

Міністерство освіти і науки України  
Західноукраїнський національний університет  
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій  
Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем

ФЛЯШКО Назарій Русланович

**АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ДОЗУВАННЯ ПОЖИВНОГО  
РОЗЧИНУ В СИСТЕМІ ГІДРОПОНІКИ/ AUTOMATED DOSING SYSTEM  
OF THE NUTRIENT SOLUTION IN THE HYDROPONICS SYSTEM**

спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології  
освітньо-професійна програма – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані  
технології

Випускна кваліфікаційна робота  
здобувача першого (бакалаврського) рівня освіти

Виконала: студент групи АКІТ-41  
Фляшко Н. Р.

---

Науковий керівник:  
к.т.н. Заставний О.М.

---

Випускну кваліфікаційну роботу  
допущено до захисту:  
" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Завідувач кафедри СКС  
\_\_\_\_\_ А. І. Сегін

Тернопіль 2023

Західноукраїнський національний університет  
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій  
Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем  
Освітній ступінь "бакалавр"

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувача кафедри СКС

А.І.Сергін

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

З А В Д А Н Н Я  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ  
Фляшку Назарію Руслановичу

(прізвище, ім'я по-батькові)

**1. Тема кваліфікаційної роботи:** Автоматизована система дозування поживного розчину в системі гідропоніки / Automated dosing system of the nutrient solution in the hydroponics system  
керівник роботи к.т.н., Заставний О.М.

затверджені наказом по університету від "8" грудня 2022 р. № 491

**2. Строк подання студентом закінченої кваліфікаційної роботи:** 15.05.2023р.

**3. Вихідні дані до випускної кваліфікаційної роботи:**

1. Міні-теплиця

2. Сенсори та параметри моніторингу

3. Засоби керування міні-теплицею

**4. Основні питання, які потрібно розробити:**

1. Дослідження гідропонічних систем та їх особливостей використання

2. Аналіз автоматизованого управління гідропонічної системи

3. Розробка системи керування для гідропонічної установки

4. Охорона праці

**5. Перелік графічного матеріалу у роботі:**

1. Комутаційна схема

2. Функціональна схема

3. Структурна схема

4. Блок схема пристрою

## 5. Блок схема алгоритму

---

### 6. Консультанти розділів випускної кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	Заставний О.М.		
2	Заставний О.М.		
3	Заставний О.М.		
4	Сапожник Г.В.		

### 7. Дата видачі завдання 20 жовтня 2022 р.

#### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назви етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Дослідження гідропонічних систем та їх особливостей використання	11.2022р. – 12.2022р.	
2	Аналіз автоматизованого управління гідропонічної системи	01.2023р. – 02.2023р.	
3	Розробка системи керування для гідропонічної установки	03.2023р. – 04.2023р.	
4	Охорона праці	04.2023р. – 05.2023р.	

Студент

\_\_\_\_\_

(підпис)

Фляшко Н.Р.

Керівник роботи

\_\_\_\_\_

(підпис)

к.т.н., Заставний О.М.

## РЕФЕРАТ

Робота написана на 70 сторінках на яких зображено 20 рисунків 4 таблиці, 17 літературних джерел

**Мета роботи.** метою дипломної роботи є розробка автоматизованої системи дозування поживного розчину для систем вирощування рослин методом гідропоніки.

**Методи дослідження** технології створення автоматизованої системи керування комплексами різного призначення. Дослідження технічних засобів планування, алгоритмічного аналізу та їх синтезу в комп'ютерно-інтегрованій системі.

**Результат роботи.** Результатом роботи є створена автоматизована гідропонічна установка, в основі якої вмонтований контролер, який регулює полив, освітлення та поживний розчин в тепличних угіддях, які базуються на вирощування рослин на основі гідропоніки.

**Рекомендації щодо одержаних результатів** базуються на використанні контролера з відповідним технічним обладнанням в різних за площею та устаткуванням теплицях, такі чинники зроблять будь яку теплицю універсальним місцем у якому можна виростити різні типи культур.

**Удосконалення досліджуваної області.** Методом порівняльного аналізу можна прирівняти системи та висунути ідеї щодо поліпшення апаратної та програмної структури, що класифікується на функціональних засадах, які забезпечують теплицю універсальним мікрокліматом із створенням вигідних умов для вирощення рослин.

**Ключові слова:** МІКРОКОНТРОЛЕР, ГІДРОПОНІЧНА СИСТЕМА, ОБ'ЄКТ УПРАВЛІННЯ

## ABSTRACT

The work is written on 70 pages with 20 figures, 4 tables, 17 references.

**The purpose of the work** is to develop an automated system for dosing nutrient solution for hydroponic plant growing systems.

**Methods of studying** the technology of creating an automated control system for complexes for various purposes. Research of technical means of planning, algorithmic analysis and their synthesis in a computer-integrated system.

**The result of the work.** The result of the work is an automated hydroponic installation, which is based on a controller that regulates watering, lighting and nutrient solution in greenhouse lands based on hydroponic plant cultivation.

**Recommendations on the results obtained** are based on the use of the controller with the appropriate technical equipment in greenhouses of different sizes and equipment, such factors will make any greenhouse a universal place where you can grow different types of crops.

**Improvement of the research area.** By the method of comparative analysis, it is possible to equate systems and put forward ideas for improving the hardware and software structure, which is classified on a functional basis, providing the greenhouse with a universal microclimate with the creation of favorable conditions for growing plants.

**Keywords:** MICROCONTROLLER, HYDROPONIC SYSTEM, CONTROL OBJECT

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	8
ВСТУП.....	9
1 ДОСЛІЖЕННЯ ГІДРОПОНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЇХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ .....	14
1.1 Відомості досліджуваного об'єкта.....	14
1.2 Автоматизація систем гідропоніки .....	25
1.3 Аналіз ОУ .....	30
2. АНАЛІЗ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ГІДРОПОНІЧНОЇ СИСТЕМИ.....	34
2.1 ВИБІР ТА ОПИС СТРУКТОРНОЇ СХЕМИ ТА ЇХ ЕЛЕМЕНТІВ.....	38
2.1.1 Водотривкий сенсор температури.....	38
2.1.2 Датчики температури та вологості зовнішнього середовища .....	39
2.1.3 Датчик консистенції рН .....	41
2.1.4 Датчик провідності.....	43
2.1.5 Дисплейний пристрій.....	45
2.1.6. Вибір комутаційного пристрою.....	46
2.1.7 Опис мікроконтролера .....	48
3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ДЛЯ ГІДРОПОНІЧНОЇ УСТАНОВКИ .....	56
3.1 Розробка та опис функціональної схеми.....	56
3.2 Проектування та функціонально-схематичний опис ОУ .....	57

3.3 Проектування та опис комутаційної схеми .....	58
---	----

ДП.АКІТ.8091560.00.00.000 ПЗ

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Автоматизована система дозування поживного розчину в гідропонічній системі	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Фляшко Н.Р						
Перевірив.		Заставний О.М					5	70
Консульт.								
Н. Контр.		Заставний О.М						
Затверд.		Сегін А.І.						

ЗУНУ.ФКІТ.АКІТ-41

3.4 Розробка та описування алгоритму управління .....	61
4. ОХОРОНА ПРАЦІ .....	65
4.1 Аналіз небезпечних факторів роботи.....	65
4.2 Правильне облаштування приміщень з ПК .....	66
4.3 Заходи пожежної безпеки .....	67
ВИСНОВКИ .....	68
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	69

					ДП.АКТ.8091560.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ГС – гідропонічна система

ПР – поживний розчин,

МК – мікроконтролер

ОУ – об'єкт керування

ПК – персональний комп'ютер

					ДП.АКІТ.8091560.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



## ВСТУП

Фауна та флора відіграє провідну роль для всіх організмів, що населяють нашу планету. Адже від неї ми отримуємо велику низку поживних речовин. Тож процес вирощування рослин є важливим компонентом структурованої моделі енергетичних ланцюжків живлення.

В природі рослини беруть участь у процесах колообігу, виділяють кисень, створюють граничний режим температури екосистеми, поглинають вуглекислий газ, є джерелом корисних копалин, та енергетичних комплексів, що впливають на якість ґрунту.

**Актуальність роботи.** Для людини важливою складовою є харчові та лікувальні властивості рослин. Звичайно їх використання залежить від того які способи вирощування застосують аграрії, від правильного вибору рельєфу місцевості, а також внесення мінеральних добрив для росту харчових, кормових чи технічних культур. В переважній більшості вирощування сільськогосподарських культур базується на звичному методі. Проте він має свої слабкі сторони.

Цей спосіб потребує використання значних об'ємів прісної води. Проте наскільки відомо її запаси не такі великі. Найбільша концентрація питної води зосереджена на льодовиках. Хоч планета складається на 70% з води проте для росту рослин підходить лише прісна вода, а не солена. За спостереженнями вчених кількість прісної води зменшується, адже збільшується ріст населення, середньорічна температура поверхні Земної кулі та й наше нераціональне використання в різних галузях.

Все ж таки звертається увага на кінцевий продукт, тому все більше застосовують різні хімічні та мінеральні добрива, задля забезпечення захисту від шкідників та продуктивного росту товару. Звичним методом удобрення є розпилення або полив угідь. Проте і вони певною мірою впливають на споживачів, що вживатимуть продукцію, яка оброблялася пестицидами та гербіцидами. Тому краще використовувати органіку.

					ДП.АКТ.8091560.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

**Мета роботи.** Метою роботи є створення автоматизованої системи для гідропоніки в основі якого є контролер, який керує то моніторить роботу важливих механізмів у тепличних угіддях.

Для реалізації поставленої задачі необхідно дотримуватися таких дій:

- проаналізувати гідропонні системи;
- ..... р  
озробити структурну концепцію системи;
- .....р  
озробити автоматизовану систему в міні-теплиці.

**Предметом дослідження.** Технологія автоматизованого вирощування гідропонічним методом із використанням апаратних та програмних засобів, що є важливою ланкою усучаснених теплиць.

**Об'єкт дослідження.** Є процес автоматизації керування вирощуванням агрокультур в теплицях.

**Методи дослідження.** Базуються на застосуванні теоретичного аналізу, порівнянні, моделюванні та узагальненні.

**Практичне значення одержаних результатів.** Розроблено структурну та функціональну, комутаційну схему системи, задля автоматизованого керування основними засобами устаткування в міні-теплиці.

**Напрямки подальшого розвитку.** Полягають в модернізації устаткування, які моніторять, контролюють та регулюють параметри, в міні-теплиці методикою гідропоніки.

Розвиток людства базується на правилах комфорту. Суспільство звикло, до тих речей, які зараз є актуальними, на кшталт світло, тепло, технічні прилади. Відповідно збільшується на них економічний та енергетичний попит. Проте все це потребує ресурсів. На нашій планеті їх багато, однак їхня переробка має вплив на атмосферу повітря.

Атмосферне повітря є важливим елементом довкілля. Тому від його якості залежить стан живих організмів та розбалансування екосистем. Однак потужні викиди промислових відходів в атмосферу, вихлопних газів

					ДП.АКТ.8091560.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

автомобілів, застосування хімічних речовин фреонів сприяють поширенню парникового ефекту та зміну клімату на планеті в цілому.

Сільське господарство поступово розвивається, тому збільшення площі культивування призводить до виділення шкідливих речовин в атмосферу та ерозії первинного шару екосистеми. За даними міжурядової групи експертів з питань змін клімату вирощування сільської продукції сприяє забрудненню повітря парниковим газом на 24% з поміж інших чинників. По даним організації “Океанографічного інституту Скріппса” вміст вуглецю в атмосфері досяг максимального рівня 415,26 ppm. Схожий рівень концентрації спостерігався близько 3-5 млн років, відповідно температура в цей відтинок була вищою ніж зараз. Середньорічний рівень  $CO_2$  буде зростати. Адже утворення цього газу формується в результаті спалювання викопних паливних ресурсів безпосередньо вугілля.

Відповідно збільшується актуальність економічних та енергетичних вимог безпеки. Зміна клімату впливатиме на урожайність. Тому ефективність вирощування культур класичними методами не буде такою великою, однак попит на харчові продукти зростає.

Збільшення парникового газу вплине на ведення господарства. Адже не сприятливі погодні умови можуть внести корективи на сам підхід вирощування сучасних сільськогосподарських рослин, відповідно фермерам потрібно серйозно пристосуватись до наявних реалій та розробити нові методи вирощування продукції. До таких методик можна віднести гідропоніку.

Гідропоніка – спосіб вирощування рослин у воді. Основною ідеєю гідропоніки є створити належні умови для рослин, а саме чиста вода, поживні речовини, та кисень. А також важливо підібрати особливі критерії для росту різноманітних класів культур, а саме температуру, освітлення, вологість, очистку повітря, а також характерні риси рослини.

Преваги принципів застосування гідропоніки:

- Зменшення парникового ефекту
- Підвищення продуктивності вирощування

- Скорочення витрат води в сучасних умовах потепління

ДП.АКТ.8091560.00.00.000 ПЗ

Арк.

11

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата					

- Помітне зменшення використання добрив
- Застосування комплексного методу боротьби із шкідниками

Даний метод вирощування рослин набуває популярності у сільськогосподарській галузі. Доведено що гідропоніка стимулює пристосування рослин до різних умов середовища, викриваючи комерційну спроможність, особливо для власників теплиць.

Метою роботи є розробити систему автоматичного управління процесами вирощування рослин методом гідропоніки, що задовольняє такі вимоги:

- Підвищення ефективного росту рослин
- Аналіз даних середовища вирощування
- Автоматичність процесів регуляції
- Низька вартість та висока безпека засобів системи

Головне те що тема гідропоніки є актуальною і стає цікавою для вивчення. Саме завдяки дослідженням та спостереженням ми можемо зрозуміти особливості вирощування культур, а також автоматизувати процеси за допомогою мікроконтролера та інших засобів автоматизації.

В даному дипломному проєкті було розроблено та проаналізовано автоматизовану систему керування над процесами вирощування різних видів культур за принципом гідропоніки.

Основним призначенням досліджувального об'єкту є винайдення автоматизованої екологічно чистої технології, для якісного та продуктивного вирощування продукції. Гідропонічна система є кластеризованою структурою, тому науковці в цій області намагаються зробити її більш простою в роботі.

Головною одиницею даної структури є контролер. Він забезпечує автономність системи та виконує поставлені завдання з урахуванням характерних особливостей вирощування рослин. Завдяки йому можна вмикати чи вимикати поливний насос, забезпечити належне освітлення фітолампами, регулювати температуру, вологість, конценстенцію поживних речовин у розчині та повітрі, інформувати корегуючого про умови живлення рослиної продукції.

продукції.					ДП.АКТ.8091560.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		12

Систему гідропоніки все більше використовують у введени сільського господарства. Відповідно попит на цей метод вирощування зростає, здешевлюючи свою собівартість на ринкових коопераціях.

Областю застосування цієї моделі є малий бізнес, що спирається на дешевизну обладнання, та економію на оренду чи купівлю необхідних ділянок, використовуючи для цього теплиці чи оранжереї. Більш того кожен любитель цієї справи зможе у домашніх умовах таким способом виростити декоративні рослини, зелень чи інші види культур, а також дозволить фермерам збільшити рентабельність продукції для своїх споживачів.

### **Публікації.**

1. Фляшко Н.Р. Дослідження систем дозування поживного розчину в теплицях з вирощуванням рослин на основі гідропоніки. Збірник матеріалів проблемно-наукової міжгалузевої конференції «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» (АКІТ - 2023), Тернопіль, 2023. -с.64-67.

					ДП.АКІТ.8091560.00.00.000 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

# 1 ДОСЛІЖЕННЯ ГІДРОПОНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЇХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ

## 1.1 Відомості досліджуваного об'єкта

Метод гідропоніки базується на дослідженні властивостей корневих систем, а саме те як відбувається живлення рослинного організму у незвичному для себе середовищі, тобто у воді, без використання ґрунту.

Важливим чинником для росту рослин є поживні речовини, що складаються з мікро та макро елементів. Вони здійснюють різні регуляторні функції в середині організму.

До складу макроелементів відносять:

- Калій – стимулює зміцненню та розвитку пагона
- Кальцій – регулює температуру рослини
- Азот – виробляє листяний покрив
- Фосфор – сприяє росту кореневої системи
- Магній – виробляє хлорофіл для фотосинтезу
- Сірка – утворює білки і хлорофіл

До складу мікроелементів відносять:

- Нікель – перетворює азот сечовини в аміак
- Хлор – важливий елемент фотосинтезу
- Залізо – продукує хлорофіл
- Марганець – утворює ферменти для виникнення фотосинтезу
- Бор – розпоряджається вмістом кальцію
- Молібден – контролює рівень азоту та нітратів
- Цинк – необхідна частина сполук деяких ферментів
- Мідь – впливає на смакові та фотосинтезуючі властивості

Основною складовою гідропоніки є субстрат, в який висаджують рослину. Він затримує вологу та поживні речовини, які рослина отримує в результаті живлення. У класичному рослинництві субстрат являє собою суміш

					ДП.АКТ.8091560.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		14

різних типів ґрунтів. За будовою субстрати діляться на органічні та штучні. У гідропоніці часто застосовують субстрати:

- Мінеральної вати - поживна суміш в яку висаджують тепличних представників флори. Вона гнучка, легка у використанні, ефективна у засвоєнні добрив, стерильна та безпечна, багаторазова, якісна та водомістка, насичує киснем кореневу систему
- Кокосового субстрату, що виготовляється з кокосової стружки, головними перевагами якої є забезпечення стерильності, аерації, розпушеності та вологості ґрунту.
- Торфу, який висушують для вирощування рослин. Основними перевагами цього засобу є просте використання, екологічність, дешева вартість, значна насиченість макро та мікроелементами, безпечність споживання таких продуктів
- Вермикуліту – силікат магнію, що використовується для підвищення якості та росту садових і кімнатних рослин. Перевагами якого є запобігання формування цвілі та гнилі, підтримання вологості, зміцнення кореневої системи, збагачення мікроелементами
- Перліту – гірська порода, субстрат якої змішують з іншими елементами. Матеріал даного субстрату має світловідбивну, теплопровідну, поживну властивість
- Керамзиту - пропалена глина у вигляді маленьких кульок. Він наділений такими властивостями: стійкістю до тиску та атмосфери, негорючістю, підвищеним захистом, екологічністю

За принципами роботи гідропонічні системи поділяються на відкриті та закриті. В відкритій ГС поживний розчин перемішують з водою за допомогою капілярного методу, без повторної на те обробки. В закритій ГС розчин циклічно наноситься на рослин у за допомогою ПВХ-каналів або техніки NFT, для безперервного споживання його рослинами. Розглядають такі основні види гідропонічних систем:

					ДП.АКТ.8091560.00.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- Система поживного розчину;
- Система капілярного поливу;
- Система аеропоніки;
- Система періодичного затоплення;
- Система крапельного поливу;
- Система DWC.

Система крапельного поливу – це метод зрошення рослини, що суттєво економить ресурси та сприяє хорошому росту продукції. При цьому поживні речовини рівномірно розподіляються по мережах трубок між окремими рослинами. До складу системи включають:

- пристрій, що регулює подачу рідини;
- сітчастий фільтр, що захищає від забруднення різними домішками;
- резервуару з корисними речовинами;
- Кластеризовану системи трубпроводів;
- Труби меншого розміру , що напряду транспортують суміш з резервуару до кореневої системи

В процесі застосування крапельного поливу відбувається значна економія природних ресурсів, тобто вони лише спрямовується на рослину. Крім того ця методика зменшує випари рідини, роблячи рослину більш витривалою до екстремальних умов. Схематичне зображення системи крапельного поливу [1] змодельовано на рисунку 1.1.

Переваги крапельної системи:

- Доступ до повітря дає змогу накопичувати вологу в необхідній кількості
- Переважно коренева система знаходиться близько до зони крапельного поливу, що спонукає до гарного засвоєння мінералів;
- Добрива краще всоктуються, адже їх наносять зразу з поливом;
- Захист рослини забезпечує їх специфіка поливу, де харчування відбувається від коренів до верхівок пагона;
- Система є повністю автономною;
- Значна економія води, внаслідок методу дозування.

					ДП.АКТ.8091560.00.00.000 ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



Недоліки капельної системи:

- Варто постійно контролювати рівні поживних речовин та рН, а також робити регулярно чистити труби комплектуючих засобів;
- Чутлива до вимкнень електрики
- Цей тип системи не доцільно використовувати для теплиць

## Drip System

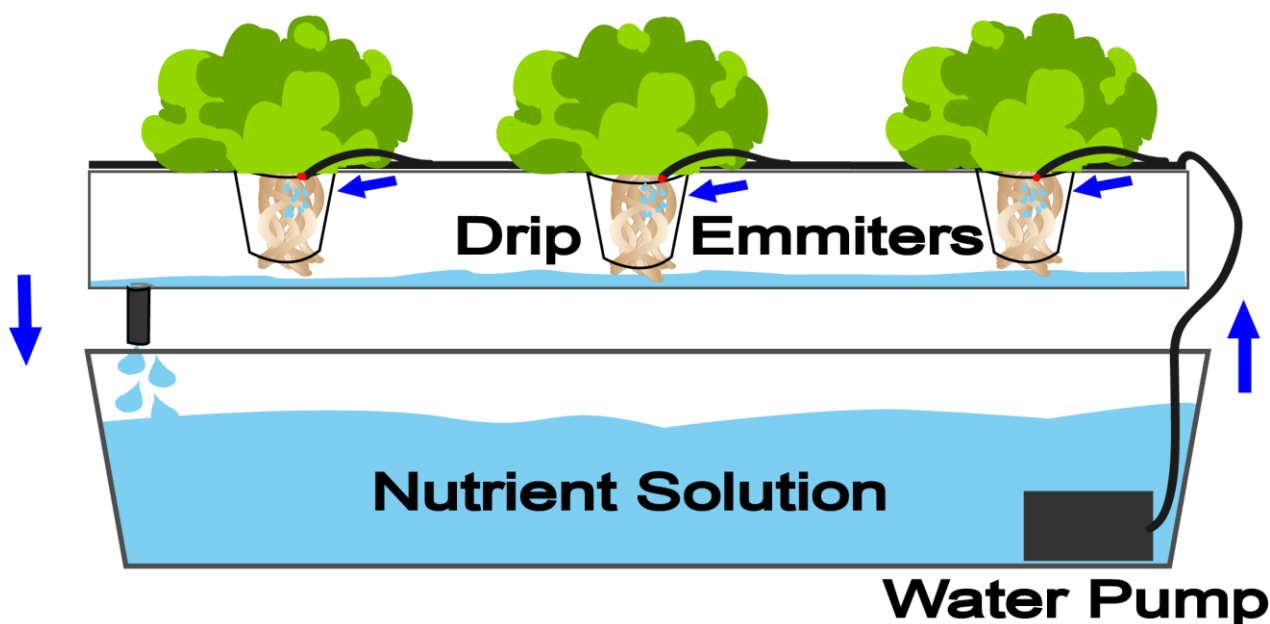


Рисунок 1.1 - Схематинне зображення системи капельного поливу

Система капілярного поливу відноситься до пасивних ГС. Вона складається з резервуару, трубки та піддону наповненого субстратом. Ця система зосереджена на основі капілярної дії. Тобто над резервуаром розміщують рослину, яка посажена в піддон із субстратом. Його під'єднують до резервуару за допомогою трубок. По ній своєю кореневою системою рослина всмоктує поживні речовини з резервуару в піддон. Для ефективно засвоєння ПР важливо вибрати субстрат, який довше утримуватиме вологу, матиме нейтральний рН, та володітиме обміними якостями. До них можна віднести субстрат кокосу, перліту, вермікуліту тощо. Попри свою простоту даний метод має свої характерні особливості. Детальна модель системи капілярного розчину [1] зображена на малюнку 1.2.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

ДП.АКІТ.8091560.00.00.000 ПЗ

Арк.

17

Переваги системи капілярного поливу:

- Проста у використанні. Її може установити кожен охочий для цього достатньо мати субстрат та горщик;
- Всі процеси відбуваються без запуску будь якого технічного устаткування тому вона є незалежною від електроенергії;
- Стабільність процесів системи

Недоліки ГС крапельного поливу:

- Деякі рослини в цій системі повільно ростуть;
- Надмірне зволоження субстрату може призвести до деяких проблем з вирощуванням;
- Ненасиченість поживного розчину киснем може вплинути на формування рослин.

Капілярна система є ефективною для розведення декоративних видів рослин. Тому що вони споживають менше, на відміну від інших класів рослин. Через це даний метод не став таким популярним.

## Wick System

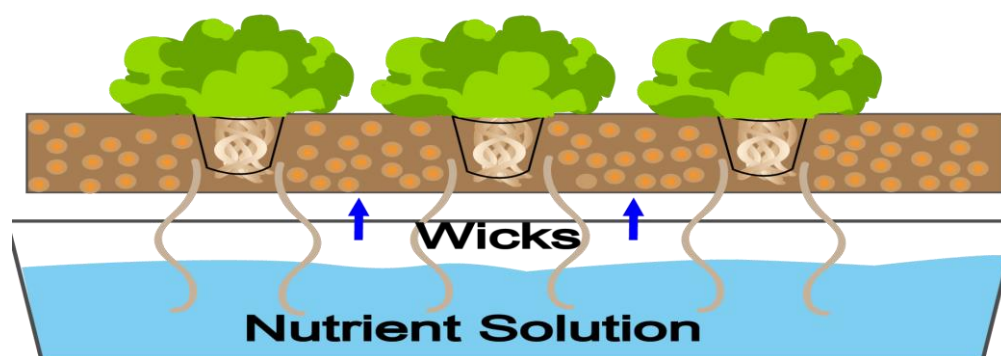


Рисунок 1.2 - Детальна модель системи капілярного розчину

Система Deep Water Culture належить до найпростіших та найпоширеніших видів ГС. Ця технологія працює за принципом перенесення поживної речовини методом аерації. Аерація здійснюється завдяки компресору та розпилювачу. Компресор захищає рослину від впливу анаеробних бактерій. При цьому корінь постійно перебуває в поживному розчині проростає до дна, де він також аерується, дозволяючи собі поглинати необхідний кисень та

захистити кореневу систему від шкідливих чинників. Але крім цього для					Арк.
ДП.АКТ.8091560.00.00.000 ПЗ					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	18

захисту у системі DWC використовують розчин на основі мікоризи та інших корисних бактерій, вони створюють безпечно зону для коренів, спричинюючи ріст рослини. Дана систему є компактною та простою тому її можна побудувати власноруч. Для цього потрібно мати відро або старий акваріум, щоб сформувати розчин, далі на цю поверхню потрібно помістити пінопласт, а на нього покласти сітчастий горщик з рослинністю. Схематичне зображення ГС DWC [1] проілюстровано на рисунку 1.3.

Переваги DWC системи:

- Відносно дешева комплектація. Потрібно лише поповнювати розчин, та переконатися чи насос прокачує повітря до розпилювача;
- Доступність засобів системи на ринку;
- Швидке вирощування рослин;
- Достатньо велика ємкість дозволить рослині тривало житися;

Недоліки DWC системи:

- Обмеження росту окремих груп рослин. В цій системі краще зростає зелень чи листя салату, а от представникам декоративних культур цей метод не задовольнить їх потреби;
- Регулярний контроль за температурою розчину;
- Ретельна чистка резервуару та часте його поповнення поживними речовинами.

## Deep Water Culture (DWC)

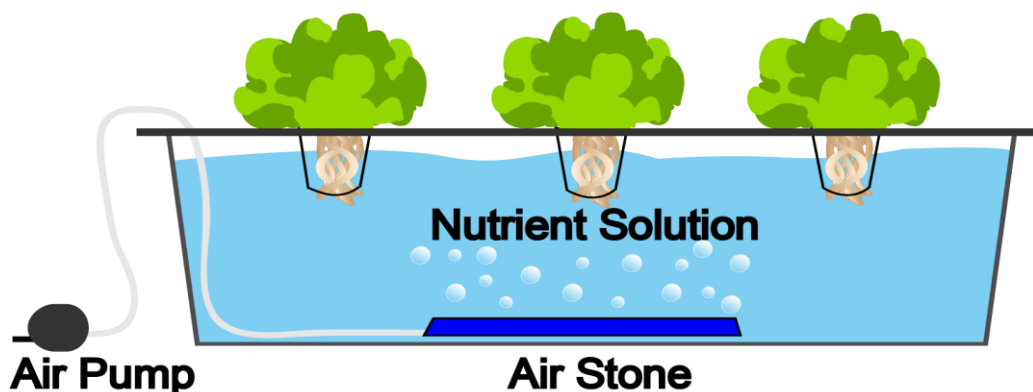


Рисунок 1.3 - Схематичне зображення ГС DWC

					ДП.АКІТ.8091560.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		19

Системи поживного розчину - циркуляційна модель, що дозволяє безперервно жити коренеплоди рослини. Спочатку в резервуар (Reservoir) поміщають розпилювач (AIR STONE) та насос (Water Pump). Далі його наповнюють водою та поживними речовинами. За допомогою помпи (AIR PUMP) та розпилювача воду насичують повітрям. Насос по каналу (Tray/Channel) всмоктує суміш води та поживних речовин, і завдяки шлангу постачає її до ємкості. Тоді корневими каналами рослина вбирає їх. Для того щоб поживні елементи потрапляли назад в резервуар посудину з рослинами нахилиють під кутом. Потік води рухається по каналам зверху в низ, тоді потрапляє в резервуар, в якому аерується та повторно постачається до насосу. Схематичне зображення ГС поживного NFT (Nutrient Film Technique) шару [1] показана на рисунку 1.4.

Для ефективного живлення рослин в NFT системі слід не тільки регулярно поновлювати резервуар новою водою та розчином, але й забезпечити належне постачання суміші під правильним кутом. Якщо він занадто гострий, то речовини стрімко стікатимуть по каналі, і рослина належно не поглинатиме цю речовину. Також варто підтримувати рівень води, якщо його збільшити то рослину можна затопити, вона може перенасититись поживним вмістом, і в подальшому не рости.

Переваги ГС NFT шару:

- Висока економія води та поживних ресурсів, тому що вони повторно використовуються;
- Циркуляція води дозволить усунути накопичення солей на коренях рослин;
- Дешева комплектація та багато ярусність площини робить її зручною у використанні.

Недоліки ГС NFT шару:

- Обслуговування ГС вимагає постійного контролю та чистки насосу;
- Тісне розташування рослин призводить до забиття каналу, поживний вміст не зможе текти спричинивши голодування рослин;

					ДП.АКТ.8091560.00.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

# Nutrient Film Technique

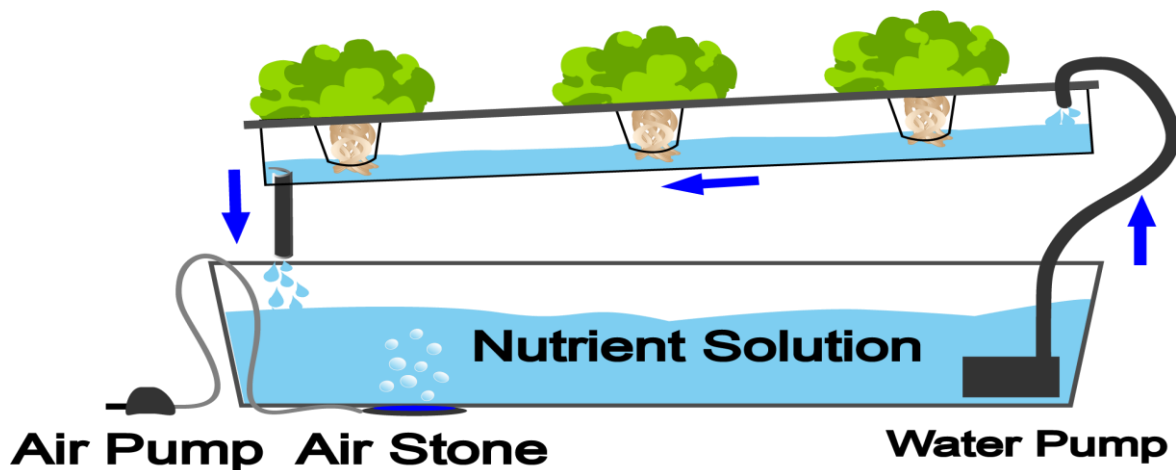


Рисунок 1.4 - Схематичне зображення ГС поживного NFT (Nutrient Film Technique) шару

Система аеропоніки один із різновидів ГС, у якому рослини та їхні корені прикріплюють до каркасу, на певній висоті від резервуару. Каркасна система аеропоніки складається з резервуару, розпилювача, насоса, пристрою контролю. Всі поживні речовини містяться в даному контейнері, через насос вони прокачуються до форсунок, які в свою чергу розпилюють цей розчин. Даний метод є незалежним від субстратів. Це методика дозволить живому організму споживати більше кисню, що сприяє росту та розвитку рослини. Схематичне зображення системи аеропоніки [1] представлено на рисунку 1.5.

Переваги ГС аеропоніки:

- Значна концентрація кисню стимулює рослину краще зростати.
- Висока мобільність дозволяє легко переміщувати систему, але при цьому слід регулярно вручну обприскувати коріння, щоб воно не було сухим
- Ергономічність та щільність

Недоліки ГС аеропоніки:

- аеропоніка не є дешевою системою
- потребує постійного технічного обслуговування

- низька пропускна здатність форсунок
- потрібно точно налаштувати систему

## Aeroponics

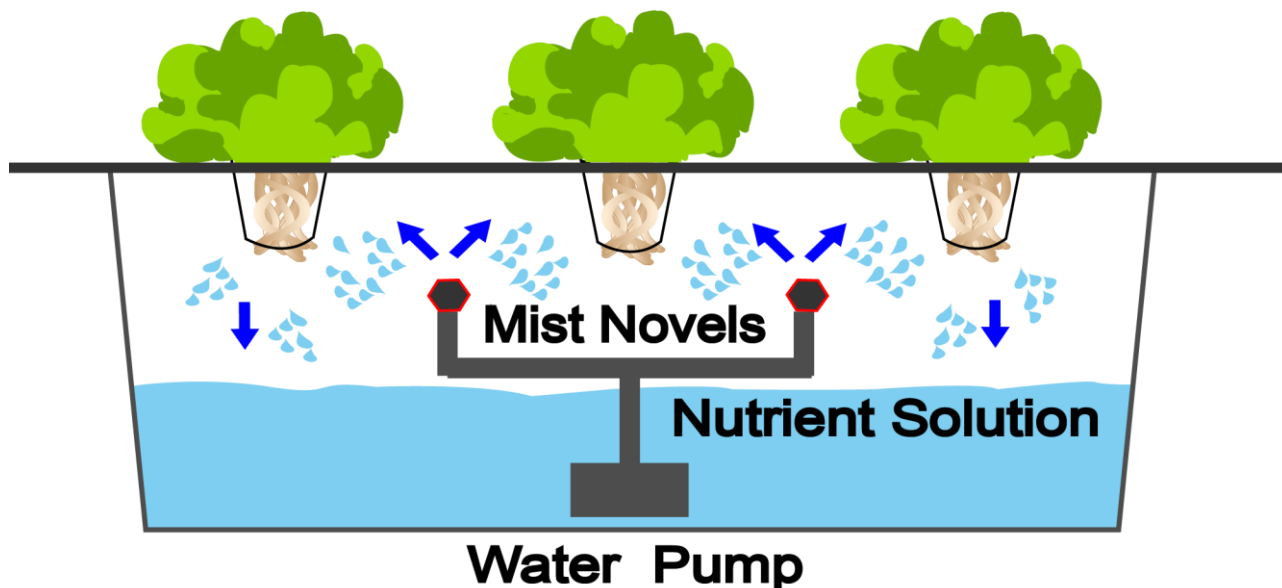


Рисунок 1.5 Схематичне зображення системи аеропоніки

Система періодичного затоплення одна із найпоширеніших типів вирощування в ГС. Робота якої базується на періодичному затопленні грядок. Система оснащена резервуаром, лотком, насосом, пристроєм контролю. Занурений насос оснащується пристроєм контролю. Він керує роботою насосу. Якщо його включити то насос наповняє рослину водою та ПР, а коли вимкнути то живильна суміш прямує назад до резервуару. Також в цій системі наявна переливна та дренажна трубка, яка вимірює рівень затоплення грядки. Рослина має вбрати усі потрібні речовини з наповненої ємкості, насититися киснем, а тоді повторно поливатись.

Схематичне зображення системи періодичного затоплення [1] вказано на рисунку 1.6.

Преваги цієї установки:

- Спроможність вирощувати різні види рослинних культур завдяки високому вмісту кисню та поживних речовин;

					ДП.АКІТ.8091560.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		22

- Дешева вартість елементів установки робить її доступною та зрозумілою у застосуванні;
- Доступність установчого матеріалу дозволить самостійно її сконструювати.

Недоліки цієї установки:

- Постійна доставка поживних речовин акумулює можливе забруднення насосу, тому рекомендується регулярно його чистити;
- Необхідно часто змінювати розчин в резервуарі, аби запобігти виникненню шкідливих мікроорганізмів;
- Устаткування підпорядковується електроенергії

## Ebb And Flow

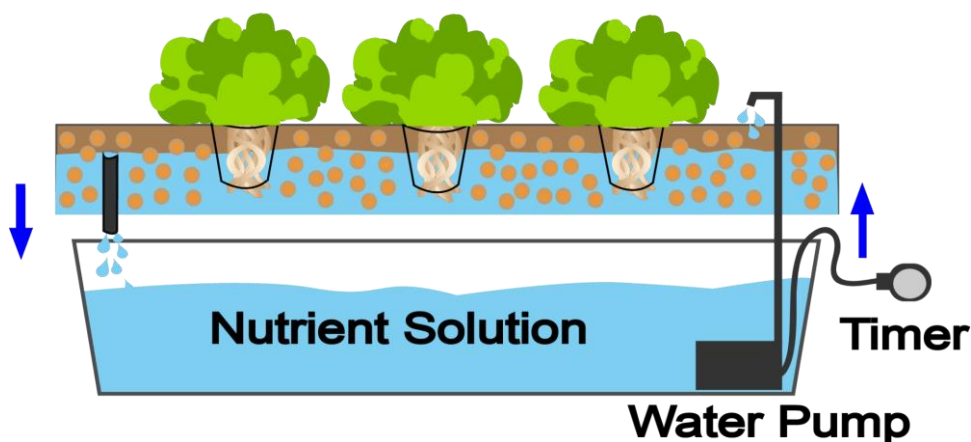


Рисунок 1.6 - Схематичне зображення системи періодичного затоплення

У цьому розділі було розглянуто принципи роботи найпоширеніших типів гідропонічних систем. Кожна з них має сильні та слабкі сторони. Однак вони вносять позитивну лепту у розвиток планетарної науки.

Технічний прогрес якісно впливає на їх ріст та розвиток, Спільним елементом, яких є резервуар з поживним розчином. Поживний розчин це сукупність макро та мікроелементів, які насичують рослину корисними вітамінами.

Процес вирощування рослин є складним тому, що за усіма процесами потрібно належно слідкувати. Спростити догляд за рослинами може автоматизація. Саме завдяки їй ми можемо більш точно встановити рівень

					ДП.АКІТ.8091560.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		23

вологості, тепла, поживних речовин, кислотності рН, освітленості, та кисню. Всю цю роботу виконують прилади. Тому їх стан слід частенько перевіряти на правильний хід роботи.

Для правильного розвитку рослини слід врахувати рівень вологості повітря. Якщо рослина отримує більшу або меншу її кількість то вона повільно росте. Так при високому вмісту вологи рослина перенасичується водою через що може відбутись корозія живильної системи рослини, що може спричинити розвиток бактерій. Нормований показник вологості для рослин становить від 55 до 60%. Мала вологість викликає посуху. Якщо постійно не зрошувати її то рослинний покрив не матиме змогу синтезувати фотосинтез. Нестача вологи впливатиме на якість зібраного урожаю.

Важливим компонентом вирощування рослин є кислотність поживного розчину, який вимірюються рН пристроєм. Вирощування рослин в субстраті вимагає збільшення рівня рН, оскільки рослини безперервно живиться поживними речовинами. Даний метод заснований на поглинанні рослиною позитивно та негативно заряджених частинок аніонів та катіонів. У воді мінеральні речовини внаслідок хімічної реакції розчеплюються на іони. Кислотність впливає на процес засвоєння рослиною енергетичних сполук. Оптимальним діапазоном рН вважається 5,5-6,5. При низькій концентрації рН утворюється кислотне середовище. Воно негативно впливає на вегетативну систему рослини. Це зумовлено тим що в ньому домінують іони водню, які замінюють катіони. В лужному середовища деякі поживні речовини перетворюються в хімічні речовини, які рослина не зможе всмоктувати. Тому постає питання в постійній регуляції кислотності рН за допомогою певних хімікатів.

Температура відіграє провідну роль в встановленні рослинного організму. Ідеальною температурою в гідропоніці вважається від 16 до 24 градусів Цельсія. При низькій температурі сповільнюється ріст рослини, а при високій підвищується рівень випаровування, розмноження шкідливих організмів, осушення листяного покриву, та мінімізація надходження кисню до рослин.

					ДП.АКІТ.8091560.00.00.000 ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



Електропровідність розчину є основним енергетичним фактором для живлення рослин. Саме завдяки проходженні електричного струму поживною речовиною, вираховується мінеральний склад поживного розчину. Для ефективного росту та розвитку рослин питома провідність сягає діапазону 1.5-2 мСм/см. Збільшення електропровідності розчину призведе до перенасиченості рослини поживними вмістом. Рекомендується міняти ПР, та заливати на його місце свіжу корисну суміш.

Наявність світла стимулює хорошему росту рослини. В гідропоніці часто використовують для цього процесу лампи денного освітлення. Вони продукують більше світла та значно економлять енергію для виділення теплоти. Щоб швидко виростити рослину застосовують спектральні лампи червоного та синього кольорів. Так лампи з переважанням червоного кольору сприяють розвитку урожаю, а синього впливають на ріст та розвитку основи рослини. Якщо є надлишок світла то листя осушується. Тому що руйнується шар хлорофілу, який відповідає за зелене забарвлення рослинного покриву. А коли є нестача освітлення то зростання рослини сповільнюється, при чому листя морщиться. В обох випадках ці ознаки впливають на процес фотосинтезу.

Отже у свої роботі фермери все більше залучають техніку нових зразків. Вона дозволяє якомога краще призвичаїтись рослинам до модерних умов. Однак вирощувати рослини в цій ГС досить трудомісткий та складний процес. Власники установок мають постійно вживати профілактичні заходи для справності обладнання та займатись очищенням її складових. Тому фермерські угіддя все більше автоматизують.

## 1.2 Автоматизація систем гідропоніки

Модернізація технічного процесу невтомно рухається вперед [2]. На думку вчених технічний прогрес зростає по вертикальній прямій [3]. Потік нових технологій зможе вирішити низку питань в сфері ведення сільського господарства [4]. Автоматизоване вирощування рослин збільшує інвестиції в

					ДП.АКІТ.8091560.00.00.000 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

дану галузь промисловості.

По статистичним даним компанії AgFunder вкладення в сектор харчової промисловості швидко зростає [5]. Автоматизована гідропонічна система зібрана з багатьох важливих частин. Кожна з яких відповідає за свою діяльність. Основним елементом ГС є контролер. Він здійснює контроль над всіма складовими системи.

Головним завданням контролера є забезпечення точного аналізу якості поживного розчину та специфіки навколишнього середовища. Тобто визначається електропровідність поживного розчину, хімічний склад рН, температура повітря та харчової суміші, вологість зовнішнього середовища. Ці показники визначають стан системи в цілому. Контролер надсилатиме робітникові дані про всі дії даної системи. При потребі він зможе вручну корегувати її. Для прикладу, коли потрібно замінити чи додати в розчин поживний вміст, перевірити температуру повітря, визначити вологість, контролювати справність насосу чи будь якого іншого пристрою. На фірмах що займаються вирощуванням рослин методом гідропоніки для змішування поживного розчину використовують автоматичну конструкцію показану на рисунку 1.7.



Рисунок 1.7 – Автоматизована конструкція ГС контролю та змішування поживного розчину

Ці установки працюють за принципом фертигації. У гідропоніці метод фертигації застосовують для внесення рідких мінеральних добрив до кореневої

					ДП.АКІТ.8091560.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		26

системи рослини. Сучасне технічне обладнання встановить точне розуміння того, скільки рослина потребуватиме тих чи інших корисних елементів. Точність забезпечують форсунки та клапани. Зрошення здійснюється завдяки мікропроцесорного контролера.

Систему фертигації ототожнюють з такими параметрами: областю застосування, специфікою управління, та засобами подачі мінеральних компонентів. Розчин, який переробляється цією установкою транспортується по каналах до рослинних плантацій. Після цього рослина отримує свою дозовану порцію та споживає її. Найбільш ефективним способом фертигації є крапельне зрошення.

Великий об'єм контейнера дозволяє у великому обсязі зберігати та постачати все більше рідкої суміші до рослини. Однак його часто потрібно поповнювати. Автоматизована система фертигації перевіряє рівень вологості, фільтрує воду від різних домішок, а також дозує поживні речовини, тощо. Датчики, які розміщені в резервуарі вимірюють електропровідність ЕС та рН. Таким чином рослина краще засвоюватиме мінеральні речовини.

Наразі існують різноманітні методики подачі добрив. Вони мають як свої переваги так і недоліки. До першої відноситься система ємностей. Вона працює за принципом непропорційного внесенню сухих добрив у воду при регулярному змішуванні. В системі є бак місткістю 60-220 л. Недоліком цієї системи є залежність від об'єму баку. До переваг можна віднести напрочуд легкий спосіб заміни одних добрив на інші, однак для різних культур рослин встановлюються різні ліміти експлуатації розчину. Попри це система досить добре функціонує.

Робота системи Вентурі базується на застосуванні інжекторного насосу. Він є важливим елементом в системі крапельного зрошення. Інжектор Вентурі представлено у вигляді пластикової трубки із вузьким каналом схожого на конус. Завданням обладнання є постачання органічних та неорганічних поживних речовин до кореневої системи рослини. Саме тому він вносить розчин добрив в резервуар. Але перед цим його можуть підключити до головної

					ДП.АКТ.8091560.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		27

трубопровідної магістралі, без трубно обвідної установки. Або ж після фільтру для очистки води за допомогою байпасу, який паралельно встановлюється до основної частини магістрального шлангу.

Тоді до інжектора прикріплюють трубку з фільтром, зворотній клапан та кран. В разі його перекивання створюється коливання тиску між вихідними та вхідними каналами інжектора під'єднаними до магістралі. Внаслідок цього коливання утворюється вакуумне середовище, що вбирає поживний вміст з ємності резервуару та доставляє його до бажаного місця.

Врешті решт наявність інжектора підвищуватиме врощуваність продукції та значно зекономить використання води та добрив. Для безперебійної роботи устаткування слід вносити в систему якісні добрива, що добре розпушуються у воді, та не утворюють твердих залишків. Він є витривалим до температур. Продування системи унеможливить його засміченню різними домішками.

На практиці автоматичне змішування ПР може працювати і без цих конструкцій. Це зумовлено методикою експлуатації поливних ресурсів. Дану установку зазвичай застосовують для великих фермерських підприємств, а для малих на кшталт теплиць цей метод є більш трудомістким. Тому ця концепція не є широко вживаною поміж таких систем подачі добрив як: аеропоніки, DWS, чи капілярні. Перелічені системи не можуть спрямовувати у протилежну сторону рух поживних речовин. Тому вміст корисних енергетичних сполук залишиться сталим. Хімічний склад рівня рН в ПР не зміниться. Тому цей агрегат обмежиться збором статистичної інформації, задля належного обслуговування обладнання.

Окрім моніторингу системи контролер здійснює контроль над обприскуванням рослин в механічній послідовності. Важливим в подачі добрив є дотримання балансу. Якщо рослину безперестанку поливатимуть зрідненим розчином, то ймовірно коренева система зазнає негативного впливу. При недостатньому зрошенню рослині загрожує пересихання та недоотримання поживних елементів.

					ДП.АКТ.8091560.00.00.000 ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Температура навколишнього середовища серйозно впливає на вирощування рослин. Як відомо температура повітря залежить від певних природних явищ. Так при достатньо холодному періоді пагони рослини можуть промерзнути. Після чого вони втрачають форму та належний вигляд. При цьому пік росту рослин сповільниться. Однак сучасні спроектовані теплиці наділені датчиками температури, які оцінюють стан температури та пропонують вирішення питань у ситуаціях, коли потрібно перевірити стан повітря. Обігрівають телиці штучним або природним способом.

Природній прогрів включає в собі пропуск сонячних промінь через прозоре покриття, яке при проході нагріває тверді елементи внутрішньої конструкції, які у свою чергу виділяють тепло. Штучне опалення являє собою сукупність альтернативних джерел енергії, а саме газу, твердих палив, електричних, та інфрачервоних носіїв опалення.

Характерною ознакою гідропонічних систем є їх нашарування. Звичайно це добре, адже завдяки ньому власники сільськогосподарських угідь економлять над посівними площами. Вирощування рослин на закритих плантація значно гальмує проходженню сонячного світла чи повітря до рослини. То доцільно створити вигідні умови, до яких рослина краще пристосується. Денне освітлення забезпечують фіто лампи. Вони оснащені контролером. Саме він дає змогу автоматично корегувати їхню діяльність, вимикаючи чи вмикаючи світло.

Концентрація вологості повітря позначається на етапи вегетативного розвитку рослини. Так під час проростання в ґрунті чи в гідропонічному середовищі рослині потрібно більше вологості, а дорослій менше. У випадку малої вологості варто провітрювати приміщення, а при високій концентрації слід збільшувати температуру повітря, проте слід зауважити нормована волога особливо в холодний період утримує тепло.

За принципом роботи одиниць систему поділять на цілісну та розподілену.

					ДП.АКТ.8091560.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		29

У цілісній системі контролер є головним процесом, а у розподіленій він дрібниться на окремі частинки, які виконують певні функції в системі. Співставивши отримані системи можна дійти висновку щодо переваг та недоліків, а також визначити їх значення в певних галузях.

Розподілені системи ефективні тим, що кожний контролер відповідає за певну роботу в середині системи. Відповідно власником таких систем вразі виникнення колізій легше встановити місце несправності.

Тай сама робота установок у випадку помилки не зупинятиметься, адже кожний елемент є автономним. Ця система є прибутковою для тих компаній, що займаються її розробкою. Функціональність системи збільшує її собівартість на ринку.

Система з одним контролером повністю зайняла провідну нішу на ринку товарів. Компанії, що займаються вирощуванням рослин методом гідропоніки все частіше замовляють її. Поширеність контролера проявляється в тому, що його можна придбати для різних потреб. В порівнянні з розподіленими системами це дозволить певним чином зекономити витрати на комплектуючі системи. Однак варто припустити що, в разі його перевантаження система може працювати не належним чином. Це пояснюється тим що усі дії регулює один контролер. Але такі системи не можливо модернізувати. В разі перекваліфікації підприємства власник може повністю поміняти систему або частково замінити технічне обладнання.

### 1.3 Аналіз ОУ

Для проектування автоматизованої системи управління в секторі гідропоніки було обрано об'єкт, що специфікується методом крапельного поливу. Областю застосування даного комплексу є тепличні плантації та площі господарських угідь. Даний метод є сприятливим для культивування різноманітних видів рослин.

Основною метою цієї установки є забезпечення постачання поживного

					ДП.АКІТ.8091560.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		30

розчину до рослини. На початку поживні речовини перемішують з водою, тоді по трубах з різноманітними розмірами та діаметрами спрямовують їх до рослинного організму. До рослини поживна суміш надходить від резервуару до головного трубопроводу. Він має найбільшу довжину та ширину. Від головної труби розгалужуються трубки меншого діаметру, що розміщуються вздовж рядків рослин. Тоді до них приєднуються шланги ще меншої величини. Перевагою системи є узгодженість між елементами та рівномірне дозування харчових добавок для рослин.

Субстратом для рослин слугує мінеральна вата. Вона була утворена зі сплаву твердої вулканічної породи. За формулою вона нагадує пружну губку, яка вбирає в собі поживні речовини та добре зберігає поживні речовини в живильній установці рослини.

Проте для вирощування рослин мінеральну вату все менше використовують це зумовлено тим що технічний процес діставання гірської породи з надер землі вимагає бурінню свердловин. Тому набирає популярність кокосовий субстрат, який є органічно чистим продуктом.

Гідропонічна система крапельного поливу характеризується своєю систематичністю. Пропорційний розподіл органічних добавок підвищує врожайність продукції. Відкритість плантацій насичує кореневу систему киснем. Завдяки цій ГС фермери суттєво економлять на воді та добрив. Проста будова установки забезпечує надійну роботу системи.

Саме завдяки правильності, гнучкості, та порівняно високої ефективності гідропонічна система крапельної доставки є найпопулярнішим засобом постачання поживних речовин в усьому світі. Це слугує серйозним показником при обранні ГС для великого чи малого бізнесу.

В цьому розділі було проаналізовано наявні види гідропонічних систем. Зазначено переваги та недоліки використання кожної системи для введення сільського господарства. Детально описано вміст та особливості роботи автоматичних процесів гідропонічних установок.

					ДП.АКТ.8091560.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		31

Вибрано об'єкт управління для проектування системи в даному дипломному проекті. На основі поданого матеріалу було сформульовано концепцію вигідного проектування досліджуваної системи для коректної та узгодженої роботи її головних компонентів. Визначено що для виконання поставлених завдань знадобиться контролер, який знаходитиметься в центрі системи та керуватиме її процесами.

Для аналізу даних система повинна бути оснащена додатковими датчиками. Датчики збиратимуть дані та надсилатимуть їх до працівників. Ті у свою чергу сфокусуються на отриманні результаті та вживатимуть заходів задля забезпечення безперебійної роботи автоматичного механізму. Автоматизація в гідропонічних системах коректує такі параметри системи як: вологість, провідність, теплорегуляцію. Натомість система крапельного поливу не вимагає слідкування за станом енергетичного ресурсу. Адже в системі не спостерігається негативний вплив на склад поживного розчину. Тому що розчин спочатку перевіряється а тоді вливається в систему. Метою автоматизації зібрати інформацію про стан навколишнього середовища та визначити мікроклімат вирощувальної ділянки. Автоматизація гідропонічної системи крапельної подачі ПР покликана розв'язати дві важливі задачі: передати дані у ході яких прийматимуться рішення щодо виявлених питань що стосується зрошення ділянки, та мінімізувати негативний вплив при помилкових діях людини, а також розробити ешелоновану систему в умовах штучного інтелекту.

Регулярне вивчення та модернізація технічного обладнання робить установку повністю автономною. В період індустріалізації аграрний сектор зазнав істотних змін. Колись для створення господарських підприємств потребувалась велика кількість людей, які тривало збирали вирощену продукцію, а тепер усю роботу виконує техніка, яка продуктивно вирощує та збирає продовольчу продукцію. Керування пристроями відбувається за допомогою програмного логічного контролера. Програмований контролер використовується для автоматизованого керування пристроїв насосних станцій

					ДП.АКІТ.8091560.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		32



тощо. Написана програма робить систему універсальною. Адже програмний код можна переписати під інші задачі, збільшуючи їх багатозадачність. Основним принципом роботи ПЛК є циклічність. Спочатку цикл зчитує вхідні дані контролера а далі зберігає їх стан, тоді запускаються команди після яких перевірятиметься вихідні процеси, далі вони записуються до пам'яті, що посилає сигнали на виходи контролера.

Отже всі сигнали надсилаються до вхідного модуля контролера, а програма буде реагувати на будь які стани на основі вбудованого алгоритму. Алгоритм роботи може відбуватись в такій послідовності: діагностика, зчитування вхідних даних, головне виконання, комунікація процесів, встановлення вихідних станів. Саме завдяки такій діяльності автоматично записуються показники установки.

					ДП.АКІТ.8091560.00.00.000 ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

## 2. АНАЛІЗ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ГІДРОПОНІЧНОЇ СИСТЕМИ

На рисунку 2.1 показано структурну схему проектування автоматизованої системи ОУ. На схемі зображено всі елементи та контури системи що забезпечують автоматизованість механізму.

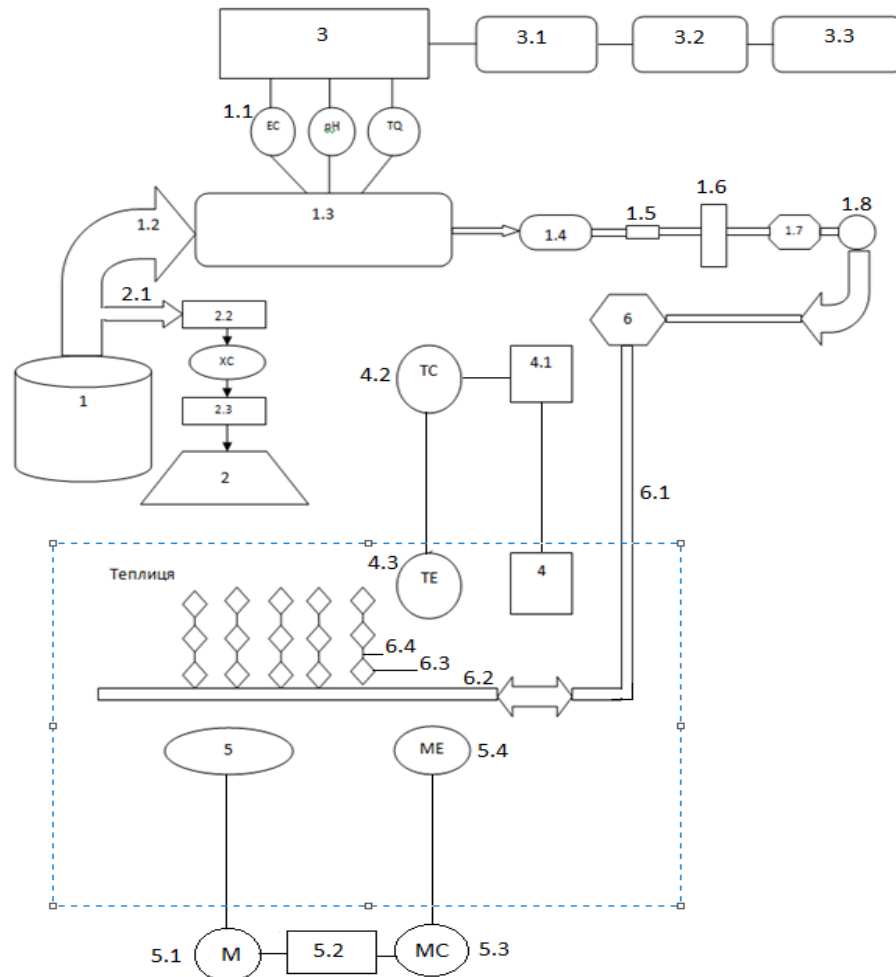


Рисунок 2.1 – Структурна схема проектування автоматизації системи ОУ

Опис структурної схеми:

1 – Ємність;

1.1 – сенсори температури розчину, рН, провідність;

1.2 – насос;

1.3 - бак з поживним розчином;

1.4 - основна засувка;

1.5 – фільтр;

					ДП.АКІТ.8091560.00.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- 1.6 – водовимірювальний прилад;
- 1.7 - трубопровід;
- 1.8 – манометр;
- 2 - система подачі світла;
- 2.1- прилад контролю постачання поживних елементів та світла;
- 2.2- пристрій регуляції доставки поживних речовин;
- 2.3 – керуючий орган контролю освітленням;
- 3 - система подачі інформації;
- 3.1 – контролер;
- 3.2 – мережевий адаптер;
- 3.3 – сервер та база даних;
- 4 – система опалення;
- 4.1 – реле контролю опалення;
- 4.2 – прилад управління опаленням;
- 4.3 – сенсор зовнішнього середовища
- 5 – вентиляційна складова системи;
- 5.1 – двигун вентилятора системи;
- 5.2 – орган контролю вентиляційної системи;
- 5.3 – прилад контролювання вентиляційної системи;
- 5.4 – сенсор вологості;
- 6 – система подавання добрив;
- 6.1 – головний трубопровід;
- 6.2 – розподільча установка з дистанційним краном;
- 6.3 – трубопроводи;
- 6.4 – зрошування рослин;

На структурній схемі гідропонічної системи проілюстровано три контури, що забезпечують автоматизацію. А саме: область подачі світла, контроль обігріву штучних плантацій, контур управління вентиляційною та споживчою організацією.

					ДП.АКТ.8091560.00.00.000 ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Контур, що регулює вентиляційний аспект використовує зібрані дані з сенсора. Він відповідає за вимірювання вологості повітря. В гідропонічних системах робота його зосереджена на запуск чи виключення виконавчого механізму, яким являється вентилятор.

Контур, що налаштований на нагріванні приміщень, що спеціалізуються на вирощуванні рослин використовує теплові сенсори, на основі яких висуваються рішення щодо контролювання тепла на садибних ділянках.

Використання вентилятора чи обігрівача не є головним чинником для створення гідропонічної системи. Адже доцільно є не лише виробляти енергію технічним обладнанням, а й створити ергономічне середовище для рослин. Зазвичай обране приміщення надасть нам ці умови. Тобто таке обладнання, що є наявним в середині приміщень може і не застосовуватися. Також для коректування температури чи вологості, замість вентилятора використовують часте провітрювання на гідропонічних господарствах.

Контур, що контролює освітленість та полив вирощувальної ділянки застосовує фіто лампи та насоси. Він є головним в системі. Система вчасного поливу дозволяє якомога якісно зрошувати рослину.

Самі процеси відбуваються за встановленим алгоритмом дій. Управління здійснюється за підпорядкованим дозованим зрошуванням рослини. Це сприяє до економії ресурсів таких як води чи добрив та правильному підливанню рослини. Переливання небезпечно тим, що визиває появу певних корозій

кореневої системи. А недолив призводить до нестачі поживних речовин, відповідно рослина голодує та може висохнути. Тому автоматизацій істотно мінімізували ризики та встановила безпечну зону для ефективного вирощування рослин.

Контур, що займається освітленням працює за вимкненням та ввімкненням фіто ламп. Забезпеченням світлом повинно бути безперебійним, щоб не перешкоджати природним ритмам розвитку рослинного організму. Як і випадку з поливом слід регулярно контролювати процесами.

					ДП.АКТ.8091560.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		36

Окрім зазначених контурних елементів на схемі показано ще й інші допоміжні засоби. До них відноситься сенсори температури, провідності, рН. Усі вони підпорядковуються системі Інтернету речей. Інтернет речей дозволяє отримати доступ до зібраних даних через технічні пристрої [6]. Уся інформація обробляється мікроконтролером та підключається до WIFI адаптера. Від адаптеру дані надсилаються до серверів та баз даних. Там вони зберігаються та передаються користувачеві, Після чого параметри поживного розчину аналізуються робітником та формуються концептуальні методики для вирішення поставлених задач.

На основі поданого матеріалу в даному дипломному проекті можна сформувану енергетично спроможну модель автоматизованої гідропонічної системи та дослідити її технологічну специфіку.

Автоматизація спроектованої системи включатиме всі наявні контури системи із допоміжними сенсорами контролю. Однак головним все ж таки є контури, що керують процесами освітлення та поливу. Сенсори кваліфікуються на безперервному моніторингу стану гідропонічної системи.

Зібрані дані передаються на пристрої робітника. Прилади контролю створюють абсолютно вигідне середовище для вегетативного зростання рослин. В гідропонічній системі вони регулюють температуру, освітленість, рівень рН як внутрішнього так і зовнішнього середовища. Визначальною компонентою

автоматизації є контролер. Він показує поточний стан параметрів системі та використовує релейні перемикачі для контролю над згаданими вище явищами. Моніторинг процесів має виконувати програмний додаток, який повинен працювати на різних базах операційних систем. А також зберігати дані, які подаються датчиками на хмарних програмних сервісах.

## 2.1 ВИБІР ТА ОПИС СТРУКТОРНОЇ СХЕМИ ТА ЇХ ЕЛЕМЕНТІВ

### 2.1.1 Водотривкий сенсор температури

На рисунку 2.2 зображено температурний датчик моделі РТ 1000.



Рисунок 2.2 – Датчик температури моделі РТ 1000

Для терморегуляції стану поживного розчину в гідропонічній системі вибрано герметичний сенсор температури РТ 100, який відноситься до популярних та достатньо вживаних пристроїв в різних концепціях технічних обладнань [7].

Технічна характеристика сенсора РТ 1000:

- Робочий температури:  $-50...+450^{\circ}\text{C}$ ;
- Точність вимірювання:  $1^{\circ}\text{C}$ ;
- Обшивка наявного кабелю: тефлон;
- Будова корпусу сенсора: стійка до іржі сталь;
- Тип сенсора: РТ 1000 0В DIN EN 6071;
- Розмір довжини шнура: 1 м.

Розглянутий датчик відноситься до класу пристроїв опору. Якщо температура становить 0 градусів то опірність дорівнюватиме 1000 Ом, при підвищенні температури опір збільшуватиметься, а при зниженні температури опір зменшуватиметься. Показники залежності опору від температури для сенсору РТ 1000 подано в таблиці 2.1:

Таблиця 2.1 – Залежність опору від температури для РТ 1000

Температура t, °C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Опір Ом	1000	1039	1077	1116	1155	1193	1232	1270	1308	1346	1385

Для роботи датчика потрібно подати на нього напругу, визначити опірність, та контролювати струм. В контролерах LAN і GSM процеси відбуваються автоматично.

### 2.1.2 Датчики температури та вологості зовнішнього середовища

Вологість повітря – визначається концентрацією водяної пари що міститься в повітрі. Її класифікують за такими способами як абсолютною та відносною вологістю.

Абсолютна вологість – відношення маси водяної пари, що знаходиться в насиченому киснем середовищі до об'єму повітря що дислокується на 1 об'єкта.

Відносна вологість – величина яка характеризується співвідношенням отриманої абсолютної вологості до її кількісного значення температурного показнику досліджуваного приміщення.

Вирощування рослин залежить від відносної вологості. Відомо, що чим більша температура, тим більше повітря зволожено. Це пояснюється тим, що питома маса водяної пари внаслідок нагрівання повітряних мас сприяє частковому випаровуванню у рослин, після чого абсолютна волога зменшуватиметься, але вміст відносної вологи водяної пари буде сталим. В таблиці 2.2 наведено залежність абсолютної вологості від температури навколишнього середовища.

Таблиця 2.2 - Залежність абсолютної вологості від температури навколишнього середовища

Температура $t, ^\circ\text{C}$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Абсолютна вологість г/	4,8	9,5	17,2	30,5	51,1	83,1	129	196	295	421	598

Для вимірювання величин таких як температура та вологість було використано сенсор AM2301 компанії AOSONG. Це надійний та стабільний цифровий датчик модель якого зображено на рисунку 2.3



Рисунок 2.3 – Цифровий датчик температури та вологи



Опис технічних параметрів датчика температури та вологості AM2301:

- Тип датчика: AM2301 / DHT21;
- Напруга блоку живлення 5 В;
- Вимірювання вологості: 0 ~ 100 %RH;
- Точність вимірювання вологи:  $\pm 2-5$  %RH;
- Температурний діапазон: - 35 ~ 80 °С;
- Точність показників температури:  $\pm 0,5$ ;
- Розмірність: 0.1 °С;
- Експлуатація електричного струму: 1.36mA

### 2.1.3 Датчик консистенції рН

рН – це значення величини, що характеризує рівень насиченості розчином хімічних елементів, а саме іонів водню. Їх активізація спричиняє утворенню кислотних та лужних середовищ. Якщо в розчині є багато водню то середовище лужне, а якщо мало то воно кисле.

Щоб виміряти жорсткість поживного розчину використовують індикатори або ж аналогові сенсори для встановлення точних результатів. Тож було обрано датчик рН DAT291 на рисунку 2.4, який добре підходить для плат Arduino [8].



Рисунок 2.4 – датчик жорсткості поживного розчину рН DAT291

					ДП.АКІТ.8091560.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		41

Технічні властивості датчика рН DAT291:

- Комплектація рН: модуль сенсора та електрод-зонд
- Напруга пристрою живлення:  $5 \pm 0,2$  В
- Діапазон проходження струму: 5-10mA
- Номінальна конфігурація приладу: РН0-14
- Розмірність температурного показника: 0-80 °
- Робочий показник температури:  $-10 \sim 50$  ° (номінальна температура 20 °)
- Кількість виходів сенсора: аналоговий сигнал напруги;
- Максимальна потужність обладнання:  $\leq 0.5$  Вт;

Якщо потрібно визначити параметр рН поживного розчину то для цього застосовують сенсор. Сучасні сенсори мають таку будову: кнопки керування, екран, місце для батареї, електроди, захисний ковпачок, вимірювальний пристрій, та інші. Усі датчики даного типу складаються з таких частин як плата та вимірювальний пристрій, який називається зонд. Даний пристрій буває одноступінчатим та багатоступінчатим.

В багатоступінчатого прибору більш точні результати, адже його можна краще налаштувати на правильне вимірювання.

Цей пристрій використовують у багатьох галузях промисловості, проте найбільше він поширений в гідропоніці. У роботі якого беруть участь група електродів та досліджуване середовище. Один електрод, який виготовлений зі скла збирає інформацію про активність іонів водню, а інший допоміжний зроблений зі хлор-срібла, який порівнює вміст поживного розчину.

Для вимірювання живильного середовища прилад занурюють у резервуар, після чого під дією різниці потенціалів відбувається рух заряджених частинок розчину, які переносяться до допоміжного електроду, який насичує розчин протонами.

В таблиці 2.3 наведено приклад залежності напруги електроду від концентрації рН для вибраного вимірюваного сенсора.

					ДП.АКІТ.8091560.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		42

Таблиця 2.3 – Відношення напруги на вимірюваному електроді від рН

Ph	mV =	mV = 25°C	mV > 25°C	Ph	mV =	mV = 25°C	mV > 25°C
0	379	414	449	14	-379	-414	-449
1	325	355	385	13	-325	-355	-385
2	271	296	321	12	-271	-296	-321
3	217	237	256	11	-217	-237	-256
4	163	177	192	10	-163	-177	-192
5	108	118	128	9	-108	-118	-128
6	54	59	64	8	-54	-59	-64
7	0	0	0	7	0	0	0

Отримані дані показують те наскільки показник температури прямо пропорційний до вихідної потужності сенсора рН. Якщо температура збільшиться чи зменшиться той напруга електроду себе так само проявлятиме. При цьому для коректної роботи плати дотримуються таких вимог: опір пристрою повинен бути більшим за вихідний струм  $10^{-10}$  А, та не меншим за  $10^{11}$  Ом напруги між входами обладнання.

#### 2.1.4 Датчик провідності

Електрична провідність поживного розчину визначає здатність речовини проводити заряджені електрони під дією навколишнього електролітичного середовища. Електропровідність розраховує хімічний вміст речовини. Висока електропровідність вказує на високу насиченість речовини важливим органічним компонентами. А мала повідомляє проте що в речовині більше води чим поживного вмісту. Тому електропровідність залежить від кількості іонів та їх активного руху в електролітичному полі. Чим більше їх є в розчині, тим краща її електропровідність. Для вимірювання цієї величини в концентраті поживного розчину знадобиться датчик електропровідності ССТ 1-мА. Аналогічно як із датчиком рН, сенсор провідності складається з зондової частини, яка прикріплюється до плати контролера. Подана інформація зчитуватиметься та просуватиметься до сенсорного пристрою.

					ДП.АКІТ.8091560.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		43

На рисунку 2.5 показано модель ССТ 1-МА датчика від виробника Prominent [9].

Сенсор ССТ 1-МА має такі особливі характеристики:

- Робочі показники вимірювання: 0,2...20 мСм/см;
- Діапазон вимірюваної температури: 0 ... 50 °С;
- Специфіка напруги живлення: 12...36 V DC;
- Універсальний вихідний сигнал: 4...20 мА;
- Підключення до інтерфейсу: 4-жильний кабель/0,25 мм<sup>2</sup>/ діаметр цього кабелю 5,7 мм
- Точність результатів сенсора при максимальному тиску середовища: 8 бар (при 25 °С);



Рисунок 2.5 – Модель сенсора електропровідності ССТ 1-МА

Правильність вимірюваних результатів залежить не тільки від особливостей технічного обладнання, а й від того як ми будемо працювати з ним. Тому при роботі з пристроєм слід враховувати частоту його використання, яка не повинна перевищувати одного разу на п'ять секунд. Ця вимога поширюється на роботу зонду, який при постійній частоті може накопичити електричний заряд. В результаті чого речовина, що омивається навколо сенсора

					ДП.АКІТ.8091560.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		44

поляризується, тим самим впливаючи на точність вимірювання рідини, яка налита в резервуар.

### 2.1.5 Дисплейний пристрій

В ході утворення автоматизованого механізму досліджуваної системи для її функціональної реалізації було вибрано пристрій вводу та виводу Nextion Basic [10]. Він включає в собі як і програмне так і апаратну забезпечення, які направлені на покращення інтерфейсу користувача та функціональної складової методом постійного оновлення системи. На рисунку 2.6 зображено макет дисплею Nextion Basic.

Сенсорний дисплей Nextion Basic має таку технічну специфікацію:

- Тип дисплею: сенсорний;
- Адаптована колірна здатність: RGB;
- Сумісність з типами контролерів: Raspberry PI та
- Яскравість дисплею: 0~230 з інтервалом керування 1%;
- Споживання електроенергії: 5V 250mA;
- Роздільна здатність: 480 x 320 пікселів

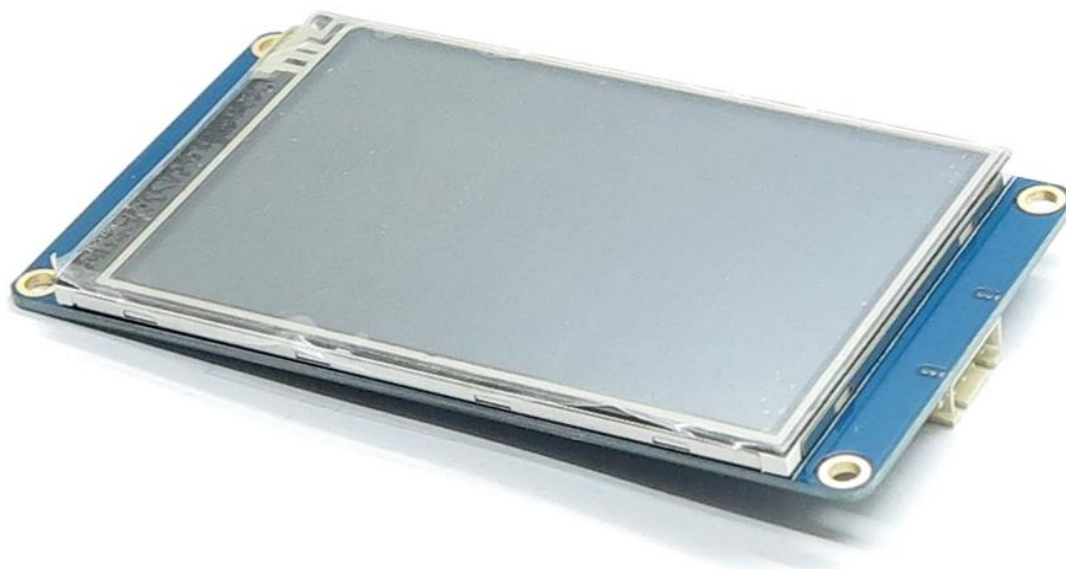


Рисунок 2.6 – макет дисплею Nextion Basic

Сенсорний пристрій складається з комунікаційного порту TTL, кнопку живлення, панель прогресу та прокрутки, інформаційна панель та функція копіювання та вставки, що істотно спрощує інтерфейс користувача.

#### 2.1.6. Вибір комутаційного пристрою

Вибирання будь яких автоматизованих установок залежатиме від розміру вирощувальної ділянки, специфіки обладнання та класифікації підприємства. А також підібрати певні види виконавчого механізму під будь яку гідропонічну систему.

Головним постачальником поживних речовин у системах гідропоніки є насоси. Вибір насосної станції підпорядковується площі угідь, та об'єму прокачування розчину. Насоси можуть перебувати як і в ємності з ПР так і на поверхні безпосередньо неподалік від рослин. Для зрошування рослин рекомендується застосовувати поверхневі насосні конструкції, які будуть плавно мірно зволожувати рослину. Налаштувати таку систему не складно, однак потрібно постійно слідкувати та регулярно обслуговувати технічне приладдя.

Система освітлення як і насосна станція опосередковано залежить від масштабу фермерських плантацій, штучних приміщень та складності конструкцій систем гідропоніки. Тому щоб побудувати цю систему використовують світлодіодні фіто-лампи.

Виконавчим органом кожного механізму в автоматизованій індивідуальній гідропонічній системі є реле. Реле займається обробкою сприймаючих та виконавчих функцій. Сприймаюча включає сукупність індикаторів, які впливають на керований ланцюг, а виконавчий реалізує команди оператора чи програмного коду. Під терміном індикатор розуміються електричні величини такі як: напруга, струм, їх частота, та потужність. Будь яке реле складається з котушки, корпусу, контакту. Котушка – мідний ізольований дріт, який намотується на циліндричну конструкцію. Корпус – захисний шар

					ДП.АКТ.8091560.00.00.000 ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

комутаційного пристрою. Контактні елементи забезпечують рух електричного струму в електромеханічному реле.

В ролі механічно реле було обрано пристрій моделі SRD-24VDC-SL від організації Songle. На рисунку 2.7 проілюстровано модель комутаційного пристрою SRD-24VDC-SL [11].



Рисунок 2.7 – Вигляд моделі комутаційного пристрою SRD-24VDC-SL

Специфікація комутаційного об'єкта керування:

- Напряга котушки: 24В;
- Номінальний опір котушки: 1600 Ом;
- Потужність реле пристрою: 0,35 Вт;
- Робочий струм котушки: 15mA;
- Максимальний струм комутації: 10А;
- Робоча напруга перемінного струму: 28В;
- Робоча напруга змінного струму: 250В;
- Робоча температура реле: 25°C..+70°C

					ДП.АКІТ.8091560.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		47

## 2.1.7 Опис мікроконтролера

Мікроконтролер – це програмований прилад, який вбудований в пристрої, які активізують та керують механічними процесами автоматизованих систем. Мікроконтролер використовують у різних сферах промисловості. Для прикладу в гідропоніці такими елементами являються: системи автоматичного зрошення, датчики вимірювання, програмні додатки чи спеціалізоване програмне забезпечення. Цей пристрій має відносно невелику розрядність в порівнянні з мікропроцесором, яка становить 8 – 16 бітів. Бітові значення дозволяють керувати технічним обладнанням, за допомогою бітових процесів.

Крім цього мікроконтролер має синхронізовану систему, арифметико-логічний пристрій, регістри, оперативну пам'ять, порти, функціональні логічні пристрої, та регістри їх налаштування. Комутація даних у мікроконтролері відбувається завдяки реле. Тоді дані надсилаються на графічні додатки чи спеціальні веб сайти через RX та TX порти.

У ході роботи над дипломною роботою було обрано контролер Arduino UNO. Arduino – доступна програмована плата, яка забезпечує процес автоматизації. Програмне забезпечення якої є доступним для будь яких користувачів. Він програмується завдяки USB порту.

Периферійні пристрої підключенні до входів плати дозволяють отримувати інформацію про навколишнє середовище у повному обсязі, а також можуть керувати різними приладами, які відносяться для даного типу установки [12]. Плата може працювати сама по собі, або ж може бути під'єднаною до програмного забезпечення ПК.

Цей мікроконтролер розроблений на мові програмування Wiring, яка функціонує у середовищі Arduino. Інтегрована платформа Arduino – це програмний додаток на мові Java, який складається з редакторного коду, компілятора та модуля прошивки вбудованого в плату. Розроблена платформа заснована на мові початкового рівня Processing, яка мало схожа на специфіку сучасного програмного забезпечення.

сучасного програмного забезпечення.					Арк.
ДП.АКТ.8091560.00.00.000 ПЗ					48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	



Апаратна частина програмної плати складається з контролера компанії Atmel AVR різних моделей та універсальної комутаційної бази, яка ефективно інтегрується із іншими пристроями.

В кожній платі у наявності є стабілізатор напруги, кварцовий генератор, чи керамічний резонатор. А також мікроконтролер має завантажувач, робота якого не залежатиме від зовнішнього апаратного пристрою [13].

Концептуальний рівень плат спеціалізуються на програмуванні послідовного з'єднання RS-232, проте цей спосіб залежить від версій плат, які часто модернізуються. Плата моделі Uno програмується через мікросхему конвертера USB-serial. У версіях Arduino Mini для програмування також застосовують USB конвертер або кабель [14].

Програмні додатки обробляються завдяки препроцесору, а тоді дані компілюються за допомогою компілятора AVR-GCC [15].

Розроблене програмне середовище зберігається на онлайн сервісах в веб-додатку 123D Circuits. У ньому ми можемо знайти багато мікросхем, надрукованих плат, моделі яких можна візуально побудувати без використання зовнішніх приладь, наприклад паяльника, чи дротів.

Веб ресурс досить зручний у використанні. Користувач може обрати будь яку схему, а також вносити певні компоненти або ж імпортувати ланцюги проектування. В онлайн режимі можна імітувати плату, перевіряти їхню роботу та тестувати пристрій Arduino з елементами вводу та виводу, а також прописувати та редагувати код з веб браузеру в віртуальному середовищі. У цій платформі є безліч бібліотек. Віртуальний режим дозволить вибирати дроти та різні обладнання, які підключатимуться до макетної плати.

На ринку автоматизованої техніки все більше з'являються нових компаній, які проектують мікроконтролери. Кожні з них мають свою архітектурну особливість. Серед популярних фірм виділяють такі як: Intel, Microchip, Atmel та інші. В таблиці 2.4 сформовано список відомих моделей мікроконтролерів, а також виділено їх технічну специфікацію.

					ДП.АКІТ.8091560.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		49

Таблиця 2.4 – Відомі мікроконтролери серії АТмега в DIP корпусі:

Модель та виробник Мікроконтролера	Ємкість ROM в кілобайтах	Діапазон RAM в байтах	Кількість вихідних портів
АТmega8515-16PU (Atmel)	8	512	40
АТmega8А-PU (Atmel)	8	512	28
АТmega88РА-PU (Atmel)	8	512	28
АТmega16А-PU (Atmel)	16	512	40
АТ89LP2052-20PU (Atmel)	2	256	20
АТ89S52-24PU (Atmel)	8	256	40
АТ89LP4052-24PU (Atmel)	4	256	20
АТ89C55WD-24PU (Atmel)	20	256	40
АТmega328P-PU (Atmel)	32	1024	28
АТmega644РА-PU (Atmel)	64	2048	40
W78E51В 89C51 (Atmel)	4	128	40
РІС18F4220-І/Р (Microchip)	4	256	40
Р89V51RB2FN (Philips)	16	1024	40
АТTINУ26L-8PU (Atmel)	2	128	20

В даній таблиці було показано перелік мікроконтролерів, які здебільшого виготовлені зі спеціалізованих контролерів моделей АТмега фірми Atmel. Контролери серії АТмега відносяться до сімейства мікроконтролерів AVR. Їх виробляють на основі гарвардської архітектури та схожої до ядрової концепції системи RISC. Контролери версій AVR оснащений 8 бітовим процесором,

команди яких виконуються за одну тактову фазу. Також контролер складається з великої кількості периферійних пристроїв на кшталт стабілізаторів напруги, аналогово-цифрового перетворювача, широтно-імпульсної модуляції та інші.

За основу розроблювальної автоматизованої системи в даному дипломному проекті було обрано мікроконтролер у корпусі DIP виробником якого є фірма Atmel, серії ATmega328P-PU, який добре позиціонуватиметься із мікросхемами плат Arduino.

Розшифрувати назву моделі представленого контролера можна таким чином: Перші літери AT вказують на назву компанії виробника цього типу мікроконтролера Atmel.

Абревіатура Mega вказує на модель мікроконтролера Atmel. Компанія Atmel розробила широкий асортимент різноманітних груп спеціалізованих контролерів таких як Tiny, Xmega, USB тощо. Tiny вирізняється відносно малою флеш пам'яттю, не великою кількістю комутативних портів, а також обмеженим обсягом периферійних пристроїв. Xmega збільшена версія контролера Mega, яка визначається високим об'ємом оперативної пам'яті, розширеним чотирьох-канальним DMA-комутатром, та усучасненою моделлю обробки інформаційних потоків.

Головними характерними рисами контролера версії Mega є флеш-пам'ять, яка становить 384 Кб, SRAM 16Кб, EEPROM 4Кб, кількість портів вводу-виводу складає від 23 до 86, наявний апаратний помножувач, розширена бібліотека програмних команд та необмежений обсяг периферійних пристроїв.

Цифра 32 позначає місткість флеш-пам'яті в kilobytes. Потрібно зауважити що цифра Mega328 означає що флеш пам'ять не дорівнює 328 кілобайт, а має 32 кілобайта та належить до 8 модифікації контролера ATmega328P-PU.

Символ P вказує на те що контролер реалізовано в DIP корпусі, Він доволі громіздкий має багато шпильків, але водночас простий при спаюванні їх

					ДП.АКТ.8091560.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		51

в плату. Корпуси видів TQFP та SOIC вимагають досвідченого паювання та налаштованої не те плати.

У значить що цей мікроконтролер є комерційним пристроєм. А також можна побачити контролер з позначкою I, яке вказує на те що його виготовили для промисловості. Властивості контролера для різного роду реалізацій впливатимуть на показники температурного режиму, якості робочого процесу, а також на його рентабельну вартість.

Технічні характеристики мікроконтролера ATmega328-PU:

- Діапазон робочої температури: -40 до +85 °C;
- Робоча напруга пристрою: 1,8-5,5 В;
- Корпус 28PDIP;
- Тактова частота роботи: 20MHz;
- Число входів та виходів: 23;
- Обсяг EEPROM: 1024 байт;
- Обсяг RAM: 2048 байт;
- АЦП&ЦАП: 6x10біт;
- Периферійні елементи: PWM, POR, WDT, Brown-out Detect/Reset;
- Розрядність мікропроцесора контролера: 8біт;
- Інтерфейсні порт: I<sup>2</sup>C, UART, SPI

На рисунку 2.8 схематично показано назву всіх портів [16]. Плата Arduino дозволить використовувати велику кількість пінів в зовнішній схемі. Кожна плата яких складається з цифрових входів та виходів, які комутують ШІМ та АЦП сигнали на платах «shields». Загалом контролер оснащений 28 вихідними портами, 5 з яких відповідають за периферійні складові. Функціональна схематична модель мікроконтролера [17] зображена на рисунку 2.9.

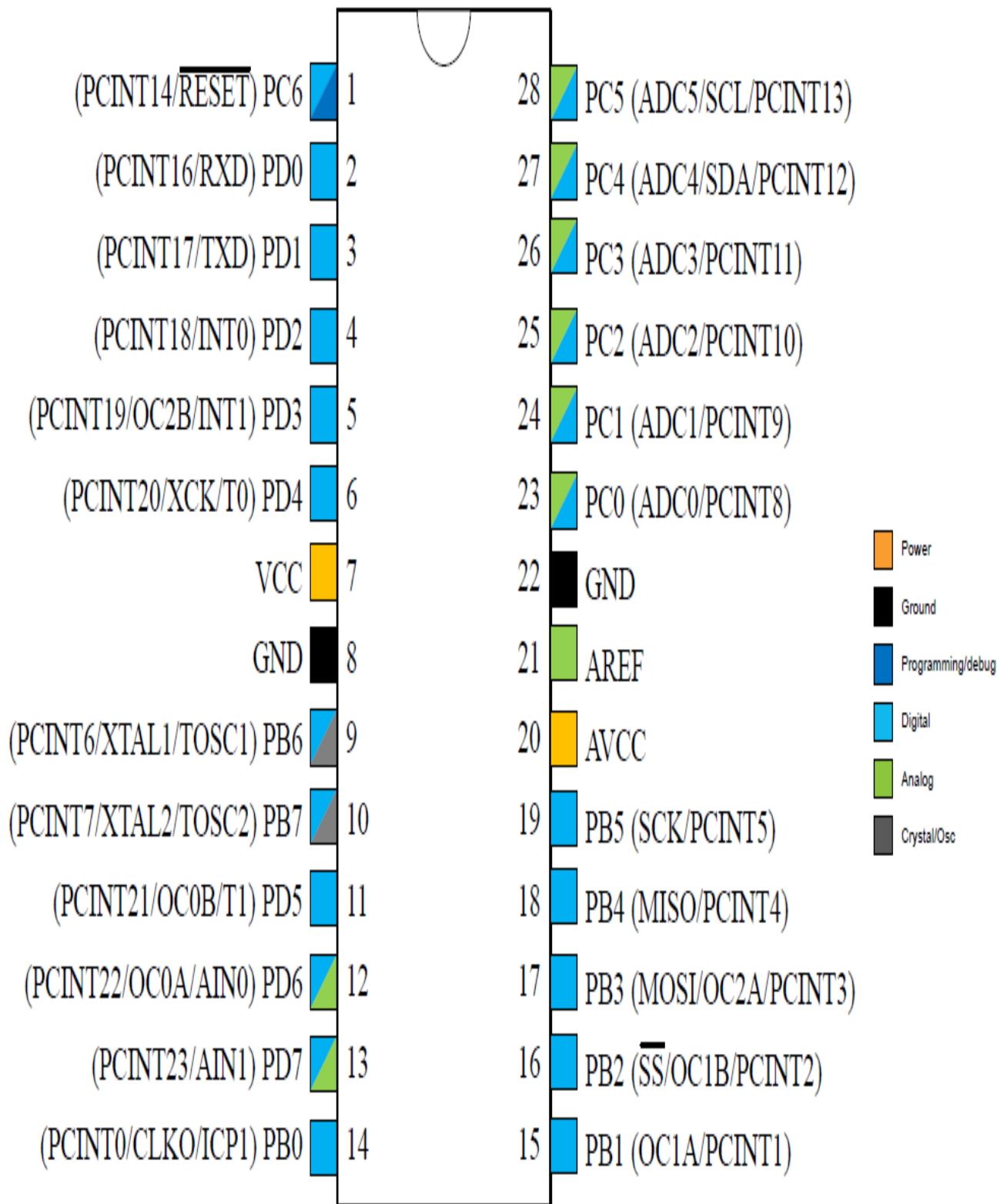


Рисунок 2.8 – Схема портів виводу мікроконтролера ATmega328P-PU

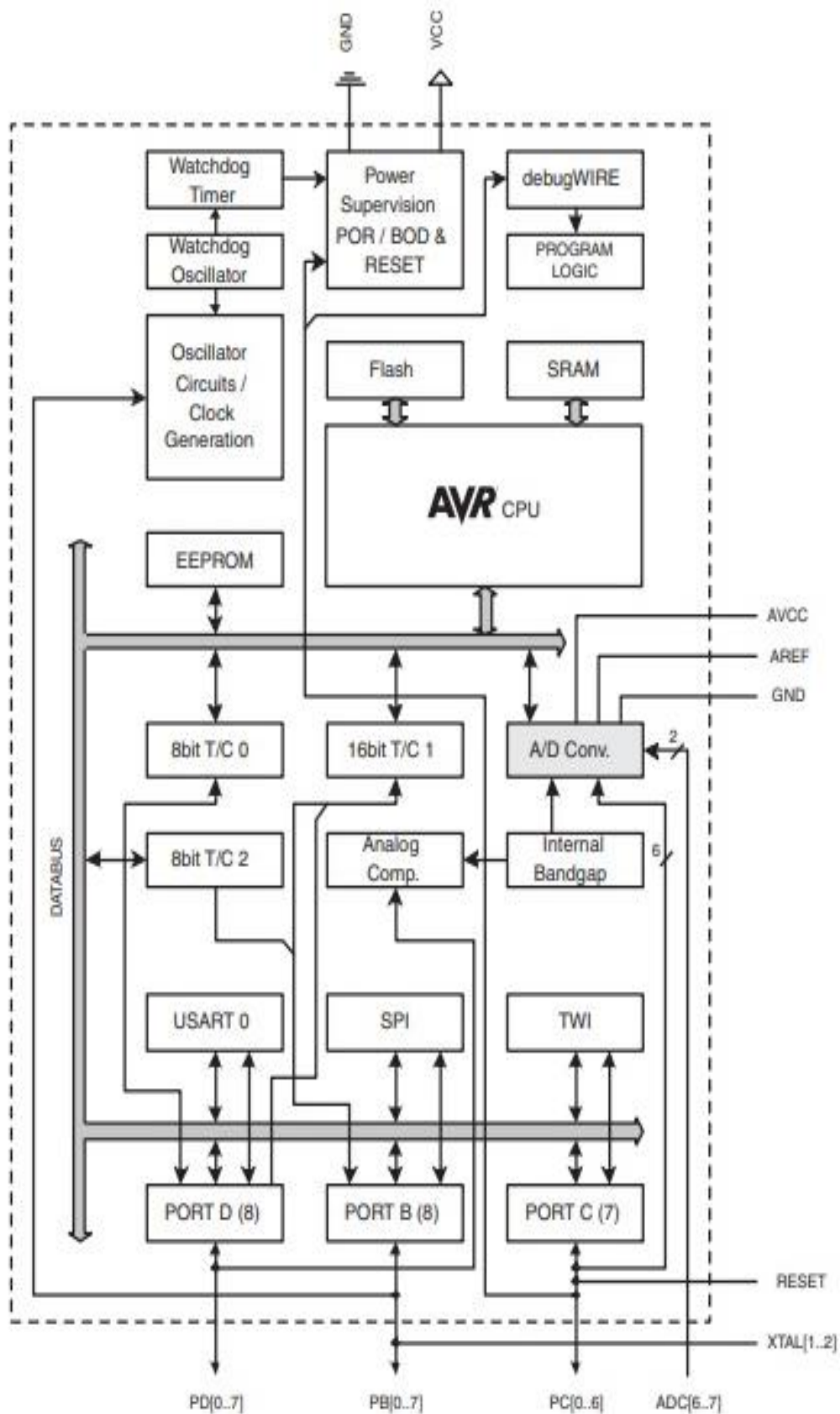


Рисунок 2.9 - Функціональна модель мікроконтролера ATmega328P-PU

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

У цьому розділі було створено елементарну функціональну базу автоматизованої системи, яка досліджується в цьому дипломному проекті. Ця система складається з наступних елементів:

- Водонепроникного датчика температури
- Сенсора що вимірює температуру та вологість зовнішнього середовища
- Датчика, що встановлює рівень рН
- Виконавчого елементу реле
- Сенсорного дисплею
- Мікроконтролера АТmega328P-PU

Також було детально описано всі технічні характеристики автоматичного обладнання, та зображено графічно кожний елемент. Досліджено особливості роботи мікроконтролерів. Спроектовано комутаційну схему портів контролера та його архітектуру. В загальному система складається з відносно дешевих та якісних компонентів, кожна з яких може широко використовуватися в багатьох інноваційних електричних приладах, тому це доводить їхню стабільність та точність.

## 3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ДЛЯ ГІДРОПОНІЧНОЇ УСТАНОВКИ

### 3.1 Розробка та опис функціональної схеми

Функціональна схема проектування гідропонічної системи проілюстрована на рисунку 2.1. В ньому подано усі функціональні складові автоматизованої системи та описано принципи роботи усіх її частин.

Автоматичним об'єктом керування в системі гідропоніці є насос, ємність із поживним мікро та макро елементами, ділянка для штучного вирощування рослини, світильники у вигляді фіто-ламп.

Апаратним об'єктом керування в розроблювальних платах є контролер. Його вбудовують в плату із іншими допоміжними елементами, яких припаюють до бортової частини мікросхем. Виконавчий елемент зчитує одержані дані від сенсорів, аналізує їх, та розподіляє команди на виконавчі прибори, які вмикають чи вимикають за потреби. Але перед цим датчики і виконуючі прилади приєднують до плат завдяки спеціальним комутаційним портам.

В гідропонічній системі контролер займається управлінням параметрів поживних розчинів та вирощувального середовища. А також контролює зрошення та освітленість садових площ завдяки спеціальним датчикам. За допомогою яких оператор отримує інформацію про стан досліджуваного об'єкту на сенсорний дисплей,

Датчики в системі гідропоніки дозволяють мікроконтролеру отримувати дані про якість поживного розчину, рівень електропровідності хімічних елементів, що визначаються рН, температуру та вологість навколишнього середовища та корисного розчину, а також перевіряти його концентрацію в резервуарному корпусі.

					ДП.АКІТ.8091560.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		56



### 3.2 Проектування та функціонально-схематичний опис ОУ

На рисунку 3.1 подано функціональну схему розробленої системи. Ця схема зображує усі основні елементи з'єднань автоматичної системи управління.

Розшифрування маркованих елементів показаних на рисунку 4.1 описується таким компонентами:

- Конструкція із поживним розчином;
- Посівна площа з рослинами;
- Освітлювальна система фіто-ламп;
- Реле освітленості;
- Насосна станція для транспортування органічних добрив;
- Насосне реле

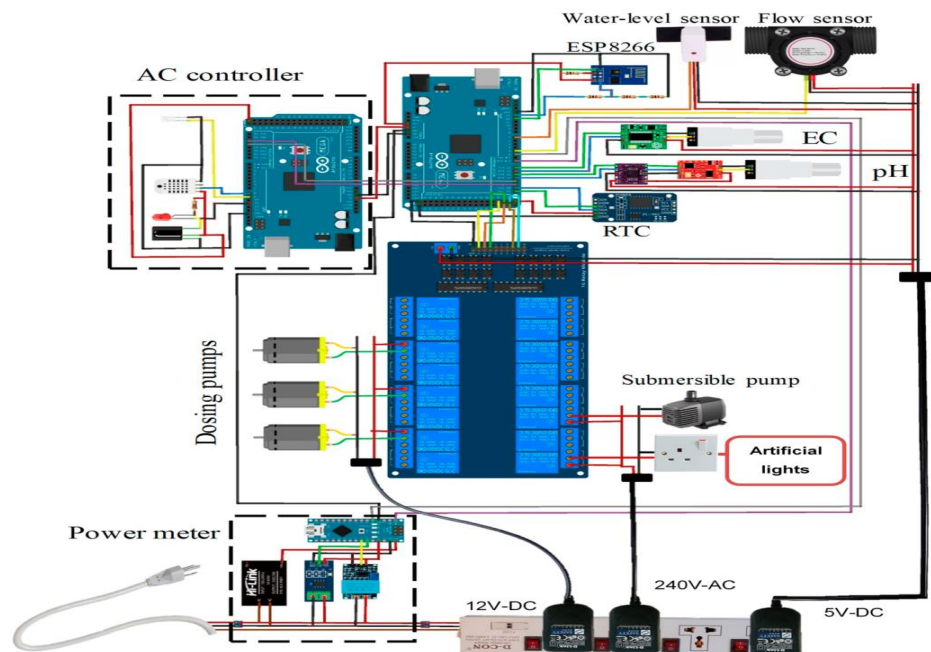


Рисунок 3.1 – Функціональна схема проектування гідропонічної системи

Керування насосними складовими здійснюється за допомогою виконавчого модуля реле версії SRD-24VDC-SL. МК буде надавати команди насосним елементам, які будуть працювати по визначеному алгоритму оператора.

Тобто працівник контролюватиме їхню роботу через розроблене програмне забезпечення по встановленому графіку.

Автоматизоване управління в системі освітлення здійснюється завдяки поданим командам від мікроконтролера. МК комутуватиметься із фіто-лампами через релейний пристрій SRD-24VDC-SL. Такий ж самий як і в насосній станції контролер регулює запуск та відімкнення ламп по встановленими командами оператора ГС.

Вимірювання хімічного складу поживних речовин працює за таким методом. Датчик моделі ССТ 1-мА виготовленого від виробника Prominent, який збирає інформацію про електропровідність речовини за допомогою зонду та вимірюваної плати. Датчик має АЦП, який можна підключити до аналогового входу контролера.

Встановлення температурного показника здійснюється за допомогою водостійкого цифрового терморегуляційного сенсора РТ 1000 компанії сигнал яких поставляється на цифровий канал плати мікроконтролера.

Щоб виміряти вологість та температуру зовнішнього середовища вирощування для сільськогосподарських рослин застосовується цифровий сенсор АМ2301 від компанії AOSONG. Цифровий сигнал передається на відповідні плати мікроконтролера.

Потік інформації про наявну роботу процесів в гідропонічній системі відбуватиметься завдяки сенсорному дисплею моделі Nextion Basic.

### 3.3 Проектування та опис комутаційної схеми

Принципову схему подано на малюнку 4.7 у якому показано всі порти до кожного з них можна під'єднати пристрої. Вони вимірюватимуть та поставлятимуть аналітичну інформацію до сенсорного дисплей персоналу.

Керування системними компонентами здійснюється завдяки наявності мікроконтролеру АТmega328P-PU. На схемі цей елемент маркують як DD1. Датчики та виконавчі прилади можна підключити до плати таким способом:

					ДП.АКТ.8091560.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		58

сенсор рН комутується із мікроконтролером через вимірювану плату по вихідним портам: АО, GND, VCC. Для прикладу такі вихідні порти як VCC та GND під'єднують до живильного ланцюга. Щоб система працювала належним чином варто вихідний борт каналу заживити до живильної мережі з певною напругою, яка сягає величини 5V. Тоді ж канал GND потрібно заземлити. Вихідний порт типу АО являється інформаційним каналом, який приєднується до аналогового порту (PC0) контролера.

Сенсор що безпосередньо вимірює величину провідності у автоматичній системі працює аналогічним чином, адже датчик має таку саму плату із такими портами та їх позначенням. Тому вихідні порти приєднуються за тим самим алгоритму що був у випадку із датчиком рН. Оскільки перший аналоговий порт вже підключено то цей сенсор приєднується до наступного аналогового каналу контролера (PC1).

Водотривкий сенсор температури (DD2) має 3 вивідні порти. Тому такі виводи (VCC) і (GND) як правило підключаюь до напруги 5V та заземлюють. А от (DATA) є інформаційно-цифровим портом датчик якого під'єднується до мікроконтролера за допомогою входу (PD2) тому відповідно до технічної документації для того щоб датчик працював необхідно розташувати опір R4 посередині виходу DATA та VCC з певною величиною.

Прилад вимірювання вологості та температури має 4 виводи. Серед них виходи VCC та GND приєднують до живильної системи з розмірністю 5V та перед тим потрібно заземлити плату. DATA порт оперує інформаційними процесами датчики та приєднується до цифрової частини (PD3) мікроконтролера. Для безперервної роботи датчика рекомендується розміщувати прилад опору R5 із властивою на те величиною між виведеннями портів DATA та VCC.

Інформація, що передається до приладу по вихідним USB портам представлено у вигляді сенсорного дисплею Nextion Basic, який має 4 виводи. Таким чином обмін даними, що відбувається завдяки портам (TXD) та (RXD) приєднують за таким порядком портів (RXD) та (TXD) тоді TXD канал USB до

					ДП.АКІТ.8091560.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		59

RX входу контролера, а RXD канал USB до TXD входу контролера.

Виконуваним пристроєм в проектуванні автоматизованої системи є реле версії SRD-24VDC-SL, що контролює електронасосними конструкціями та освітлювальними обладнаннями.

Схематично реле в системі позначається як REL1 та REL2 та підключають їх до мікроконтролера за допомогою електричної схеми, яка включає в собі діоди VD1, VD2, транзистори VT1, VT2, а також резистори R2, R3 керування реле виконуватиметься через цифрові виходи (PB1, PB2) мікроконтролера.

В розроблювальній системі мікроконтролер живитиметься від напруги 5V. Тому зазвичай живлення підключатиметься до вихідних портів мікроконтролера типу VCC та GND. Порт AVCC живиться від АЦП та входів (PC0/PC3). Аналогово-цифровий перетворювач дозволяє більш точно виміряти показник напруги живлення якого необхідно під'єднати до фільтру, для того щоб система живлення не впливала на точність вимірювання. В якості фільтрового інструментарію обрано котушку L1 та конденсаторний C3 елемент.

Мікроконтролер містить ланцюг RESET, в якому живлення подається на вхід каналу із напругою високо логічного класу резистора R1. Тоді вхід буде інверсним тобто дорівнюватиме 0 та відповідатиме за пере налаштування контролера, а 1 – визначатиме його оптимальний режим. Мікроконтролер складається ще й із внутрішнього та зовнішнього ланцюга. У внутрішньому ланцюзі RESET приєднують до VCC порту через резистори. Зовнішній відповідатиме за виявлення причин колій з певною періодичністю.

Відповідно до технічних зразків документацій виробника Atmel потрібно вмонтувати керамічний конденсатор версії C1 ємністю 100 нФ що розміщений між VCC та GND виходами живлення. Конденсатор згладжує імпульсні завади, які виникають внаслідок роботи цифрової схеми живлення. А от конденсатор моделі C2 з ємністю 47 мкФ в цій мережі використовується для згладжування високо перебіжних коливань живильної напруги приладу.

					ДП.АКІТ.8091560.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		60

### 3.4 Розробка та описування алгоритму управління

Процес керування системними елементами гідропоніки методом крапельного типу зображено на рисунку 3.2 у проекції блок-схеми.

Перед тим як запусниться система оператору ГС опитати датчики та ввести певну комбінацію даних та команд для регуляції системного продукту. До них входять наступні елементи регуляції а саме: увімкнення виконавчого механізму (насосної станції чи освітлювальних ламп), діапазон їхньої роботи, а також встановлення режиму установок для контролю над параметрами системи.

Особливості алгоритм роботи даних про стан компонентів поживного розчину зображеного на рисунку 3.3, що включає перелік датчиків, які визначають склад та створення сприятливого середовища для рослин.

Контролер по черзі опитуватиме датчики і якщо опитаний датчик покаже що,параметри перевищують норми ПР то контролер виключить насос та оповістить користувача про дану ситуацію. Тоді потрібно замінити поживний розчин та безпосередньо визначити через що це відбулося. При вимкненню насосу освітлювальна система продовжить свою роботу. Якщо параметри у нормі то контролер вводитиме отримані дані на дисплей та приступатиме до увімкнення виконавчого механізму гідропоніки.

Контролер аналізуватиме та зрівнюватиме отримані дані із тими що вносилися оператором, а тоді прийматиме рішення чи вмикати насос чи ні. Якщо ж дані в нормі то насос ввімкнеться та працюватиме до встановленого терміну. При закінчення робочого графіку контролер вмикатиме наступний виконавчий механізм, а саме освітлення.

Як і в ситуації з насосними засобами контролер в системі освітлення зрівнюватиме дані введені працівником гідропонічної установки та контролюватиме режимом освітлення, на який потрібно його налаштувати. На основі поданих даних формується рішення щодо ввімкнення чи вимкнення системи. Якщо визначений діапазон ще не надійшов то контролер буде заново опитувати датчик утворюючий циклічний алгоритм.

					ДП.АКТ.8091560.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		61

Після отриманих команд від оператора контролер збирає інформацію з сенсорів про якість досліджуваних компонентів. Якщо ж говорити про алгоритм роботи датчика повітря зображеного на рисунку 3.4 то в першу чергу варто пересвідчитися чи справний датчик. У випадку з несправностями контролер інформуватиме працівника ГС по сенсорному дисплею. Якщо датчик буде справним то контролер отримуватиме дані про температуру та вологість приміщення. Якщо дані не перевищують встановлених норм то вони надходять до дисплейного пристрою, в іншому випадку контролер буде виводити на дисплей повідомлення про цю ситуацію, а потім збирати дані від сенсорів, що визначають зазначені величини поживного розчину в гідропонічній системі.

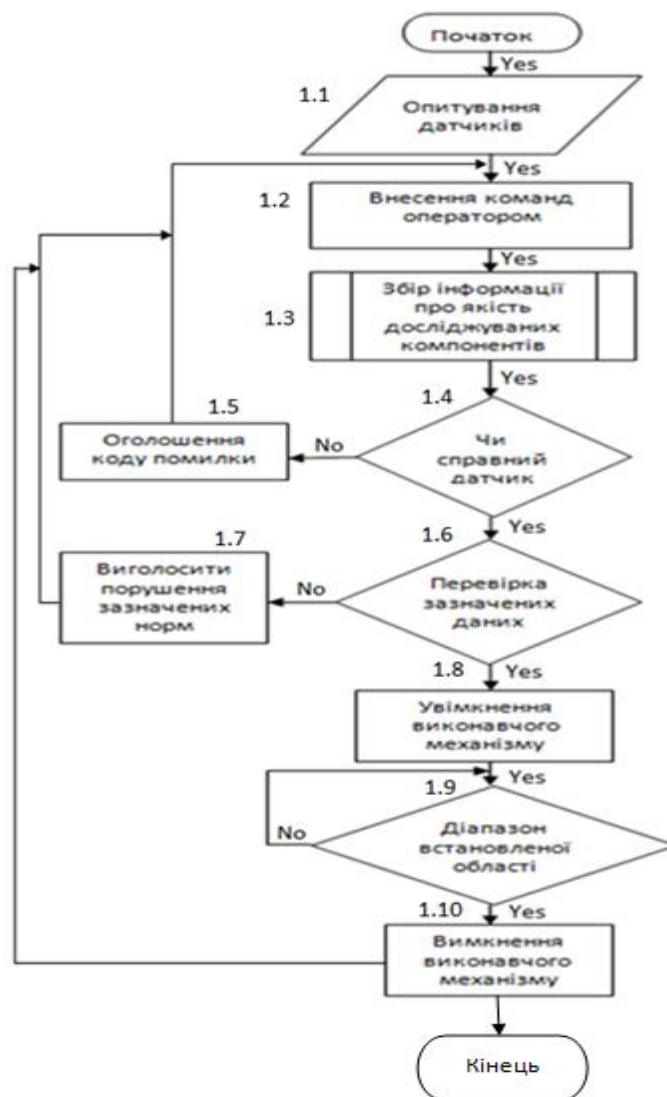


Рисунок 3.2 - Алгоритм роботи виконавчих механізмів системи

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

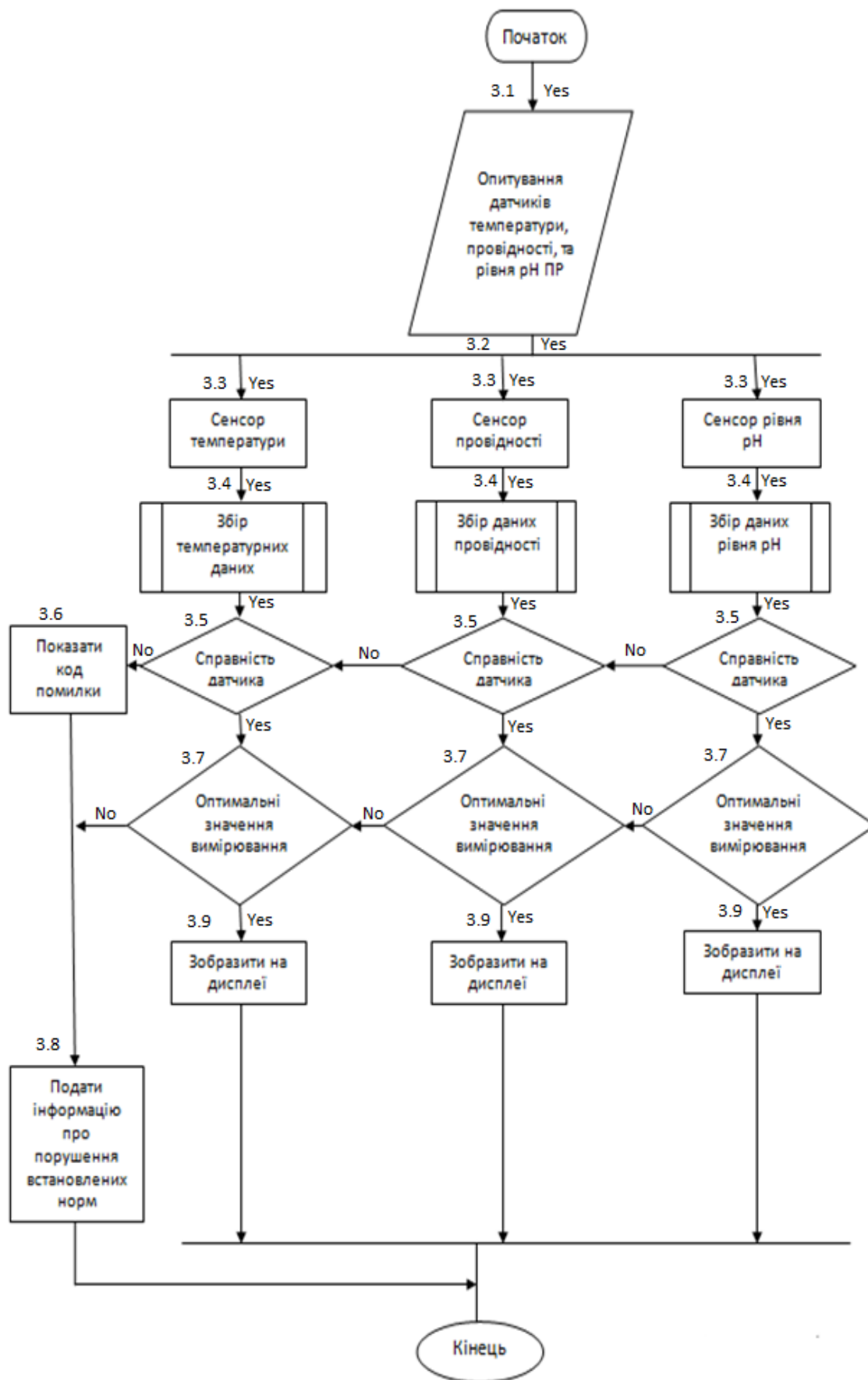


Рисунок 3.3 – Алгоритм збору даних параметрів ПР

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

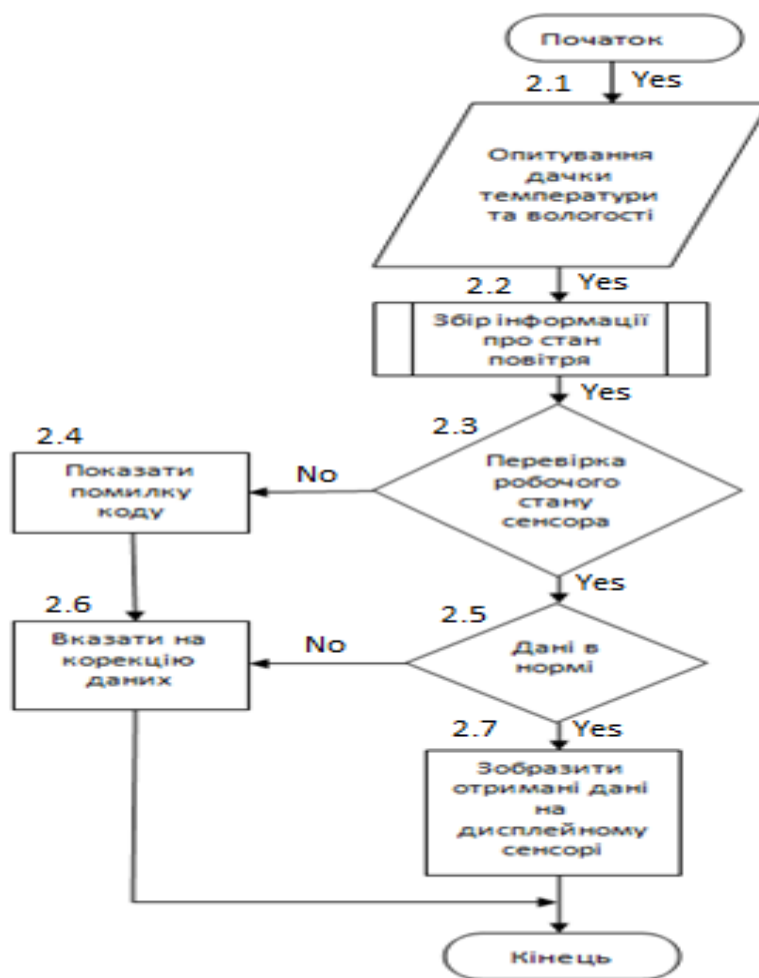


Рисунок 3.4 – Алгоритм опитування сенсорів повітря

В цьому розділі дипломного проекту було накреслено схеми та наведено певну технічну документацію по розробленій моделі системи управління. Також було детально описано та пояснено список наступних схем:

- Структурна схема (рисунок 2.1);
- Функціональна схема (рисунок 3.1);
- Принципова схема (рисунок 2.8);
- Алгоритм роботи (рисунок 3.2-3.4)

Всі розроблені схеми оформлені відповідно до вимог державних стандартів

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата



## 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1 Аналіз небезпечних факторів роботи

Охорона праці дозволяє запобігти причинам виникнення небезпечних ситуацій, які можуть виникнути в ході роботи над тим чи іншим завданням. Мета охорони праці розробити безпечну модель функціонування як і апаратного чи програмного забезпечення, так і виробничого персоналу. Адже безпечне середовище дасть змогу підвищити соціальну та економічну здатність.

Покращення безпекових позицій дасть змогу бізнесу підвищити його виробничий потенціал та фінансову складову. Економічний та соціальний зміст взаємопов'язані між собою. Створення зручних умов для робітників і технічного обладнання дозволить покращити здоров'я робочої сили, та підвищення рентабельності організації.

Модель охорони праці має пряме відношення і до охорони природи, адже робота будь якого підприємства може згубно вплинути на якість природних ресурсів. Тож її головною задачею є очищення водою від шкідливих речовин, захист атмосфери від парникового ефекту, створення ізоляційного поля, уникнення небезпечних електромагнітних та іонізуючих випромінювань слугує важливою ідеєю збереження екологічної області.

В процесі виконання задач із використанням ПК на робітників можуть впливати такі шкідливі фактори: шумність у приміщенні, коливання напруги, підвищення енергетичного вмісту, підвищена напруга та електромагнітне випромінювання, нестача освітленості робочого місця, відсутність вологого прибирання, фізична втома робітників, перевантаження фізичних каталізаторів людини.

Розробка загально визнаних нормативних документів які спрямовані на користувачів визначає організація ISO. Визначальним законодавчим документом в царині охорони праці є ЗУ «Про охорону праці», та «Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальної машини»

					ДП.АКІТ.8091560.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		65

## 4.2 Правильне облаштування приміщень з ПК

Облаштування затишної робочої зони забезпечує доволі високу продуктивність та добре впливає на емоційне самопочуття та зовнішній стан людини.

Під терміном робоча зона розуміють спеціалізоване приміщення із властивим набором техніки та добре оснащену робочу область, яка домотає сконцентруватись робітнику та приємно робити над своєю задачею.

Врахувавши усі особливості зорового огляду людини необхідно зробити такі приміщення, в яких розташування вікон орієнтувалось на північ або північний схід. При цьому щоб сонце не разило очі пропонується обладнати вікна жалюзями чи іншим речами. Робочий стіл потрібно облицювати матовою чи напівматовою фактурою, щоб зменшити відблиск.

Правила облаштування робочої області наведено у ВДТ ЕОМ та ПЕОМ. Відповідно завдяки ним вважається неприпустимим облаштовувати приміщення на не визначених для цього територій.

Поверхня підлоги має бути гладкою, зручною для протирання та прибирання а також мати антистатичні особливості. У приміщеннях рекомендується покрити підлогу лінолеумом. Що дозволяє значно краще робити вологе прибирання, аніж лаковані чи фарбовані підлоги.

Оздоблення офісів зсередини здійснюється за рахунок матеріалів, які не виділяють шкідливих домішок у повітря, а навпаки вони мають включати лише чисто органічні речовини.

Для того повітря в кімнаті було свіжим рекомендується постійно його провітрювати відкриттям вікон чи включенням кондиціонерів або вентиляційною витяжкою. Важливим є й розташування будівлі, якщо вона перебуває в зоні сильного забруднення наприклад на металургійних або інших комбінатах то існує велика ймовірність шкідливого впливу на робітників.

					ДП.АКТ.8091560.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		66

Важливим фактором продуктивної роботи є забезпечення шумоізоляції для ВДТ об'єктів. Робоча зона кожного працівника має бути розміщуватись в приміщеннях із низьким рівнем шуму, які не перевищує зазначені норми. Якщо в приміщенні є шкідливі матеріали, які впорскуються у повітря треба розконцентрувати робітників у кімнати із регулярним обміном повітря.

#### 4.3 Заходи пожежної безпеки

Вимоги щодо пожежної безпеки розглядають як комплекс заходів направлених на забезпечення безпечного функціонування робітників, запобігання розширенню вогню, а також наявності інструментарію, який зможе вдало загасити вогонь. Приміщення мають оснащуватися вогнегасником, або ж протипожежною електричною сигналізацією, яка автоматично гасить вогонь.

Автоматичні датчики оголошують небезпеку внаслідок підвищення тепла у приміщенні. Також існують комбіновані датчики, які реагують на теплоту завдяки терморпарі, чи на дим у вигляді іонізуючого моніторингу. Розглянуті елементи дозволять пом'якшити або ж усунути небезпеку на підприємстві.

Крім протипожежних заходів потрібно ще й обережно ставитись до установок, які працюють за рахунок електрики. Для цього було сформовано правила належних експлуатаційних робіт у якому рекомендується заземлити електричні засоби. Тому приміщення облаштовують контур-шиною яку вносять в контур заземлення. Контур-шина – це дріт виготовлений із властивим діаметром переріз якого розташований по всій площині кімнати. У випадку під'єднання дротів необхідно використати техніку припаювання дротів кислотним флюсом.

Дотримання зазначених правил дозволить підвищити електричну безпеку, а профілактичні заходи або ж форуми з правил безпеки щодо протипожежного чи технічного обслуговування значно підсилять обізнаність робітників, та все ж ватро бути обережним щодо користування технічними засобами.

					ДП.АКТ.8091560.00.00.000 ПЗ	Арк.
						67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

## ВИСНОВКИ

В цій дипломній роботі було розроблено автоматизовану систему управління вирощуванням рослинних культур в гідропонічній системі. Розглянуто та порівняно класи зрошень в гідропонічній системі та обрано вигідну установку крапельного зрошення. Перевагою цієї установки є її низька вартість комплектуючих на ринку та їх висока спроможність охопити вирощувальну площу та точно розрахувати споживчий потенціал рослини.

В даній роботі були показані усі технічні характеристики системи керування, їхнє призначення та область використання який складався з таких елементів: корпусної плати, мікроконтролера, та датчиків, які контролюють необхідні параметри, а також сенсорного дисплею, що візуалізує отримані дані на екран оператора. Відповідно на їх основі було розроблено такі види схем: структурну, функціональну, принципову та алгоритмізовану роботу виконавчих механізмів та їх складових.

Для забезпечення ефективного використання корисних ресурсів та електроенергії необхідно запропонувати таку автоматичну систему, яка контролюватиме рівень води у бачку, чи вологість вирощувальних плантацій з ефективним споживанням енергії на основі оптимізації та логічного керування процесів системи. Дані мають відповідати зазначеним нормам користувача. При цьому оператор з кабінету може контролювати роботою насосного приладдя чи освітленим обладнанням.

Розроблена система виконує автоматичне зрошення та контролює прилад освітлення в гідропонічній системі крапельного зрошення. Завдяки датчикам система збирає та аналізує дані цього середовища, а саме: становище, рівень рН та електропровідність поживного розчину, а також визначає стан повітря. На персональному пристрої оператора розміщуються дані про стан системи та компілюються машинні коди в програмному середовищі задля модернізації інтерфейсу користувача та забезпечення продуктивної автоматизації.

					ДП.АКТ.8091560.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		68

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1.Опис головних типів гідропонічних установок [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.nosoilsolutions.com>
- 2.Мельник, Олександр Сергійович. "УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ ГІДРОПОННИХ УСТАНОВОК."
- 3.Піддубна Л. «Технологізація» конкурентоспроможності: теоретико-методологічні аспекти / Л. Піддубна, О. Шестакова // Економіка розвитку. – 2012. – № 1 (61). – С. 5–11.
- 4.Нончаренко, І. V. “Перспективи розвитку агропродовольчого комплексу України в концепції технологічної сингулярності” – 2016. - №1. С. 85-87.
- 5.AgTech Funding Report: Year in Review. – 2015. – 59 р. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://agfunder.com/research/agtech-investing-report-2015>
6. Модуль WiFi ESP8266 SOC з 802.11 b/g/n і TCP/IP. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.robotgear.com.au/Product.aspx/Details/1028-WiFi-Module-ESP8266-SOC-with-802-11-bgn-and-TCP-IP>
- 7.Опис датчика температури [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://proline.biz.ua/temperature-sensor-pt1000-1m>
- 8.Технічні риси датчика рН [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://arduino.ua/prod3543-ph-sensor-for-arduino>
9. Технічний опис датчика провідності [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://altair-e.com/ua/p1047616191-datchik-elektroprovodnosti-cct.html>
10. Опис дисплейного обладнання Nextion [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.arduiner.com/de/prodotto/lcdbildschirm-mit-touch-nextion-nx4832t035-35zollhimbeerarduinomonitor/>
11. Особливості комутаційного реле [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.mini-tech.com.ua/srd-24vdc-sl-c>
12. Банзі, Массімо та Майкл Шайло. *Початок роботи з Arduino*. Maker Media, Inc., 2022.;

					ДП.АКІТ.8091560.00.00.000 ПЗ	Арк.
						69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

13. Луї Л. (2016). принцип роботи Arduino та його експлуатація. Міжнародний журнал управління, автоматизації, зв'язку та систем (IJACS) , 1 (2), 21-29;
14. Arduino Products: [Електронний ресурс] / Arduino, 2016. – Режим доступу: <https://www.arduino.cc/en/Main/Products/>
15. Download the Arduino Software: [Електронний ресурс] / Arduino, 2016 – Режим доступу: <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>
16. Зображення портів контролера [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://microcontrollerslab.com/atmega328p-microcontroller-pinout-programming-features-datasheet/>
17. Архітектура контролера ATmega328P-PU [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.theengineeringknowledge.com/introduction-to-atmega328/>

					ДП.АКІТ.8091560.00.00.000 ПЗ	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		