефективність. З урахуванням зростання популярності гідропоніки і технологічного прогресу, електричні плати і системи управління стають невід'ємним елементом для сучасних високоефективних сільськогосподарських підприємств.

Виходячи з вищенаведеного, слідує, що у рамках виконання дипломного проекту показано актуальність гідропонних систем і перспективність їх автоматизації за рахунок використання мікропроцесорних систем управління

Розроблено плата системи керування з використанням сучасної елементної бази, що дає змогу керувати системою дистанційно за допомогою смартфона або комп'ютера, підключеного до мережі. Зроблено обґрунтований вибір усіх елементів схеми: мікроконтролера, модуля Wi-Fi, датчиків, блоку живлення.. Система управління відстежує параметри середовища за допомогою датчиків трьох видів: рН, температури та електропровідності і повідомляє їх користувачеві через web-сервер, організований за допомогою модуля esp8226.

					13.MP.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

Виконано розділ з охорони праці, в якому доведена економічність та безпека апаратних засобів системи моніторингу та керування вологістю ґрунту для гідропонної системи через проведений аналіз умов праці і технологічних процесів з урахуванням виробничого обладнання робочих місць з метою виявлення шкідливих і небезпечних виробничих факторів, їх властивостей і особливостей впливу на організм людини. На підставі даного аналізу розроблені заходи та засоби, спрямовані на створення безпечних та нешкідливих умов праці. При раціональній побудові трудового процесу, науково обґрунтованих режимів праці та відпочинку забезпечується висока продуктивність праці, і створюються умови для збереження здоров'я та збільшення періоду трудової діяльності працівників.

					13.МР.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелк використаних джерел

1. Бентли М. Промышленная гидропоника. – М.: Колос, 1965. – 819 с.
2. Уильям Тексье. Гидропоника для всех. Все о садоводстве на дому. – М.: HydroScope, 2013. – 296 с.
3. Гиль Л.С. Современное овощеводство закрытого и открытого грунта. Практическое руководство. / Гиль Л.С., Пашковский А.И., Сулима Л.Т. – Житомир: “Рута”, 2012. – 468 с.
4. Басарыгина Е. М. Сравнение технологий гидропонного выращивания зеленых овощей / Басарыгина Е. М., Горяинова Т. Н., Басарыгина Т. А. – М.: Колос, 2010. – 256 с.
5. Андрієнко Г. І. Вирощування овочів в гідропонних теплицях /Андрієнко Г. І., Буц М. О., Суліма Л. Т. – К: Урожай, 1978. – 345 с.
6. Барабаш О. Ю. Овочівництво. – К.: Вища школа, 1994. – 174 с.
7. Алиев Э. А. Выращивание овощей в гидропонных теплицах. – К.: Урожай, 1985. – 160 с.
8. Владимирская М. Е. Болезни и вредители овощных культур в защищенном грунте. /М.Е. Владимирская, М.А. Алкабан, А.Е. Цыпленком и др. – Л.: Колос, 1980. – 205 с.
9. Боос Г.В. Овощные культуры в закрытом грунте. – Л. Колос. 1968. – 271 с.
10. Керб Л. П. Основи охорони праці: Навчальний посібник. – К.: КНЕУ, 2003. – 215с.
11. Віктор Петін. Проекти з використанням контролера Arduino, 2-е видання, БХВ, 2015 р. - 496 стор.
12. Сільськогосподарська біотехнологія: Навчальний посібник / В.С. Шевелуха, О.А. Калашникова, С.В. Дегтярьов та ін.: Вищ. шк., 1998 р. - 416 стор.

					13.МР.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		90

[illegible]

					13.МР.175.6631м.03.ПЗ								
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Додаток Б. Текст програми для мікроконтролера				Літ.	Арк.	Акрушів		
Розроб.		Гвозденко С.А.										93	4
Керівник		Грешнов А.Ю.							НУК				
Н.Контроль		Грещнов А.Ю.											
Зав. каф.		Жуков Ю.Д.											

Додаток Б. Текст програми для мікроконтролера

```
#include <DHT.h>
#include <DHT_U.h>
#include <EEPROM.h>
#include <Wire.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include "ssd1306.h"
#include "nano_gfx.h"
#include "font6x8.h"
#include "stdio.h"

#define DEVICE_ID 0x1234
//ENC-----
#define ENCODER_A 7 //clk
#define ENCODER_B 4
#define ENC_BUTTON 2
//-----
#define BUZZER 6
//-----
#define HALL 3
#define HALL_TIME 1000
//-----
#define DHTTYPE DHT11
#define DHTPIN 8
//-----
#define HUM_MAX 300
#define HUM_PIN A0
#define HUM_DELTA 2
#define POINT_X 90 //Measure point
#define POINT_1 180
#define POINT_2 270
#define POINT_3 0
//-----
#define DS18B20_PIN 5
//-----
#define PUMP_PIN 9
//-----
#define RS485_RD_WR 10
//-----
#define ACC_REG 0x3B
//-----
#define ACC_ADR 0x68
//-----
#define TIME 2000 //2 second
//-----
#define BAUD 9600
//-----
#define V_MAX 0.5
#define h_max_val 320
#define h_min_val 1023
```

					13.МР.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

//-----
//ENCODER_v-----
unsigned long currentTime;
unsigned long loopTime;
unsigned char encoder_A;
unsigned char encoder_B;
unsigned char encoder_A_prev=0;
//ACCELEROMETER_V-----
int16_t accX;
int16_t accY;
int16_t accZ;
double x_pos;
double y_pos;
//temp_V-----
double t_ground;
float t_air;
//-----
float h_air;
unsigned int h_norm = EEPROM.read(0);
unsigned int h_ground_1point;
unsigned int h_ground_2point;
unsigned int h_ground_3point;
unsigned int h_ground_mpoint;
double h_ground_now;
//-----
String inputString = "";
booleanstringComplete = false;
//-----
volatile byte state = LOW;
char clr = 1;
char buf[20]={0};
char temp_h;
double temp;
//-----
unsigned int NbTopsFan;
char buf_in[13];
char buf_out[37];
char TextBuffer[40];
//-----
OneWireoneWire(DS18B20_PIN);
DallasTemperature sensors(&oneWire);
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
//-----

void setup(){
//-----
Serial.begin(BAUD);
pinMode(RS485_RD_WR, OUTPUT);
digitalWrite(RS485_RD_WR, LOW);
//-----

```

```

Wire.begin();
//-----
pinMode(ENCODER_A, INPUT);
pinMode(ENCODER_B, INPUT);
pinMode(ENC_BUTTON, INPUT_PULLUP);
attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(ENC_BUTTON), blink, LOW);
//-----
pinMode(HALL, INPUT);
attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(HALL), rpm, RISING);
//-----
pinMode(BUZZER, OUTPUT);
digitalWrite(BUZZER, LOW);
//-----
dht.begin();          //dht begin
//-----
acc_enable();          //accelerometer
//-----
pinMode(PUMP_PIN, OUTPUT);
digitalWrite(PUMP_PIN, LOW);
//-----
ssd1306_setFixedFont(ssd1306xled_font6x8);
ssd1306_128x64_i2c_init();
ssd1306_fillScreen( 0x00 );
//-----
sensors.begin();      //18b20 begin
//-----
inputString.reserve(20);
sensor.onRun(code);
sensor.setInterval(TIME);
code();

currentTime = millis();
loopTime = currentTime;
}

void loop(){
    if (stringComplete)
    {digitalWrite(PUMP_PIN, HIGH);
inputString.toCharArray(buf_in,13);
stringComplete = false;
inputString = "";

if(((buf_in[0]-'0')==DEVICE_ID/0x1000)&&((buf_in[1]-
'0')==((DEVICE_ID/0x100)%0x10)&&((buf_in[2]-
'0')==((DEVICE_ID/0x10)%0x10)&&((buf_in[3]-'0')==DEVICE_ID%0x10))
    {
digitalWrite(RS485_RD_WR, HIGH);
    //Serial.print("444457087");
    sprintf(TextBuffer,"987%04x%03d%03d%03d%03d%03d%01dX",
    DEVICE_ID,h_norm,(int)y_pos,(int)t_ground,(int)t_air,(int)h_ground_now,(int)h_air,1);
    Serial.print(TextBuffer);
    delay(50);

```

					13.MP.175.6631м.03.ПЗ	Арк.
						96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		


```

digitalWrite(RS485_RD_WR, LOW);
    }
}

if(clr){ssd1306_fillScreen(0x00);clr=0;}
if(state){
Set_Hum();

}else{

    if(sensor.shouldRun())sensor.run();
    //-----
    ssd1306_printFixed(0, 8, "Angle  :", STYLE_NORMAL);
    ssd1306_printFixed(0, 16, "Ground t.:", STYLE_NORMAL);
    ssd1306_printFixed(0, 24, "Air temp.:", STYLE_NORMAL);
    ssd1306_printFixed(0, 32, "Groung H.:", STYLE_NORMAL);
    ssd1306_printFixed(0, 40, "Air humm.:", STYLE_NORMAL);
    ssd1306_printFixed(0, 48, "Set humm.:", STYLE_NORMAL);
    ssd1306_printFixed(0, 56, "Device ID:", STYLE_NORMAL);
    //-----
    dtostrf(y_pos,3,2,buf);
    ssd1306_printFixed(66, 8, buf, STYLE_NORMAL);
    dtostrf(t_ground,3,2,buf);
    ssd1306_printFixed(66,16, buf, STYLE_NORMAL);
    dtostrf(t_air,3,2,buf);
    ssd1306_printFixed(66,24, buf, STYLE_NORMAL);
    dtostrf(h_ground_now,3,2,buf);
    //sprintf(buf,"%04d",h_ground_now);
    ssd1306_printFixed(66,32, buf, STYLE_NORMAL);
    dtostrf(h_air,3,2,buf);
    ssd1306_printFixed(66,40, buf, STYLE_NORMAL);
    sprintf(buf,"%03d",h_norm);
    ssd1306_printFixed(66,48, buf, STYLE_NORMAL);
    sprintf(buf,"0x%x",DEVICE_ID);
    ssd1306_printFixed(66,56, buf, STYLE_NORMAL);
    }
}

```