

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Факультет Електроніки**  
(повна назва інституту/факультету)

**Кафедра Мікроелектроіки**  
(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ (підпис) \_\_\_\_\_ (ініціали, прізвище)

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Дипломна робота**  
**на здобуття ступеня бакалавра**

з напрямку підготовки \_\_\_\_\_ **6.050801 Мікро-та наноелектроніка**  
(код і назва)

на тему: Автоматична гідропонна установка

Виконав: студент IV курсу, групи ДП-52  
(шифр групи)

\_\_\_\_\_ **Цуман Дмитро Сергійович** \_\_\_\_\_ (підпис)  
(прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник доцент, кандидат технічних наук, Бовтун В.П. \_\_\_\_\_ (підпис)  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Консультант з нормоконтролю проф., к.т.н., доц.. Орлов А.Т. \_\_\_\_\_

Консультант з інформаційних питань доц.. к.т.н., Діденко Ю.В. \_\_\_\_\_

Рецензент Заворотний В.Ф., доцент, кандидат фіз.-техн. наук \_\_\_\_\_ (підпис)  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Засвідчую, що у цій дипломній роботі  
немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних посилань.  
Студент \_\_\_\_\_

(підпис)

Київ – 2019 року

Анотація. Було виконано літературний огляд, висвітлена актуальність розробки приладу, а також перспективи використання його для вирощування рослин.

Були розглянуті можливі реалізації ключових компонентів приладу і вибрано найкращі з них для реалізації поставленого завдання. Розроблена структура меню керування приладом. Вибраний і обґрунтований спосіб керування сенсорами та елементами клімат-контролю. Написаний код, який програмно пов'язує усі частини приладу між собою.

Abstract. A literary review was carried out, the relevance of the development of the device, as well as the prospects for its use for plant cultivation, was highlighted.

Were considered possible implementation of key components of the device and selected the best of them for the implementation of the task. The structure of the control menu of the device is developed. Selected and substantiated way of controlling sensors and elements of climate control. The code that programmatically connects all parts of the device with each other was written.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	3
1. ІСТОРИЧНІ ВІДОМОСТІ.....	6
2. ВИРОЩУВАННЯ РОСЛИН ГІДРОПОННИМ МЕТОДОМ .....	10
3. ПЕРЕВАГИ ГІДРОПОНІКИ.....	13
4. НЕДОЛІКИ ГІДРОПОНІКИ.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
5. ВИДИ ГІДРОПОННИХ СИСТЕМ.....	44
6. ОСНОВНІ ПАРАМЕТРИ МІКРОКЛІМАТУ .....	37
7. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ .....	46
8. ФУНКЦІОНАЛЬНА СПЕЦИФІКАЦІЯ ПРОЕКТУ. ВИБІР КОМПОНЕНТІВ .....	49
9. ПРОЕКТУВАННЯ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ. АЛГОРИТМ РОБОТИ КОНТРОЛЕРА.....	59
10. ВИСНОВКИ .....	61
11. СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	62

## ВСТУП

Отримання високих урожаїв якісної рослинної продукції на відкритих ґрунтах завжди було важкою задачею, яка рідко вирішувалась і вимагала великих затрат – фізичних, фінансових, часових.

Використання замкнутих об'ємів (теплиць, балконів, лоджій і т. д.) для вирощування рослин в закритих ґрунтах значно полегшує рішення поставленої мети за рахунок зниження негативних факторів навколишнього середовища.

Однак замкнутий об'єм сам по собі не дозволяє досягти мети в повному обсязі без забезпечення нормальних умов життєдіяльності рослин. Виникає необхідність створення деяких кліматичних умов шляхом забезпечення заданих величин найбільш значимих параметрів, таких як температура, вологість, освітлення.

Контролювати і утримувати значення цих параметрів на заданому рівні, тобто створювати нормальні умови життєдіяльності рослин без засобів автоматики майже неможливо. Для забезпечення оптимальних умов, тобто таких, за яких можливо буде контролювати велику кількість параметрів мікроклімату та отримати максимальний можливий урожай без значних витрат зусиль, часу, електроенергії, необхідна автоматична система, яка б комплексно вирішувала задачу.

В процесі накопичування людством знань щодо біології і культивування рослин виникла новий метод вирощування без застосування ґрунту, на рідких поживних середовищах – гідропоніка. Рослини вирощують на спеціальних установках, які являють собою технічний комплекс, що вирішує фактично ті ж завдання, що і при вирощуванні

рослин в закритих ґрунтах – фіксація рослин, доставка поживних речовин до кореневої системи рослин і забезпечення мікроклімату. Гідропонні установки не потребують великих площ і можуть бути розміщені в жилій квартирі.

Безсумнівною перевагою гідропонних установок є отримання екологічно чистої продукції, відсутність затрат на транспорт і придбання ділянки. Враховуючи те, що гідропонні установки дозволяють отримувати продукцію на протязі всього року, не виходячи з дому, такий спосіб для багатьох людей може стати єдиним можливим і прийнятним рішенням.

Забезпечення нормальних умов для росту рослин, наближених до оптимальних, найпростіше вирішується шляхом створення системи контролю і регулювання із зворотнім зв'язком (так звані слідкуючі системи). Електронні системи в даному випадку найбільш прийнятні: вони мають високу гнучкість контролю параметрів середовища у великих діапазонах, можливістю створення компактних і дешевих функціональних блоків і вузлів, практично не мають інерції, не потребують будь-якого дорогого обладнання і пристроїв для їх створення.

Використання в замкнутих об'ємах електронних систем забезпечення мікроклімату економить час та ресурси їх власників, а автоматний режим роботи допускає довгострокову відсутність власників. Така система дозволяє як мінімум забезпечувати контроль і регулювання наступних параметрів мікроклімату :

- температура повітря
- температура поживних розчинів

- вологість повітря
- освітлення

Значний інтерес гідропоніка являє собою для промислового виробництва рослинної продукції, особливо в місцях з високою засоленістю та малою кількістю води. Крім того, ряд дуже цінних культур економічно вигідно вирощувати гідропонним методом. Збирання урожаю деяких видів лікарських рослин у промислових масштабах можливе лише завдяки гідропоніці, особливо культури, в яких більшість активних елементів зосереджено у коренях. Вирощування у гідропонних установках дозволяє розміщувати рослини значно густіше, ніж у ґрунті, та дозволяє більш ефективно використовувати простір теплиці загалом. Повний контроль над харчуванням рослин дозволяє прискорити швидкість їх дозрівання, нарощування зеленої маси та зменшувати концентрацію тих чи інших елементів. Боротьба зі шкідниками стає значно простішою, що дозволяє значно зменшити використання хімічно активних речовин, таких як пестициди та гербіциди. І, нарешті, закриті гідропонні системи дозволяють збирати урожай цілий рік.

Слово «гідропоніка» загалом описує не одну технологію, а охоплює велику кількість різноманітних методів вирощування і підтримки життєдіяльності рослин. Загалом їх можна поділити на дві категорії: живлення оголених коренів в розчині поживних речовин, або в безґрунтовому інертному субстраті. Термін «безґрунтовий», відповідно, відноситься до культур на субстраті.

Основні принципи гідропоніки дуже прості: в поживному розчині потрібно підтримувати достатню температуру, насичення киснем і необхідну кількість поживних речовин. Особливо важливо звертати увагу

на насичення киснем. Щоб гідропонна система виправдала себе, необхідно постійно насичувати воду киснем.



## 1. ІСТОРИЧНІ ВІДОМОСТІ

Вважається, що безґрунтові методи вирощування рослин – плід сучасних технологій, але це не так: фізіологи рослин вже понад 100 років використовують поживні розчини для лабораторних досліджень.

Перші письмові згадки про використання водних систем для вирощування рослин датуються приблизно 600 роком до н. е. – створенням висячих садів Семіраміди у Вавилоні. Хоч дане чудо світу й не підпадає під поняття гідропоніки: хоч рослини і росли в жолобах, в котрих постійний потік води омивав їх корні, самі жолоби були наповнені землею. Тим не менше, це найдревніша письмова згадка про використання великої зрошувальної системи, створеної в будівлі.

1100 року індійські племена Південної Америки і Мексики (ацтеки та інші) використовували так звані «чінампа» – плоти для збільшення площі орних земель. Вони використовували зплетені стебла очерету і кукурудзи для створення плавучих «островів» на озерах. На такий каркас накладали багате поживними речовинами багно з вулканічної землі. Ці плавучі острови потім використовувались для вирощування сільськогосподарських культур. Рослини жилились як із мулкового багна, так і із коренів, що проросли в воду. Цей метод використовувався і в інших кутках світу. В 1275 році Марко Поло зустрів плавучі сади в Китаї. Невідомо, де і коли плавучі сади були використані вперше, але очевидно, що це перша гідропонна технологія, створена людиною.

Першою опублікованою роботою по вирощуванню наземних рослин без застосування ґрунту була книга *Sylva Sylvarum*, або «Природознавство», написана у 1627 році Френсісом Беконом,

надрукованою через рік після його смерті. Водна культивування привернула до себе значну увагу і стала популярною технікою дослідження. В 1699, Джон Вудвард опублікував свої експерименти з м'ятою. Було доведено, що рослини живляться з ґрунту і за допомогою води. Невідомо, що знали про це інші люди на землі, але до 1699 року західній науці було невідомо, як і чому ростуть рослини. Також Вудвард відкрив, що рослини в нечистій воді ростуть краще, ніж рослини в дистильованій воді. Він продемонстрував, що чим більше в ній ґрунту, тим краще ріст, отже, рослини отримують з ґрунту щось корисне.

В 1799 році британський вчений Джозеф Пристлі продемонстрував, що рослини змінюють склад повітря навколо себе. Згодом він «відкрив» кисень і довів, що рослини поглинають двоокис карбону і виділяють кисень. В 1779 році Ян Інгенхауз відкрив, що для фотосинтезу необхідне світло. Отже, лише на зорі XIX століття стали відомі основні механізми росту рослин, але список основних дев'яти елементів, необхідних для цього росту, формувався до 1842 року.

1860 року Німецький вчений Юліус фон Закс опублікував формулу поживного розчину, котрий може бути розчинений у воді і використаний для вирощування рослин. Разом з агрохіміком Вільгельмом Кнопом він заклав основи гідропоніки.

Засновником сучасної гідропоніки, особливо в англо-саксонському світі, вважається доктор Вільям Ф. Герік. Протягом 1920-1930 років він перший вивів водну культуру із лабораторії і поставив на промислову основу. Він також ввів термін «гідропоніка».

В ті ж роки, коли Герік удосконалював гідропонні ферми технічно, Деніс Р. Хогланд працював над поживними речовинами. В 1933 році він оприлюднив формулу, відому як «розчин Хогланда». Ця формула мало змінилась в наступні роки (в основному, завдяки впровадженню хелата заліза), але його основа залишилась незмінною. Формула все ще залишається еталонною для багатьох дослідницьких лабораторій по рослинництву, котрі періодично використовують її в експериментах. Значною перевагою формули є поширеність і дешеве виробництво.

Перше великомасштабне застосування гідропоніки відбулося в 1940-1944 рр. На островах в Тихому океані армія США зіткнулась з проблемою харчування армії. Постачання продовольства, особливо свіжого, було пов'язане з небезпекою при транспортуванням і з труднощами при вирощуванні на скелястих островах, де ґрунт зазвичай насичений сіллю, а води мало. Тоді вдалися до винайденої Робертом і Алісою Уїтроу в університеті Пардью системи – великомасштабну систему кювет, заповнених ґравієм, що затоплювались поживним розчином декілька раз на день, після чого вони просихають. Ця система виявилася настільки вдалою, що гідропоніки продовжувати практикувати і після війни, до п'ятдесятих років. Вона полягає в основі того, що зараз називають системою періодичного затоплення або приливно-відливної системою.

Гідропоніка залишалася затратним підприємством через недосконалу технологію та відсутності субстрату, який би задовольняв всі потреби виробництва. Ґравій або пісок – основні субстрати того часу – були занадто важкими або компактними для використання. Все ще не був

найденій спосіб утримування заліза в розчині. Більшість проектів, розпочатих в пустельних районах, завершилися провалом.

В 1960-1970 рр. відбувся ряд важливих для гідропоніки подій: мінеральну вату, яку широко використовували як будівничу ізоляція, стали з деякими змінами використовувати як субстрат для вирощування рослин. Розпочалося виробництво халатів, що дають можливість ефективніше утримувати мікропоживні речовини у розчині. На ринку з'являються складні солі, особливу роль серед яких грають фосфати (наприклад, моноамоній-фосфат або MAP) . В той же час розвивається бурхливий розвиток промисловості пластмас. Всі ці фактор значно зменшили собівартість гідропонних ферм і стали причиною їх швидкого розповсюдження.

1970 року доктор Ален Купер розробив техніку живильного шару (NFT). Техніка отримала визнання у всьому світі як промисловий метод вирощування рослин з коротким циклом.

За 1970-1990 рр. були розроблені і отримали визнання більшість відомих гідропонних технологій. В той же час розповсюджується вирощування рослин гідропонним методом в домашніх умовах. Гідропонні установки використовуються в космосі – як засіб для очистки води, для підтримки балансу між киснем і вуглекислим газом на космічній станції та забезпечення астронавтів їжею.

В 1978 році Лоуренс Брукс заснував фірму «Дженерал гідропонікс». Він модернізував і вдосконалив великомасштабні гідропонні систем, зменшив їх до габаритів міської оранжереї. Він забезпечив систему поживною речовиною, складеною доктором Келом Германом із

наукового центру Еймса в НАСА. Ця технологія була вперше запропонована як товар. Однак спочатку ринок ріс дуже повільно. Бум почався лише в 1980-х роках.

В 1986 році доктор Хілель Соффер, працюючи в університеті Каліфорнії в Девісі, розробив вир-вертушку – одну з найефективніших гідропонних систем на сьогоднішній день. Його дослідження вперше встановили пряму кореляцію між рівнем розчиненого кисню в поживному розчині і ростом рослини. Так були закладені основи аеро-гідропоніки – важливою галузі сучасної гідропоніки.

Отже, гідропонні методи вирощування були відомі людству з давніх часів.

## **2. Вирощування рослин гідропонним методом**

Гідропоніка - це комплекс засобів і методів вирощування рослин на рідких поживних середовищах, водних розчинах мінеральних і органічних сполук, без ґрунту.

Коренева системи рослин поміщується в твердий субстрат, виконуючий функцію фіксації рослин у вертикальному положенні. Одночасно субстрат забезпечує постачання поживними речовинами і киснем кореневу систему рослин. При цьому сам субстрат не має ніякої поживної цінності для рослини і являє собою мінеральне або штучно створене середовище – це може бути пісок, кришиво мармуру або туфу, мілкий щебінь, гравій, окатиші керамзиту, бій скла або цегли тощо. В деяких гідропонних системах замість субстрату використовують сітчасті корені, в яких поміщуються рослини. Поживний розчин, періодично (або постійно) протікаючи через субстрат, живлять кореневу систему рослин.

В залежності від типу гідропонної системи рослини можуть отримувати кисень в періоди між подачами поживного розчину, або ж напряму через пари насиченого розчину (аеропоніка).

Забезпечення життєдіяльності рослин відбувається циклічно і ділиться на фази живлення та дихання, а також на періоди дня та ночі. Живлення може змінюватись в залежності від фази росту самої рослини. Поживний розчин містить всі необхідні мікроелементи і добавки, які при звичайних умовах вирощування абсорбуються рослиною із ґрунту через кореневу систему.

На основі знань біології та біохімії рослин при гідропонному способі вирощування з'являється можливість не тільки створювати необхідні поживні суміші, але й контролювати та регулювати їх склад для отримання високих урожаїв – створювати режим живлення кореневої системи, яка б цілком забезпечувала потреби рослин в поживних елементах.

Як і ґрунті, важливе значення для росту і розвитку рослин мають мікроорганізми. Так чи інакше у розчині згодом розвинеться порівняно різноманітне мікробне життя. За рахунок контролю над системою живлення деякі корисні види бактерій і грибків можна внести самостійно, що дозволить рослинам боротися із хворобами та покращити засвоєння поживних речовин.

Оскільки найчастіше гідропонні методи використовуються в закритих об'ємах – теплицях, оранжереях, промислових цехах, з'являється можливість задавати і контролювати багато параметрів навколишнього середовища – концентрацію вуглекислого газу у повітрі, найбільш сприятливу для фотосинтезу, температуру повітря та кореневмісного простору, вологість повітря, інтенсивність і тривалість освітлення.

Створення оптимальних умов забезпечує отримання дуже високих урожаїв, кращої якості та за коротші терміни. Вирощування рослин менш трудомістке, ніж на ґрунтах, вода і поживні речовини витрачаються значно економніше, практично відпадає необхідність боротьби із бур'яном і хворобами.

Велике значення має склад поживного розчину, диференційований в залежності від виду рослини, її віку, а також параметрів навколишнього середовища. В склад поживного розчину входять солі азоту, фосфору, калію, магнію та інших елементів. Фактично поживний розчин включає в себе все необхідне для повноцінного росту та розвитку рослин, тобто в ґрунті або вноситься в неї штучно у вигляді добрив.

Матеріальне забезпечення методів гідропоніки здійснюється технічними методами із залученням досягнень багатьох областей науки і техніки, в першу чергу, електроніки. Це дає можливість створювати повністю системи забезпечення життєдіяльності рослин, здатні контролювати не тільки біологічні процеси в самих рослинах, але і здійснювати контроль і регулювання важливих факторів навколишнього середовища, тобто створювати необхідний мікроклімат.

Обмеження кількості підконтрольних параметрів навколишнього середовища, а відповідно і об'єму технічних засобів контролю і регулювання приводить до спрощення самої гідропонної установки.

Найпростіші побутові гідропонні установки практично не вміщують технічних засобів забезпечення мікроклімату і зазвичай використовують крапельний спосіб доставки поживного розчину до кореневої системи рослин. Сам поживний розчин подається самопливом.

Якщо забезпечити таку установку невеликим насосом з електронним програматором і дещо видозмінити, можна створити більш продуктивну гідропонну установку.

Ускладнюючи конструкцію різними електронними приладами, можна збільшити рівень контролю зовнішнього середовища, що дозволить підвищити урожайність.

Більш досконалі і повністю автоматичні гідропонні установки можна використовувати в теплицях. Це дозволяє не тільки суттєво підвищити урожай порівняно з вирощуванням тієї ж культури в ґрунті, але і звільнює власника теплиці від необхідності постійного присутності на ділянці.

Доповнена електронною системою забезпечення мікроклімату гідропонна установка автоматично забезпечує контроль і регулювання всіх життєво необхідних процесів як в період росту розсади, так і на подальших стадіях розвитку і плодоношення. Власнику необхідно буде лише час від часу виконувати неважкі операції вручну.

В капітальній теплиці гідропонну установку також можна також експлуатувати цілий рік.



### 3. Переваги гідропоніки

Є ряд очевидних переваг гідропоніки над ґрунтовим вирощуванням:

Регулювання живлення

Перша і сама важлива перевага гідропоніки в тому, що живлення рослин знаходиться під повним контролем. В кореневу зону разом з водою потрапляють штучно обрані елементи в заданих пропорціях. Кількісний і якісний склад водного розчину можна контролювати в режимі реального часу. Ця особливість зробила гідропоніку виключно важливою для досліджень рослин. Також гідропоніка застосовується в генетичних дослідженнях і переносі генів.

Економія води

Для підтримки здорового росту рослина повинна транспірувати певну кількість води. Для швидкого росту необхідна велика кількість води. Однак рослина транспірує майже 100% води, що дозволяє значно економити воду. Для некомерційного використання основна перевага полягає в тому, що вирощування без ґрунту дозволяє запобігти утворенню плісняви або кисневому голодуванню коренів рослини.

Економія поживних речовин

Аналогічним чином рослина цілком засвоює всі витрачені поживні речовини. Гідропонний метод запобігає ґрунтовим втратам, забрудненню навколишнього середовища, а також впливу на ґрунтові мікроорганізми.

Потреба в пестицидах значно зменшується або зникає

Завдяки гідропоніці рослина швидко росте і менше хворіє, що дозволяє їй перерости шкідників або чинити їм опір. До того ж, шанс їх появи значно зменшується.

Відпадає необхідність в гербіцидах

За відсутності землі та повної «прозорості» установки необхідність в будь-яких запобіжних мірах щодо бур'яну відпадає.

Оптимальне використання генетичного потенціалу рослин

Максимальна ефективність рослинницького підприємства визначається деяким лімітуючим фактором. Це може бути освітлення, двоокис вуглецю, вологість або живлення. Гідропонне вирощування дозволяє відсікти велику кількість негативних факторів, особливо блокування елементів в ґрунті, та

підтримувати мікроклімат, близький для ідеального для даної рослини. Це, в свою чергу, призводить до збільшення маси та якості продукту.

Доступ до коренів

Дозволяє швидко вирішувати проблеми з патогенами; при втручанні на ранній стадії вони, зазвичай, легко лікуються. Також поточний стан коренів дає інформацію про їх подальший розвиток та здоров'я рослини.

Застосування гідропоніки особливо вигідно, коли головним продуктом, що отримується від рослини, є її корінь. У більшості лікарських рослин активні елементи знаходяться (або також знаходяться) в коренях. Їх вкрай важко екстрагувати, не знищивши саму рослину. В закритих гідропонних системах корені оголені і їх збір легко проводиться без знищення самих рослин. Якість врожаю також можна підвищити, збільшивши концентрацію активних елементів шляхом адаптації живлення рослини до необхідного типу молекули. Ріст коренів можна збільшити за рахунок регуляції розчиненого кисню в поживному розчині.

Виробництво великої кількості біомаси

Високий вміст нітрату в поживному розчині сприяє швидкому вегетативному росту рослини. Гідропонні басейни можна використовувати

для очищення забруднених стічних вод. Побічним продуктом буде велика кількість зеленої маси, яку можна переробити в паливо. Було підтверджено багатьма експериментами, що така технологія вдало працює, зокрема, в Португалії, в науково-дослідницькому інституті вдалося очистити стоки свиноферми.

#### Вирощування культур в екстремальних умовах

Перше серйозне дослідження сучасної гідропоніки було проведено космічним агентством США НАСА в кінці 1960-х – початку 1970-х років. Також проводилися експерименти по вирощуванню рослин в умовах невагомості. В даний момент гідропоніка активно використовується в МКС. На ізольованих від зовнішнього світу наукових станціях в Антарктиді, Арктиці та інших важкодоступних місцях гідропоніка використовується для вирощування добавок до дієти. Також проводяться експерименти по оснащенню гідропонними установками сховищ на випадок землетрусу або тайфуну. Такий експеримент проводився в Південній Америці. Інститут спрощеної гідропоніки займається розробкою «нетехнологічної гідропоніки» для країн третього світу.

#### Раціональне використання простору

Кореневій системі не потрібно розповсюджуватись так, як в ґрунті. Рослини отримують всі необхідні поживні речовини на обмеженій площі, не вступаючи в конкурентну боротьбу між собою. В результаті рослини можуть

знаходиться ближче одне до одного, ніж в ґрунті. Густина рослин може досягати понад одиниць на квадратний метр. Це робить гідропоніку особливо корисною для вирощування малих рослин.

#### Швидкий ріст маточної рослини

Гідропонні рослини з багатим азотним живлення дають пишній зелений ріст. Ця обставина широко використовується в садівничій індустрії для виробництва великої кількості черешків і розповсюдження великої кількості різноманітних видів рослин.

#### Автоматизація виробництва

Гідропоніка підлягає автоматизації в значно більшій мірі, ніж звичайне вирощування в ґрунті. Майже весь процес вирощування рослини, від її посадки до збору врожаю, може бути автоматизованим. Автоматичне поливання, освітлення, контроль температури та вентиляція в сової сукупності дозволяють утримувати оптимальний для рослини мікроклімат, який може змінюватись згідно з потребами самої рослини (наприклад, оптимальне живлення рослини з вираженими вегетативним етапом, за яким йдуть етапи цвітіння і плодоношення, зазвичай змінюється з часом). В той же час це дозволяє запобігти втратам урожаю від зовнішніх погодних явищ, спрощує боротьбу з шкідниками. Контроль над гідропонним виробництвом потребує значно меншу кількість робітників, а саме виробництво стає гнучкішим.

#### Екологічно чисте виробництво

Як було написано вище, гідропоніка фактично не потребує отруйних хімікатів. Весь процес вирощування рослин з використання води та добрив можна об'єднати в замкнутий цикл – ґрунт та підземні джерела води не забруднюються. Крім того, при об'єднанні з іншими

господарствам, можна також значно зменшити їх екологічний вплив на навколишнє середовище.

#### 4. НЕДОЛІКИ ГІДРОПОНІКИ

##### Слабкі буферні властивості

Головним недоліком гідропоніки є. Ґрунт підтримує деяку стабільність навколо кореневої системи. В здоровому ґрунті всі фізичні і біологічні параметри знаходяться в рівновазі. В випадку надмірного живлення рослини, неправильного складу суміші або рН мікроорганізми в верхньому шарі ґрунту, а також ґрунтова хімія, здатні відновити рівновагу. В гідропоніці подібна помилка може привести до знищення всього урожаю за малий проміжок часу.

##### Контроль температури

При температурі понад 26°C в межах кореневої системи уповільнюється ріст рослин. При температурі понад 35°C їх корені, позбавлені розчиненого кисню, починають швидко відмирати. Ця проблема встає особливо гостро в тропічних країнах та закритих приміщеннях, де штучне освітлення виділяє багато тепла.

##### Обмеження в вирощуванні культур

Всі коренеплоди і бульбоплоди потребують особливих пристосувань та важкої конструкції. Географічне положення, як і місцевий ринок, визначають доцільність вирощування тої чи іншої культури.

#### Початкова ціна та затрати електроенергії

Створення або закупка необхідного обладнання обходяться порівняно дорого. Автоматичні гідропонні системи також споживають значну кількість електроенергії, особливо системи освітлення. Ця проблема компенсується швидкістю збору врожаю і, як наслідок, меншою собівартістю.

## 5. ВИДИ ГІДРОПОННИХ СИСТЕМ

### Пасивні (гнотові) системи

Дані системи не оснащені насосом і працюють за рахунок капілярних сил гноту, котрий піднімає поживний розчин із ємності в кореневу зону. Даним методом найчастіше культивуються домашні рослини, так як даний метод здатний підтримувати життя лише листяних декоративних рослин. Окрім цього для живлення рослин потрібно вносити в воду мінеральні солі. Ці солі швидко осаджуються на гноті та блокують циркуляцію води. Для збільшення ефективності даного методу також використовують капілярний мат.

Існує інший вид пасивної системи, який здатен вирощувати добротні рослини, але за рахунок неефективного використання води і добрив. Для цього необхідно наповнити ємності для вирощування інертним субстратом, помістити їх на розсадний стіл з дренажним отвором та

зрошувати рослини поживним розчином. План зрошування слід розраховувати так, щоб між сеансами субстрат міг майже пересохнути. Це необхідно для проникнення в субстрат кисню для живлення коренів. Недолік даної системи в тому, що між кожним зрошуванням ємності потрібно полоскати великою кількістю води. Бажано, щоб об'єм води був хоча б вдвічі більше за розмір ємності. Це необхідно для очищення ємності від мінеральних солей, що осаджуються при просиханні субстрату.

#### Система періодичного затоплення (прилив-відливна)

Принцип дії даної системи полягає в періодичному затопленні субстрату поживним розчином, після чого розчин зливається. Система має високу добротність завдяки пасивному насиченню кореневої системи киснем. Під час зливання води утворюється вільний простір і газоподібні речовини починають рухатись під дією градієнта концентрації: коренева система насичується киснем, а кореневі виділення відводяться.

Зараз система вважається застарілою, але все ще широко використовується в некомерційному виробництві завдяки своїй простоті та ефективності.

#### Техніка поживного шару (NFT)

Даний метод характеризується постійній циркуляції тонкого шару поживного розчину. Зазвичай товщина шару не перевищує декількох міліметрів, що забезпечує кореневу систему великою площею поглинання кисню. На сьогодні NFT все ще широко використовується та є найбільш розповсюдженим методом вирощування скоростиглих культур, наприклад, салатів та кулінарної зелені.

Одною з переваг методу є простота побудови. Система прикріплюється на похилій рамі під кутом  $7,2^\circ - 10,8^\circ$ . Швидкість потоку має бути в межах 1 літру за хвилину. Первісна конструкція Алена Купера являла собою наступне.

На дещо нахилену раму укладається дошка і на неї пліч-о-пліч стеляться полоси пластикової плівки. Корні молодих рослин уходять в кубики з мінеральної вати або аналогічне середовище. Кубики розставлені на пластикових полосах через рівні проміжки. Пластикова полоса загнута навколо кубиків і скріплена з усіх сторін стеблини рослини для утворення жолоба, в котрому буде циркулювати поживний розчин. В верхній краю жолоба нагнітачем подається поживний розчин; на нижньому краю жолоба розчин попадає в водозлив і повертається в резервуар.

Це принципова схема, яка з часом значно розвинулась. В комерційній експлуатації зараз на даний момент найчастіше застосовуються жорсткі плоскодонні жолоби, які значно спрощують побудову системи NFT. Також зустрічаються варіанти жолобів з кришками для встановлення мінеральної вати або сітчастого горшку для рослини. Всі кубики мають борозни на дні для кращої циркуляції води. На ринку кімнатних рослин також зустрічаються лотки над резервуаром. Вода в них поступає з однієї сторони та повертається в бак на іншій стороні без сторонньої техніки. Капілярний мат допомагає рівномірніше розподілювати вату розчин і блокувати світло, а біла пластикова плівка покриває систему і захищає корені. Цей тип системи обмежений в розмірах і зазвичай не перевищує одного квадратного метра.



Небезпечним недоліком системи NFT є відсутність запасу води. У випадку зупинки насосу через будь-які технічні несправності рослини здатні вижити впродовж декількох годин. В екстремальних кліматичних умовах, наприклад, в жаркий день, час виживання стає ще коротшим. Також з технічних причин єдиної точки впуску поживного розчину може бути недостатньо. Розчин на дні жолоба неоднорідний, і всередині кореневої системи відбувається застій води в пазухах. Так як вода в пазухах нерухома, відбувається збіднення кисню. Швидкість росту рослин стає незадовільною.

Система NFT не забезпечує рослин опорою, тож для важких рослин необхідна додаткова опора. Такою опорою може стати горизонтальна сітка над системою або так звані «йо-йо», створені для квіткової промисловості, кожна з яких підтримує одну рослину. Відсутність підтримки створює серйозну проблему, коли рослини стають занадто великими, так як їх коренева система стискується під вагою верхівки. Це, в свою чергу, може сповільнити або навіть зупинити притік поживного розчину. Це основна причина, чому NFT зазвичай не використовується для рослин з довгим циклом. Від проблеми здавлювання можна позбавитися в жолобах з кришкою і сітчастими горшками, але це приводить до іншої проблеми – рослини необхідно буде вирощувати в іншій системі, допоки їх корені не виростуть настільки, щоб бути здатними достати до дна жолоба, де циркулює вода, інакше жолоби потрібно буде робити дуже малими.

Перевагою системи NFT є їх дешевизна. Це робить систему надзвичайно вигідною для вирощування рослин коротких циклів посадки, при умові забезпечення рослин фізичною підтримкою. За умови використання в жолобі чи в лотку мінераловатних кубиків, торфу або

кокосових гранул система також придатна для вирощування черешків. Система не підходить для вирощування маточних рослин.

#### Техніка глибинного потоку

Ця система є різновидністю NFT. Особливістю даного методу є те, що жолоби в ньому використовуються в якості водостоку, а дренажний отвір роблять на декілька сантиметрів вище для збільшення глибини в ньому. Циркуляція залишається тією ж, але відпадає необхідність в нахилі, жолоби розміщені горизонтально. Поживний розчин поступає зверху і тече вниз до дренажного отвору. За рахунок такої конструкції вирішується ряд проблем систем NFT. Великий об'єм води підвищує буферні можливості системи, стабілізуючи рН поживного розчину, температуру і кількість розчинених іонів. Рослини менше страждають від порушення роботи насоса. Очевидно, для вирощування використовується лише невеликий процент об'єму води, тож систему бажано експлуатувати в замкнутому режимі.

Недолік цієї системи полягає в тому, що важко забезпечити однаковість рослин, навіть якщо жолоб короткий і розчин переміщується на малу відстань. Це значно зменшує ефективність установки. Так як поживний розчин доставляється в одну точку, рослини, віддалені від цієї точки, не отримують стільки кисню, скільки рослини, що знаходяться поблизу. Крім того, деякі елементи, наприклад, калій, швидко поглинаються і вичерпуються або їх концентрація падає нижче необхідного.

Для усунення нестачі кисню можна додатково встановити аератори. Швидке поглинання деяких поживних речовин можна частково усунути

більшим резервуаром для поживного розчину або частішою періодизації його оновлення.

Дані системи стали популярними завдяки своїй дешевизні та простоті побудови із каналізаційних труб ПВХ.

#### Системи крапельного зрошування

На противагу системам NFT, система крапельного зрошування розповсюджена в парниковій індустрії. Зазвичай в якості субстрату для цих систем є мінеральна вата, завдяки якій метод і був створений. Далі розглядається класична схема виробничої ділянки.

Довгі ряди плит з мінеральної вати покладені на пластикову плівку. Вони дещо підняті, і в лоток збоку стікає надлишок поживного розчину. Вздовж кожного ряду – основної лінії – поліетиленова труба подає поживний розчин. Рослини висаджені в кубики мінеральної вати, і коли з нижньої сторони кубика з'являються їх корені, їх розставляють через рівні проміжки на плити.

Із основної магістралі вторинні пластикові патрубки-спагетті зрошують кожну рослину окремо. На кінці патрубка невеликий пластмасовий штир закріплює патрубки зверху кожного кубика і повільно опускає каплі, зрошуючи кубик. Швидкість зрошування регулюється. Циркуляція контролюється таймером і включається в різний час впродовж дня в залежності від потреб рослини, котрі в свою чергу визначаються погодними умовами та іншими факторами. Надлишок поживного розчину (приблизно 25-30% всього об'єму) викидаються в навколишнє середовище. Причиною цього є необхідність вимивати солі із плит і забезпечувати останні рослини в кожному ряді отримували

необхідну кількість розчину. Відмова від повторного використання розчину зазвичай пов'язана з додатковими затратами. Причиною цього є, по-перше, неоднакова швидкість розчинності солей, що приводить до необхідності подальшого аналізу розчину і збалансувати вміст іонів перед повторним використанням. По-друге, поживний розчин бажано стерилізувати перед рециркуляцією.

Ця система може бути пристосована для вирощування в закритих приміщеннях. Не зважаючи на початкову дешевизну, експлуатація системи потребує значних коштів через необхідність замінювання субстрату після кожного циклу вирощування. Мінімальні розміри системи: 30см\*55см.

Дані системи надійні і прості в експлуатації. Вони мають порівняно високі буферні властивості. Необхідно контролювати цикл зрошування: при постійному затопленні корені загнивають від кисневого голоду; за нестачі води солі кристалізуються на субстраті і заважають живленню коренів. Система має проблеми з оксигенацією, так як субстрати утримують велику кількість води. В холодному кліматі ця вода не зможе поглинатися з достатньою швидкістю, щоб її місце зайняло свіже повітря. В результаті утворюються пазухи кореневої гнилі, котрі часто зустрічаються при крапельному зрошуванні. Інтервал між двома зрошувальними циклами, коли умови в кореневій зоні ідеальні, дуже короткий: в проміжний період субстрат або перезволожений або пересушений.

Системи крапельного зрошування пристосовують до не волокнистих субстратів, таких як керамзит, пісок, перліт, гравій та інші.

Крапельний полив використовують або самостійно, з великою і регулярною подачею розчину, або як додаткове джерело живлення до для других методів гідропоніки.

Цей метод також широко використовується в домашніх «розумних горшках» для вирощування рослин методом гідропоніки.

### Аеро-гідропоніка

Є одним із сучасних методів. Назва в цілому охоплює всі системи, в котрих вода оксигенується при проходженні через повітря. Метод успішно витісняє більш традиційні методи. Дані системи практично не забруднюють навколишнє середовище. Окрім цього, завдяки динамічній циркуляції вони допомагають видаляти небажані гази із поживного розчину. Це особливо корисно для рослин з довгим циклом. В аеро-гідропоніці використовуються повітряні або водяні насоси, а також так звані вири (vortex).

Повітряні насоси зазвичай використовуються в малогабаритних системах. Вони постійно наповнюють киснем воду через напірну колону. Колона являє собою У-подібну деталь, що дозволяє подавати повітря до нижньої частини труби. Коли труба занурена у воду, повітря, що подане нижче рівня води, підіймаючись, виштовхує воду з труби вверх. Поживний розчин піднімається до верхівки колони, рівномірно зрошуючи ємність з рослиною ( ємність повинна мати отвори на дні для потрапляння води і знаходитись в резервуарі з водою).

Системи з повітряним насосом мають високу здатність до оксигенацій. Піднімаючись по напірній колоні вода змішується з повітрям. Частина кисню розчиняється у воді, а також коли розчин падає на субстрат. Крім того, коли поживний розчин самопливом повертається в резервуар, проходячи через субстрат, утворюється велика площа дотику між повітрям і водою.

Подібні системи відмінно підходять для вирощування окремо стоячих великих рослин. За підключення до вторинного резервуару системи невимогливі та прості у використанні. Системи можливо об'єднати між собою і під'єднати до центрального резервуару. Також можна циркулювати поживний розчин між ємностями і назад в основний бак. Це забезпечує однорідність рН і електропровідності поживного розчину у всіх ємностях. В такому варіанті застосовується повітряний компресор для забезпечування оксигенації всіх ємностей з рослинами, а також циркуляцію між ємностями.

Даний вид аеро-гідропонних систем не має критичних недоліків і користується значною популярністю.

В аеро-гідропонних системах великого масштаба застосовуються водні насоси, які циркулюють воду по системі. Це модульні системи з розмірами від менш ніж 1 квадратного метра до понад 200 квадратних метрів. Зазвичай їх роблять наступним чином: білі (для відбиття тепла) квадратні у розрізі пластикові труби свердлять для установки «розсадних чашок» або сітчастих горшків. Сітчасті горшки, в свою чергу, складаються з пластикових смуг, які дозволяють проростати кореням рослини та безперешкодно циркулювати воді.

В цих горшках використовується субстрат з високими дренажними властивостями. Біла труба має кришку на кожному кінці. Це герметична камера, в котрій можна підтримувати деякий рівень води. В днищі на одному кінці камери є отвір. Звичайна труба ПВХ, проходячи через прокладку, дозволяє регулювати рівень розчину в камері. Зазвичай розмір камери 12\*12 см; довжина від 1 до 4 метрів в залежності від системи.

Між камерами або інколи всередині низ пластиковий шланг доставляє поживний розчин. Якщо магістральна труба знаходиться не в камері, то вторинні трубки підводять розчин в кореневу зону по тій же конструкції, що і в крапельному зрошуванні. Розпилювачі знаходяться вздовж всієї камери по одному на кожні 3-4 рослини для забезпечення свіжим поживним розчином по всьому жолобу. Роль цих розпилювачів полягає більше в оксигенації та переносі поживного розчину, ніж в зрошуванні. Камери підключені до зворотної магістралі (яка також являє собою трубу ПВХ), котра несе розчин назад в резервуар. Насос занурений в бак, де він проганяє розчин через

фільтр. В теплиці камери укладені на блоки, а бак знаходиться в землі. В приміщенні камери піднімають на опори, а бак поміщається над ними для економії простору. Насоси працюють весь день, але можуть бути на деякий час вимкнуті вночі для економії електроенергії.

Аеро-гідропоніка також може застосовуватись в окремих горшках, які підключені до одного і того самого резервуару спільними живлячими і зворотними магістралями. В приміщенні цей метод зазвичай використовується для укорінення черешків. В цьому випадку пластмасовий ящик з отвором в кришці вміщає сітчасті чашки. Всередині ящику насос і тонкі труби з великою кількістю форсунок-нагнітачів

створюють розпилення, яке заповнює простір між водою і кришкою ящика.

Так званий вир, створений Хіллелем Соффером, являє собою конус, який обертають навколо своєї осі. Як всередині конуса, так і назовні, роблять невеликі отвори для розповсюдження води за допомогою вертушки. Прилад є одним з найкращих з точки зору оксигенації. Даний вир можна експлуатувати в системах діаметром близько 75 см, тому його часто використовують лише для черешків. Щоб використовувати його для повного циклу росту, потрібен захист – кожух навколо вертушки, щоб корені не намотувалися на мотор.

Аеро-гідропоніка є одним із небагатьох методів, що може підтримувати життєдіяльність рослин при температурі поживного розчину понад 30 °С. Простір між поживною речовиною і верхнім простором камери заповнює вологе повітря, котре і забезпечує виживання коренів: коли повітря нагрівається, випаровування поживного розчину підсилює дію розпилювача. Це стало причиною розповсюдженості даної технології в Азії. Система постійно насичує розчин киснем та дозволяє контролювати рівень води. Система має порівняно високі буферні властивості – в разі несправності насоса, в залежності від температури та розміру насаджень, рослини зможуть вижити на протязі від 24 годин до 2-3 діб. Після початку експлуатації ці системи не створюють або майже не створюють відходи. Не потрібно замінювати субстрат. Систему порівняно легко чистити та дезінфікувати між урожаями.

Недоліком системи є її висока початкова ціна та затрати при експлуатації. Вона потребує більш сильного насоса, ніж інші гідропонні технології тих же розмірів. В парниковій промисловості вони



використовуються головним чином для вирощування культур з високою доданою вартістю або швидкоростучих культур, наприклад лікарських рослин і салатів. Система також використовується для чутливих до клімату та екзотичних рослин. Також побудова системи порівняно трудомістка.

### Аеропоніка

В аеропонних системах поживний розчин перетворюється в туман-аерозоль за допомогою ультразвукової мембрани з частотою 1,6 - 2 МГц. При такій частоті вода розпиляється на частинки розміром менше 5 мікрон (2,5 мікрона в середньому), що дозволяє кореням безпосередньо вбирати їх. Цей пар називається «сухим туманом», так як при таких розмірах волога не відчувається на дотик. Крім того, на листя не осаджується вода, що зменшує ризик їх зараження пліснявою або грибок. В аерозоль можна додати пестициди. Ця технологія використовується в теплицях для підвищення рівня вологості.

Так як рослини живляться насиченим паром та поживними речовинами повітрям, їх потреби у живленні киснем та рівні вологості повністю задовольняються. Однак такий рівень забезпеченості коренів харчуванням приводить до того, що рослина збільшує їх кількість за рахунок надземної частини. Це робить метод одним з найкращих для вирощування коренеплодів, черешків та деяких лікарських рослин, але створює проблеми,

якщо основним продуктом вирощування є надземна частина. Крім того, розпилення розчинених у воді солей приводить до їх осадження на мембрані та її подальшій закупорці. Для зрошування і живлення рослин

необхідно генерувати багато туману. Система має низькі буферні властивості. Через це обладнанню необхідний пильний нагляд – в разі поломки для врятування урожаю ремонт необхідно буде проводити негайно.

Ця технологія у цілому не використовується в парниковій індустрії, але може використовуватись в якості вторинної системи або як складова частина аеро-гідропонних систем.

### Вертикальне вирощування

Одним із способів підвищення ефективності гідропонних систем є використання вертикального простору теплиці – це дозволяє економити місце. Це досягається багатьма способами. Для вирощування салатів значну популярність здобули А-подібні або V-подібні рами зі спринклерами всередині рами. В цьому випадку рослини вирощувалися в жолобах NFT. Також використовуються наповнені перлітом мішки, звисаючі з каркасу теплиці. Мішки підживлюють зверху, а лишки розчину збираються на дні. Це зазвичай відкриті системи, які використовують головним чином для вирощування полуниці.

Всі ці системи очевидно обмежені вирощуванням малих рослин. Для вирощування в кімнатних умовах широкою популярністю користуються вертикальні циліндри з вертикально висячим освітленням. Деякі з них оснащені крапельними приладами для кожної рослини, інші – вертикальними плитами мінеральної вати для мінімізації кількості нагнітачів (за рахунок збільшення ваги конструкції).

Не дивлячись на економію місця та ефективне використання світла в циліндрах, система має ряд суттєвих недоліків: посадка рослин є досить

трудомісткою; необхідність обмежувати вегетативний цикл рослин; значні затрати часу та коштів.

#### Система плавучої платформи/глибоководна культивуація

В промисловому варіанті являє собою великі прямокутні басейни, наповнені поживним розчином, в яких плавають прямокутні пінопластові плоти з розсадою. Кожного дня на одному кінці знімають урожай з одного ряду плотів. Інші плоти підштовхують, щоб звільнити місце для нового ряду, доданого з іншого кінця. Розчин не змінюють на протязі більшої частини сезону, лише добавляють воду і солі для балансу розчину.

Є також малогабаритні лабораторні варіанти. В якості резервуару достатньо будь-якого контейнеру хоча б на 5-10 літрів. На дно контейнеру поміщується повітряна завіса або розпилювач повітря, підключений до невеликого повітряного розчину. Контейнер заливається поживним розчином, на якому поміщують лист пінопласту. В пінопласті роблять невеликий круглий отвір для сітчастого горшка.

Ця система частіше всього використовується в наукових рослинницьких лабораторіях для досліджень. Для оксигенації використовують повітряні насоси. Система проста в побудові, дешева і досить ефективна. Головним недоліком є сильна залежність від роботи насоса. В разі припинення його роботи кисень у розчині швидко вичерпується. Вживання рослин залежить від навколишнього середовища, але не перевищує 24-30 годин.

#### Хайпоніка

Хайпоніка – сучасний і один з найбільш прогресивних на даний момент методів гідропоніки, який базується на застосування сучасного обладнання для створення найбільш сприятливих умов росту рослини і максимальної реалізації його генетичного потенціалу.

Застосування хайпоніки дозволяє добитися швидкості розвитку плодів в 4-5 разів вище, ніж у рослин, які культивують в звичайній землі.

Особливістю хайпоніки є використання сучасного прогресивного обладнання і способів збагачення рослини поживними речовинами. В основі даного методу лежить аеро-гідропоніка. Таким чином, в хайпоніці відбуваються ті ж процеси - підведення до коренів рослин капілярних трубочок, по яких здійснюється подача розчину, насиченого поживними мікро- і макроелементами.

У хайпоніці не застосовується ніяких гормональних препаратів, стимуляторів, які штучно прискорюють ріст. Рослина отримує тільки ті речовини, які не може отримати в природних умовах в необхідній мірі.

Винахідником методу хайпоніки є японський вчений Шигео Нозава - засновник компанії KYOWA со., LTD.

Вчені створили два основних різновиди хайпоніки:

- Горизонтальна дозволяє рослинам рости вшир і дозволяє отримати більший урожай в порівнянні з вертикальним видом. Цікавою особливістю її є зменшення розміру плодів і смакових якостей в зв'язку зі ступенем віддаленістю від стовбура рослини.

- Вертикальна сприяє росту рослин у висоту. Розмір плодів однаковий, а площа, яку займає таким рослиною невисока, що дозволяє раціонально використовувати простір.

На жаль, дані системи все ще не придатні для масового використання через надзвичайно високу ціну обладнання, потребу кваліфікованих спеціалістів для монтажу та контролю системи.

### Аквапоніка

Аквапоніка є інноваційним способом при веденні сільськогосподарських робіт, що поєднує одночасне вирощування рослин і риби. Система широко використовується як промисловими підприємствами, так і для власного споживання. Адже вона дозволяє виростити на своїй присадибній ділянці не тільки рослини, але і рибу, наприклад, форель або тилапію.

Основою аквапоніки є поєднання гідропонних методів вирощування рослин і аквакультури та створення єдиної симбіотичної системи. Такий комплекс є взаємовигідним, адже риба може харчуватися продуктами обміну рослин, а її відходи служать джерелом поживних речовин рослинам. Крім цього, рослини при цьому служать природними очисниками води, що сприяє здоров'ю риби. Як правило, така система доповнена наявністю хробаків і бактерій, що переробляють відходи в корисні рослинам і риbam поживні компоненти.

Характерною рисою аквапоніки є відсутність необхідності використання в якості основи твердих субстратів для рослин. Замість ґрунту тут використовується вода, постійно збагачується продуктами життєдіяльності водних мешканців, наприклад, риби або іноді навіть креветок.

Власні відходи водних тварин токсичні для них через наявність в них азотистих, калійних, фосфорних сполук і вуглекислого газу. Однак для рослин і мікроорганізмів ці відходи є корисними поживними речовинами. Тому корисні речовини, як правило, засвоюються рослинами, а шкідливі - утилізуються бактеріями або черв'яками і перетворюються в результаті складних біохімічних взаємодій в більш корисні компоненти.

Для підтримки балансу в такій системі, особливо в промислових масштабах, необхідно використання спеціального обладнання.

Тверді елементи продуктів життєдіяльності риби, як правило, очищають за допомогою фільтрів і відстійників, а насоси та самотік допомагають створювати в системі різниця рівнів потоків, в зв'язку з чим відбувається зниження енерговитрат.

При цьому нейтралізацію шкідливих домішок здійснюють безпосередньо рослини, мікроорганізми і черви створеної екосистеми.

Для ефективного функціонування симбіотичного екосистеми аквапоніка необхідно дотримуватися певних умов середовища проживання: температури, кислотно-лужного та кисневого балансу.

Зміна оптимального температурного режиму для кожного представника флори може негативно позначитися на їх життєдіяльності.

Тому необхідно ретельно підходити до вибору мешканців системи аквапоніки для створення оптимальних умов їх спільного проживання.

Достатня аерація води також обов'язкова умова для нормального функціонування системи і є важливою як для життєдіяльності риби, так і для рослин. Тому для аерації і оксигенації резервуарів можна використовувати як природне джерело кисню, так і механічне внесення його в систему.

Кислотність розчину - рН повинна підходити як водним мешканцям, так і рослинам.

Основними плюсами аквапоніки є наступні:

- можливість інтенсивного аерування водної системи;
- легкість внесення поживних компонентів, необхідних рослинам, водним жителям і бактеріям;
- можливість отримання врожаю двічі;
- одночасне отримання рослинного врожаю і продуктів рибного промислу;
- екологічність продукції в зв'язку з відсутністю необхідності застосування гербіцидів і пестицидів при вирощуванні рослин;
- економія коштів на придбання добрив;
- економія поживних речовин для годування риби;
- зниження вартості фільтрації системи за рахунок скорочення або нейтралізації відходів.

Іонітопоніка

Іонітопонікой називають спосіб вирощування рослин, при якому в якості субстрату використовуються іонообмінні матеріали. Метод здобув популярність завдяки простоті у догляді за рослинами та відсутності потреби у складних агротехнічних прийомах – прополки, розпушування, підживлення, що, в свою чергу, знижує тимчасові затрати.

Головною відмінністю іонітопонікі від інших методів гідропоніки є використання субстратів, здатних тривалий час зберігати поживні компоненти, при необхідності віддаючи їх кореневій системі рослин, замінюючи їх продуктами обміну рослин. Тому для поливу достатньо звичайної води без попереднього розчинення в ній поживних речовин. Однак полив обов'язковий для іонного обміну.

Швидкість поглинання поживних речовин субстратів є індивідуальною для кожного виду рослин і залежить від ряду зовнішніх чинників:

- фаза розвитку рослини;
- температурний режим;
- освітлення рослин;
- вологість повітря.

Іонітопоніку використовують як при звичайному вирощуванні різних культур рослин, так і для клонування, живцювання рослин. Як правило, догляд за рослинами не відрізняється від догляду за ґрунтовими культурами. Живці і сіянці висівають в паралельні борозенки з 2-3 см глибиною посадки.

Крім цього, використання іонітних субстратів дозволяє робити вигонку квіткових цибулин (тюльпани, нарциси, гладіолуси, бульбоцибулини крокусів, та ін.). При цьому технологія проведення



посадок і вигонок не відрізняється від звичайної з використанням землі або піску.

Субстратами служать іонообмінники - синтетичні іонообмінні матеріали.

У іонітні смоли садити рослини можна цілий рік. В цьому випадку необхідно ретельно стежити за вологістю - адже при пересиханні іонітних смол відновити їх практично неможливо. Однак перезволоження також небажано в зв'язку з ускладненнями в дихальних процесах рослин, що негативно позначається на їх зростанні. Зволоження проводять підтопленням.

Тканинні субстрати можуть являти собою пухкі тканинні волокна або повсть і вважаються найкращими завдяки забезпеченню рослин повноцінним харчуванням і киснем. Найчастіше такі субстрати використовують спільно з керамзитом, завдяки чому забезпечується повноцінне дихання коренів.

Пінополіуретан вважають одним з найбільш перспективних. Це легкий і пористий матеріал, що забезпечує відмінну аерацію коренів рослин. Живильні речовини розташовані в іонітні смолі, що знаходиться в пінополіуретані. Для нього не потрібно використання додаткових ємностей, адже рослини можна вирощувати прямо на піддонах, в які підливають воду.

Завдяки насиченості іонітних субстратів поживними компонентами відпадає необхідність в частих пересадках – достатньо лише одного разу за два-три роки. В зв'язку з стерильністю утвореного середовища забезпечуються

умови, сприятливі для росту і розвитку рослин. Крім того, такі рослини рідко страждають від шкідників або хвороб. Для вирощування рослин достатньо використовувати будь які ємності без великих отворів, на дно яких можна покласти поролонові чи пінополіуретанові вкладиші, які б заважали вимиванню субстрату, але легко пропускали воду при поливі.

### Хемокультура

Хемокультурою, або культурою сухих солей, називають спосіб вирощування, при якому укорінення рослин відбувається в органічному субстраті, який просочений розчинами поживних речовин. Періодично така система зволожується за допомогою поживного розчину. Головним плюсом такої системи є можливість горизонтального і вертикального укладок субстрату на площині.

Хемокультура дозволяє вирощувати рослини в несприятливих умовах - там, де немає дощів чи можливості постійного поливу і забезпечення рослин поживними речовинами.

Наочним прикладом такої системи є вирощування «голландських» кактусів.

Результати досліджень свідчать про те, що кактуси здатні добре переносити такий спосіб вирощування. При цьому вони не тільки залишаються здоровими, а й виглядають красиво, цвітуть і пушяться.

Перевагою хемокультури є відсутність необхідності пересадки кілька разів на рік, на відміну від традиційного способу вирощування. Адже використовувані в хемокультур субстрати не псуються і не зношуються.

Крім того, система характеризується практично повною відсутністю шкідників рослин, що виключає необхідність обробки рослин гербіцидами та інсектицидами.

Єдиною незручністю такої системи є підведення до системи поживних компонентів в потрібному складі і кількості, необхідних рослині. Сьогодні вже створено досить різних способів внесення поживних речовин в горизонтальні і вертикальні системи хемокультур. Асортимент їх також постійно поповнюється. Тому забезпечити рослину необхідними поживними елементами в хемокультурі не складно.

Основні правила хемокультури:

- Найбільш підходяща посуд - бляшані або пластмасові ємності.
- В якості субстратів можна використовувати цегляну крихту, подрібнені камені, торф, пісок або їх комбінацію. Головним є твердість, зернистість і нерозчинність субстрату.
- Субстрат при посадці повинен бути сухим. Посадку необхідно здійснювати трохи глибше, ніж при традиційному способі, так як в результаті зростання коріння можуть піднімати рослини над субстратом.
- Полив необхідно здійснювати м'якою водою. У воду потрібно додати поживні компоненти відповідно до рекомендацій для кожної конкретної рослини.
- Поживні речовини перед поливом необхідно добре розчинити у воді.
- Необхідно контролювати додавання поживних речовин, щоб уникнути їх передозувань.

## Біопоніка

Біопоніка як повноцінний метод вирощування рослин виникла в 2004, завдяки роботі Вільяма Текс'є, та у 2005 році була запатентована у Франції, як метод гідропоніки при якому використовуються органічно сертифіковані добрива BioSevia.

Суть біопоніки полягає у використанні процесу розкладання органічних речовин як спосіб отримання нових джерел живлення для рослин. Це дозволяє підтримувати здорову мікробну екосистему, подібну до ґрунтової,

що сприяє розщепленню поживних речовин, необхідних рослинам. Для утворення поживного розчину добрива подрібнюються та змішуються у воді для утворення колоїдної рідини.

Перевагою органічних розчинів є меншими порівняно з мінеральними добривами рівень азоту. За рахунок цього зменшується вегетативний ріст рослини та збільшується маса виходу корисної продукції на одиницю біомаси. Це, у свою чергу, дозволяє використовувати воду та поживні речовини значно економніше, ніж це можливо в інших методах. Крім того, наявність великої мікробної популяції покращує буферні властивості системи та створює перепону для поширення патогенів.

Використання кисню в органічному поживному розчині значно підвищується в порівнянні з мінеральним за рахунок додаткового живлення екосистеми. Це накладає додаткові обмеження на спосіб поливу.

Використання біопоніки вимагає більшої уваги, ніж традиційні методи гідропоніки. Це пов'язано із наступними проблемами: стабілізація рівня рН, фільтрація, контроль електропровідності.

Стабілізувати рівень рН в біопонних системах складніше, ніж в інших гідропонних системах, оскільки найбільш ефективні буфери не адаптуються в органіці. В біопоніці підвищення рівня рН до 7,5 не визиває проблем. Якщо рівень стає вище 7,5, його необхідно поступово понизити до 6,0 на протязі 5-6 днів.

Найбільш проблематичним є контроль за електропровідністю, оскільки поживні речовини, що знаходяться в комплексі з органічними молекулам, не несуть електричних зарядів і, як наслідок, прилади обліку електропровідності не можуть їх врахувати. Час, за який поживні речовини будуть розчинені (і стануть іонами), залежить від декількох факторів, ключовим серед яких є температура.

Через наявність великої кількості колоїдних частинок великих розмірів біопонні системи мають підвищені вимоги до фільтрації. Частина речовини може бути перероблена мікроорганізмами, однак поступове накопичення органіки в кореневій системі блокує живлення рослини киснем та поживними речовинами.

Біопоніка дозволяє значно зменшити затрати на урожай за рахунок деякого зменшення об'єму урожаю, однак потребує деякого досвіду у використанні. На даний момент біопонні системи не знайшли широкого поширення.

## 6. ОСНОВНІ ПАРАМЕТРИ МІКРОКЛІМАТУ

### *Температура*

Чим вища температура, тим менше розчиненого кисню залишається у розчині. Падіння вмісту кисню не дуже різке. При температурі від 0° до 30°С вода втрачає приблизно половину свого кисню. У необхідному для росту рослин діапазоні в чистій воді при 20°С є приблизно 9,5 мг/л розчиненого кисню, а при 30°С вміст падає до 7,6 мг/л. Розчинені у воді солі також дещо знижують теоретичний рівень.

В той же час потепління приводить до прискорення метаболізму рослин, що в свою чергу підвищує потребу рослин в кисні, особливо в кореневій зоні, де його поглинання проходить швидше. При температурі до 30°, приблизно, підвищення потреби стає різким.

### рН-фактор

Всі рослини вирощуються в дещо кислотній рН, незалежно від того, якому рН вони надають перевагу в ґрунті. Головною причиною цього являється те, що при рН 7 і вище із розчину випадає в осад залізо. Максимально допустимий рівень рН – близько 6,8 з запасом для надійності. Однак в замкнених системах рекомендується утримувати рН нижче 6,5, щоб запобігти нестачі марганцю. Рослини здатні досить низьких рівнях рН, але рекомендується підтримувати його не нижче 5,5.

Поглинання таких елементів, як Са, Р, Fe, Zn і Mn сильно залежить від рН.

Рівень рН можна дещо змінювати в рекомендованих межах для того, щоб не придати переваги ні одному елементу. Занадто точне дотримання рівня рН приводить до внесення в розчин великої кількості

хімікатів для корекції, що може порушити рівновагу. Рівень рН має природну схильність

підвищуватись. Це відбувається у зв'язку з поглинанням рослин мінералів, та

осадження солей.

Електропровідність

Рівень електропровідності впливає на морфологію рослини, а також на кількість та якість кінцевого продукту. Цей параметр більше всього варіюється в залежності від різновидності рослин.

Електропровідність	Стадії росту рослини
0,2-0,4	Для черешків
0,8-1,2	Для молодих укорінених рослин
1,6-1,8	Для вегетативної стадії
1,8-2,2	Для стадії цвітіння і плодоношення
2,4-2,6	На останній стадії

Таблиця 1. Необхідний рівень електропровідності для різних стадій росту рослин

Досить часто провідність води для черешків перевищує допустимі межі. В цьому випадку воду слід змішати з неіонізованою водою.

Рівень насичення розчину солями впливає на можливість рослинами житися водою. Механізмом, який приводить в дію поглинання води коренями, є евапотранспірація, а осмос регулює силу з якою рослини всмоктують воду. Також рівень провідності необхідно коректувати згідно з температурою. При високих температурах рослинам необхідно поглинати багато води, тож провідність необхідно тримати на низькому рівні або навіть дещо нижче рекомендованого рівня. І навпаки,

при низьких температурах можна підняти провідність до верхньої межі шкали; невелика транспірація і зменшення поглинання викликають потребу в більш насиченому розчині для того, щоб рослини мали всі необхідні елементи.

Завдяки маніпуляціям з провідністю можна контролювати морфологію рослини. На ранній стадії вегетації, якщо помістити укорінений черешок в середовище з провідністю вище рекомендованої, рослин буде невеликою з

малою між вузловою відстанню. І навпаки, якщо провідність занадто низька,

рослина буде стрункою, високою і без жорсткої структури.

#### Вологість

У вологому середовищі листя рослин виростає більшим, ніж в сухому. Максимального росту більшості рослин можна досягнути при відносній вологості 60-80%. Черешкам необхідно близько 90%, а насіння краще всього проростає при 60%. Під час пізнього етапу цвітіння бажано притримуватись нижньої межі шкали або навіть опускатись до 50%, щоб запобігти утворенню плісняви.

Кількість води, яку здатне вміщувати повітря, змінюється в залежності від температури, що приводить до зміни відносної вологості при зміні температури.

#### Вентиляція

Для забезпечення рослин повітрям та відводу їх відходів життєдіяльності необхідно встановлювати повітрозбірники, котрі, крім того, зможуть використовуватись для контролю вологості і температури. Важливо мати повітрозбірник, котрий зможе витягувати холодне повітря. Крім того, для забезпечення однорідності повітря у великих системах



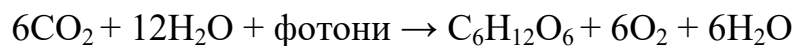
необхідні також циркуляційні вентилятори. Обдування стебла рослини підвищує міцність, а також видуває повітря з-під крони. Це також запобігає поширенню шкідників і хвороб, сприяє транспірації та забезпечує рослини вуглекислим газом.

Повітря треба відновлювати кожні 5 хвилин. Відповідно, якщо прийняти об'єм гідропонної систем за V, витяжний вентилятор повинен буде

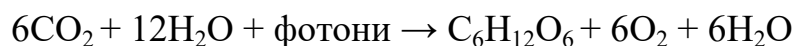
виробляти V/5 умовних одиниць в годину. До теоретичної величини бажано додавати деякий процент в залежності від сторонніх факторів, таких як фільтри, труби для відведення повітря назовні та інше.

Контроль вуглекислого газу

В процесі фотосинтезу рослині необхідний двоокис вуглецю. Реакція взаємодії виглядає наступним чином:



Для вивільнення енергії, накопиченої рослиною в процесі фотосинтезу при утворенні органічних речовин, відбувається протилежний процес – дихання:



На протязі дня рослини як поглинають CO<sub>2</sub> за допомогою фотосинтезу, так і виділяють його для дихання. Під час темного циклу кисень не виділяється, тільки вуглекислий газ.

Весь газообмін в рослинах проходить через продихи. При високих температурах продихи закриваються і метаболізм рослини сповільнюється. Засвоювання рослинами CO<sub>2</sub> також залежить від освітлення. Варто враховувати також необхідність підтримувати певну сприятливу для конкретної культури вологість.

Без належного провітрювання рівень CO<sub>2</sub> швидко падає нижче оптимального, що негативно вплине на метаболізм рослин. В міських умовах вентиляції може бути достатньо для забезпечення потреб рослин. Підвищити рівень CO<sub>2</sub> можна також за рахунок горіння органічних речовин, або ж процесів життєдіяльності (бродиння дріжджів в цукрових розчинах або дихання риб в аквапоніці). Більш дорогими рішеннями є постійна купівля CO<sub>2</sub> в балонах або використання генераторів, котрі за допомогою датчиків

CO<sub>2</sub> контролюватимуть рівень автоматично. Використання CO<sub>2</sub> в балонах ускладнюється тим, що скраплений газ в балоні охолоджує до небезпечних для рослин температур. Крім того, використання балони з газом вибухонебезпечні .

Постійно подавати газ не має сенсу: на самому початку світлового дня у рослини закриті продихи. Відкриватися вони починають в середньому через 2 години після світанку (або включення освітлення). Зазвичай подачу здійснюють протягом години (в середньому). В цей час рослина активно поглинає CO<sub>2</sub>. Після цього генератор бажано відключити в цілях економії.

Повторне підживлення вуглекислим газом рекомендують проводити за 2 години до завершення світлового дня (або відключення ламп). Якщо все контролюється так, щоб рослина звикло до певного циклу, то в цей період у нього як раз відкриваються продихи. В результаті витрата ресурсу стане виправданою.

Далі рослина почне переробляти і засвоювати CO<sub>2</sub> протягом ночі. Такий підхід дає максимальний результат при досить економному використанні вуглекислого газу.

При проведенні розрахунків бажано мати на увазі, що у різних рослин будуть різні потреби в вуглекислому газі. Для економії вуглекислого газу бажано організовувати окремі гроубокси. Це допомогло б вирішити проблему нераціонального використання ресурсу. В іншому випадку його потрібно буде розпорошувати, орієнтуючись на потреби того рослини, з яким такого газу необхідно найбільше.

Як правило, для трав'янистих рослин збільшення приросту біомаси знаходиться в діапазоні 25-60% у трав'янистих рослин і дещо менше (10-55%) у більшості культурних рослин. Подачу вуглекислого газу важливо збалансувати із подачею інших елементів (вітамінів, мікромініралів, органічних кислот і іншого), інакше буде збільшуватись загальна кількість плодів, їх маса, але зменшуватиметься їх поживна якість.

#### Освітлення

Сонячне світло - один з найбільш важливих для життя рослин екологічних показників. Завдяки фотосинтезу утворюється приблизно 95% маси сухих речовин рослини. Він поглинається хлорофілом і використовується при побудові первинного органічної речовини. Керування фотосинтезом – один з найефективніших шляхів управління продуктивністю рослин.

Основними характеристиками світла є його спектральний склад, інтенсивність, добова і сезонна динаміка.

Сонячне світло неоднорідне за спектральним складом. З усього спектра для життя рослин важлива фотосинтетична активна (380-710 нм) і фізіологічно активна радіація (300-800 нм).

Найбільше значення мають червоні (720-600 нм) і помаранчеві промені (620-595 нм). Саме вони є основними постачальниками енергії для фотосинтезу і впливають на процеси, пов'язані зі зміною швидкості

розвитку рослини (надлишок червоної і помаранчевої складової спектра затримує перехід рослини до цвітіння).

Сині і фіолетові (490-380нм) приймають безпосередню участь у фотосинтезі, а також стимулюють утворення білків і регулюють швидкість розвитку рослини. У рослин, що живуть в природі в умовах короткого дня, ці промені прискорюють настання періоду цвітіння.

Ультрафіолетові промені з довжиною хвилі 315-380 нм затримують «витягування» рослин і стимулюють синтез деяких вітамінів, а ультрафіолетові промені з довжиною хвилі 280-315 нм підвищують холодостійкість.

Лише жовті (595-565 нм) і зелені (565-490 нм) не грають особливої ролі в житті рослин.

Врахування потреб рослин в певному спектральному складі світла необхідний при правильному підборі джерел штучного освітлення

Майже всі декоративні та культурні рослини світлолюбні, тобто краще розвиваються при повному освітлення, але розрізняються по тіньовитривалості. Беручи до уваги ставлення рослин до світла, їх прийнято поділяти на три основні групи: світлолюбні, тіньовитривалі і.

Як і всі живі організми, рослини мають здатність адаптуватися до умов, що змінюються. Ця здатність різна у різних видів. Є рослини, які досить легко пристосовуються до достатнього або надлишкового світла, але зустрічаються і такі, які добре розвиваються тільки при строго визначених параметрах освітленості. В результаті адаптації рослини до зниженої освітленості дещо змінюється його вигляд. Листя стають темно-зеленими і трохи збільшуються в розмірах (лінійні листя подовжуються і стають вже), починається витягування міжвузлів стебла, який при цьому втрачає свою міцність. Потім їх зростання поступово зменшується, тому

що різко знижується виробництво продуктів фотосинтезу, що йдуть на ПОБУДОВУ тіла рослини. При нестачі світла багато рослин перестають цвісти.

При надлишку світла хлорофіл частково руйнується, і колір листя стає жовто-зеленим. На сильному світлі зростання рослин сповільнюється, вони виходять більш приосадкуватими з короткими міжвузлями і широкими короткими листям.

Поява бронзово-жовтого забарвлення листя вказує на значний надлишок світла, який шкідливий рослинам. Якщо терміново не вжити відповідних заходів, може виникнути опік.

Важливими характеристиками світлового режиму є добова і сезонна динаміка.

Довжина світлового дня змінюється протягом року. У помірних широтах найкоротший день дорівнює 8 ч., А найдовший - більше 16 год.

## 7. Постановка задачі

Задачею цієї дипломної роботи є створення гідропонної установки, доступної для широкого кола споживачів та розрахованої на використання у міських умовах. Відповідно до даних умов, система повинна мати наступні характеристики:

- Компактність. Можливість розміщення установки в балконах, квартирах і так далі.
- Простота використання. Використання функціоналу установки повинне бути інтуїтивно зрозумілим, інформація щодо стану системи та дій користувача повинна відображатись на дисплеї.

- Ефективність. Гідропонна установка має бути придатна для вирощування широкого спектру рослин та забезпечувати їх потреби.
- Інформативність. Система має надавати користувачу всі необхідні показники, що впливають на розвиток рослини.
- Низька собівартість.

Гідропонна установка має бути закритою – це дозволить значно розширити можливості контролю над мікрокліматом та його утримання системою за рахунок встановлення додаткового обладнання та датчиків. В цілях економного використання електроенергії установка має пропускати сонячне світло до надземної частини рослини. Також для утримання тепла рекомендується використовувати матеріали з високими теплоізоляційними властивостями. Це покращить ефективність установки та спрощує контроль мікроклімату.

Програмне забезпечення мікроконтролера повинне включати в себе розрахунок поточних характеристик системи за допомогою датчиків та систему зворотного зв'язку, а також можливість зберігання та регулювання параметрів цієї системи.

Гідропонна установка повинна мати систему тривоги. Причини можуть бути наступні: критично низький рівень води в резервуарі, нездатність системи контролювати температуру через будь-які обставини; таймер, встановлений споживачем. Так як установка розрахована на некомерційне використання, дротове підключення до зовнішніх комп'ютерів є недоцільним. Бездротове з'єднання також ефективне в межах однієї квартири та передбачає наявність працюючих пристроїв. Було вирішено створити систему з «тихим» сигналом (світлодіод) та

«сиреною» (п'єзодинамік). Повинна бути можливість вимкнути п'єзодинамік.

Рослини знаходитимуться в ємностях з перфорованим дном чи сітчастих горшках, їх полив відбуватиметься знизу за допомогою помпи (аеро-гідропоніка), так як цей метод є найбільш ефективним на сьогоднішній день. Для контролю над вологістю повітря необхідно також встановити зволожувач. Вентиляцію та розповсюдження вологи, що генеруватиме зволожувач, буде виконувати мотор на 24В, котрий контролюватиметься через ШІМ.

Освітлення буде кріпитись над рослинами на висоті 35 см.

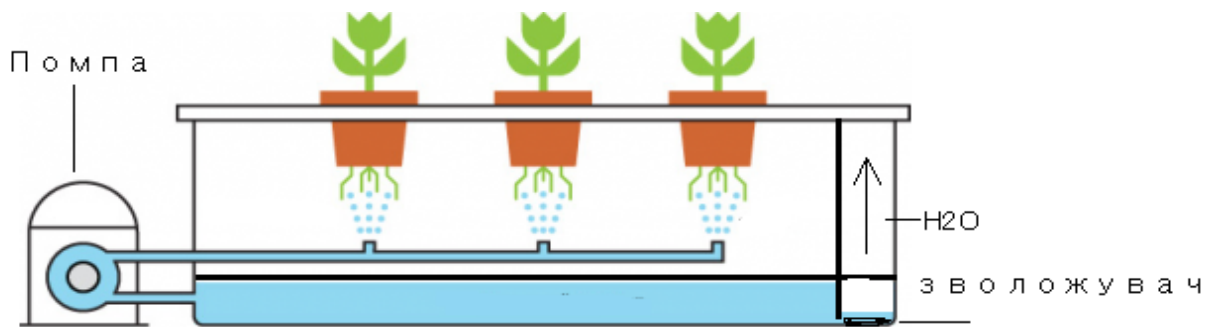


Рис3. Умовна будова систем поливу та зволоження повітря

В систему повинний бути вбудований годинник для узгодження всіх процесів догляду за рослинам. Екран, п'єзодинамік, контролер, кнопки, датчик освітлення та годинник знаходитимуться на зовнішній стороні гідропонної установки для запобігання корозії та зручності. Датчики температури, вологи знаходитимуться на рівні посадки рослин. Датчик рівня води необхідно поставити на 1-2 сантиметри вище дна резервуару.

Розмір системи повинний бути порівняно малим – приблизно 0,45\*0,45\*0,55 метрів.

## 8. Функціональна специфікація проекту. Вибір компонентів

Для збирання необхідної інформації щодо мікроклімату необхідно встановити датчики вологості, температури повітря, рівня заповнення резервуару, освітленості. Також для забезпечення циклу дня/ночі необхідно забезпечити систему модулем годиннику реального часу.

### Контролер Arduino

Мікроконтролер, або однокристална мікроЕОМ, являє собою спеціалізовану мікропроцесорну систему, виконана у вигляді мікросхеми. Мікроконтролери складаються мікропроцесору, блоків пам'яті (оперативної та постійної) для збереження коду програми та даних, портів вводу-виводу і блоків зі спеціальними функціями, такими як лічильники, компаратори, АЦП та інші. Наявність в одному корпусі більшості системних пристроїв робить мікроконтролери одно кристальними комп'ютерами, здатними виконувати широкий спектр відносно простих задач. Ардуіно являє собою готову апаратно-програмну платформу, головними компонентами якої є невелика плата-контролер введення / виводу і середовище розробки на основі Processing / Wiring.

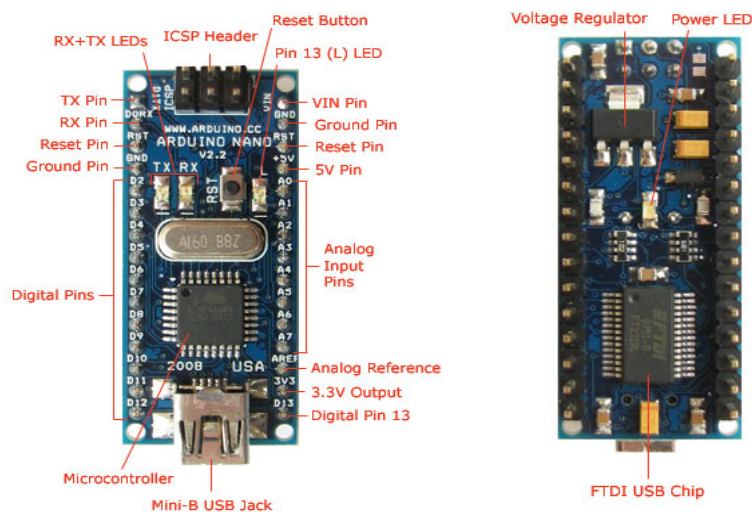


Рис. 2. Arduino Nano



В даній роботі не застосовуються інтерфейси Bluetooth, Ethernet, Wi-Fi, USB для взаємодії з іншими пристроями, тож доцільно розглянути лише найпростіші та найкомпактніші моделі Arduino та вибрати з них найбільш оптимальний варіант.

Платформа Arduino	Nano	Mini	LilyPad
Мікроконтролер	ATmega168 або ATmega328	ATmega328	ATmega168V або ATmega328V
Робоча напруга	5 В	5 В	2,7 – 5,5 В
Рекомендована вхідна напруга	7-12 В	7-9 В	2,7 – 5,5 В
Максимальна вхідна напруга	6-20 В	7-9 В	2,7 – 5,5 В
Цифрові входи/виходи	14	14	14
Аналогові входи	8	8	8
Максимальний постійний струм входів/виходів	40 мА (50мА для виходу 3,3В)	40 мА	40 мА
Розмір флеш-пам'яті	16 кілобайт або 32 кілобайти	16 кілобайт	16 кілобайт або 32 кілобайти
Розмір ОЗП	1 кілобайт або 2 кілобайти	1 кілобайт	1 кілобайт або 2 кілобайти
Розмір EEPROM	512 байтів або 1024 байти	512 байтів	512 байтів або 1024 байти
Тактова частота	16 МГц	8 або 16 МГц	16 МГц

Таблиця 2. Параметри контролерів Arduino

Платформа Arduino LilyPad розроблена з метою використання як частина одягу. Вона може бути зашита в тканину з вбудованими джерелами живлення, датчиками і приводами з проводкою. Платформа

побудована на мікроконтролері ATmega168V (малопотужна версія з ATmega168) або ATmega328V. Дані мікроконтролери мають нижчі характеристики та низьке енергоспоживання, що дозволяє довгий час працювати від автономних

джерел живлення.

Arduino Mini призначений для напівстаціонарного монтажу в різне устаткування або установки. Плата спеціально поставляється без впаяних роз'ємів, що дозволяє користувачеві впаювати дроти або використовувати необхідні типи роз'ємів на свій розсуд.

Arduino Nano - це повнофункціональний мініатюрний пристрій на базі мікроконтролера ATmega328 (Arduino Nano 3.0) або ATmega168 (Arduino Nano 2.x), адаптоване для використання з макетною платою. Може використовуватись в лабораторних роботах.

В даній роботі буде використовуватись Arduino Mini, так як його характеристики співпадають з Arduino Nano, в той же час він є дешевшим та компактнішим.

Датчики освітленості

Найбільш поширеними є такі види чутливих елементів для вимірювання освітленості: фотодіоди, фоторезистори, фотодіоди.

Фоторезистор – пасивний напівпровідниковий прилад, що змінює провідність в залежності від кількості світла падаючого на його поверхню. Особливістю фоторезисторів є низька швидкодія та практично лінійна залежність провідності від освітлення. Фоторезистори в темноті можуть мати опір до 10МОм. При яскравому освітленні у деяких компонентів опір може падати до 500 Ом, але більш розповсюджені величини в декілька кілоом. Фоторезистор менш чутливий до світла у

порівнянні з фото транзистором або фотодіодом та сприймає світло під будь-яким кутом. У порівнянні з фототранзисторами фоторезистори мають вузький діапазон опорів – максимальний опір фоторезистора зазвичай суттєво вище ефективного максимального опору фототранзистора в темноті, а мінімальний опір буде значно вище, ніж опір фото транзистора при яскравому світлі. Крім того,

опір фоторезистора сильніше залежить від температури у порівнянні з фото

транзистором. Фоторезистори на основі сульфідів кадмію найбільш чутливі до світла у діапазоні довжин хвиль від 400 до 800 нм. Фоторезистори мають лінійну вольт-амперну та нелінійну енергетичну характеристики.

Фотодіод перетворює світло, що потрапило на його світлочутливу область в електричний заряд за рахунок процесів в р-n-переході. Фотодіод має 2 режими роботи: фотогальванічний (без зовнішньої напруги, прилад працює як генератор), фотодіодний (із зовнішньою зворотною напругою). Особливості фотодіода: висока швидкодія; малий опір бази; мала інерційність. Якщо в фотопровідному режимі підключити діод послідовно з резистором, напруга на утвореному ділянці напруги буде практично лінійно залежати від інтенсивності світла. В такому режимі вихідний сигнал зазвичай вимірюється в мілівольтах та мікроамперах, тож його необхідно підсилювати.

У фототранзисторах фотони викликають в базі генерацію пар носіїв заряду - електронів і дірок. Вони дифундують до колекторного переходу, в якому відбувається їх поділ так само, як і в фотодіоді. Дірки під дією поля колекторного переходу йдуть з бази в колектор і збільшують струм колектора. А електрони залишаються в базі і підвищують пряму напругу

емітерного переходу, що підсилює інжекцію дірок в цьому переході. За рахунок цього додатково збільшується струм колектора.

Інтегральна чутливість у фототранзисторів в десятки разів більше, ніж у фотодіода, і може досягати сотень мА на люмен. Недоліками фото транзисторів є їх порівняно висока чутливість до перепадів напруги.

В даному проекті вимірюватимуться сотні та тисячі люкс, тож немає потреба у фотодіодних матрицях (монтаж яких також економічно не вигідний). Крім того, всі елементи мають нелінійну залежність напруги від світла та потребують додаткового обладнання зняття показань. Для більшої

точності та спрощення схеми найкращим варіантом є монтування готового модулю освітлення. В даному проекті використовується модуль GY-30. Його особливістю є інтерфейс I2C та подання інформації уже в люксах.

#### Датчики для вимірювання температури

Згідно з поставленою задачею датчик повинен контролювати температуру повітря в межах від 10 до 40 градусів Цельсія. В даній роботі немає потреби у високій точності та швидкості роботи датчику, тож недоцільно використовувати датчики, робота яких заснована безконтактних методах вимірювання температури, оскільки вони значно дорожчі у порівнянні з контактними.

На сьогоднішній день існують такі види датчиків для вимірювання температури: терморезистивні, термоелектричні (термопари), пірометри, п'єзоелектричні, акустичні.

Термопара являє собою два дроти з різних металів, спаяних між собою. При різниці температур між гарячим і холодним кінцем в ланцюзі виникає електричний струм. Величина цього електричного струму

залежить від термоелектричної сили термопари, становить від 40 до 60 мкВ, в залежності від матеріалу термопари. Матеріал термопари може бути різним. Це можуть бути нікель-хромові, хромо-алюмінієві, залізо-нікелеві, залізо-константанові і так далі.

Термопара є високоточним датчиком температури, однак цю точність досить проблематично зняти. Термопара є відносним датчиком температури, рівень її напруги має залежність від температурної різниці між спаями. При цьому холодний спай знаходиться при кімнатній температурі або при будь-якій іншій відносно низькій.

Розглянемо роботу термопари ближче. Є дві термопари і дві температури гарячого і холодного кінця. Відповідно ЕРС залежить від різниці температур.

Температуру холодного спаю необхідно компенсувати. Апаратним способом компенсації є використання другої термопари, яка поміщена в заздалегідь відому температуру.

Програмним способом компенсації є використання іншого датчика температури, на цей раз абсолютного, який поміщається в ізотермічну камеру разом з холодними спаями і контролює їх температуру з заданою точністю. Є труднощі зняття даних з термопари.

По-перше, вона нелінійна. У ГОСТ введені коефіцієнти полінома для перекладу ЕРС в температуру. Ці поліноми великого порядку, але їх можливо розрахувати сучасними контролерами.

По-друге, термо-ЕРС термопари вимірюється в одиницях і сотнях мікрвольт. Відповідно, використання широко доступних аналого-цифрового перетворювачів призведе до повного провалу. Потрібні прецизійні багаторозрядні малошумливі аналого-цифрового

перетворювачі для того, щоб використовувати термопару в своїх конструкціях.

Набагато більш простим способом вимірювання стало застосування терморезисторів. Вони працюють на залежності опору матеріалів від зовнішньої температури. Металеві термометри опору, зокрема платинові мають дуже високою точністю і лінійністю. Термометри опору визначаються двома основними характеристиками: базовий опір термометра при певній температурі та температурний коефіцієнт опору. Їх використовують при вимірюванні температур в інтервалі від  $-260$  до  $750^{\circ}\text{C}$ .

У ГОСТ присутні коефіцієнти полінома для розрахунку температури з поточного опору резистора. Однією з проблем термометрів опору є дуже низький температурний коефіцієнт опору. Однак, вимірювати опір з високою точністю набагато простіше в порівнянні з термопарами.

Одним із способів вимірювання опору є включення термоопору в ланцюг джерела струму і вимірювання диференціальної напруги. Є інтегральні мікросхеми датчиків температури, аналоговий вихід яких уже відповідає живляться напругою. Такі датчики температури можна безпосередньо підключати до аналого-цифрового перетворювача і оцифрувати його за допомогою восьми-або десятибітного АЦП.

Кварцові перетворювачі застосовуються для вимірювання температур в інтервалі  $-80$   $+250$  градусів Цельсія. Їх робота базується на частотній залежності кварцу від температури. Дія датчиків базується на частотній залежності, тобто залежності резонансної частоти п'єзоелемента від температури. Функція перетворювача змінюється від розташування зрізу по осях кристала.

Кварцові датчики працюють з високою чутливістю, роздільною здатністю, стабільністю. Ці властивості роблять їх перспективними у використанні. Вони отримали велике поширення в цифрових термометрах. Недоліком кварцових термометрів є явище гістерезису, що зменшує точність вимірювань. Тим не менше, датчики можна використовувати для високоточних відносних вимірювань.

Датчики вологості та рівня води

Датчики рівня води діляться на механічні (поплавкові, герконові) та електронні (резистивні, ємнісні). Електронні датчики дешевші та мають менші розміри, тому перевага надана ним.

Відносна вологість буде вимірюватись в інтервалі 30-90% та допустимою похибкою в 5% (30% оптимальні для більшості кактусів, 90% – для деяких тропічних рослин).

Резистивні перетворювачі мають логарифмічну залежність передавальної характеристики «вологість – опір», низьку вартість, малі габарити та довгий термін служби.

Ємнісні датчики мають високу лінійність передатної характеристики, вимірюють відносну вологість в майже повному діапазоні, мають малі габаритні розміри, малу інерційність, високу точність та тривалий термін служби.

Датчики вимірювання температури і вологості DHT11 і DHT22

Датчики вимірювання температури і вологості DHT11 і DHT22 мають вбудовані ємнісні чутливі елементи для вимірювання вологості, терморезистори для вимірювання температури та температурну компенсацію. Як наслідок, перетворення має високу лінійність, а самі датчики мають малі розміри та малу інерційність.

Тип датчика	DHT11	DHT22
-------------	-------	-------

Діапазон вологості	вимірюваної	20 – 90%	0 – 100%
Основна похибка		±5%	±5%
Напруга живлення		3,5 – 5,5 В DC	3.3 – 6 В DC
Струм споживання		< 2.5 мА	< 2.5 мА
Робочий діапазон	температурний	0... +50 °С	-40... +80 °С
Розмір		15,5 x 12 x 5,5 мм	28 x 22 x 5 мм
Відстань між контактами		2.54 мм	2.54 мм
Частота опитування		<1 Гц	<1 Гц
Вихідний сигнал		цифровий через одну шину	цифровий через одну шину
Довготривала вимірювань	стабільність	+0.5% /рік	+0.5% /рік

#### Зволожувачі повітря

Існують наступні види зволожувачів: зволожувачі холодного пару, парові, ультразвукові, атомайзери.

Найпростішими є парові зволожувачі, котрі випаровують воду за допомогою звичайного кип'ятіння. Висока температура пари порушує мікроклімат та є небезпечною для рослин.

В основі зволожувачів холодної пари лежить капілярний ефект: воду заливають у спеціальні бачки, далі вода подається в піддон, звідки потрапляє на спеціальні випарні елементи (картриджі, фільтри або диски). Найпростіші зволожувачі працюють на змінних паперових картриджах, де вода просочує папір, піднімаючись від низу до верху, як по капілярах. У більш дорогих системах, випарник має пластикові диски, які,



обертаючись, постійно зволожуються. Вбудований вентилятор проганяє повітря через випарні елементи і зволожує його природним шляхом.

Автомайзери застосовуються лише в промисловості. Принцип розподілу вологи під тиском через спеціальні форсунки дозволяє обробляти досить великі приміщення, тому потреба використання його в домашніх умовах відпадає. Крапля водяного пилу, що потрапила в повітря з горловини атомайзера, має об'єм всього 3-9 мкм. Вона повністю перетворюється в пар, перебуваючи на відстані 20-50 см від працюючої під тиском форсунки (прямо біля її сопла). Потужність атомайзера становить від 50 до 250 літрів на годину. Це дозволяє насичувати вологою цілий цех або складське приміщення, в разі, якщо зберігання вимагає особливих умов.

Перевагою атомайзера є стабільна робота при різних температурах та відносно низьке енергоспоживання. Недоліки: порівняно великі габарити та дуже висока ціна.

Ультразвукові зволожувачі - найбільш ефективні з існуючих зволожувачів повітря. Вода з бачка подається на вібруючу з високою (ультразвуковий) частотою пластину, де вода розбивається в дрібнодисперсний водяну суспензію. Потік повітря, створюваний вентилятором, подає її в приміщення, де вона переходить в пароподібний стан. На відміну від парових і традиційних зволожувачів, перевагою ультразвукових зволожувачів є точний контроль вологості, нормальна температура пари (не більше 40 ° C) і низький рівень шуму.

Існують досить малогабаритні та дешеві ультразвукові зволожувачі потужністю в 14-16 Вт. Такий зволожувач буде використовуватись в даному проекті.

Освітлення

Звичайні лампи розжарювання неекономно використовують електроенергію, сильно нагріваються та погано забезпечують рослин необхідними довжинами хвиль.

Лампи денного світла значно мають спектр, наближений до сонячного, і як наслідок, значна частина енергії витрачається на непотрібне рослинам жовте і зелене світло. Мінусами даного типу освітлення є висока температура виділяється лампою і необхідність в пускорегулюючої апаратури.

Світлодіоди мають фіксовану довжину хвилі, енергоекономні та виділяють порівняно мало тепла, що полегшує контроль мікроклімату та є найбільш економічно вигідним рішенням на даний момент.

Діоди повного спектру мають значно меншу яскравість, тож бажано використовувати діоди з фіксованим спектром. Найчастіше в літературі зустрічається відношення 1:3 червоних діодів до синіх.

#### Вибір екрана

Єдиним варіантом для відображення меню налаштувань та поточних параметрів системи є рідкокристалічний екран. Система з семисегментних індикаторів була б громіздкою та негнучкою.

## 9. Проектування принципової схеми. Алгоритм роботи контролера

Живлення парогенератора, мотору (вентилятора), та освітлення буде здійснюватись безпосередньо від блока живлення 24В DC. Для живлення контролеру та малопотужних компонентів необхідно понизити напругу за допомогою DC-DC перетворювача на основі LM317. Використане стандартне

включення цієї мікросхеми, також до неї підведений радіатор. Контроль роботи вентилятора, освітлення та зволожувача здійснюється за рахунок МДН-транзисторів, затвори яких підключені до цифрових виходів контролера Arduino. Керування налаштуваннями системи відбувається за рахунок 3 тактових кнопок. 2 серводвигуна використовуються в якості клапанів для вентиляції та зволоження. Алгоритм роботи установки розділений на окремі функції, кожна з яких має наступну умову:

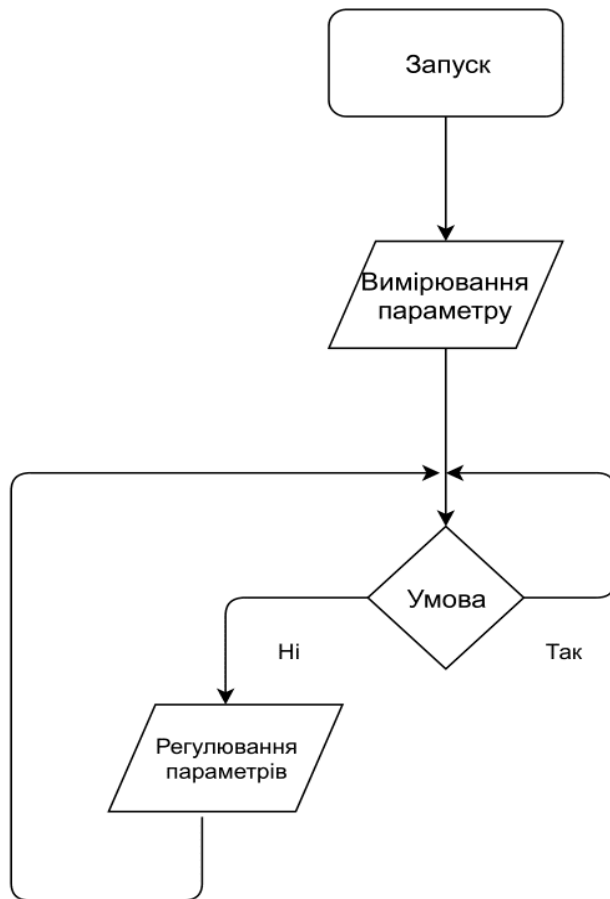


Рис.3.Блок-схема функціональних блоків

В якості умови може бути деяке значення поточного часу, (наприклад, вентиляція установки через рівні проміжки часу), покази датчиків (зволоження повітря, якщо воно стає занадто сухим) або ж і те, і інше (освітлення). Якщо умова не виконана, вмикається компонент, призначений врегулювати даний параметр. Це може бути вентилятор, світлодіодне освітлення, сигнальний світлодіод або п'єзодинамік, серводвигун або зволожувач повітря.

Інтерфейс системи являтиме собою меню з відображення поточного часу та налаштувань. За допомогою 2 кнопок можливо буде переключатися між параметрами, третя буде затверджувати введення (кнопка «ОК»).

Кожен параметр та його налаштування будуть відображатись окремо.



## 10.Висновки

Гідропоніка посягає важливе місце в людському житті. Її розвиток є необхідною умовою для зменшення антропологічного впливу на навколишнє середовище: отруєння підземних вод, меліорація ґрунтів, зміна ландшафту, збільшення посівних площ та використання отруйних речовин на відкритому просторі. Особливе значення гідропоніка має для вирощування рослин в екстремальних місцях. На сьогоднішній день гідропоніка використовується на непридатних для обробки землях, в екваторіальних та арктичних широтах, на островах Тихого океану, в пустелях, в тундрі, в містах та на МКС. Гідропонний метод дозволяє отримувати багатий урожай на обмеженій ділянці, раціонально використовуючи воду та поживні речовини.

На основі розглянутих методів гідропонних систем та методів їх автоматизації була створена автоматична гідропонна установка, придатна для використання у міських умовах та розрахована на масового споживача.

Особливістю установки є можливість повного її налаштування користувачем виходячи з потреб та особливостей «рідного» клімату конкретного виду рослин та бажань самого користувача. Всі поточні дані та налаштування відображаються на LCD-дисплеї, система має сигналізацію.

Запропонована установка є універсальною, гнучкою та простою у використанні, що робить її перспективною у подальшому використанні.

## 11.Список використаної літератури

- 1) Уильям Тексье «Гидропоника для всех. Все о садоводстве на дому» (HydroScope, 2013,Russia)
- 2) Бентли Максвелл «Промышленная гидропоника», Перевод с английского Т.Л.Чебановой. С предисловием и Под редакцией кандидата биологических наук В.Н.Былова (Колос,1965,Russia)
- 3) Р.Э.Тигранян «Микроклимат. Электронные системы обеспечения» (РадиоСофт,2005, Russia)
- 4) Н.П.Воскресенская «Фотосинтез и спектральный состав света» (М.: Наука, 1965)
- 5) А. Г. Дивин, С. В. Пономарев. Методы и средства измерений, испытаний и контроля. Часть 3 / Тамбов – 2013. с. 31 – 32.
- 6) Howard M. Resh - Hydroponic Food Production\_ A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower (2012, CRC Press)
- 7) J. Benton Jones Jr. - Hydroponics - A Practical Guide for the Soilless Grower (2004, CRC Press)
- 8) T. Asao - Hydroponics -A Standard Methodology for Plant Biological Researches (2012, Intech )
- 9) "Climate - Humidity indexes". Encyclopaedia Britannica [Электронный ресурс]. Режим доступа:  
<https://www.britannica.com/science/climate-meteorology/Humidity-indexes/> – дата доступа 05.06.2019
- 10) Журнал HydroponEast Magazine. Выпуск #7, Липень 2012 [Электронный ресурс]. Режим доступа:  
<http://growsvet.ru/content/articles/hydroponeast/7.pdf> – дата доступа 05.06.2019

## Додаток 1.Лістинг програми

```
#include <LiquidCrystal.h>

#include <Servo.h>

#include <BH1750.h>

#define POT_MAX_ANGLE 270.0

#include <BH1750.h>

BH1750 lightMeter;

#define MOTOR_PIN 6

#include <Wire.h>

#include "RTClib.h"

#include "DHT.h"

#define DHTTYPE DHT11

#define sensDATA A0

DHT dht(sensDATA, DHTTYPE);

#include <Button.h>

#define SERVO1 3

#define SERVO2 2

#define potPIN 10
```



```
// Розмір масиву для часу

#define LEN_TIME 12

// розмір масиву для дати

#define LEN_DATE 12

// розмір масива для дня тижня

#define LEN_DOW 12

BH1750 lightMeter;

LiquidCrystal_I2C lcd(LCD_ADDR, 20, 4);

Servo servo1;

Servo servo2;

RTC clock;

char time[LEN_TIME];

char date[LEN_DATE];

char weekDay[LEN_DOW];

LiquidCrystal ld(3);

int MenuPos = 0;

int MenuPlus = 0; int MenuMinus = 0;

#define wLevel A3

//Параметри установки
```

```
unsigned long t,tmin,tmax,l,lmin,ls,le,h,hmin,hmax;

boolean buz = 1;

#define ButtonPin1 8

#define ButtonPin2 7

#define ButtonPin3 4

#define PumpPin 9

#define LightPin 6

#define HumPin 10

// Змінні для зберігання часу

int hour;

int minute;

// Змінна для зберігання часу в хвилинах

int curent;

// змінна зберігання значення інтервалу затоплення кореневої
системи

long previousMillis = 0;

long BlinkPreviousMillis = 0;

long DisplayPreviousMillis = 0;
```

```
// переменная хранения значения интервала затопления корневой системы
```

```
unsigned long interval = 1200000; // два часа = 7200000, 20 минут = 1200000
```

```
// Змінні-прапорці для зберігання стану роботи гідрогоршка
```

```
bool blinkState = 0;
```

```
bool waterStart = 0;
```

```
bool pumpState = 0;
```

```
// Змінні для зберігання стану датчике рівня
```

```
bool wLevelState;
```

```
// Змінна для індикації помилки
```

```
bool ErrState;
```

```
int temperature;
```

```
int humidity;
```

```
int lowHumidity = 40;
```

```
//Змінна режимів відображення
```

```
int buttonState = 0;

int vent(int sp){

    servo2.constrain(180,0,180);

    servo2.write(180);

    analogWrite(MOTOR_PIN,sp);

    delay(300000);

    servo2.constrain(0,0,180); }

int i=0;

void setup(){

    pinMode(10, INPUT); pinMode(11, INPUT);

    Serial.begin(9600);

    int =0;

    lcd.begin(16,2);

    lightMeter.begin();

    .begin();

    DHT.begin();

    clock.begin();

    clock.set(__TIMESTAMP__);
```

```
but1.begin();

but2.begin();

but3.begin();

pinMode(wLevel, INPUT_PULLUP);

// Встановлюємо піни контролера як виходи і входи

pinMode(LightPin, OUTPUT);

pinMode(ButtonPin, INPUT);

pinMode(PumpPin, OUTPUT);

pinMode(HumPin, OUTPUT);

// Якщо рівень розчину нижче мінімального, спрацьовує
сигналізація

if (digitalRead(LowLevel)){

    while (!digitalRead(MaxLevel)){

        digital.Write(0,1);

        delay(100);

        digital.Write(0,0);

        delay(900);

        if(bon)
```

```
tone(BUZZER_PIN,freq,20);

ld.displayDigits(LCD_NONE, LCD_L, LCD_0, LCD_L);

}

}

// Зберігаємо поточний час для визначення часу наступного поливу

previousMillis = millis();

pumpState = 1;

}

void loop(){

uint16_t lux = lightMeter.readLightLevel();

int stateSensor = DHT.read();

if(digitalRead(10) == HIGH){

//Випаровувач
```

```
pot = analogRead(potPIN) / 10; // переводимо показання в діапазон  
від одного до ста
```

```
if (pot > hum) { // якщо волого занадто висока
```

```
    analogWrite(mosPIN, 200); // вмикнути все
```

```
    analogRead (MOTOR_PIN,200);
```

```
    digitalWrite (SERVO2, 1);
```

```
} else { // якщо ні - вимикнути
```

```
    digitalWrite(mosPIN, 0);
```

```
    analogRead (MOTOR_PIN,0);
```

```
    digitalWrite (SERVO2, 0);
```

```
}
```

```
MenuPos++;
```

```
}
```

```
f(MenuPos > 4 or MenuPos < 0){
```

```
MenuPos=0;
```

```
}
```

```
if(MenuPos == 0)

{

lcd.clear();

lcd.print("Temperature %f\nMIN %f MAX %f", t,tmin,tmax);

if(digitalRead(ENTER))

    menu(0);

}

else if(MenuPos == 1){

lcd.clear();

lcd.print("Light %f MIN %f\n Start %d End %d",l,lmin,ls,le);

if(digitalRead(ENTER))

    menu(1);

}

else if(MenuPos == 2)
```



```
{  
  
lcd.clear();  
  
lcd.print("Humidity %f\nMIN %f MAX %f", h,hmin,hmax);  
  
if(digitalRead(ENTER))  
    menu(2);  
}  
  
else if(MenuPos == 3)  
  
{  
  
lcd.clear();  
  
lcd.print("ventilation %d",vmin);  
  
if(digitalRead(ENTER))  
    menu(3);  
}
```

```
else if(MenuPos == 4)
{
  lcd.clear();
  lcd.print("Buzzer ");
  if(buz)
    lcd.print("ON")
  else lcd.print("OFF")
  if(digitalRead(ENTER))
    menu(4);
}
```

```
if(digitalRead(11) == HIGH){
  MenuPos--;
}
```

```
// Перевіряємо роботу датчиків та зберігаємо показання
```

```

// відносної вологості та температури

switch (stateSensor) {

    case SHT_OK:

        temperature = DHT.getTemperatureC();

        humidity = DHT.getHumidity();

        break;

        // Ошибка получения данных

    case SHT_ERROR_DATA:

        Serial.println("Data error or sensor not connected");

        break;

        // Ошибка контрольной суммы

    case SHT_ERROR_CHECKSUM:

        Serial.println("Checksum error");

        break;

}

if(humidity>hmax)

    // запрошуємо дані з годиннику

    clock.read();

    hour = clock.getHour();

```

```

minute = clock.getMinute();

// Переведення часу роботи освітлення в хвилини

curent=timeto(hour,minute);

on=timeto(hon, mon);

off=timeto(hoff , moff );

// Порівнюємо поточний час з часом роботи

if (on>off){

if ((curent>=on)||curent<off)){

    digitalWrite(LightPin,HIGH);

}else{

    digitalWrite(LightPin,LOW);

}}

if (on<off){

if ((curent>=on)&&(curent<off)){

    digitalWrite(LightPin,HIGH);

}else{

    digitalWrite(LightPin,LOW);

```

```

}

}

// Порівнюємо рівень вологості з мінімальним

if(humidity < lowHumidity){

    digitalWrite(HumPin, HIGH);

}

if( humidity > (lowHumidity+10)){

    digitalWrite(HumPin, LOW);

}

//Вентиляція

if(millis() - previousV > Vinterval)

    vent(255);

wLevelState = digitalRead(MaxLevel);

// Перевірка, чи настав час поливати рослини.

// Якщо настав - поливаємо.

if (millis() - previousMillis > interval){

    waterStart = 1;

```

```
}

// Якщо необхідно поливати рослини і рівень води нижче
мінімально - вимикаємо помпу

if (waterStart && LowLevelState){

    pumpState = 1;

    waterStart = 0;

}

if (pumpState){

    digitalWrite(PumpPin, HIGH);

} else{

    digitalWrite(PumpPin, LOW);

}

// Якщо спрацював датчик рівня затоплення - вмикаємо помпу

// Якщо рівень розчину різко знизився до мінімального -
вимикаємо помпу.

if (!LowLevelState || FloodLevelState){

    pumpState = 0;
```

```
    previousMillis = millis();}

unsigned long int zz;

int menu(int i)

switch(i):

case 0:

zz=tmin;

while(ENTER){

if(MenuPlus)

    zz++;

if(MenuMinus)

    zz--;}

tmin=zz;

zz=tmax;

while(ENTER){

if(MenuPlus)

    zz++;

if(MenuMinus)

    zz--;}
```

```
tmax=zz;

break;

case 1:

zz=lmin;

while(~ENTER){

if(MenuPlus)

    zz+=1000;

if(MenuMinus)

    zz-=1000;

lmin=zz;

zz=ls;}

while(~ENTER)

{if(MenuPlus)

    zz+=12000;

if(MenuMinus)

    zz-=12000;}

    ls=zz;

    zz=le;

while(~ENTER){
```



```
if(MenuPlus)
```

```
zz+=12000;
```

```
if(MenuMinus)
```

```
zz-=12000;}
```

```
le=zz;
```

```
break;
```

```
case 2:zz=hmin;
```

```
while(~ENTER){
```

```
if(MenuPlus)
```

```
zz+=500;
```

```
if(MenuMinus)
```

```
zz-=500;}
```

```
hmin=zz;
```

```
zz=hmax;
```

```
while(~ENTER)
```

```
{if(MenuPlus and zz<1000)
```

```
zz+=500;
```

```
if(hmax>1000)
```

```
    zz = 1000

    if(MenuMinus)

        zz-=500;

        hmax=zz;

        break;

    case 3: zz = vmin;

    if(MenuPlus)

        zz+=600;

    if(MenuMinus)

        zz-=600;

        break;

    case 4:

    if(ENTER)

        buz=~buz;

    // Функція переведення часу в секунди

    int timeto(int x, int y){

        int z;

        z=(60*x)+y;

        return z;}
```

## Додаток 2.

