

Міністерство освіти і науки України
Західноукраїнський національний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерної інженерії

Гросуляк Петро Іванович
«Моделі управління "розумної" мінітеплиці /
"Smart" mini greenhouses control models»

Студент групи КІм – 21
Гросуляк Петро Іванович

Науковий керівник
д.т.н., професор Цмоць І.Г.

Тернопіль – 2020

Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерної інженерії
Освітній ступінь «магістр»
спеціальність: 123 - Комп'ютерна інженерія
освітньо-професійна програма - Комп'ютерна інженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ О.М.Березький
“ ____ ” _____ 2020 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Гросуляка Петра Івановича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи «Моделі управління «розумної» мінітеплиці/ «Smart» mini greenhouses control models»
керівник роботи д.т.н., професор Цмоць І.Г.
затверджені наказом по університету від 17 грудня 2019 р. № 827.
2. Строк подання студентом закінченої кваліфікаційної роботи 16 листопада 2020 р
3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи
Об'єкт дослідження – процеси моделювання методу забезпечення в теплицях потрібного мікроклімату для забезпечення хорошого росту рослин та дозрівання їхніх плодів.
Предмет дослідження – методи та засоби забезпечення оптимального мікроклімату в теплицях.
4. Основні питання, які потрібно розробити
 - проаналізувати особливості будови теплиць;
 - провести аналіз засобів забезпечення мікроклімату в теплицях та визначити оптимальні характеристики мікроклімату;
 - розробити концепцію пристрою на основі даних отриманих з аналізу;
 - здійснити програмну та апаратну реалізацію розробленого пристрою;
 - провести тестування розробленого пристрою.

5. Перелік графічного матеріалу у роботі:

- концептуальна схема взаємодії сервісу ThingSpeak.com з Arduino;
- підключення датчиків;
- схема підключення виконавчих приладів;
- мобільний додаток для управління пристроєм;
- схема готового пристрою на базі Arduino UNO.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Антиплагіат	Мельник Г.М., доцент		
Нормо-контроль	Мельник Г.М., доцент		

7. Дата видачі завдання 17 грудня 2019 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назви етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Концептуальна схема взаємодії пристрою з додатком на ОС Andriod	17.11.2019 – 1.04.2020	
2	Синтез схеми пристрою управління мікрокліматом мінітеплиці	2.04.2020 – 4.07.2020	
3	Здійснення програмної реалізації додатку для Andriod	5.07.2020 – 26.11.2020	
4	Нормоконтроль, попередній захист	27.11.2020 – 4.12.2020	
5	Захист	8-15.12.2020	

Студент _____ Гросуляк П.І.
(підпис)

Керівник роботи _____ д.т.н., професор Цмоць І.Г.
(підпис)

РЕЗЮМЕ

Кваліфікаційна робота на тему «Моделі управління «розумної» мінітеплиці» зі спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія освітнього ступеня магістр написана обсягом 97 сторінок і містить 36 ілюстрацій, 2 таблиці, 4 додатки та 46 джерел за переліком посилань.

Метою роботи є забезпечення оптимального мікроклімату в мінітеплиці, а саме: моніторинг параметрів мікроклімату (температура та вологість повітря, температура та вологість ґрунту, інтенсивність світла) в режимі реального часу; керування пристроєм за допомогою мобільного додатку.

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

Результати дослідження: на основі побудованого алгоритму розроблено пристрій для моніторингу та контролю мікроклімату в мінітеплицях.

Результати роботи можуть бути використані в сучасних «розумних» теплицях.

Можливими напрямками подальших досліджень є застосування запропонованого пристрою є збільшення датчиків та виконавчих пристроїв. А також можливість застосування пристрою в оранжереях.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: «РОЗУМНА» ТЕПЛИЦЯ, МІКРОКЛІМАТ, МІНІТЕПЛИЦЯ, ТЕПЛО-ВОЛОГІСНИЙ РЕЖИМ, КЛІМАТКОНТРОЛЬ, ВІДДАЛЕНЕ УПРАВЛІННЯ, МОНІТОРИНГ.

RESUME

The qualification work on the topic «Models of management of «smart» mini-greenhouse» in the specialty 123 «Computer Engineering» of the educational degree «Master» is written in the volume of 97 pages and contains 36 illustrations, 2 tables, 4 appendices and 46 sources according to the list of references.

The aim of the work is to ensure the optimal microclimate in the mini-greenhouse, namely: monitoring of microclimate parameters (temperature and humidity, temperature and humidity, light intensity) in real time; control the device using a mobile application.

Research methods: acquaintance and elaboration of literature sources related to this topic, analysis of modern analogues of microclimate control devices in greenhouses, structuring of the obtained results.

Research results: on the basis of the built algorithm the device for monitoring and control of a microclimate in mini-greenhouses is developed.

The results of the work can be used in modern «Smart» greenhouses.

Possible areas of further research are the application of the proposed device is to increase the sensors and actuators of the devices. As well as the possibility of using the device in greenhouses.

KEY WORDS: "REASONABLE" GREENHOUSE, MICROCLIMATE, MINITEMPLY, HEAT AND HUMIDITY REGIME, CLIMATE CONTROL, REMOTE CONTROL, REMOTE CONTROL.

ЗМІСТ

Вступ.....	15
1 Огляд та аналіз сучасних систем управління тепловологісними режимами в промислових теплицях.....	17
1.1 Аналіз об’єкта дослідження.....	17
1.2 Огляд сучасних систем управління тепло-вологісним режимом теплиць	20
1.3 Визначення технологій росту рослин в тепличних умовах	24
1.4 Постановка задачі по створенні системи забезпечення мікроклімату в міні теплиці	46
1.5 Висновки до розділу.....	47
2 Розробка системи управління тепло-вологісними режимами у теплицях	48
2.1 Аналіз сучасних засобів контролю температури і вологості	48
2.2 Концепція пристрою	59
2.3 Вибір технічних засобів для системи управління тепло-вологісними режимами у промислових теплицях.....	62
2.4 Висновки до розділу.....	64
3 Розробка системи управління мікрокліматом мінітеплиці	65
3.1 Обґрунтування та налаштування датчиків та інших модулів.....	65
3.2 Налаштування ThingSpeak	70
3.3 Додаток для андроїд.....	73
3.4 Висновки до розділу.....	81
Висновки.....	82
Список використаних джерел.....	84
Додаток А Світлокопія публікації.....	89
Додаток Б Світлокопія публікації	92
Додаток В Схема пристрою у програмному забезпеченню Fritzing.....	95
Додаток Г Код програми.....	96

ВСТУП

Актуальність теми. В Україні на даний час експлуатується велика кількість теплиць для вирощування найрізноманітніших сільськогосподарських культур, де використовуються морально і фізично застарілі системи управління технологічними процесами, які суттєво знижують ефективність та енергоємність промислових теплиць [1].

На процеси управління тепло-вологісними режимами у промислових теплицях впливає нестационарна поведінка великої кількості внутрішніх і зовнішніх факторів: відмови і аварії обладнання, відмови датчиків, нестабільна робота програмного забезпечення, різка зміна кліматичних умов. Багато статичних і динамічних характеристик ряду елементів і технологічних вузлів теплиці ускладнюють завдання якісного управління технологічними процесами, але для ефективного управління мікрокліматом теплиці потрібно врахувати всі ці впливи, і це є досить складною задачею. Тому розробка автоматизованих систем управління тепло-вологісними режимами, до яких в сучасних умовах розвитку промисловості в Україні висуваються вимоги високотехнологічності, надійності, енергоефективності, є актуальною задачею [1].

Тому в даній роботі розглядається можливість використання в звичайному смартфоні можливість управління та моніторингу мікроклімату в мінітеплиці. Це дозволить досягти значної гнучкості в управлінні мікрокліматом теплиць найрізноманітніших типів.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є забезпечення оптимального мікроклімату в мінітеплиці, а саме: моніторинг параметрів мікроклімату в режимі реального часу та можливість керування пристроєм за допомогою мобільного додатку.

Об'єкт дослідження – процеси моделювання методів забезпечення в мінітеплицях оптимального мікроклімату задля забезпечення збільшення урожайності овочів чи інших рослин [1].

Предмет дослідження – виступають методи та засоби забезпечення оптимального мікроклімату в теплицях.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні задачі:

- 1) проаналізувати особливості будови теплиць;
- 2) провести аналіз засобів забезпечення мікроклімату в теплицях та визначити оптимальні характеристики мікроклімату;
- 3) розробити концепцію пристрою на основі даних отриманих з аналізу;
- 4) здійснити програмну та апаратну реалізацію розробленого пристрою;
- 5) провести тестування розробленого пристрою.

Наукова новизна. Розроблена концепція пропонується обмін даними між пристроєм «розумної» теплиці та мобільним додатком через сервіс ThingSpeak.

Практичне значення кваліфікаційної роботи. На основі розроблених алгоритмів проведено синтез схеми пристрою управління та моніторингу мікроклімату в мінітеплиці з можливістю керування через мобільний додаток.

Публікації та апробація роботи. Отримані результати апробовані в межах III науково-практичної конференції молодих вчених і студентів «Інтелектуальні комп'ютерні системи та мережі» Західноукраїнського національного економічного університету та опубліковано дві тези доповіді по темі роботи [2,3].

У другому розділі розроблено схему пристрою «розумної» теплиці з потрібними датчиками та виконуючими пристроями. Окрім того побудовано принцип взаємодії між цим пристроєм та мобільним додатком.

У третьому розділі перевірено роботу датчиків та інших модулів, об'єднавши їх було розроблено повноцінну схему пристрою в Fritzing та розроблено додаток на ОС Android. Взаємодія між пристроєм та додатком відбувається через сервіс ThingSpeak.

1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ СУЧАСНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ТЕПЛОВОЛОГІСНИМИ РЕЖИМАМИ В ПРОМИСЛОВИХ ТЕПЛИЦЯХ

1.1 Аналіз об'єкта дослідження

Теплиці - це найбільш досконалий вид культиваційних споруд захищеного ґрунту. Істотна відмінність теплиць від інших видів споруд захищеного ґрунту - можливість створення сприятливих умов не тільки для вирощування рослин, але і для обслуговуючого персоналу та технологічного обладнання. У результаті у теплицях підвищується продуктивність праці та культура виробництва, зникає сезонний характер сільськогосподарських робіт. У теплиці на відміну від малогабаритних укриттів і парників можна без порушення цілісності огорожі виконувати всі агротехнічні заходи, також широко використовувати різні механізми для догляду за рослинами [4].

При проектуванні та розробці комп'ютеризованої системи управління температурно-вологісним режимом у промислових теплицях, в першу чергу, необхідно враховувати для яких об'єктів вона призначена.

Теплиці класифікують за кількома ознаками:

- технологія вирощування;
- розмір;
- будова каркасів.

За технологією вирощування теплиці розрізняють:

- ґрунтові;
- стелажні.

За розміром розрізняють такі види теплиць:

- тепличні комплекси (від 0,5 га);
- фермерські теплиці (від 500 до 5000);
- індивідуальні теплиці (до 500).

Тепличні комплекси – це теплиці площею від 0,5 га до декількох десятків га. Як правило, тепличні комплекси складаються з блоків [4]. Кожен блок

включає в себе групу теплиць. Головне призначення тепличних комплексів - це промислове виробництво сільськогосподарської продукції для забезпечення потреб населення. Обслуговуються тепличні комплекси професійними адміністративними, агрономічними і технічними службами. Основні вимоги до промислових теплиць і тепличних комплексів - це забезпечення необхідного асортименту продукції, висока врожайність, висока якість і низька собівартість продукції [5].

Фермерські теплиці – це теплиці площею від 500 до 5000 . Як правило, фермерські теплиці використовуються для вирощування окремих сільськогосподарських культур з дрібногуртовим і роздрібним збутом. Головне призначення фермерських теплиць - це допоміжна, а іноді і основна, зайнятість окремих сімей. Основні вимоги до фермерських теплиць - це забезпечення невеликого асортименту, отримання хорошої якості і прийнятної врожайності продукції та її низька собівартість [5].

Індивідуальні теплиці – це теплиці площею від 50 до 500 . Як правило, індивідуальні теплиці будуються на індивідуальних ділянках для особистого споживання вирощуваної продукції. Основні вимоги до індивідуальних теплиць – це забезпечення невеликого асортименту екологічно чистої сільськогосподарської продукцією і її низька собівартість [6].

За будовою каркасу розрізняють такі конструкції теплиць:

- одно- або двосхила прямокутна;
- аркова;
- багатокутна;
- куполоподібна.

Одно- або двосхилі прямокутні – це теплиці, форма даху яких залежить від розташування теплиці та її орієнтації по сторонах світу. Пристінні конструкції роблять, як правило, двосхилими, що показано на рисунку 1.1. Обов'язковий кут нахилу даху необхідний для зливу дощової води і струшування снігу [6].

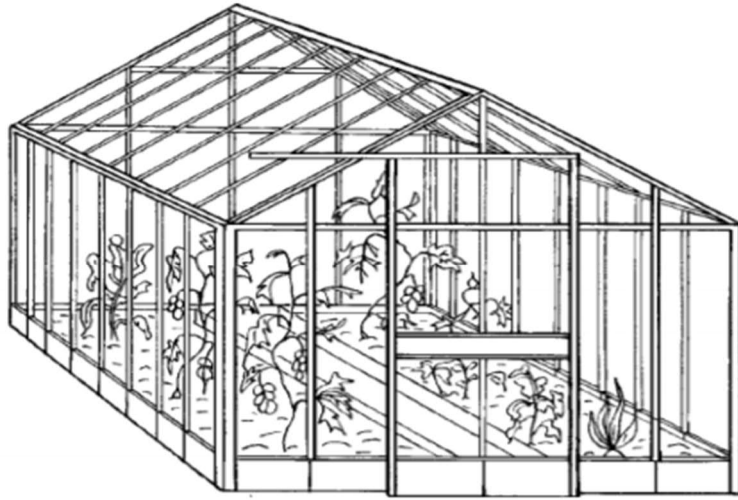


Рисунок 1.1 – Прямокутна двосхила теплиця

Аркова теплиця - поперечний розріз такої теплиці зверху обмежений дугою, що утворює арку, що показано на рисунку 1.2. По краях такої теплиці можна висаджувати тільки невеликі рослини. Зазвичай арочні теплиці роблять розбірними, невеликої висоти [7].

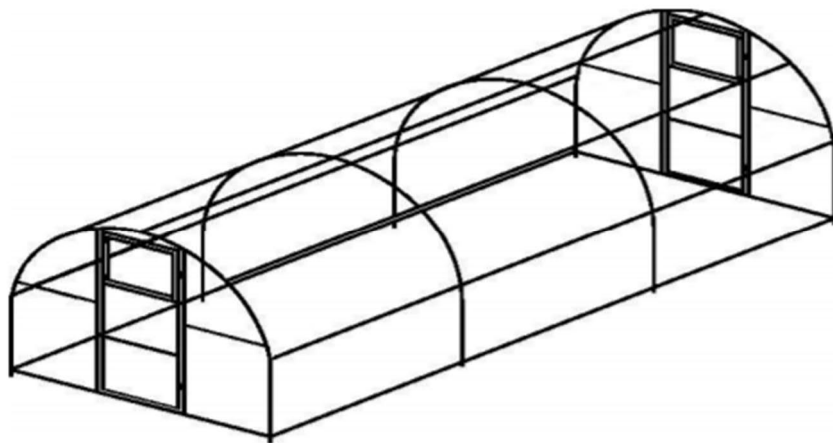


Рисунок 1.2 – Аркова теплиця

Теплиця багатокутної конструкції зовні схожа на шатер, дах виконаний з окремих сегментів, що показано на рисунку 1.3. Внутрішній простір невеликий. Частіше застосовується як декоративна споруда для вирощування різних культур [7].

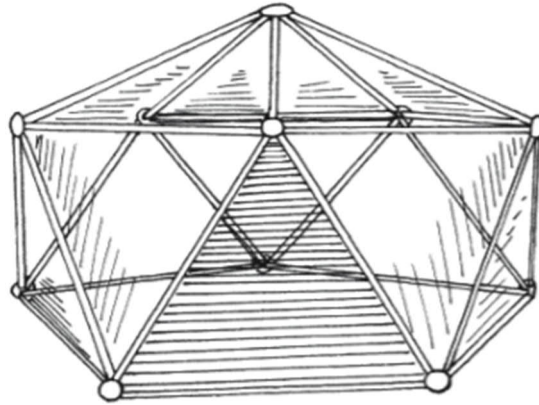


Рисунок 1.3 – Теплиця багатокутної конструкції

Куполоподібна конструкція - це також в основному декоративна споруда, що показано на рисунку 1.4, що застосовується для вирощування невисоких квітів в умовах високої освітленості [7].

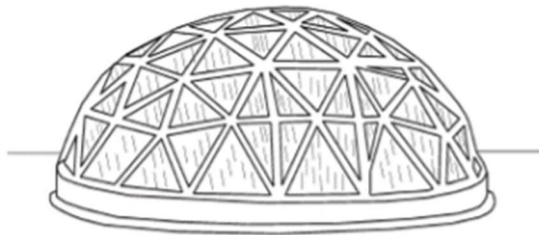


Рисунок 1.4 – Теплиця куполоподібної конструкції

В сучасному сільському господарстві найчастіше використовуються прямокутні та аркові теплиці [8].

1.2 Огляд сучасних систем управління тепло-вологісним режимом теплиць

Управління технологічним процесом - складне завдання, від правильного вирішення якого залежить кінцевий результат - стабільні врожаї та висока якість.

І на перший план виходять системи, що дозволяють комплексно автоматизувати це складне виробництво [9].

Вартість альтернативних джерел енергії поки досить велика і ці джерела мають ряд суттєвих недоліків - займають великі площі, залежать від погодних умов, часу доби, сезону. Незважаючи на бурхливий розвиток в останні роки, використання вітрової та сонячної енергії залишається екзотичним і дорогим експериментом. Деякі фахівці в галузі енергетики стверджують, що при всіх зусиллях частка альтернативної енергетики до 2020 року не підніметься істотно вище 1% від світового енергоспоживання [9].

Як б джерело теплової енергії не було обрано, гостро постає питання про його правильний розподіл і економічне використання. У всьому світі, крім споруджуваних нових теплиць, конструкції яких мають хороші показники з енергозбереження, існує й безліч старих тепличних господарств. Їх модернізація обмежена, і поряд з заходами щодо поліпшення ізоляції теплиць, подальше підвищення економічності споживання енергії можливе за допомогою більш ефективних методів управління енергосистемою [10]. Це змушує виробників автоматизованих систем управління розробляти і впроваджувати все більш досконалі комп'ютери і програми, здатні приймати самостійні компромісні рішення, і поєднувати точність підтримки температурного режиму і економічне споживання теплової та електричної енергії.

Усі сучасні системи приблизно відповідають загальній будові, що зображена на фрагменті функціональної схеми системи регулювання температури в теплиці, що показано на рисунку 1.5.

Основним принципом роботи системи в теплиці є запуск/відключення електрообладнання, а саме:

–спрацьовування температурного датчика всередині теплиці приводить до запуску/відключення системи вентиляції, підігріву, зволоження повітря, наприклад, температура повітря у приміщенні нижча заданої, а запускається система підігріву повітря, тобто збільшується температура повітря у приміщенні;

–вентиляція запускається у випадку збільшеної температури або вологості повітря, виключаючи умови, коли температура повітря у приміщенні стає вищою заданої;

–спрацювання датча вологості, налагодженого на мінімум, приводить до автоматичного запуску системи зволоження повітря [11].

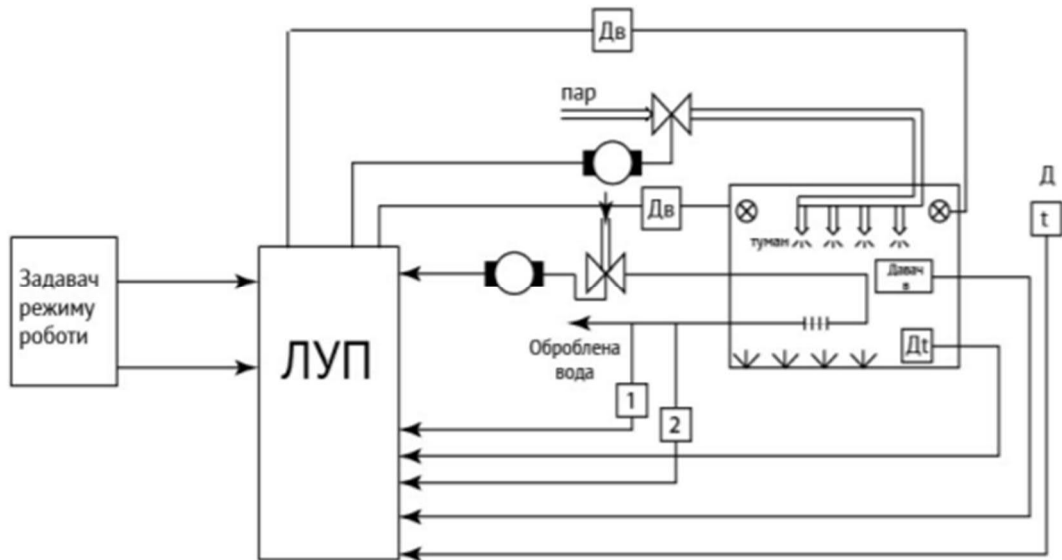


Рисунок 1.5 – Фрагмент функціональної схеми автоматичної системи регулювання температури в теплиці

Система управління отримує інформацію зі безлічі зовнішніх датчиків:

- швидкості і напрямку вітру;
- температури повітря;
- освітленості;
- вологості;
- наявності дощу;
- інтенсивності опадів.

На основі всіх зібраних даних сучасна система управління в режимі реального часу прораховує необхідну кількість енергії, відповідно до стратегії розподіляє цей запит між усіма джерелами тепла [11]. Далі можливі два варіанти управління.

Безсумнівно, навіть найдосконаліші і складні системи не можуть обійтися без людини, бо будь-який комп'ютер виконує і знає лише те, що в нього заклала людина. Створюються нові програми, з наочним і зрозумілим поданням інформації, простими способами введення параметрів. Сучасні програми управління, таких виробників, як Hoogendoorn (рисунок 1.6), дозволяють прибирати або додавати на екран монітора тільки ту інформацію, яку оператор, інженер, або агроном вважають важливою [12].

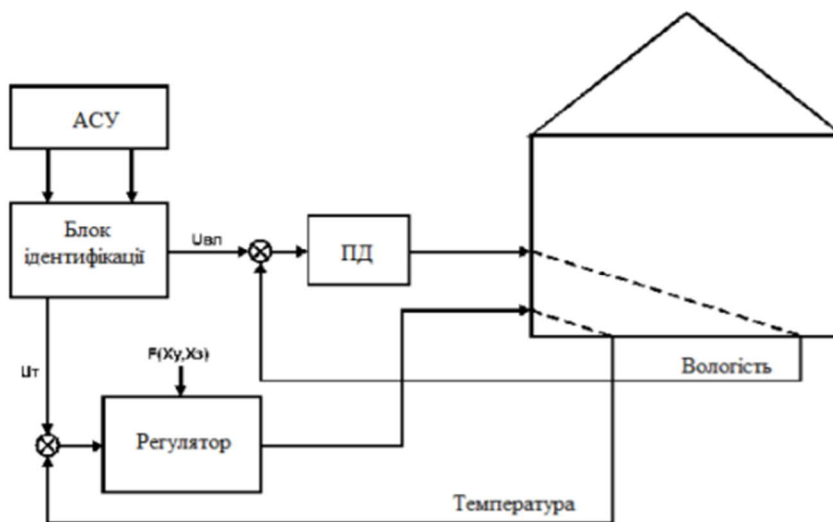


Рисунок 1.6 – Структурна схема системи управління Hoogendoorn

Існує також велика кількість систем зі схожими функціями, зокрема система компанії Уроног.

Індивідуальне управління температурою в приміщенні можна стовідсотково гарантувати лише в тому випадку, якщо в будь-який момент доступна необхідна температура гарячої або холодної води. Клімат-контролер Уроног С-46 для систем опалення / охолодження бере на себе турботу про управління температурою подачі за допомогою вимірювання атмосферних умов. Управління температурою подачі - це рішення, яке підійде для будь-яких потреб: опалення, охолодження або очищення зовнішньої території від снігу та льоду [13]. На вибір пропонуються окремі компоненти або центральний пульт керування в зборі і готовий до експлуатації негайно після підключення [14].

Уроног пропонує широкий асортимент модулів керування температурою подачі. Їх монтаж швидкий і складнощів з ним не виникає. Дані системи дозволяють ефективно керування температурою подачі і разом з системами управління Уроног скорочують споживання електроенергії [15].

Вцілому, нові технології і все більша автоматизація процесів у теплиці роблять роботу більш комфортною, зменшують витрати праці, залучають в цю область сільського господарства молодих кваліфікованих фахівців.

1.3 Визначення технологій росту рослин в тепличних умовах

Ріст і розвиток рослин тісно пов'язані з умовами навколишнього середовища. Можливість створення умов відповідно до вимог рослин - запорука високих урожаїв. Щоб отримати максимальну продуктивність рослин, потрібно знати їх ставлення до факторів навколишнього середовища. Сонячна енергія, тепло, вода, мінеральне живлення та склад повітряних газів - необхідні умови для життя рослин [15].

Для того, щоб створити оптимальні умови для нормального росту та розвитку рослин, перш за все, необхідно посилити той мінімальний фактор, який залежить від підвищення ефективності інших умов життя. Реакція рослини на збільшення інтенсивності факторів зростає до тих пір, поки деякі з них не будуть мінімізовані - мінімальний закон що показано на рисунку 1.7.

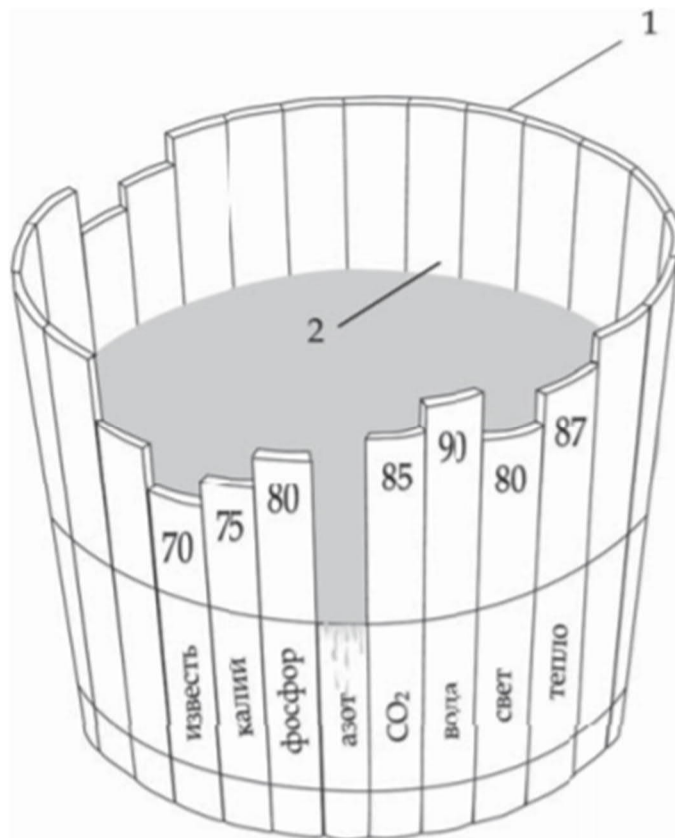


Рисунок 1.7 – Бочка Лібіха. Графічне зображення закону мінімуму: 1 – можлива врожайність; 2 – фактична врожайність у % до можливої.

Комплекс факторів впливає на рослинний організм. Таким чином, температура ґрунту може значно збільшити або зменшити поглинання води та мінералів; Збільшення кількості поживних речовин у ґрунті зменшує швидкість потовиділення; Збільшення інтенсивності сонячного випромінювання призводить до підвищення температури в культурних рослинах, що призводить до посилення дихання, зниження фотосинтезу рослин тощо [16].

На кожному етапі росту та розвитку вимоги до умов навколишнього середовища за будови різні. Якщо волога насамперед необхідна для фази набухання насіння, теплові фактори мають вирішальне значення у фазі проростання, тоді як світлові фактори мають вирішальне значення у фазі проростання [17].

Через біологічні властивості овочевих та квіткових культур необхідні різні умови навколишнього середовища.

Наприклад, огірки ростуть і процвітають у вологому субтропічному кліматі, тобто для росту та розвитку їм потрібні висока температура, вологість і короткі дні [17].

Помідори найкраще ростуть в посушливих субтропічних середовищах, тобто при більш високих температурах вдень та нижчих температурах вночі, при хорошому освітленні, зниженому денному та відносно низькій вологості.

Капуста добре росте в умовах помірною клімату [18].

Овочеві та квіткові культури сильно реагують на зміни умов навколишнього середовища: температури, світла, води та поживних речовин. Ці фактори визначають ріст і розвиток рослин і, зрештою, падають. Всі ці фактори рівні, і жоден не може замінити іншого. Регулюючи фактори навколишнього середовища в теплицях, слід пам'ятати, що кожен з них діє не ізольовано, а разом з іншими, відповідно до вимог кожної культури. Не дозволяється змінювати один фактор на інший. Наприклад, брак світла не можна замінити збільшенням тепла або поліпшенням харчування коренів рослин тощо. Тому для досягнення високої врожайності сільськогосподарських культур необхідно забезпечити оптимальне співвідношення важливих для них факторів [19].

Мікроклімат теплиці створюють усі системи технологічного обладнання - опалення, вентиляція, зрошення, система електропостачання, подача вуглекислого газу, штучне освітлення; На нього впливають також кліматичні фактори та фітоценоз (фітоценоз - рослинне співтовариство, що характеризується певним складом та взаємозв'язком між рослинами та навколишнім середовищем) [20].

Хоча захищені ґрунтові структури відокремлені від зовнішнього клімату скляним або полімерним покриттям, мікроклімат споруд значною мірою залежить від впливу зовнішнього середовища. Фактори навколишнього середовища - оптичне випромінювання, сила та напрямок вітру, температура та відносна вологість, а також опади - впливають на мікроклімат культурних рослин [20].

Оптичне випромінювання впливає на тепловий режим будівлі і є важливим джерелом енергії в закритому просторі, що необхідно враховувати під час теплового балансу між будівлями. Можна сказати, що головним фактором мікроклімату є оптичне випромінювання (сонячне випромінювання). Усі режими мікроклімату - вологість повітря, зрошення, вуглекислий газ та поживні речовини - значною мірою визначаються радіаційним режимом [22].

Частота повітрообміну залежить від сили вітру, вона впливає на мікроклімат і визначає ступінь розкриття трансю. Залежно від напрямку вітру, фрамуга відкривається ззаду. Сила та напрямок вітру суттєво впливають на мікроклімат, навіть із закритими фрамугами (вікнами). Температура теплоносія в системі опалення регулюється бажаною температурою, тоді як зовнішня відносна вологість впливає на внутрішню відносну вологість теплиці через відкритий транц. Наприклад, сухе повітря влітку може виступати фактором значного зниження вологості в теплицях. У разі сильного дощу чи шторму пішохідний перехід слід негайно закрити. Танення снігу втрачає більше тепла на даху, ніж, наприклад, низька температура або сильний вітер.

Тому неможливо створити та регулювати мікроклімат теплиць без урахування впливу зовнішніх кліматичних факторів та погодних умов. Сучасні системи управління мікрокліматом працюють відповідно до параметрів метеорологічних (погодних) умов, тому команди на зміну заданих параметрів теплиць виконуються набагато швидше, ніж у старих системах, де сигнали надходили лише після порушень мікроклімату в культивацийній рослині [22].

Значно впливає мікроклімат і самі рослини. Мікроклімат середовища існування рослин - Фітоклімат створюється об'ємом повітря і ґрунту, зайнятого тепличною культурою.

Закономірності фітокліматичних змін мають свої особливості. Ці властивості набагато важливіші, враховуючи більшу площу теплиці та масу рослини. Рівень освітленості, температури, вологості, концентрації CO₂ коливається аж до рівня ценозу рослин [22].

Теплиці та рослини відіграють важливу роль у балансі між теплом, вологою та ґрунтом. Наприклад, найважливішим фактором, що визначає парникову вологість, є інтенсивність транспірації рослин [23]. Рослини по-різному впливають на мікроклімат, залежно від біологічних властивостей, фаз росту та розвитку. Низькорослі рослини або високі, молоді або дорослі - вимагають різних умов у теплицях для всіх факторів мікроклімату.

У свою чергу, мікроклімат визначає всі процеси формування врожаю від появи насіння до завершення плодів. Тому необхідно розрізняти режими мікроклімату: протягом дня, під час фаз росту та розвитку та залежно від стану рослини (вік, санітарія рослин, інтенсивність росту тощо). Способи головним чином враховують функції виду та сортів, технології вирощування та зростання сезонів [23].

Денні режими диференціюються вдень залежно від інтенсивності світла, а в перехідні періоди від ночі до дня та від дня до ночі - за відносною вологістю. Запобігання конденсату на рослинах вранці особливо важливо під час перехідного періоду, оскільки конденсат викликає розлади та хвороби.

Основна диференціація за фазами росту та розвитку відбувається протягом періоду розсади та у дорослих рослин до і після плодоношення. У несприятливих погодних умовах, коли загальний стан рослини порушений (ріст або родючість, фітосанітарний стан), відбуваються зміни в мікрокліматі.

Тривала погода в похмуру погоду може призвести до «усадки» та ослаблення рослин, погіршення плодоутворення, виявлення хвороб. Для підвищення міцності та стійкості рослин у такий період збільшити рух повітря під час провітрювання в теплиці, включаючи систему опалення землі [23].

Для досягнення врожайності тепличних культур необхідно звернути увагу на створення умов для оптимальної фотосинтетичної активності рослин. Найважливішим завданням регулювання мікрокліматичних умов є забезпечення високого рівня чистої продуктивності фотосинтезу. Чиста продуктивність фотосинтезу - це різниця між кількістю поглиненого CO₂ та кількістю CO₂, що виділяється за одиницю часу від засвоєної площі поверхні до рослини. Чиста

продуктивність фотосинтезу залежить від взаємозв'язку між фотосинтезом та диханням [24].

Фотосинтез дає рослинам енергію під час росту, а також постачає цукор, необхідний для дихальної системи. Схематично рівняння фотосинтезу виглядає так:



Інтенсивність фотосинтезу визначається як кількість фотосинтезуючої речовини - цукру, отриманого на одиницю, і вимірюється в грамах сухої речовини на добу на 1 м² площі.

Фотосинтетичні процеси можуть регулюватися факторами, що безпосередньо беруть участь у процесах росту (інтенсивність світла, концентрація вуглекислого газу, водопостачання) та параметрами, що створюють умови зростання (температура повітря та ґрунту, інтенсивність обміну повітря парникових газів). Дихання (дисиміляція) - процес дихання, який супроводжується окисненням вуглеводів і виділенням вуглекислого газу та водяної пари [25]. Основним параметром, що впливає на інтенсивність дихання, є температура.

Кількість вуглекислого газу, що поглинається під час фотосинтезу, набагато більша за кількість, що виділяється під час дихання. Однак фотосинтез переривається вночі через брак світла, і процес дихання триває. В результаті концентрація CO₂ у закритому об'ємі теплиці вранці збільшується до 0,05% [25]. Протягом доби завдяки фотосинтезу концентрація вуглекислого газу зменшується до 0,01%, що вимагає примусового надходження вуглекислого газу в теплицю в кількості, яка залежить від рівня освітленості, а отже, і інтенсивності фотосинтезу.

Для того, щоб оптимізувати ріст і розвиток рослин у процесі вирощування, вони повинні підтримувати певний взаємозв'язок між інтенсивністю світла, концентрацією CO₂, температурою та вологістю в ґрунті та повітрі. Коли

температура ґрунту нижче норми, поглинання рослинами поживних речовин і води зменшується. Коли сонячна погода змінюється на похмуру, не вистачає вуглеводів, і ріст рослин гальмується, оскільки активні процеси дихання в нагрітому ґрунті тривають, а фотосинтез зменшується пропорційно зменшенню освітленості. Швидкість руху парникового повітря також суттєво впливає на процеси теплообміну газу та рослинного середовища [25].

Умови є оптимальними для рослин, коли фактори навколишнього середовища сприяють їх розвитку протягом вегетаційного періоду. Необхідно враховувати різні потреби рослин у процесі збільшення рослинної маси та накопичення поживних речовин під час плодоношення [25]. Коли ви змінюєте деякі параметри росту, іншим потрібно якомога швидше адаптуватися до них, щоб досягти найкращого можливого результату.

Процеси родючості та росту рослинних рослин у рослині також можна контролювати за допомогою мікроклімату, особливо регулюючи нічну температуру, яка визначає напрямок руху (відтоку) асимілятів: низька температура покращує вегетативний ріст, велике наповнення плодів.

Мікроклімат визначає приплив води та поживних речовин із кореневого середовища. Неможливо збільшити концентрацію ґрунтового розчину вище норми або охолодити ґрунт, обрізати воду, щоб не погіршити умови забору води та повітря в коренях [25]. Кореневе середовище може бути забезпечене водою та мінералами лише за умови створення сприятливих умов для їх засвоєння. Знання вимог рослин до певних умов та постійне задоволення цих вимог цілеспрямованим регулюванням параметрів мікроклімату є основою формування тепличних культур.

Коли рослини ростуть у приміщенні, неможливо створити та підтримувати оптимальні умови для їх розвитку протягом вегетаційного періоду, оскільки не всі параметри мікроклімату можна контролювати за допомогою існуючих технологічних систем. Тому необхідно визначити, як різні параметри мікроклімату пов'язані та як вони впливають на врожайність культур, тому, якщо вони не впливають на зміну параметрів (наприклад, інтенсивність сонячних

променів), ви можете контролювати, що може змінитися. З огляду на високу енергоємність тепличного росту, нерозумно використовувати енергію, наприклад під час нагрівання, коли через інші обмежені фактори неможливо буде збільшити темпи росту та зростання рослин. Існує проблема оптимізації: який кліматичний режим потрібно дотримуватись, щоб отримати максимальний результат з мінімальними витратами [25].

У похмуру погоду на рівні інтенсивності світла світло споживання вуглекислого газу в рослинах зменшується, а штучне запліднення вуглекислим газом не дозволяє швидкість фотосинтезу, тому оптимальна концентрація CO_2 не перевищує 400 ppm. І навпаки, оптимальна концентрація CO_2 у сонячний день становитиме 800 ppm [26]. Залежність концентрації CO_2 від інтенсивності світла, яка визначає оптимальний взаємозв'язок між цими факторами та призводить до максимальної продуктивності фотосинтезу, показана на рисунку 1.8.

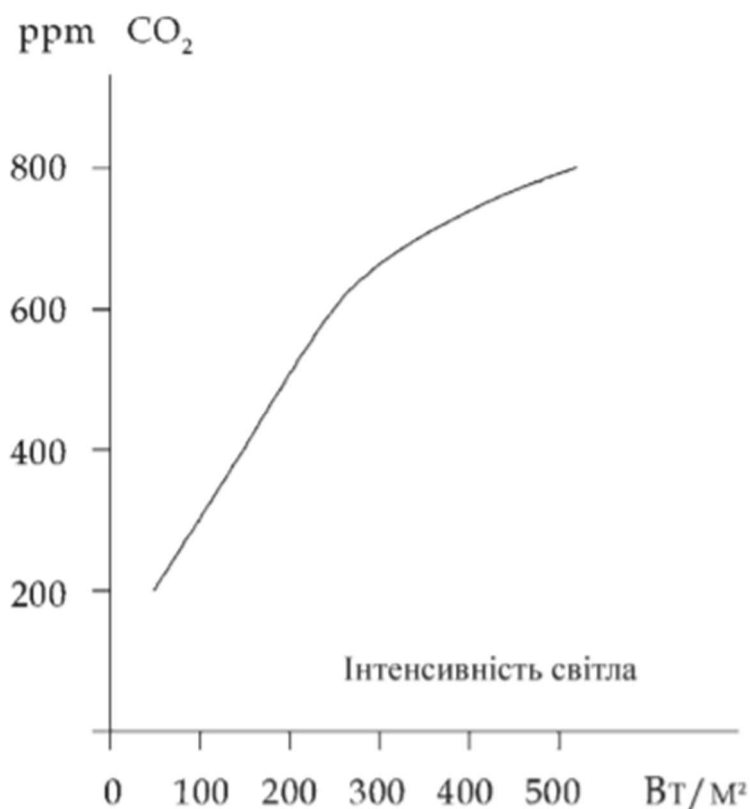


Рисунок 1.8 – Залежність оптимальної концентрації CO_2 від інтенсивності світла

У теплицях, де використовується штучне освітлення, також необхідно проаналізувати ситуацію з урахуванням концентрації вуглекислого газу, якщо ефективне освітлення не знижується. Надмірне освітлення в умовах сильного природного освітлення та низьких концентрацій CO₂ може призвести до перегріву рослин та інтенсивного росту слабких пагонів. Існує очевидна залежність інтенсивності фотосинтезу від температури та інтенсивності світла, як показано в таблиці 2.1 [26].

Таблиця 2.1 – Залежність інтенсивності фотосинтезу від температури повітря і рівня освітлення

Інтенсивність світла, Вт/м ²	Температура повітря, °С	Продуктивність фотосинтезу, г/год.м ²
20	10	0,3
100	16	1,2
200	23	2,7
400	35	4,1

При певних рівнях температури повітря і ґрунту рослина має цілий ряд можливостей, які неможливо подолати, незалежно від того, наскільки інтенсивним використовується світло. При низьких температурах інтенсивність обмінних процесів у рослині і, отже, швидкість фотосинтезу обмежена. При високому фотосинтезі він обмежений через дисбаланс, необхідний для інших процесів [27].

У сонячну тепличну погоду рекомендується підтримувати більш високу температуру з додатковим нагріванням або зменшеною вентиляцією. У похмурі дні температуру слід знижувати. Вночі температуру підтримують на досить високому рівні - для збільшення інтенсивності життєвих процесів у рослин [27].

На практиці необхідні параметри в мікрокліматі розраховуються за графіком температури, інтенсивності світла, концентрації вуглекислого газу, а

також у процесі підвищення температури тепличного повітря за допомогою поправочного коефіцієнта, збільшення освітлення.

Вибираючи найбільш ефективну температуру рослини, важливо пам'ятати, що процес життя рослин триває навіть без світла [28]. Після сонячних днів вони накопичують вуглеводи, подальші перетворення яких тривають 72 години. Для прискорення темпів росту рослин на певних стадіях розвитку температура повітря вночі підвищується відповідно до кількості сонячної енергії, яку рослина отримувала при денному світлі.

Загальновідомо, що променева енергія сонця не повністю захоплює лист. Частина енергії передається листу і природним чином втрачається для фотосинтезу. З енергії, яка надходить на людину, 15% відображається в навколишньому середовищі, 10% йде на людину, оскільки ніж дуже тонкий, а 75% поглинається людиною [29].

Тільки прибл. 15% від загальної кількості променистої енергії використовується для фотосинтезу, тоді як 70% і більше перетворюється на тепло. Листя рослини в сонячну погоду набагато тепліше, ніж навколишнє повітря, і через різницю температур воно випромінює тепло [29].

Таким чином, він споживає близько 20% поглиненої енергії, тоді як решта 50% використовується для потовиділення, оскільки для цього потрібно багато тепла, що зображено на рисунку 1.9.

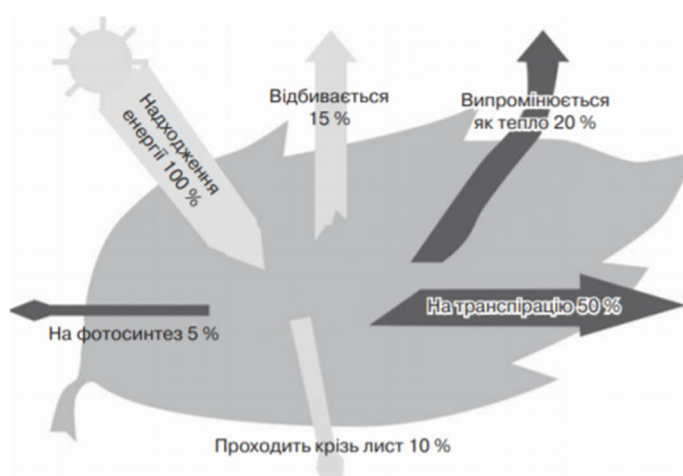


Рисунок 1.9 – Використання світла листками. Розподіл світла листком.

При достатній кількості сонячного світла фотосинтез у рослин набагато інтенсивніший, ніж дихання, тому вони накопичують органічний матеріал. У міру зменшення інтенсивності випромінювання процес фотосинтезу слабшає і настає момент, коли інтенсивність фотосинтезу та дихання однакові. Цей стан рівноваги відомий як точка компенсації [30]. Подальше зниження інтенсивності випромінювання починає домінувати в процесі дихання над фотосинтезом, і рослини споживають їх, а не збирають органічні речовини, змушуючи їх спочатку припинити ріст, а листя опадати, а потім гинути. Підвищена температура в культурних рослинах за відсутності світла збільшує інтенсивність дихання рослин.

Слабка інтенсивність природного освітлення в осінньо-зимовий період не дозволяє ефективно вирощувати в теплицях овочеві і квіткові рослини без додаткового досвічування.

Розрізняють два способи застосування електричного світла при вирощуванні рослин – як додаткового до існуючого (електродосвічування) і як єдине джерело світла (електросвітлокультура). Кожен з цих способів може бути застосований при вирощуванні розсади чи дорослих рослин [30].

Найбільш економічно ефективним є досвічування (менші витрати електроенергії) і особливо досвічування розсади, оскільки в цьому разі процес триває недовго (25–40 днів) і опроміненню піддається більша кількість рослин (25–100), розміщених на 1 м² площі.

Електродосвічування розсади дозволяє прискорити одержання продукції на 20–25 днів і підвищити врожай на 20–25 %. Окупність додаткових витрат на електроустаткування складає 1–2 роки. Витрати електроенергії в 3-й світловій зоні на рослину огірка складають приблизно 5 квт. год., на одну рослину томата – 8 квт. год [30].

Для цієї мети використовують спеціальні тепличні опромінювачі, що складаються з ламп і пускорегулюючої апаратури; люмінофор у цієї лампи – термостійка, перетворююча частина довгохвильового ультрафіолетового випромінювання в оранжево-червоне.

При використанні тепличних світильників рослини не затінюються, немає необхідності в постійному монтажі і демонтажі устаткування, не потрібне приміщення для складування ламп; теплицю після виробництва розсади використовують для вирощування овочевих культур, але устаткування для досвічування не перешкоджає при цьому механізації виробничих процесів [30].

Застосування цих опромінювачів дозволило перейти на нову технологію вирощування розсади в теплицях. Компактність, зручна підвіска, вологонепроникність, термостійкість колби визначають їхні позитивні технологічні якості й ефективність.

Нині випускають джерела освітлення з використанням метало-галогенних (з додаванням йодидів) і натрієвих ламп.

ВАТ “Кадошкінський електротехнічний завод” (Росія) випускає сучасні високоефективні тепличні світильники з лампою ДнаЗ 400 Вт і 600 Ут; з метало-галогенною лампою ДРИ 2000–6 Ут, 1000–6 Ут із КПД не менш 85–90 %, питома потужність установки 82–113 Ут/м². Вони призначені для досвічування розсади, світлокультури овочевих, квіткових та інших рослин у теплицях.

ЗАТ “Енерго” (м. Красногорськ, Росія) випускає тепличні опромінювачі ЖСП-70 із КПД не менше 89–95 % з лампами: СНР-Т 600W (SYLVANIA), СНР-Т 400W (SYLVANIA), NAV-Т 400 W PLANTASTAR (OSRAM), NAV-Т 400 W SUPER (OSRAM), NAV-Т 600 W SUPER (OSRAM), ДНАТ-400 W, ДНАТ-600 W (КОРОНА), REFLUX-400 W, REFLUX-600 W (SUPER). Для досвічування розсади і дорослих рослин у спорудах закритого ґрунту, ТОВ “Комплект-Електро” (м. Обнінськ, Росія) випускає тепличний світильник серій: ЖСП 37 – 400 – REFLUX, ЖСП 37 – 600 – REFLUX, ЖСП 37 – 400, 600 з лампами Philips SON-T, AGRO і GREEN POWER, с КПД не менше 90 % [31].

Світильники серії ЖСП 37 з лампами Philips SON-T, AGRO і GREEN POWER успішно застосовуються для вирощування розсади на Уманському (Україна) тепличному комбінаті.

Крім перерахованих джерел освітлення, в господарствах використовують й інші види ламп і світильників виробництва країн далекого зарубіжжя [31].

У такий спосіб у сучасному тепличному рослинництві широко використовуються різні типи ламп і світильників для світлокультури рослин.

Вказана потужність світильників для одержання рівня визначеної освітленості рослин носить економічний характер [31].

Аналіз сучасних тенденцій розвитку галузі захищеного ґрунту свідчить про те, що нині опромінювальна (освітлювальна) техніка відіграє істотну роль в ефективності виробництва розсади, особливо у світлокультурі рослин.

Нині на ринку пропонується чимало систем досвічування різних виробників:

- метало-галогенні лампи ДРН чи ДРНЗ;
- натрієві лампи високого тиску ДНАТ;
- дзеркальні натрієві лампи-світильники типу РЕФЛАКС (ДнаЗ).

Світильники на нашому ринку представлені такими відомими виробниками як: “ЛІСМА-КЕТЗ” (Росія), Хорти-люкс-Шредер (Голландія), Гавіта (Норвегія), Хортемік (Фінляндія) тощо [31].

Тенденція росту тарифів на електроенергію та інші витрати на виробництво сільськогосподарської продукції викликала необхідність придбання найбільш ефективних і енергоекономічних ламп і світильників. На найближчі роки таким є лампи РЕФЛАКС, що непогано себе зарекомендували як при вирощуванні розсади, так і світлокультурі овочів, зеленних культур і квітів.

Тепловий режим є одним з найважливіших факторів мікроклімату. Кожен вид рослин і навіть окремі сорти відповідають певним оптимальним, максимальним і мінімальним температурам [31].

Оптимальна температура повітря є найбільш сприятливою для росту, розвитку та врожайності. Агротехнічний мінімум t_{α} - найнижча позитивна температура, яка не має негативного впливу на ріст, розвиток рослин і врожайність і допускається не більше 24 годин. Агротехнічний максимум t_{β} - це найвища температура, яка не шкодить рослині і допускається не більше 4-6 годин.

Біологічний мінімум t_{\min} та біологічний максимум t_{\max} є низькими (приблизно $0,5^{\circ}\text{C}$) та високими (понад 40°C) температурами, що призводить до загибелі рослин відповідно [31].

Значення оптимальної температури для різних видів рослин і навіть для одного і того ж виду варіюється залежно від освітленості (день і рік), фази росту та розвитку, методів вирощування та інших умов, про що буде сказано нижче.

Завдання працівників на захищених ґрунтах - підтримувати постійну оптимальну температуру. Навіть в надзвичайних ситуаціях неможливо переступити нижню (t°) і верхню (t°) агротехнічні межі температури.

Овочеві культури захищеного ґрунту поділяють на три групи за потребою тепла, за способом вирощування (за В. А. Бризгаловим) [32].

І група - теплолюбні рослини ($t^{\circ}_{\text{opt}} = 23 \pm 5^{\circ}\text{C}$). Сюди входять сімейство гарбузових, пасльонові, посів насіння квасолі та вирощування розсади; Що стосується дистиляції - всі дистиляційні культури.

Друга група - рослини, яким потрібні помірні температури ($t^{\circ}_{\text{opt}} = 14 \pm 2^{\circ}\text{C}$). Сюди входять рослини сімейства хрестоногих: кріп, салат, шпинат, а також помідори для розсади, консервування грибів [32].

3 група - Рослини, яким потрібні низькі температури ($t^{\circ}_{\text{opt}} = 4 \pm 2^{\circ}\text{C}$). Сюди входять усі культивовані культури; Підтримуючи розсаду та збережені врожаї - всі культури, крім томатів.

Порушення теплового режиму, необхідного для рослин, призводить до аномалій росту та розвитку. Так, коли температура t_a падає, з'являються органи прискореного продукування, які не мають якостей для продажу (огірок, салат, цвітна капуста, шпинат); Огірок накопичує глюкозиди, що викликає гіркий смак; Збільшує утворення волокнистості, інтегрованої тканини, змушуючи листя салату та рослини з пряним смаком загустіти; Коренева система відмирає, розвиваються хвороби [32].

При високих температурах вміст крохмалю та цукру зменшується, квітковий пил стає стерильним, стебла видовжуються тощо.

Не всі овочі та квіткові рослини та сорти однаково реагують на мінливість температур у культурних рослин [32].

Деякі овочеві культури - помідори, перець, огірки, особливо в першій половині вегетаційного періоду - дуже негативно реагують на різкі коливання температури. Різка зміна температури під час цвітіння та плодоношення призводить до випадання великої кількості квітів та молодих зав'язей, гвоздика розбиває чашки. Тому велика різниця температур не допускається [32].

Овочі та квіткові рослини, сорти, сорти, походження, фаза росту, інтенсивність світла та методи вирощування мають різні вимоги до температури.

Кожна стадія росту та розвитку рослин зазвичай триває за певної температури для даного виду або сорту. На жаль, ми все ще дуже мало знаємо про різні фази оптимального зростання температури та розвитку багатьох культур овочів та квітів. Якщо набухання насіння може відбуватися при низьких позитивних температурах, їх поява починається лише за наявності мінімуму більш значущих позитивних температур [32]. Для холодостійких культур ця мінімальна температура становить 2-5 ° С; Для цибулин огірків, помідорів та фрезії - 12-15 ° С; Для баклажанів, перцю, дині та кавунів - 16–17 ° С. Вони краще процвітають при 25-30 ° С, оскільки процеси перетворення складних органічних сполук проходять набагато швидше [33].

Після появи сходів рослинам потрібні більш низькі температури, ніж коли вони з'являються. У перший період життя, не маючи достатнього запасу хлорофілу, рослини поїдають переважно ті речовини, що висаджуються в насінні. Підвищена температура в цей період покращує процеси росту, внаслідок чого органи рослин розкриваються над ґрунтом, а коренева система погано розвивається [33].

Після появи перших справжніх листків, здатних поглинати вуглекислий газ, швидкість росту коренів та надземних систем різко зростає, тому рослинам потрібні більш високі температури. Рослинам потрібні високі температури під час формування репродуктивних органів - квітів, плодів, насіння плодів огірка - прибл. 25 ° С. За гарного освітлення та відносно високої вологості можна

успішно підняти температуру до 29 ° С. Найкраща температура вночі 18–19 ° С. Зниження її до 12-14 ° С уповільнює ріст гілочок і значно дозрівання огірків [33].

Пагони, цвітіння, формування рослин, осипання плодів у томатів добре робляться при температурі 20-22 ° С. Підвищення температури до 26-29 ° С при хорошому освітленні, сприяє швидкому накопиченню пластику, прискорює ріст і дозрівання плодів. При дуже високих температурах на фермах споживання вуглеводів для дихання перевищує дохід від асиміляції. На даний момент рослини перебувають у «неактивному» стані: вони не ростуть, а навіть втрачають масу. Це порушує водний баланс рослин [33].

Порушення водного балансу в спекотні дні знижує ступінь розкриття продихів, зменшує інтенсивність фотосинтезу, що негативно впливає на продуктивність рослин. Таким чином, небезпека перегріву огірка виникає при підвищенні температури до 36 ° С, зубак - 25 ° С.

Дослідження показали, що навіть у більшості сучасних теплиць є багато днів, коли температура листя перевищує граничну [33].

Надзвичайно високі температури негативно впливають не тільки на асиміляцію, а й на процес дроблення. При низькій відносній вологості та високих температурах пил не має часу дозрівання і швидко втрачає здатність проростати. Квіти томатів, баклажанів і цвітної капусти часто падають в суху і спекотну погоду. Щоб запобігти перегріванню, спричиненому сонячним промінням у теплицях, дах покривають пульверизатором крейдяної суспензії [33].

Підвішена крейдяна підвіска культивованих рослин зменшить парникове освітлення, а також тепло, викликане сонячною ізоляцією, на 4-5 ° С.

Недоліком цього способу затінення є те, що крейда довго тримається на поверхні скла. Від такого затінення в похмуру погоду освітлення погіршується, що в свою чергу знижує інтенсивність фотосинтезу тепличних рослин. Крім того, під час сильних дощів крейда повністю змивається [33].

Одним з найефективніших способів знизити температуру повітря влітку, крім затінення, є випарна система охолодження теплиці. Важливою передумовою роботи системи є невелика крапельна секція (діаметр крапель

менше 10 мкм). При цьому частина води випаровується відразу в повітря, інша вода випаровується після осідання на рослинах або ґрунті [34]. Тепло використовується для випаровування води - ґрунт і повітря охолонуть. Завдяки випаровуванню підвищується відносна вологість, що позитивно впливає на транспірацію рослин та сприяє хорошему зростанню та плодоношенню огірків. Ця система дозволяє ефективно боротися з перегрівом в теплицях. Агрегат знижує температуру ножа на 4-6 ° С без вентиляції [34].

Температура є важливим фактором контролю росту та родючості рослин. Температура визначає інтенсивність процесів рослин, таких як фотосинтез, дихання, транспірація, рух речовин, обмін речовин (обмін речовин - сукупність обмінних процесів в організмі), ріст і родючість. Оптимальна температура для фотосинтезу теплолюбних овочевих культур - від 20 до 35 ° С. При 20 ° С процес повільно протікає, посилюючись і знижуючись вище 35 ° С. Рослини інгібуються при 45 ° С, що зображено на рисунку 1.10.

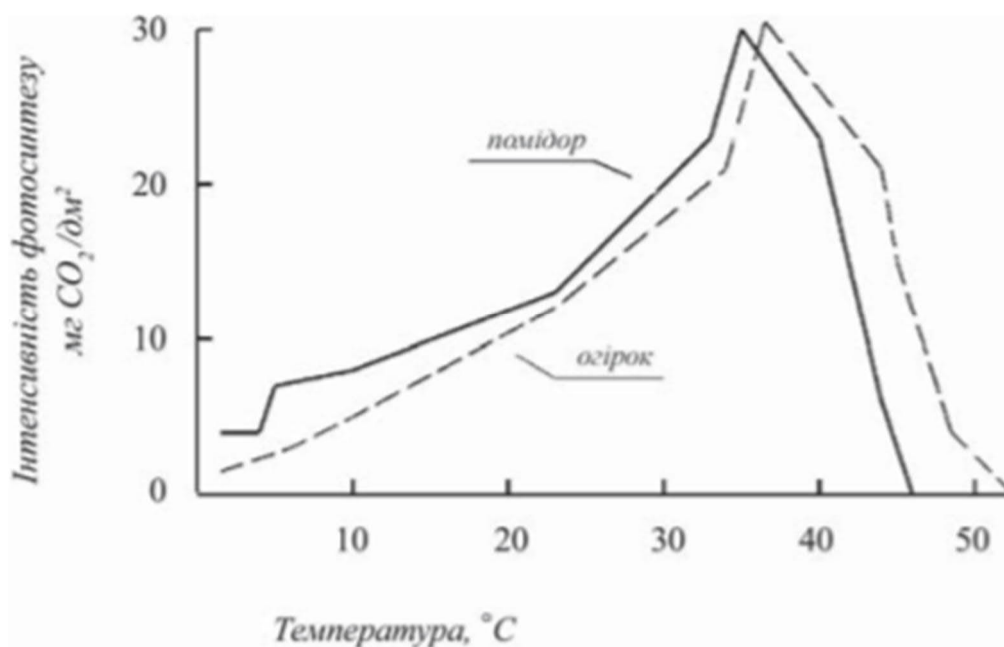


Рисунок 1.10 – Залежність фотосинтезу від температури повітря: 1 – томат; 2 – огірок.

На відміну від фотосинтезу, дихання посилюється із збільшенням температури. Споживання асимілятів під час дихання не повинно перевищувати їх дохід від фотосинтезу, щоб на рослини та плоди це не впливало [34].

Підвищення температури може призвести до згортання білків у рослинах; У теплолюбних культур, таких як дині, кавуни, боби, це відбувається при температурі вище 45 ° С.

Температура тепличного повітря не відповідає температурі рослини. При сильному сонячному світлі температура огіркового листа може бути (за Д.О. Леблю та А.М. Лузиком) на 5–14 ° С вище температури повітря, і навпаки в інших умовах - вночі - на 2–3 ° С. Перше явище викликає горіння, а друге - конденсацію водяної пари на листках [35].

Щоб запобігти конденсації на рослинах, температура води в системі опалення підвищується за годину до сходу сонця і поступово нагрівається до тієї ж температури, що і рослини, і повітря.

Це підвищення температури охолоджуючої рідини при переході з дня на ніч називається температурним ударом, що триває близько двох годин - за годину до сходу сонця і за годину після. Увечері також зробіть поступовий перехід від дня до ночі [35].

Зміни температури рослин у повітрі та в коренях можуть відбуватися в різних напрямках. Так, при більш високій температурі ґрунту рослини отримують більше води, прискорюють рух фосфору і кальцію, може статися порушення водного режиму та живлення, поява опіків, тріщин на стеблах і плодах; При оптимальних температурах ґрунту важко отримати воду та поживні речовини [35]. Через швидке збільшення інтенсивності сонячного випромінювання та нестачі вологи в повітрі втрачена водна листкова маса не встигає поповнитися з кореневої системи навіть при достатньо зволоженому ґрунті, а потім стає явищем фізіологічної посухи.

Завдяки транспірації рослина регулює температуру, що визначає інтенсивність усіх біохімічних процесів. Коли процес транспірації у рослин порушений, рот закритий, температура рослини стає набагато вищою, ніж

температура повітря, ось максимальна температура, коли існує ризик сонячних опіків [35].

Денна температура в культиваційному приміщенні визначається інтенсивністю надходить сонячного випромінювання, а нічний рівень - світлом попереднього дня. Зазвичай через погоду температура диференційована: одна - для сонця, інша - у похмурості. За наявності автоматичного обладнання визначаються температурні режими для сотів та видів, які постійно змінюються відповідно до заданого рівня освітленості [35].

Нічна температура є важливим засобом регулювання відтоку асимілятів в рослинні та репродуктивні органи. Вплив низьких та оптимальних нічних температур можна виявити на прикладі культури огірків Партенокарпа. Низькі нічні температури (17-18 ° C) покращують ріст кореневої та листяної поверхні, спричинюють утворення великої кількості зав'язей, але схил повільний і одночасно плідний, на шкоду якості. Відносно високі температури (21-22 ° C) призводять до зменшення кількості яєчників, але забезпечують швидке заповнення та високу якість. Тому температура періодично змінюється [35].

Гармонійне зростання та родючість вимагають досвідченого регулювання рівня температури протягом ночі, залежно від сезону, фази росту та розвитку, а також стану та маси вегетативних та продуктивних органів рослини. Вибір значення температури до і після плода ще не встановлений - щодо цього існують різні думки. Деякі автори рекомендують низьку температуру перед плодоношенням і високу температуру перед плодоношенням. Одночасно відбувається ослаблення дихання та зменшення поживних речовин для цього процесу. Однак це призводить до гіршого наповнення плодів. Підтримка більш високої температури протягом ночі перед заплідненням прискорює початок і збільшує урожай [36].

Враховуючи, що температура та вологість нерозривно пов'язані, доречніше було б говорити про температуру та вологість. Під час регулювання температури та особливо вологості бажано уникати надмірних втрат тепла при відкритті транскордону. Підтримуючи налаштування мікроклімату, із

надходженням сонячної радіації, відповідним обмеженням температури охолоджуючої рідини та регулюванням якості транскордонного отвору, ви можете значно заощадити паливо [36].

Біологічно прийнятна мінімальна температура для більшості тепличних культур становить $+5^{\circ}\text{C}$. Найнижча температура під час активної вегетації, при якій процеси життя уповільнюються, але рослини не переживають температури $+15^{\circ}\text{C}$. Інтенсивність фотосинтезу зростає з температурою прибіл. $+25^{\circ}\text{C}$, тоді процес стабілізується завдяки співвідношенню компонентів, що беруть участь у реакції. Теплообмін показаний на рисунку 1.11.

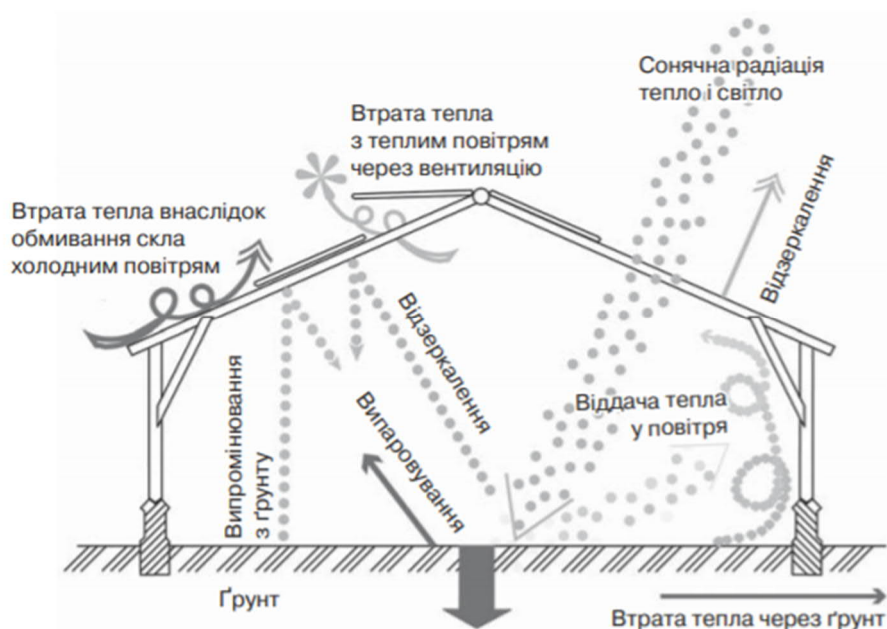


Рисунок 1.11 – Схема теплообміну в теплиці.

Перегрів рослин при $+35^{\circ}\text{C}$ - $+40^{\circ}\text{C}$ викликає зневоднення і порушення обміну речовин. Вплив температури навколишнього середовища на дихання рослин показано на рисунку 1.12. При температурі вище $+25^{\circ}\text{C}$ інтенсивність фотосинтезу не змінюється, в той же час інтенсивність дихання швидко зростає і незабаром починає домінувати. Ці процеси призводять до того, що більше цукру руйнується, ніж утворюється [36].

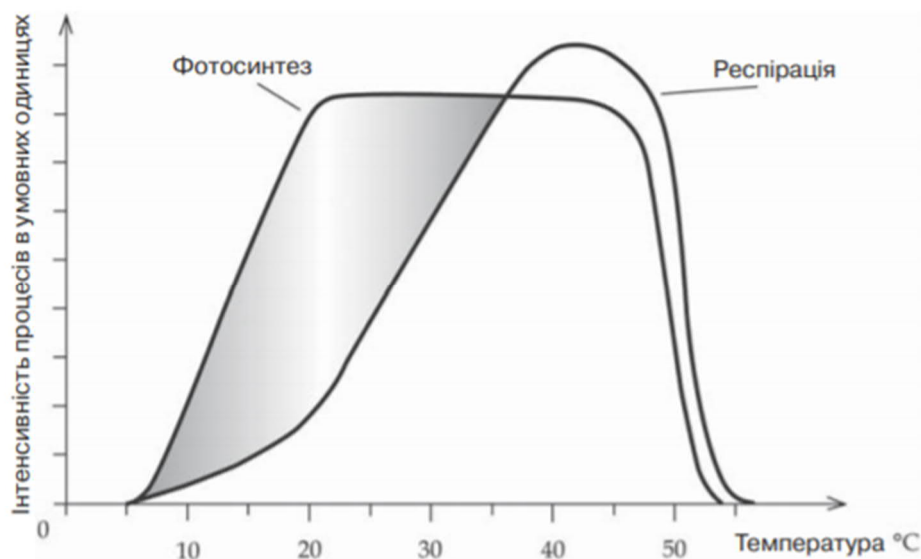


Рисунок 1.12 – Залежність фотосинтезу і респірації від температури в теплиці.

Температура, при якій підтримується найвища продуктивність фотосинтезу, є оптимальною для рослин. Щоб зменшити споживання вуглеводів під час дихання вночі, знизьте температуру, зменшуючи тим самим обмінні процеси в рослині. Однак на певних стадіях розвитку рослин, коли необхідно збільшити приріст біомаси, вона підтримує досить високу температуру протягом ночі, стимулюючи тим самим утворення нових клітин [36].

Функції води в рослині різні: вона бере участь у процесі синтезу як основний будівельний матеріал; є розчинником для мінеральних солей та розчинних продуктів метаболізму, регулює тиск у клітинах, регулює температуру рослин за допомогою руху води.

Необхідно розрізняти споживання, або кількість води, що поглинається рослиною, та її потребу в ґрунтовому водному режимі, тобто здатність отримувати необхідну кількість води з ґрунту. Огірок, салат та редька характеризуються великим споживанням води та великим попитом. Кавун і диня використовують багато води, але ґрунтовий водний режим не є необхідним через розвинену кореневу систему. З іншого боку, цибуля споживає дуже мало води, але пред'являє дуже високі вимоги до водного режиму [36]. Види та сорти

овочевих культур з багатою кореневою системою клітковини або для глибокого росту в ґрунті менш вимогливі до культур, що мають слабку кореневу систему.

Попит на зміну води під час вегетації. Усі овочеві рослини ставлять великі вимоги до періодів висипання насіння та відливання плодів або формування продуктивних органів.

Водний режим рослини визначається інтенсивністю поглинання та транспірації води та чинниками зовнішнього середовища, що діють на це середовище. Поглинання рослиною води залежить не тільки від вологості останньої, але також від вологи та структури, концентрації ґрунтового розчину, газової суміші, особливо вмісту кисню, та температури ґрунту. Необхідно забезпечити не тільки наявність води в ній, але і потік рослини, оптимальне водопоглинання коренів [36]. Умови росту коренеплодів та життєдіяльність є важливими у процесі водопостачання рослин.

У малооб'ємних ґрунтах або субстратах важливо підтримувати безперервний ріст коренів, тобто контролювати доступ повітря та води. Неможливо збільшити концентрацію ґрунтового розчину до допустимих меж.

При крапельному зрошенні вода подається безпосередньо в кореневу систему рослини, не зволожуючи весь ґрунт, як це відбувається при дощуванні, коли повна норма зрошення застосовується протягом декількох хвилин, а вологість між вологою ґрунту до і після неї досягає 30-40% НВ [36].

При крапельному зрошенні вода стікає протягом тривалого часу, майже одночасно з споживанням, без періодів різання води. Крапельний метод зменшує амплітуду коливань вологи до 15-20% НВ. Це дозволяє підтримувати набагато вищу точність на встановленому рівні, ніж при обприскуванні, забезпечує кращий контроль вологості ґрунту та дозволяє автоматизувати полив. При крапельному зрошенні на поперемінних ділянках ґрунту з різним вмістом води та повітря коріння завжди добре забезпечені киснем. Істотною перевагою цього методу є нестача вологи в рослинах і на поверхні ґрунту, що зменшує частоту виникнення грибкових захворювань [36].

Крапельне зрошення рослин, води та поживних речовин близьке до оптимального, надходження мінеральних речовин краще регулюється. Цей метод застосовується для вирощування невеликих кількостей овочевих рослин на нових рослинах - торфових культурах, мінеральній ваті та інших штучних субстратах. Завдяки крапельному зрошенню, крім збільшення врожайності, досягається значна економія води та добрив (20-30% порівняно з упаковкою). Недоліком цього методу є більші експлуатаційні витрати та вищі вимоги до якості зрошувальної води, що запобігає засміченню випускних отворів води [36].

Існує багато різноманітних систем краплинного зрошення з великим діапазоном робочих органів, що розрізняються за принципом зволоження, способами регулювання витрат води, можливостями очищення тощо. Переважають такі типи водовипускних органів: мікротрубки, мікропористі трубки і різні види крапельниць [36].

1.4 Постановка задачі по створенні системи забезпечення мікроклімату в міні теплиці

Згідно проведеного аналізу основних технічних характеристик наявних систем комплексної автоматизації теплиць з урахуванням умов вирощування культур у мінітеплицях встановлено факт часткової або повної відсутності вимірювальних процедур, що є їх суттєвим недоліком, на підставі чого обґрунтовано сукупність фізичних параметрів, що підлягають безпосереднім комп'ютеризованим вимірювань, від яких найбільше залежать показники врожайності теплиць: вологість, освітлення й температура [36].

На підставі проведеного аналізу наявних способів та засобів вимірювання фізичних параметрів закритих ґрунтів з наступним експертним висновком встановлено, що більшість із них не забезпечують необхідних показників точності вимірювань у виробничих умовах тепличних комплексів:

- вимірювальний канал вологості (W) повинен забезпечувати абсолютну похибку вимірювання в діапазоні зміни W від 30 до 90 %, не більше ± 5 %;
- вимірювання освітлення в мінітеплицях для можливості його додаткового ввімкнення;
- вимірювальний канал температури (t) повинен забезпечувати абсолютну похибку вимірювання в діапазоні зміни t від 10 до 30 °С, не більше $\pm 0,3$ °С.

Проведений аналіз показників, що впливають на метрологічні характеристики інформаційно-вимірювальної системи фізичних параметрів тепличних ґрунтів, дозволив встановити, що основними дестабілізуючими факторами є:

- для вимірювального каналу вологості: зміна температури, вмісту солей у йонній формі, а також нестабільність внутрішніх характеристик вимірювача;
- для вимірювача рН: температурна нестабільність вихідного сигналу сенсору, рівень вологи в ґрунті й зміна концентрації йонів, що конкурують [37]

1.5 Висновки до розділу

Обґрунтовано основні напрямки підвищення точності комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи фізичних параметрів теплиць за рахунок розробки способів та засобів обліку і компенсації взаємних комплексних дестабілізуючих впливів зміни вологості, освітлення та температури ґрунтів на результати відповідних вимірювань, що дозволить об'єктивно оцінити можливість покращення показників урожайності в мінітеплицях [37].

Отож, в наступному розділі потрібно провести детальніший аналіз сучасних аналогів систем забезпечення потрібного мікроклімату в теплицях і на основі усіх даних зробити структуру власного пристрою з можливістю моніторингу та керування приладом через мобільний додаток.

2 РОЗРОБКА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕПЛО-ВОЛОГІСНИМИ РЕЖИМАМИ У ТЕПЛИЦЯХ

2.1 Аналіз сучасних засобів контролю температури і вологості

На даний час теплиці широко скрізь розповсюджені, бо враховуючи непостійні погодно-кліматичні умови з великими і різкими перепадами вологості та температури, тому вирощуванням сільськогосподарської продукції на відкритих ґрунтах займатися проблематично. Для уникнення цих проблем часто використовують різні апарати щоб підтримувати кліматичні показники на задовільному рівні.

Сучасні теплиці, як об'єкти управління, характеризуються нехорошою динамікою та непостійністю параметрів, які впливають зі особливостей технологій виробництва. В той час як агротехнічним нормам потрібна висока точність стабілізації температури (± 1 градус), а також зміни її завчасно в залежності від значення її фотосинтетично опромінення та періоди розвитку флори. Усім цим обставинам потрібні високі вимоги щодо функціонування та технічного вдосконалення обладнання програмно-апаратного забезпечення [37].

Якщо атоматизувати систему управління мікрокліматом в мінітеплиці це дозволить: зекономити від 15 до 25% потрібного тепла, покращить умови праці робочих, підвищить загальну культуру на виробництві, забезпечить чіткі рамки регулювання мікрокліматичними умовами мінітеплиці, точно забезпечить подачу корсних речовин овочам, що забезпечить збільшеннч їх врожайності.

Забезпечуючи високу продуктивність тепличних господарств потрібно підтримувати чимало параметрів у певних межах або на певному рівні. До головних параметрів належать: обігрів ґрунту, обігрів повітря в середині теплиці, концентрація вмісту CO₂, циркуляція повітря по теплиці, освітленість, вологість та вентиляція [37].

На ринку обладнання можна знайти широкий вибір приладів і фірм які займаються автоматизацією цього процесу і кліматичних показників у теплиці.

До них належать: компанія «ICP DAS», ТОВ «ФІТО», компанія «ОВЕН», «ЕКФ» і т.д.

Зробимо коротку характеристику цих обладнань задля забезпечення потрібних параметрів в теплиці [37].

ЕКФ – є однією з передових компаній в галузі електротехніки. Вони продають у середньому ціновому сегменті та займається випуском широкого асортименту низьковольтних та високоякісних продукцій. Їхній пристрій для контролю мікрокліматом зображений на рисунку 2.1.



Рисунок 2.1 - Вигляд пристрою управління мікрокліматом

Цей пристрій призначений, щоб контролювати основні параметри теплиці, гроубокса чи оранжереї і т.п. З його допомогою контролюється температура, освітлення, вентиляція та полив [37].

Пульт для управління мікрокліматом може працювати в автоматичному режимі підтримує задані вентиляційні і температурні режими:

- він керує нагрівачами або вентиляторами;
- освітлює у кількох режимах;
- задає програми для поливальних і повітряних насосів.

Головні переваги використання цієї системи:

- простота в установці;
- гнучкість цієї системи;
- простота налаштування і експлуатації;
- можливість використовувати резервне живлення задля зберігання налаштування системи якщо відключиться електроживлення;
- вологозахист.

Можна побачити, що пристрій управління має певні переваги: можливість підбору блоку за необхідними налаштуваннями [37].

У ЕКФ також є 8-ми канальний пульт керування мікрокліматом теплиці на основі мікроконтролера DS 1820, його показано на рисунку 2.2.



Рисунок 2.2 – Вигляд пульта управління мікрокліматом

Девайс може змінювати вологість і повітря чи ґрунту у мінітеплиці, вмикати і вимикати насос, аґрівати воду, поливати та вентилювати повітря в теплиці. Керувати навантаженням реалізується за допомогою таймера - ввімкнення навантаження в потрібному проміжку часу, і також здійснювати контроль мікроклімату через встановлення температури (термостатний режим).

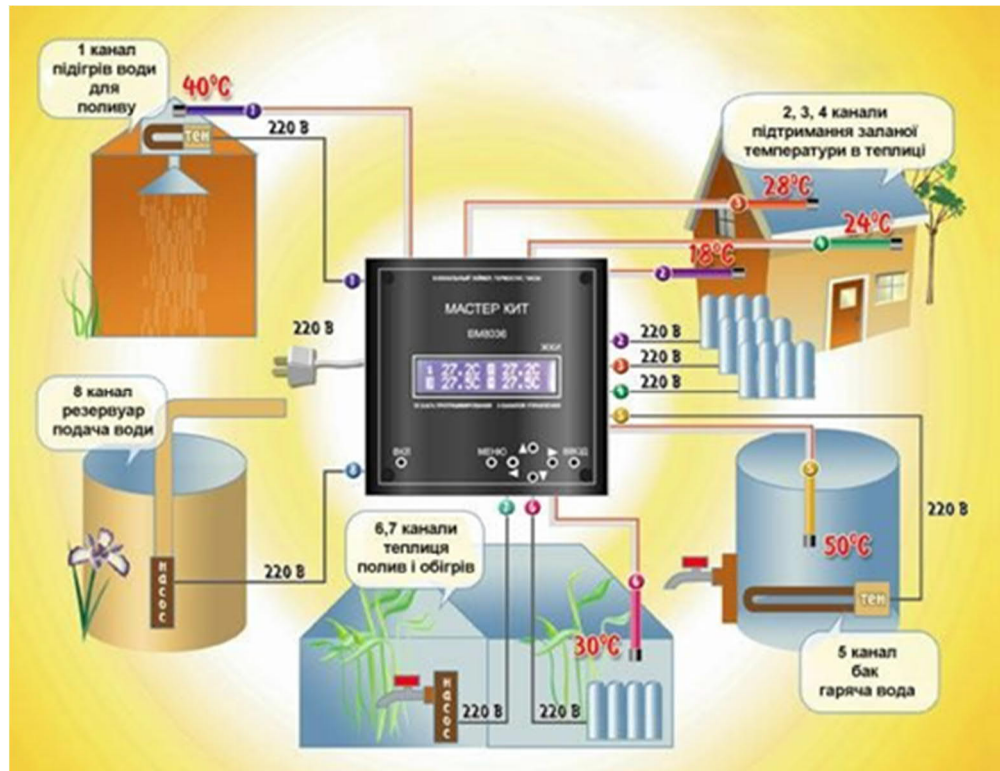


Рисунок 2.3 – Блок-схема взаємодії з теплицею

На рисунку 2.3 показано блок-схеми роботи пристрою керування мікрокліматом теплиці у цілому. До блоку є підключений насос, що качає воду до баку з резервуара для поливу. У баку вода гріється до потрібної умови і в міру необхідності використовується для поливання. Обігрівання реалізоване з допомогою електричних обігрівачів, що так само можна підключати для забезпечення температурного режиму ґрунту і повітря [37].

Щоб було зручно підключення датчиків вологості, силових виходів, температури, і так само інтерфейсу RS 232 (COM - порт ПК) у пульті автоматичного керування були передбачені конкретні клемові роз'єми. Напруга дається зі спеціального роз'єму на адаптер з напругою 9 - 12 В [37].

Технічна специфікація пристрою управління мікрокліматом:

1. кількість процесів управління: 8;

2. режими керування за таймером: ввімкнення навантаження у заданому інтервалі часу; керування навантаженням по деяких днях в тижні, дням в місяці, або за кількома місяцями;

3. режими керування по температурі (режим термостата): керування як нагрівачем; керування як охолоджувачем;

4. убудований таймер із світлом і звуком (підсвічення дисплею): входи для підключання до датчиків;

5. цифровий вхід щоб підключати датчики: 32 датчиків максимум;

6. аналогові входи: 2.

7. енергонезалежний годинник, що працює в реальному часі (та календар зі врахуванням високосних років) до 2100;

8. зберігання всіх налаштувань у енергетично незалежній пам'яті; подовження коректної роботи програми якщо було тимчасове відключення від інтернету;

9. інші виходи: 8 оптично-ізолюваних 7-сторних 2-амперних каскадів із можливим підключенням силових 7-сторів для керування більш потужнішими навантаженнями (більше двох А);

10. віддалене керування термостатом за допомогою. СОМ-порта комп'ютера із допомогою конкретного ПЗ [37].

Кількість налаштувань, що контролюють той модуль дозволяє користуватися ним в міні теплицях. Свого роду його можна називати одним з найкращих. Невелика вартість та простота у використанні є позитивним плюсом. Недоліком є те, що його складно у програмувати. Програмування модуля на мовах як низького так і, високого рівня, але потрібно врахувати синтаксис певних мов [37].

Для кращої реалізації процесу автоматичного керування компанія «ICP DAS» дає пропозицію використання інтелектуального модуля вводу/виводу WISE-7118 Z. Вигляд розумного пристрою автоматизації приведено на рисунку 2.4.



Рисунок 2.4 – Повний вигляд розумного модуля вводу/виводу WISE-7118Z

У цього модуля є 6 каналів цифрового виводу та 10 аналогового вводу. Юзер має можливість змінювати канали в різному діапазоні напруги і струму, і так само різні типи термічних пар для вимірювання самого мікроклімату теплиці, наприклад, вологість або температуру [37]. З допомогою цифрових виходів є можливість управляти обігрівачем, люком-вентиляцією, поливним процесом, освітленням та системою випарного охолодження. Інтелектуальний пульт WISE-7118 Z буде постійно контролювати становище мікроклімату в теплиці і в залежності від змін у параметрах освітленості, ґрунту, повітря використовувати певне керування [37].

Окрім того розумний модуль WISE використовує протокол для передачі даних Modbus TCP Slave. Що дозволяє об'єднувати ці системи у єдиний диспетчерський вузол, де використовуючи систему SCADA, користувач має можливість керувати усім процесом та отримувати правильну інформацію про становище в кожній теплиці мікроклімату. На рисунку 2.5 показано блок-схему з'єднання інтелектуального пристрою з обладнанням у теплиці [37].

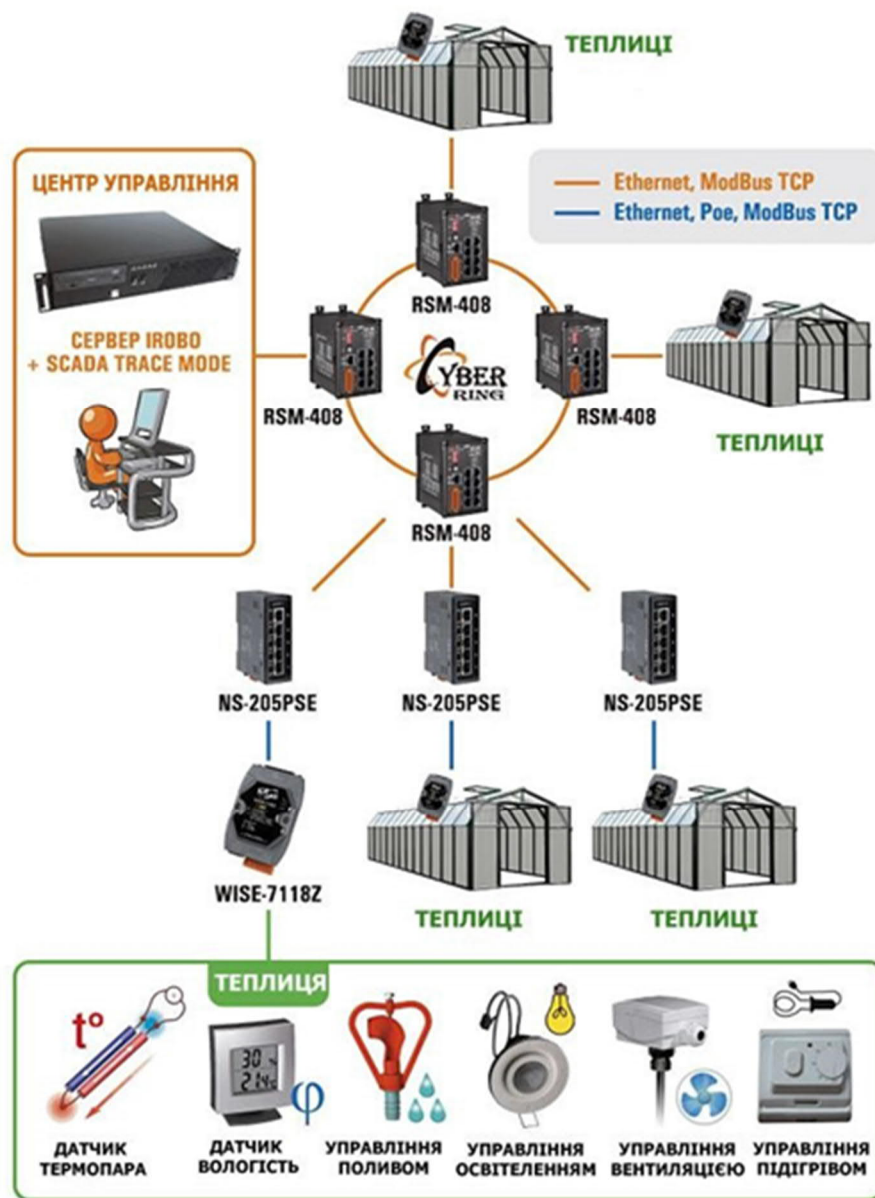


Рисунок 2.5 – Блок-хема керування мікрокліматом в теплицях

Переваги у використанні WISE:

- щоб створити конфігурацію керування у модулі WISE використовується логіка IF-THEN- ELSE. Користувач має можливість користуватися 36 правилами IF-THEN-ELSE. Утворивши правила і завантаживши їх на модуль, вони мають виконувати певні рішення із настанням певної умови. Усі потрібні дії налаштування утворюються у звичайному Web-браузері за кілька хвилин;
- підтримує Modbus TCP для інтегрування у систему SCADA;
- WISE-7118 Z використовує технологію POE живлення, яка звільняє його від необхідного прокладування кабельних ліній для отримання живлення.

Фірма «ФІТО» дає пропозицію систем керування мікрокліматом у теплицях серії FC. А зокрема повний вигляд цього мікрокліматичного комп'ютера від тієї фірми зображено на рисунку 2.6 [37].



Рисунок 2.6 – Повний вигляд мікрокліматичного комп'ютера

Це є оптимальним рішенням для будь-якого типу теплиць різних за розмірами як скляних, так і плівкових. Для керування головними параметрами теплиці, її обладнують, так сказати, виконуючими системами: системою вентиляції, обігрівання, освітленості, системою додавання CO₂. Строге виконання головних параметрів клімату - це запорука високого врожаю та стійкості флори до захворювань. Але час не стоїть на місці, а також і технології вирощування, тому на нинішній день найкращі агрономи та технологи приділяють велику кількість уваги до розширеного набору показників мікроклімату, що включає у себе вологість листа, температуру листа, розподілення температури у повітрі по вертикальному зрізу теплиць, зміна швидкості руху в повітрі. Компанією «ФІТО» є розроблені клімат-комп'ютери, що підтримують не лише головні показники клімату, але й дозволяють

змінювати згадану розширену кількість показників [37]. Архітектура клімат-комп'ютера дозволяє повністю у автоматичному режимі управляти типами контролюючих систем теплиць з строгим дотриманням певного агрономного режиму. Підвищуючі ціни на енергоносії змушують не тільки забезпечувати підтримання мікроклімату, але і думати про ефективне використання ресурсів, хоч то ввімкнення системи опалення або освітлення, чи подача CO₂ чи постійне відкриття/закриття фрамуг. У зв'язку з чим функціонал можливостей систем керування дозволяють утворювати «стратегію керування», де агроном має можливість від залежності фази росту рослини і /або економічної доцільності вибирати пріоритет економії енергетичних витрат чи якнайбільшого дотримання технології [37].

Принцип роботи мікрокліматичного комп'ютера. Ядро системи це промисловий контролер керування, розроблений спеціалістами фірми «ФІТО» конкретно для усіх видів теплиць. Завдяки сучасній елементній базі з японських і американських комплектуючих, у контролерів існує великий показник безперебійності та хорошої роботи. Окрім контролера, система керування кліматом включає у себе підсистему встановлених всередині теплиці вимірювальних датчиків [37].

Якщо є необхідність система автоматично інтегруватися з котельні. Для того існує конкретний модуль, котрий через інтерфейс FIDUFACE здійснює передачу даних до котельні задля керування вироблення тепла, або CO₂ чи електроенергії. Спостерігати за процесом клімату і також вносити поправки до завдань у зручній формі можна за допомогою звичайного комп'ютера [37]. Так само є доступна функція віддаленого керування системою через мережу інтернет.

Функціональні можливості:

- вимірювання параметрів клімату в декількох зонах;
- повний автоматичний контроль систем опалення, вентиляції зашторювання, CO₂, освітлення;
- створення оптимальної "стратегії управління";

- інтеграція в систему управління котельні (FIDUFACE) ;
- зручний інтерфейс;
- функція економії енергетичних ресурсів;
- віддалений моніторинг і аналіз з ПК [38].

Таким чином проаналізувавши всі вище перераховані засоби для підтримання мікроклімату в теплиці, можна зазначити, що вибір на сьогоднішній день є досить різноманітним і користувач може вільно вибирати параметри, які повинні його задовольняти. Всі засоби мають у дуже великий потенціал [38].

Пульт управління мікрокліматом компанії «ЕКФ» варто застосувати у невеликих теплицях. Хоча пульт може виконувати такі дії як: контроль освітленості, полив, регулювання температури у теплиці і забезпечення її вентиляцію, але кількість параметрів можна сказати є середньою в порівнянні з його аналогами [38].

Ще одне творіння цієї фірми - це блок керування мікрокліматом на мікроконтролері DS1820. Серед переваг, як і у попередника, можна віднести малі розміри, простота в експлуатації, регулювання різними параметрами в залежності від підключених датчиків. Кількість підключених датчиків сягає 32, що при правильному їх підборі можливо повністю автоматизувати процес регулювання мікроклімату на одному модулі. Вісім виходів дозволяють підключити пристрої для управління більш потужними навантаженнями. Можливість підключення до комп'ютера дає змогу користувачу відразу, в реальному часі, відслідковувати всі параметри і швидко реагувати у разі необхідності. Блок можна використовувати і для малих, і для великих теплиць [38].

Найбільш досконалим у своєму роді, з нашої точки зору, є інтелектуальний модуль WISE- 7118Z. Не зважаючи на його малі розміри, він може контролювати достатню кількість параметрів, але з додатковими можливостями. А саме: постійний контроль за мікрокліматом у теплиці, можливість використання режиму передачі Modbus TCP, що дозволяє збирати дані про стан у теплиці і відображати це на моніторі користувача. Це досить корисно, коли контроль

ведеться за кількома теплицями одночасно. Хоча кількість датчиків, які можна під'єднати до контролера тільки 10, але з використанням комутаторів, таких як RSM-408 і NS-205PSE можна збільшити кількість модулів підключення. Дані подаються на сервер і обробляються у SCADA системі. Передбачено також логічне управління подіями, що додає мікроконтролеру додаткові переваги [38].

Останнім серед розглянутих прикладів був кліматичний комп'ютер фірми «ФИТО». Не зважаючи на його великі розміри, він є дуже потужним у плані параметрів, які контролюються. Він добре підходить як для великих так і для малих теплиць, контролює основні параметри, має додаткові можливості контролю температури листка, вологості листка, контролює розподіл температури по теплиці і т.д. Кліматичний комп'ютер є економічно вигідним, а його архітектура зводить до мінімуму процент втручання людини у роботу системи [38].

З нашої точки зору, закордонні виробники випускають кращу і більш надійну продукцію, а тому, як наслідок, її ціна і якісь є вищою ніж інших вітчизняних виробників.

Якщо кошторис не обмежується, то більш раціональним буде застосування кліматичного комп'ютера фірми «ФИТО», або пристрою на інтелектуальному модулі WISE-7118Z. Ці два представники призначені як для великих, так і для середніх теплиць, а тому в повній мірі задовольняють всі основні вимоги до автоматизації мікроклімату в теплиці [38].

В свою чергу пульт управління мікрокліматом компанії «ЕКФ» і блок керування мікрокліматом на мікроконтролері DS1820 краще застосовувати для малих теплиць і теплиць середнього розміру. Цьому також сприяє помірною ціна на дані вироби [38].

2.2 Концепція пристрою

Мета даної розробки в зборі даних з локальних сенсорів, відправки цих даних в інтернет. Користувач зможе в будь-якій точці світу переглянути дані, що приходять з сенсорів і віддалено приймати рішення про активації тих чи інших виконавчих пристроїв, які будуть розміщуватися локально, поруч з сенсорами [42].

У проєкті використовується Arduino UNO і WiFi модуль ESP8266-01. Дані будуть передаватися на хмару за допомогою веб сервісу ThingSpeak.com, а пристрої будуть активуватися за допомогою андроїд додатка, розробленого за допомогою MIT AppInventor.

ThingSpeak - це платформа для проєктів, побудованих на концепції "Інтернет речей". Дана платформа дозволяє вам будувати додатки на основі даних, зібраних з датчиків. До основних можливостей ThingSpeak можна віднести: збір даних в реальному часі, обробка даних і їх візуалізація. ThingSpeak API дозволяє не тільки відправляти, зберігати і отримувати доступ до даних, але і надає різні статистичні методи їх обробки [42].

Останнім часом можна часто почути поняття "Інтернет речі" (Internet of Things, IoT). В даному понятті "речі" - це датчики або виконуючі пристрої. Датчики знімають стан навколишнього середовища: датчик температури, тиску, вологості, GPS приймач вашого мобільного телефону і ін. Виконуючий пристрої - це пристрої, якими ми хочемо управляти: термостати, лампочки насоси, розетки. "Інтернет речей" збирає все це воедино і дозволяє управляти пристроями і контролювати, одержувані від них дані незалежно від того, де ви знаходитесь через інтернет [42].

ThingSpeak - проєкт з відкритим вихідним кодом. Це платформа і API для зберігання та вилучення даних від пристроїв по HTTP протоколу через інтернет або локальну мережу. З ThingSpeak можна створювати додатки

контролю даних від різних датчиків, додатки відстежують розташування, можна навіть побудувати "соціальну мережу речей" з оновленнями статусів [40].

У ThingSpeak можна інтегрувати популярні пристрої і сервіси такі як:

- Arduino;
- Raspberry Pi;
- ioBridge / RealTime.io;
- Electric Imp;
- мобільні і Web додатки;
- Social Networks;
- аналіз даних в MATLAB.

Основу платформи складаю канали, в які і надсилаються дані для зберігання і візуалізації. Кожен канал включає в себе 8 полів для будь-якого типу даних, 3 поля для розташування (широта, довгота, висота), і 1 поле стану. Як тільки ви зареєструєте в ThingSpeak свій канал ви відразу зможете відправляти туди дані, обробляти їх і отримувати до них доступ вашими додатками. Канали підтримують JSON, XML і CSV формати даних. Дані відправляються в ThingSpeak HTTP POST запитом [41].

IoT- концепція обчислювальної мережі фізичних предметів («речей»), оснащених вбудованими технологіями для взаємодії один з одним або з зовнішнім середовищем, яка розглядає організацію таких мереж як явище, здатне перебудувати економічні та суспільні процеси, що виключає з частини дій і операцій необхідність участі людини [41].

Головним центром цього IoT проекту буде сервіс ThingSpeak.com що зображений на рисунку 2.7. Локальний пристрій UNO / ESP-01 приймає дані з сенсорів і дані про стан виконавчих механізмів, відправляє їх в інтернет «записуючи» через певний канал статусу ThingSpeak.com (ThingSpeak.com Status Channel), так само це ж локальний пристрій приймає дані, «читаючи» їх з іншого каналу даних-" канал виконавчих пристроїв "(ThingSpeak.com Actuator Channels) [41].

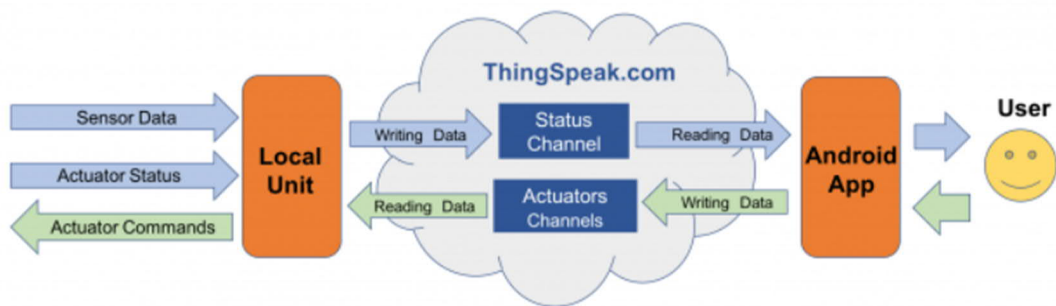


Рисунок 2.7 – Сервіс ThingSpeak.com Actuator Channels

Дані будуть збиратися за допомогою сенсора температури і відносної вологості повітря, температури і вологості ґрунту і сенсора освітленості. Ці дані будуть отправлятьс я на хмару сервісу ThingSpeak [41].

Виконавчих пристрої буде два - це водяний електричний насос і лампа. Їх статус "вмикання / вимикання" так само буде відправлятися на хмару. Дані з сенсорів, наприклад, можуть відображати поточний стан теплиці або оранжереї. Виконавчими пристроями користувач буде керувати за допомогою андроїд програми, ця взаємодія показана на рисунку 2.8.

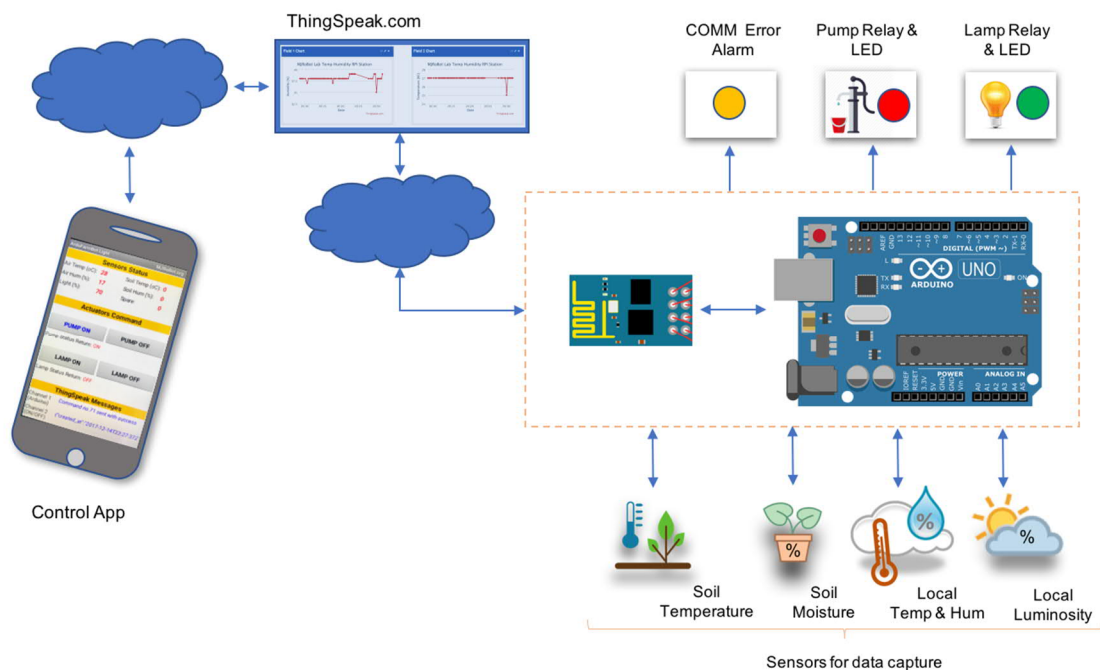


Рисунок 2.8 – Концептуальна схема заємодії сервісу ThingSpeak.com з Arduino

Загалом, найбільшим достоїнством розробленого проекту буде те, що за допомогою звичайного мобільного телефону на ОС Андроїд, можна буде моніторити кожні зміни мікроклімату мінітеплиці влюбій точці планети. Але попри це також можна буде контролювати (теж дистанційно) основні показники такі як вологість ґрунту та додаткове підсвічення [43].

2.3 Вибір технічних засобів для системи управління тепло-вологісними режимами у промислових теплицях

На основі аналізу технічних засобів, необхідних для функціонування системи, зроблено вибір конкретних приладів.

Список необхідних компонентів:

- Arduino UNO (мікроконтролер);
- ESP8266-01 (комунікаційний модуль);
- DHT22 (датчик відносної вологості повітря);
- DS18B20 (1-Wire цифровий датчик температури, використовується для вимірювання температури ґрунту);
- YL-69 + LM393 (Датчик вологості ґрунту);
- LDR (датчик освітленості);
- 2 x світлодіоди (червоний і зелений);
- 1 x 2-х канальний релейний модуль DC 5V Relay;
- 5V DC насос;
- 220V лампа;
- 2 x 330 ohm резистор (використовується зі світлодіодами);
- 2 x 10K ohm резистор (використовується з DHT22 і LDR);
- 1 x 4K7 ohm резистор (використовується з DS18B20);
- макетна плата;
- перемички;

– блок живлення для реле 5V DC.

Необхідним і найважливішим елементом системи є мікроконтролер. Для даної системи пропонується використати мікроконтролер фірми Arduino UNO. Arduino Uno сумісний електронний мікроконтролер ATmega328P для робототехніки і DIY проектів. Він має 14 цифрових вхідних / вихідних контактів (з яких 6 можуть використовуватися в якості PWM виходів), 6 аналогових входів, 16 МГц кристалічний осцилятор, usb-з'єднання, роз'єм живлення, заголовок ICSP, 1 кнопка скидання [43]. В таблиці 2.1 показані основні характеристики Arduino Uno, тобто його даташит.

Таблиця 2.1 – Даташит Arduino Uno

Мікроконтролер	ATmega328
Робоча напруга	5 В
Вхідна напруга (рекомендована)	7-12 В
Вхідна напруга (гранична)	6-20 В
Цифрові Входи/Виходи	14 (6 з яких можуть використовуватися як виходи ШІМ)
Аналогові входи	6
Постійний струм через вхід/вихід	40 мА
Постійний струм для виходу 3.3 В	50 мА
Флеш-пам'ять	32 Кб (ATmega328) з яких 0.5 Кб використовуються для загрузчика
ОЗУ	2 Кб (ATmega328)
EEPROM	1 Кб (ATmega328)
Тактова частота	16 МГц

За аналогією з іншими інтегральними перетворювачами даних мікроконтролер характеризується поєднанням на одному кристалі прецизійного аналогово-цифрового, цифро-аналогового перетворення і флеш-мікроконтролера [44].

Також основним елементом є ESP-01. ESP-01 - плата-модуль WiFi на базі популярного чіпсета ESP8266EX. На борту плати знаходиться мікросхема Flash-пам'яті об'ємом 2 МБ, чіп ESP8266EX, кварцовий резонатор, два індикаторних світлодіода і мініатюрна антена з доріжки на верхньому шарі друкованої плати у вигляді змійки. Flash-пам'ять необхідна для зберігання програмного забезпечення. При кожному включенні харчування, ПО автоматично завантажується в чіп ESP8266EX [44].

За замовчуванням модуль налаштований на роботу через «АТ-команди». Керуюча плата посилає команди - Wi-Fi модуль виконує відповідну операцію.

Але всередині чіпа ESP8266 ховається цілий мікроконтролер, який є самодостатнім пристроєм. Прошивати модуль можна на різних мовах програмування.

2.4 Висновки до розділу

Проведено аналіз сучасних засобів контролю температури і вологості. Створено концепцію пристрою. Здійснено вибір технічних засобів для системи управління тепло-вологісними режимами у промислових теплицях.

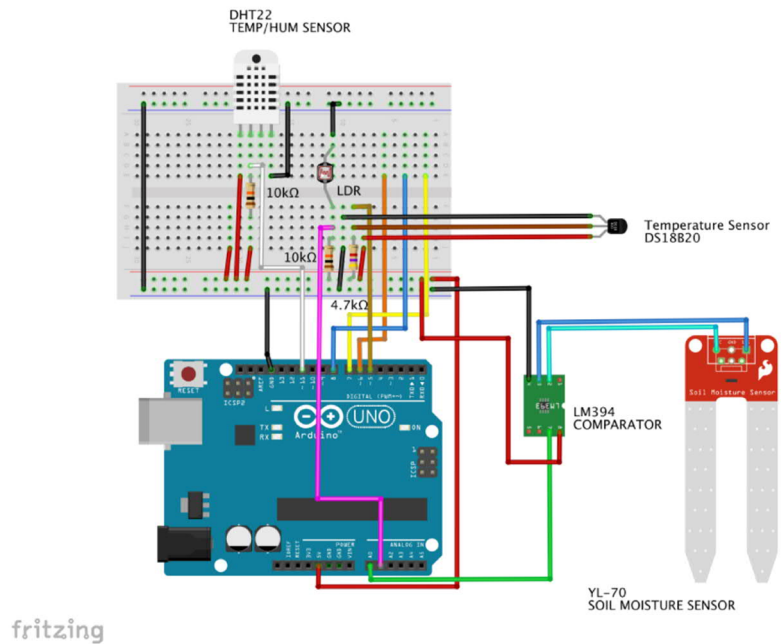
3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ МІКРОКЛІМАТОМ МІНІТЕПЛИЦІ

3.1 Обґрунтування та налаштування датчиків та інших модулів

Метою пристрою буде в основному зібрати інформацію від місцевого підрозділу та надіслати її в Інтернет. Користувач у будь-якій точці планети, дивлячись на цю інформацію, прийматиме рішення, надсилаючи віддалені команди виконавчим механізмам, які також будуть знаходитися в цьому місцевому підрозділі. До пристрою можна приєднувати додаткові датчики в майбутньому для його модифікації та покращення.

Ідеальним рішенням було б збирати і тестувати проект по частинах у наступній послідовності:

1. встановити та протестувати всі сенсори;
2. встановити і мінімально конфігурувати ESP-01;
3. змінити установку ESP-01 для фінальної конфігурації і протестувати;
4. конфігурувати ThingSpeak Status Channel;
5. встановити ThingSpeak код на Arduino і перевірити статус сенсорів на хмарі;
6. розробити першу версію програми на андроїд для перевірки статусних повідомлень від сенсорів;
7. встановити виконавчі пристрої;
8. конфігурувати ThingSpeak Actuators channels;
9. встановити і протестувати на Arduino код для виконавчих пристроїв;
10. зробити другу версію програми на андроїд для всього пристрою в зборі.



Рисунку 3.1 – Підключення датчиків

Почнемо з підключення датчиків як це показано на рисунку 3.1. У проекті використовуються деякі бібліотеки, які входять в Arduino IDE, тому далі необхідно перевірити їх наявність. Нарешті, напишемо дві функції: одна зчитує показання з сенсорів, а інша виводить їх на екран. На рисунку 3.2 видно як виводяться дані на екран.

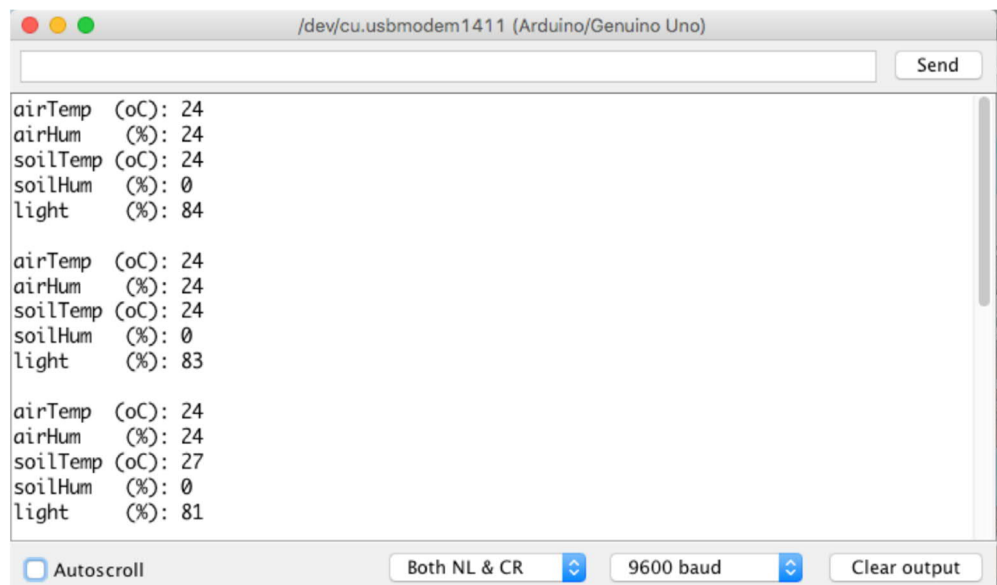


Рисунок 3.2 – Вивід показників на екран

Найшвидший спосіб «поспілкуватися» з модулем це AT команди. У модуль вже вбудований процесор AT команд. За замовчуванням модуль йде з заводськими настройками 115200 бод, треба виставити в настройках 9600 бод.

Після того потрібно підключити модуль, як показано на рисунку 3.3.

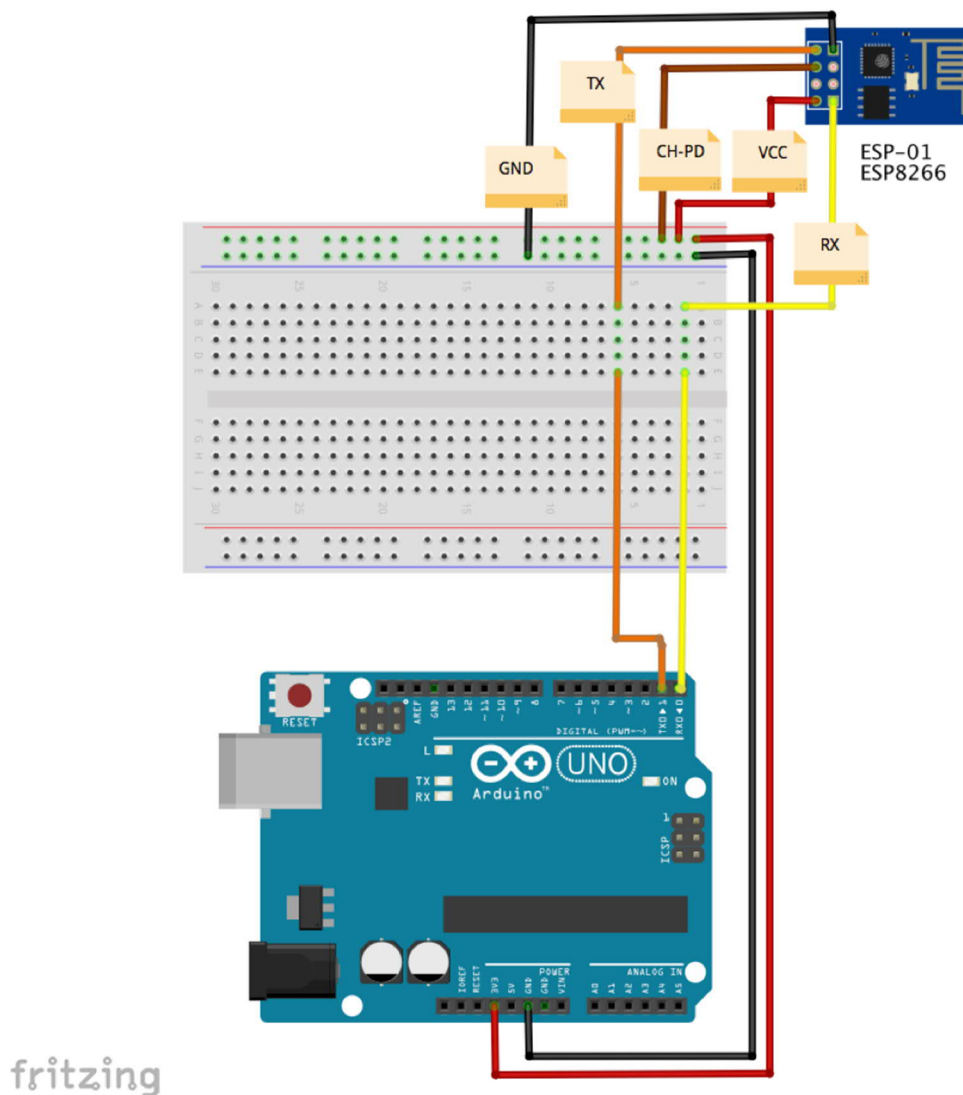


Рисунок 3.3 – Підключення модуля ESP-01

На рисунку 3.3 видно, що вивід Tx модуля ESP-01 підключений до висновку Tx UNO, так само як і висновки Rx підключені один до одного. Пізніше це підключення буде змінено.

Потім підключивши UNO до комп'ютера, потрібно відкрити IDE і завантажити приклад, який знаходиться File> Examples> 01.Basics>

BareMinimum. Це порожній код, для того, щоб не було конфліктів між ESP-01 і UNO. Цей код потрібно залити в Arduino до того, як підключити до нього ESP-01, для того щоб бути точно впевненими, що Arduino не використовуватиме висновки Tx і Rx для чогось ще.

Тепер треба відкрити IDE Serial Monitor, виставити в налаштуваннях швидкість передачі даних 115200 бод і відправити команду AT в IDE Serial Monitor. ESP-01 повинен надіслати відповідь «OK».

Тепер треба змінити швидкість передачі даних в модулі ESP-01. Для цього в IDE потрібно подати команду: «AT + CIOBAUD = 9600».

Можливо, трапиться так, що ESP-01 повернеться до заводських налаштувань, тоді треба буде використовувати іншу команду: «AT + UART_DEF = <baudrate>, <databits>, <stopbits>, <parity>, <flow control>».

Наприклад 9600 baud / 8 data bits / 1 stop bits and none parity and flow control: «AT + UART_DEF = 9600,8,1,0,0».

Тепер змініть швидкість передачі даних в налаштуваннях IDE на 9600 і відправте команду AT, повинен прийти відповідь OK. Далі треба перемкнути модуль в режим STA для того, щоб він міг підключитися до точки доступу вашої мережі: «AT + CWMODE = 1».

Щоб модуль підключився до мережі потрібно ввести команду AT + CWJAP = "network_name", "network_name_1", де network_name - ім'я вашої мережі, а network_name_1 - пароль до потрібної мережі (пароль і ім'я мережі повинні бути в лапках).

Якщо прийшла відповідь WIFI CONNECTED WIFI GOT IP, значить з'єднання встановлено. І потрібно перевірте IP адреса командою: «AT + CIFSR». Адресу, яка з'явилася на моніторі, можна використовувати і в подальшому.

Після цього потрібно з'єднати на макеті сенсори та ESP-01, як це показано на рисунку 3.4.

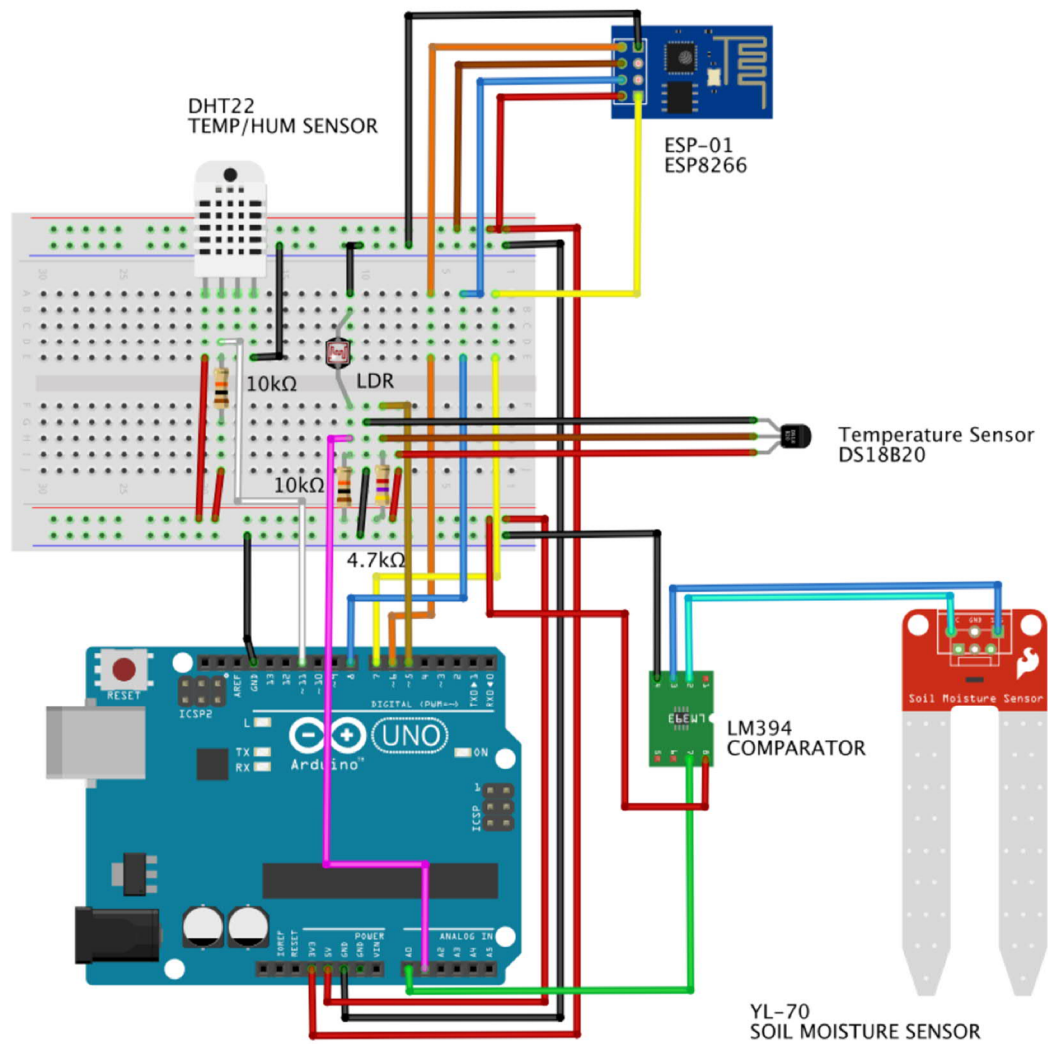
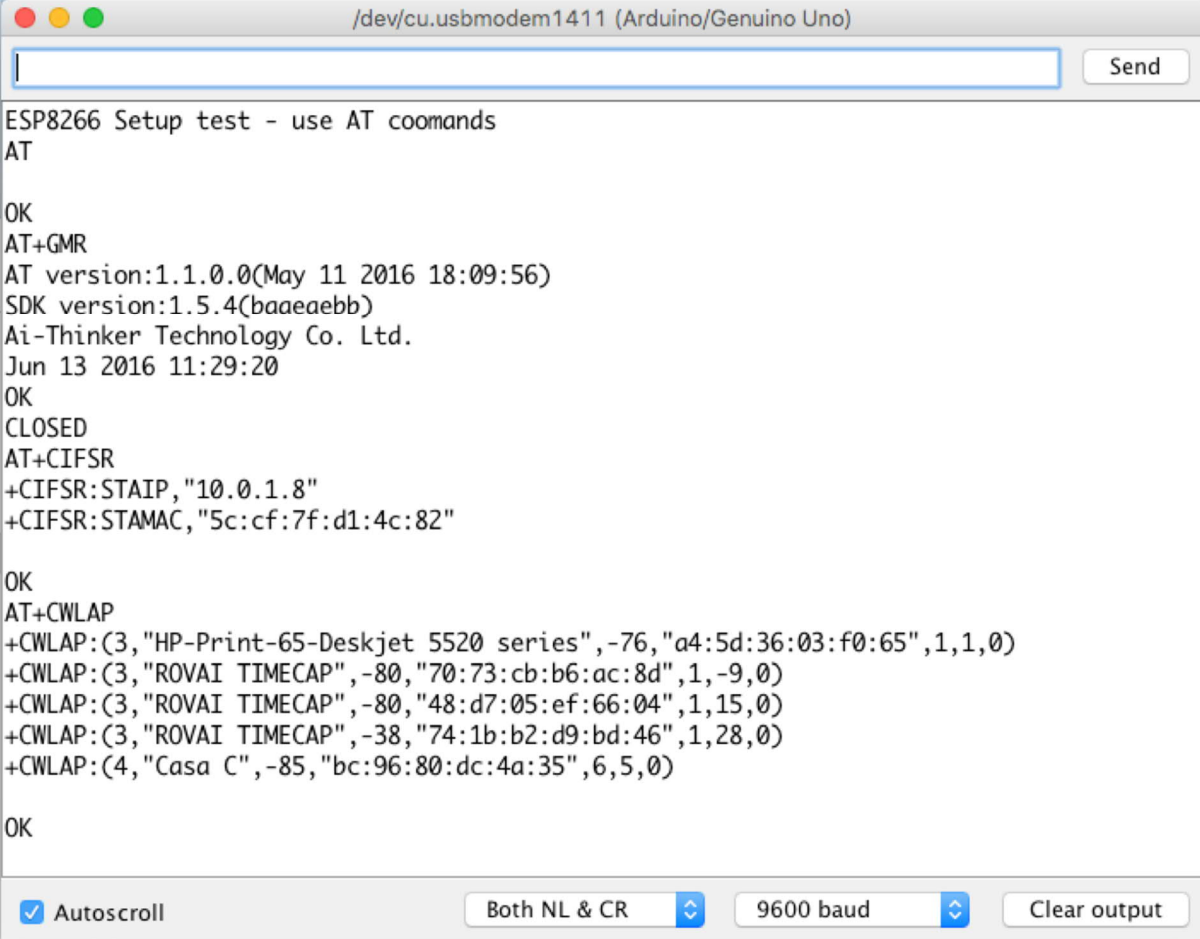


Рисунок 3.4 – З'єднання на макеті давачів та ESP-01

Бібліотека Software Serial використовує висновок UNO Pin D7 як TX і з'єднується він з висновком ESP-01 RX, а UNO Pin D6 як RX, з'єднаний з ESP-01 TX.

Ввівши не великий код, для того, щоб перевірити правильність підключення і настройки модуля ESP-01 та кілька AT команд подивимся за результатами в Serial Monitor на ринунку 3.5.



```
ESP8266 Setup test - use AT coomands
AT

OK
AT+GMR
AT version:1.1.0.0(May 11 2016 18:09:56)
SDK version:1.5.4(baaeaeabb)
Ai-Thinker Technology Co. Ltd.
Jun 13 2016 11:29:20
OK
CLOSED
AT+CIFSR
+CIFSR:STAIP,"10.0.1.8"
+CIFSR:STAMAC,"5c:cf:7f:d1:4c:82"

OK
AT+CWLAP
+CWLAP:(3,"HP-Print-65-Deskjet 5520 series",-76,"a4:5d:36:03:f0:65",1,1,0)
+CWLAP:(3,"ROVAI TIMECAP",-80,"70:73:cb:b6:ac:8d",1,-9,0)
+CWLAP:(3,"ROVAI TIMECAP",-80,"48:d7:05:ef:66:04",1,15,0)
+CWLAP:(3,"ROVAI TIMECAP",-38,"74:1b:b2:d9:bd:46",1,28,0)
+CWLAP:(4,"Casa C",-85,"bc:96:80:dc:4a:35",6,5,0)

OK
```

Autoscroll Both NL & CR 9600 baud Clear output

Рисунок 3.5 – Результати перевірки в Serial Monitor

Після того, як всі сенсори підключені і перевірені, а так же перевірений модуль ESP-01, треба підготувати дані до відправки в інтернет.

3.2 Налаштування ThingSpeak

Однією з найважливіших частин проекту є відкрита платформа IoT, яка дозволить збирати дані з сенсорів, обробляти і аналізувати їх. Вигляд платформи показаний на рисунку 3.6.

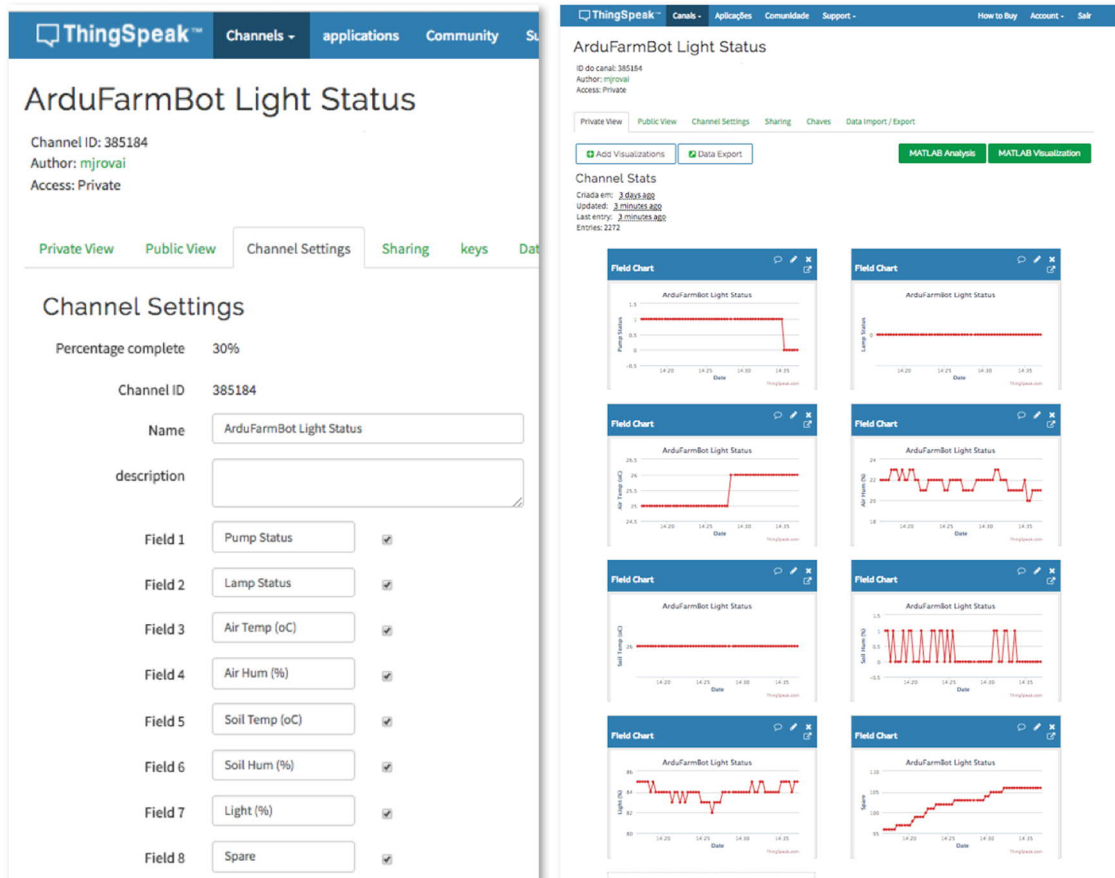


Рисунок 3.6 – Платформа ThingSpeak

Для цього треба перейти їхній сайт і створити власний аккаунт. Далі треба створити канал, де будуть 2 виконавчих пристрої, 5 сенсорів і одне резервне поле:

- Field 1: Actuator 1 (пристрій 1);
- Field 2: Actuator 2 (пристрій 2);
- Field 3: Air Temperature in oC (температура повітря в градусах Цельсія);
- Filed 4: Air Relative Humidity in% (Відносна вологість повітря в%);
- Field 5: Soil Temperature in oC (Температура ґрунту в гр. Цельсія);
- Field 6: Soil Humidity in% (вологість ґрунту в%);
- Field 7: Luminosity in% (освітленість в%);
- Field 8: Spare.

Поле 8 залишено для майбутнього розширення або для налагодження. Даному проєкту воно використовується як лічильник помилок зв'язку між Arduino / ESP-01 і ThingSpeak.com.

Як тільки буде створений канал Status Channel, потрібно обов'язково записати ключі.

На даний момент у нас є налаштований хмарний сервіс і наші датчики збирають дані локально. Тепер треба взяти ці дані і переслати їх в хмару на ThingSpeak.com.

Для того, щоб писати дані в канал ThingSpeak, треба відправити рядок GET. Це буде робитися в три етапи.

Відправимо команду «Start cmd»: «AT + CIPSTART = "TCP", "184.106.153.149", 80».

Далі довжина рядка: «AT + CIPSEND = 116».

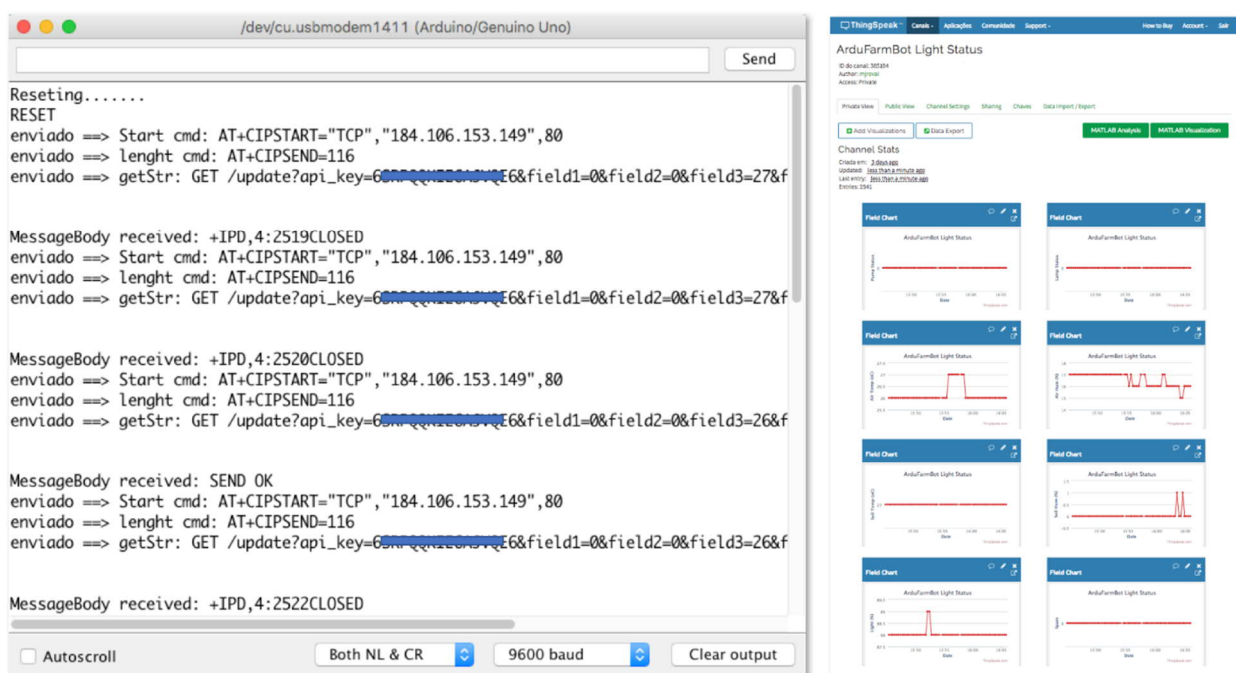


Рисунок 3.7 – Хід виконання дій в Serial Monitor

І нарешті, рядок GET, яка буде писати наші дані в зарезервованих полях Status Channel: «GET / update? Api_key = Ваш_сохраненный_ключ_здесь & field1

= pump & fieldlamp = 0 & field3 = airTemp & field4 = airHum & field5 = soilTemp & field6 = soilHum & field7 = light & field8 = spare».

Усі вище перераховані дії показано на рисунку 3.7. Також потрібно звернути увагу, що ми не повинні писати дані в канал частіше 1 рази в 16 секунд.

3.3 Додаток для андроїд

Спочатку треба створити призначений для користувача інтерфейс. На зображенні 3.8 показано основні видимі і невидимі елементи.

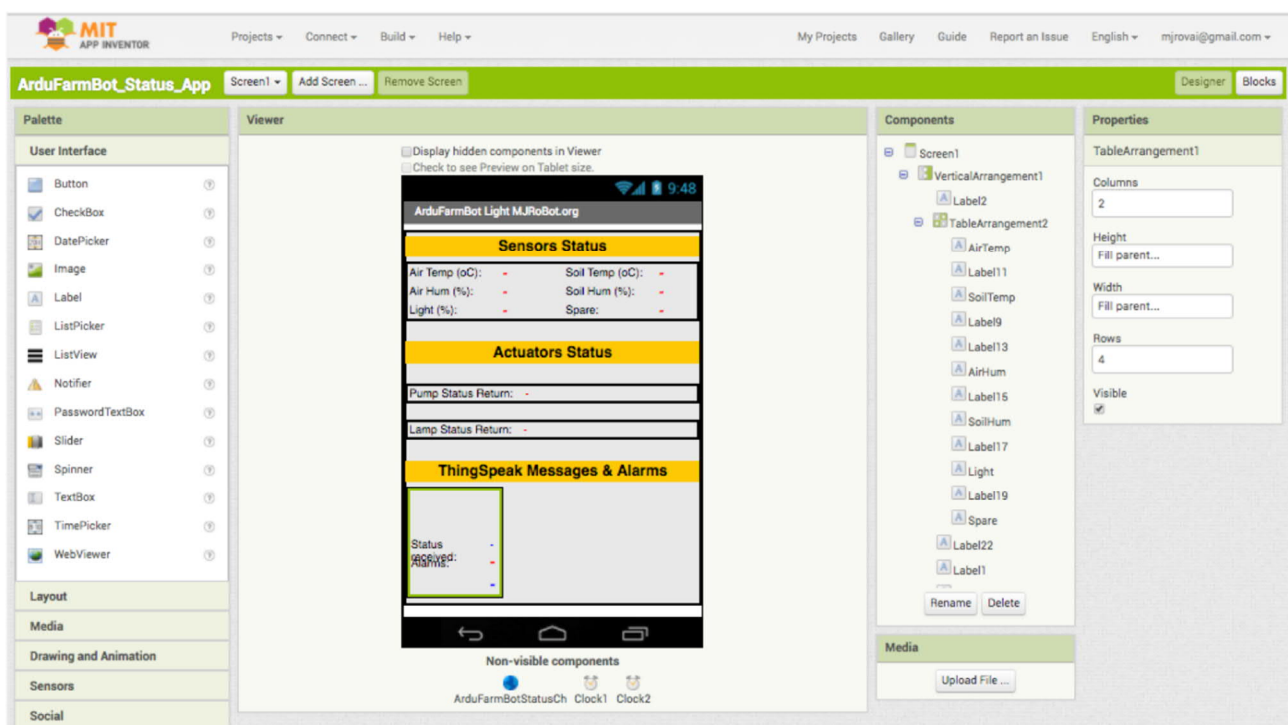


Рисунок 3.8 – Інтерфейс користувача

Після цього треба створити блоки. Змінні стану, які повинні бути оголошені як глобальні, що показано на рисунку 3.9.

```

initialize global statusAct1 to 0
initialize global statusAct2 to 0
initialize global airTempStatus to 0
initialize global airHumStatus to 0
initialize global soilTempStatus to 0
initialize global soilHumStatus to 0
initialize global lightStatus to 0
initialize global spareStatus to 0

```

Зображення 3.9 – Оголошення змінних стану

Кожні дві секунди (залежить від Clock1) має викликається процедура "readArduino", що показано на рисунку 3.10.

```

when Clock1.Timer
do
  call readArduino
  if get global statusAct1 = 1
  then set PumpStatus.Text to "ON"
  else if get global statusAct1 = 0
  then set PumpStatus.Text to "OFF"
  else set PumpStatus.Text to "."
  if get global statusAct2 = 1
  then set LampStatus.Text to "ON"
  else if get global statusAct2 = 0
  then set LampStatus.Text to "OFF"
  else set LampStatus.Text to "."
  set AirTemp.Text to get global airTempStatus
  set AirHum.Text to get global airHumStatus
  set SoilTemp.Text to get global soilTempStatus
  set SoilHum.Text to get global soilHumStatus
  set Light.Text to get global lightStatus
  set Spare.Text to get global spareStatus
  call Alarm

```

Рисунок 3.10 - Виклик процедури "readArduino"

Процедура повертає значення змінних які повинні будуть відобразитися на екрані. При цьому значення стану (0 і 1) для виконавчих пристроїв перетворюються в «ВКЛ» і «ВИКЛ» для кращого сприйняття. Ці значення (Status) будуть відображатися у відповідних «ярликах»

Процедура «readArduino», по суті, буде читати канал стану в ThingSpeak. Отже, треба визначити URL-адресу, який буде відправлений у Thingspeak.

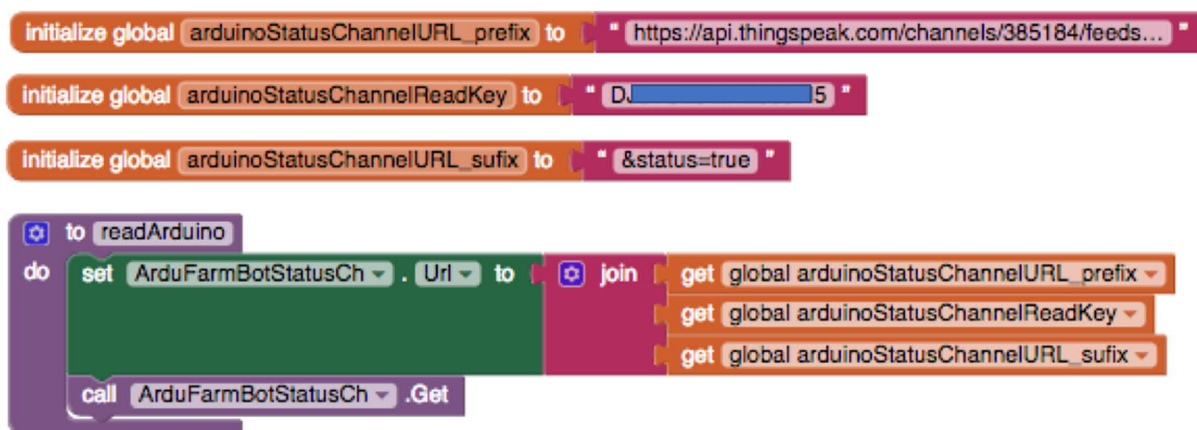


Рисунок 3.11 – Відправлення «ArduFarmBotStatusCh»

Текст, отриманий з попередньої команди, надійде в форматі JSon. Цей текст необхідно обробити, щоб кожне поле було прочитано і збережено у відповідній глобальній змінній, як зображено на рисунку 3.12.

Для цього повинні бути оголошені 3 глобальних змінні і об'єднані для створення URL-адреси, який буде відправлений у ThingSpeak. GET слід відправити в веб-компонент під назвою «ArduFarmBotStatusCh», що зображено на рисунку 3.11.

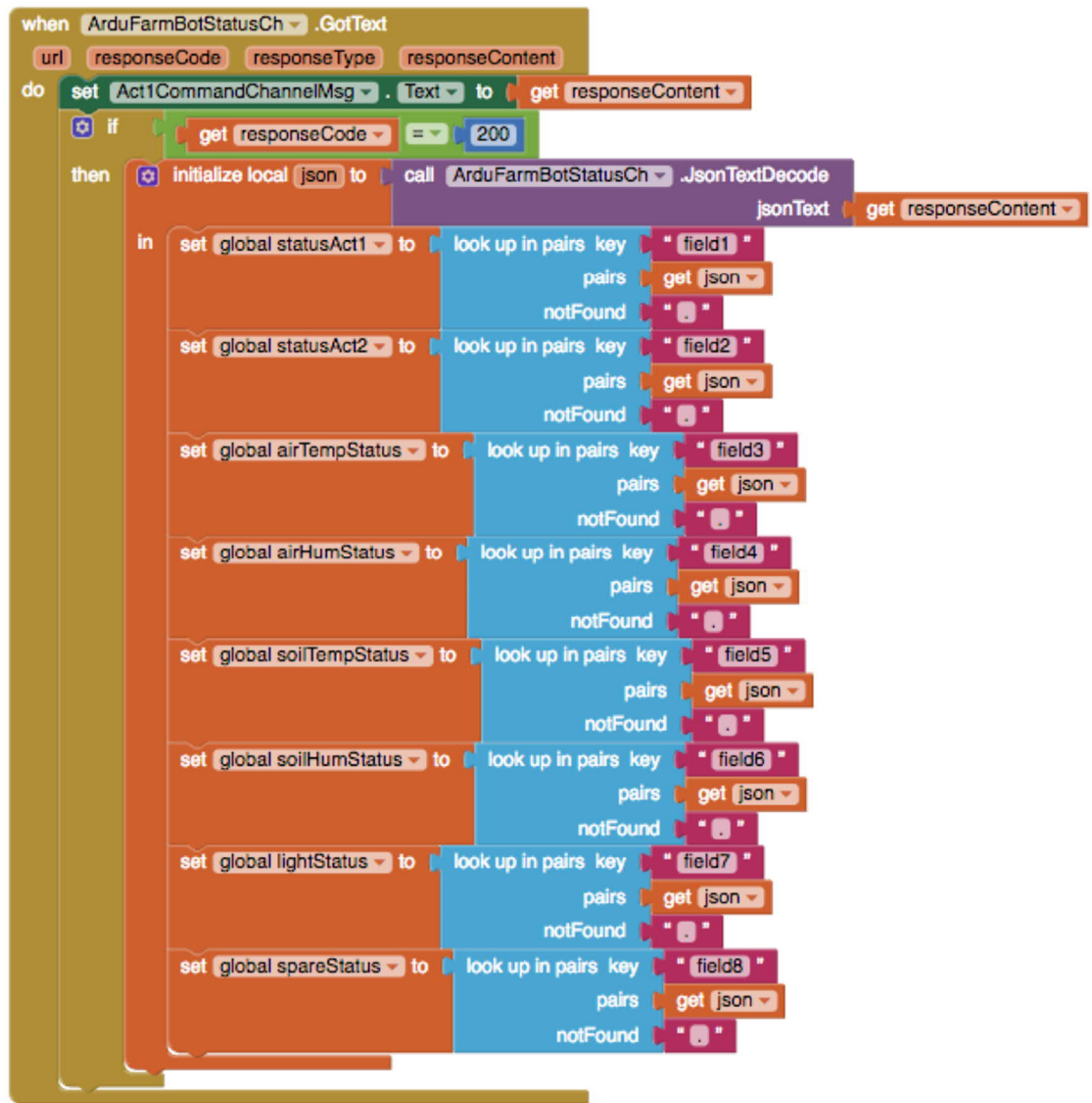


Рисунок 3.12 – Оброблений текст

Останнє, що потрібно зробити, це викликати процедуру «Тривога», яка буде аналізувати стан двох датчиків ґрунту. Якщо температура занадто низька (в нашому випадку 10°C), має відобразитися повідомлення. Те ж саме для вологості, якщо вона нижче 60%, як показано на рисунку 3.13.

Зверніть увагу на те, що ми визначили ще один таймер (Clock2), запрограмований на те, щоб він запускався кожну секунду. Він потрібен тільки для «перемикання» кольору тексту повідомлення (від білого до червоного). Повідомлення буде «блимати».

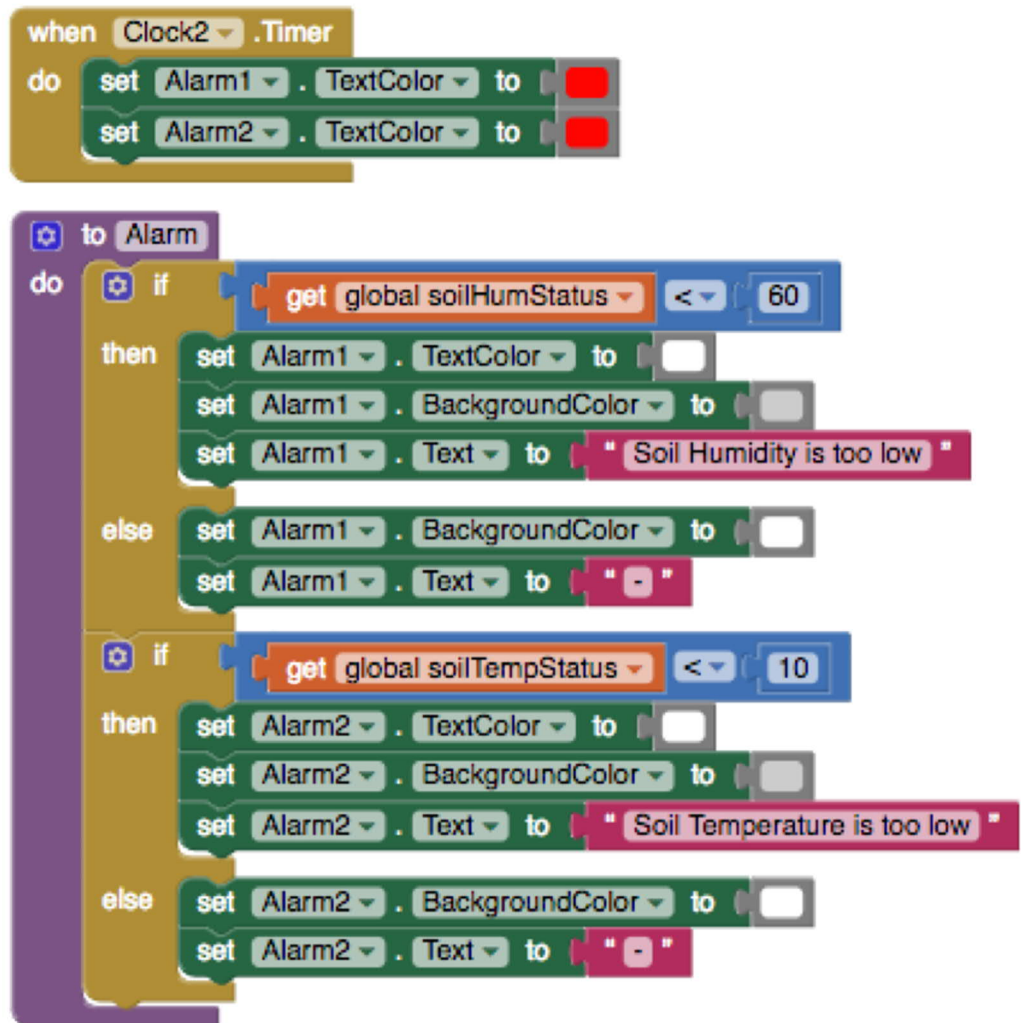


Рисунок 3.13 – Параметри тривоги для температури та вологості

Команди включення і виключення насоса і лампи будуть прийматися дистанційно. Вихід Arduino, буде активувати реле і світлодіод, приймаючи ці команди. На зображенні показано, як повинні бути підключені виконавчі пристрої. Зверніть увагу, що висновок GND реле НЕ ПІД'ЄДНАНО до виходу GND UNO. Так буде менше перешкод з живлення при роботі реле. Схему цього підключення показано на рисунку 3.14.

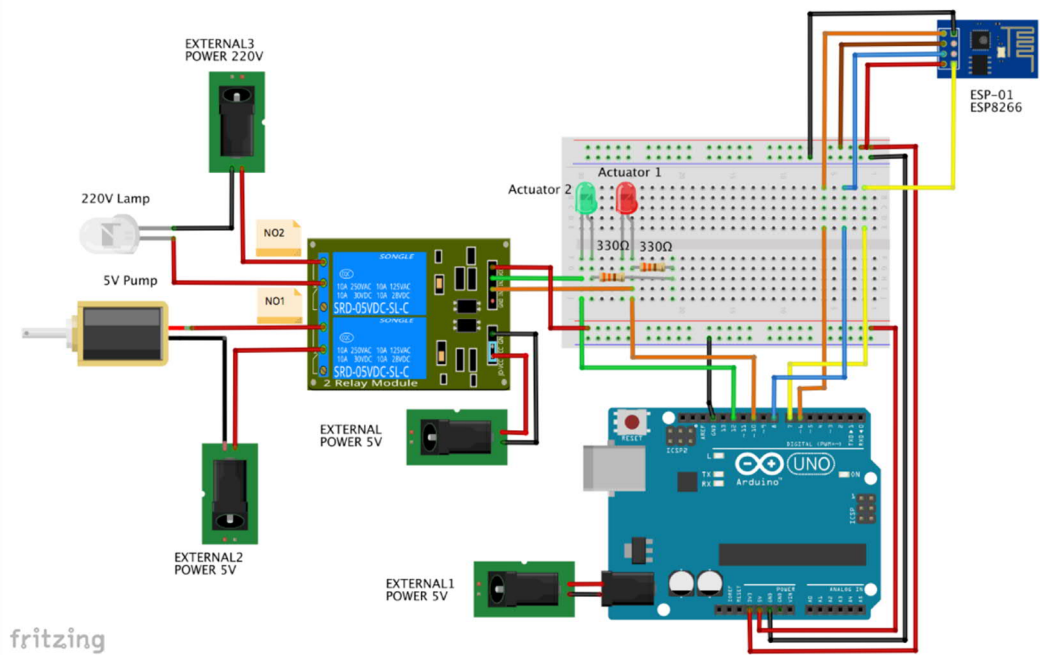


Рисунок 3.14 – Схема підключення виконавчих приладів

Всі дії повторюють процедуру конфігурації каналу Status. Треба створити два канали для кожного з пристроїв. Для кожного каналу треба записати Channel ID, Read і Write ключі як це показано на рисунку 3.15.

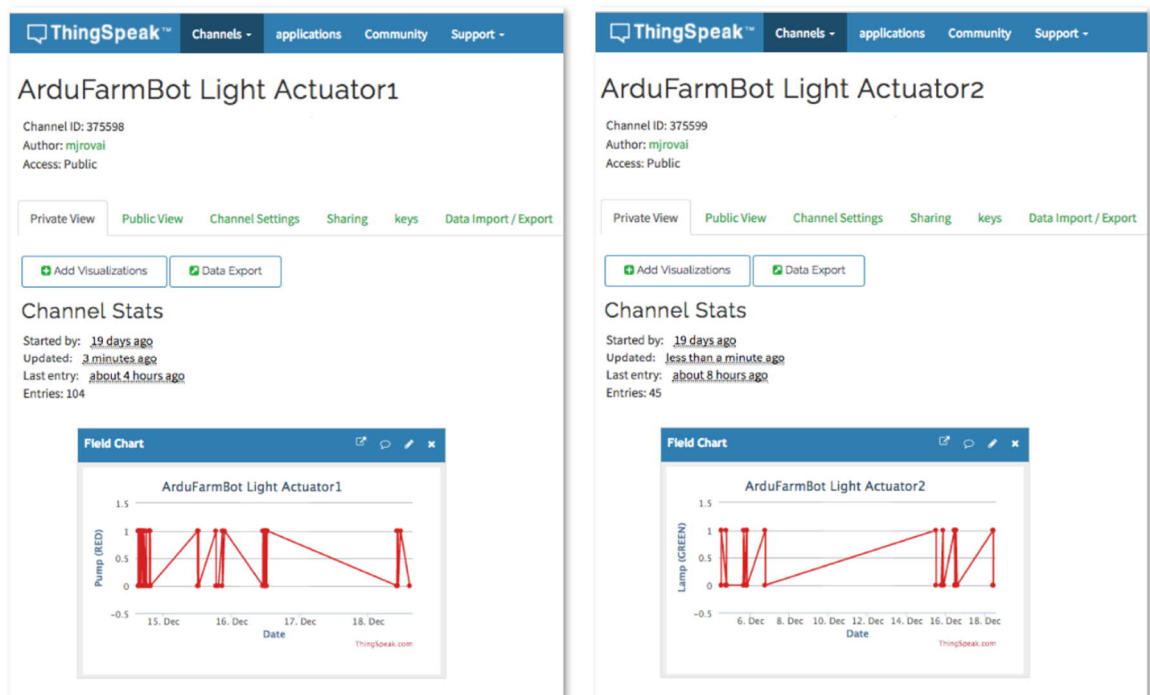


Рисунок 3.15 – Створення каналів для кожного з пристроїв

Потрібно писати тільки в першому полі кожного каналу. Для прикладу:

- Channel ID 375598 ==> LED Red (Pump):
 - Field1 = 0 ==> Pump OFF;
 - Field1 = 1 ==> Pump ON;
- Channel ID 375599 ==> LED Green (Lamp):
 - Field1 = 0 ==> Lamp OFF;
 - Field1 = 1 ==> Lamp ON.

Коли ми відправляли дані в хмару, то ми «писали» ці дані в канал статусу (Status Channel) ThingSpeak., «Передаючи» (вивантажуючи) ці дані. Тепер ми повинні «прочитати» дані з каналу виконавчих пристроїв (Actuator Channel), «беручи» (завантажуючи) ці дані.

Для цього необхідно відправити рядок GET і ця процедура складається з 3 етапів:

1. «Start cmd» : «AT + CIPSTART = «TCP», "184.106.153.149", 80»;
2. довжина рядка: «AT + CIPSEND = 36»;
3. і сам рядок GET: «GET / channels / 375598 / fields / 1 / last».

Канали будуть «читатися» раз в 10 секунд. Після відправки GET ми повинні прийняти відповідь від ThingSpeak. Відповідь має бути або 0, або 1, для кожного з каналів. Якщо будуть якісь інші значення, то їх просто ігноруємо.

Після того потрібно об'єднати попередні схеми і в результаті отримати схему в Додатку В.

Основна відмінність між цією частиною і попередньої тільки в функції readThingSpeak (String channelId).

На рисунку 3.16 показано етап у якому є налаштований канал виконавчих пристроїв змінює значення поля 1 для кожного пристрою. Ми повинні перевірити, що пристрої відпрацьовують команди належним чином.

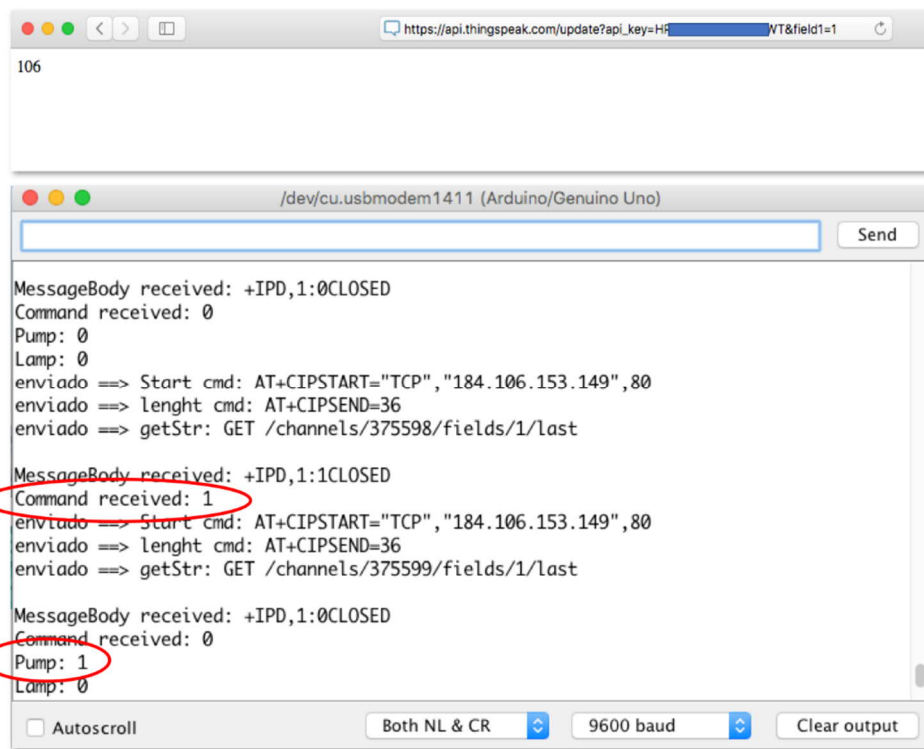


Рисунок 3.16 – Відправка команд на пристрій

В кінці проекту для цього буде використовуватися андроїд додаток, але так само це можна зробити за допомогою браузера:

–включити насос (червоний світлодіод включений):

api.thingspeak.com/update?api_key=Сохраненный_ключ_канала_1&field1=1;

–насос вимкнути (червоний світлодіод вимкнений):

api.thingspeak.com/update?api_key=Сохраненный_ключ_канала_1&field1=0;

–лампу включити (зелений світлодіод включений):

api.thingspeak.com/update?api_key=Сохраненный_ключ_канала_2&field1=1;

–лампу вимкнути (зелений світлодіод вимкнений):

api.thingspeak.com/update?api_key=Сохраненный_ключ_канала_2&field1=0.

У попередній частині була проста програма, яка «читала» дані з каналу і виводила їх на екран. Тепер треба зробити, щоб програма «писала» команди в Actuator Channal, так щоб ці команди могли бути прочитані контролером і лампа з насосом відповідно відпрацьовували. Вигляд готового мобільного додатку показано на рисунку 3.17.

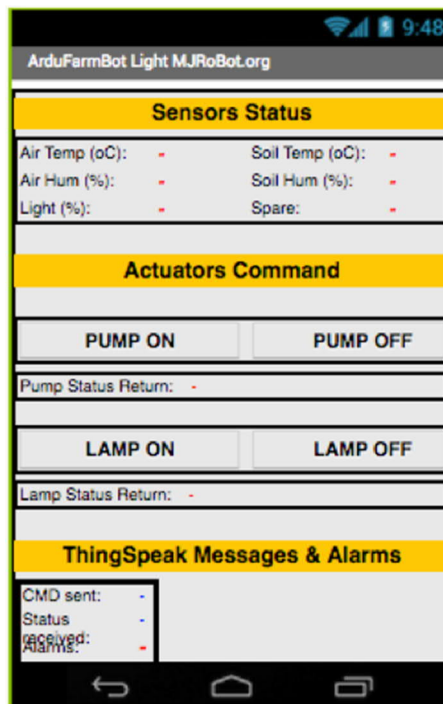


Рисунок 3.17 – Мобільний додаток для управління пристроєм

Щоб користувач міг відправляти команди, в додатку будуть по дві кнопки на кожен пристрій. Якщо включено – синя, якщо виключено – червона. За допомогою кнопок в додатку можна бачити результат в Serial Monitor.

3.4 Висновки до розділу

На основі концептуальної схеми було розроблено пристрій «розумної» мінітеплиці для моніторингу та керування нею. Пристрій розроблений на базі Arduino UNO з підключенням до нього відповідних датчиків та виконавчих пристроїв. Здійснено програмну реалізацію додатку для Android який за допомогою сервісу ThingSpeak.com має отримувати інформацію про стан мікроклімату і в свою чергу підправляти на нього сигнали для управління.

ВИСНОВКИ

В ході роботи над кваліфікаційною роботою, було досліджено одну з найважливіших складових сучасних теплиць та мінітеплиць – пристій для моніторингу та керування мікрокліматом.

Детально проаналізувавши існуючі аналоги на ринку, я встановив найбільш основні критерії до мого проекту:

- можливість моніторингу за основними параметрами: температура та вологість повітря чи ґрунту, інтенсивність освітлення;
- можливість керувати дистанційно деякими параметрами: водопостачання та штучне освітлення;
- можливість контролю через мобільний телефон;
- сповіщення про небезпечні показники;
- відносна дешевизна виготовленого пристрою;
- можливість удосконалення пристрою в майбутньому.

На основі вивчених даних було розроблено структурну схему системи контролю мікроклімату мінітеплиці. Уже на основі цієї структурної схеми було вибрано основні елементи нашої схеми. До цих елементів увійшли: Arduino UNO (мікроконтролер), ESP8266-01 (комунікаційний модуль), DHT22 (датчик відносної вологості повітря), DS18B20 (1-Wire цифровий датчик температури, використовується для вимірювання температури ґрунту), YL-69 + LM393 (Датчик вологості ґрунту), LDR (датчик освітленості), 2 x світлодіоди (червоний і зелений), 1 x 2-х канальний релейний модуль DC 5V Relay, 5V DC насос, 220V лампа, 2 x 330 ohm резистор (використовується зі світлодіодами), 2 x 10K ohm резистор (використовується з DHT22 і LDR), 1 x 4K7 ohm резистор (використовується з DS18B20), Макетна плата, Перемички та блок живлення для реле 5V DC. Було вивчено їхні даташити, способи та режими їхньої роботи, а схему було зроблено у програмному забезпеченні Fritzing, яке для мене уже було знайомим.

В процесі реалізації було розроблено чотири основні схеми, які теж були реалізовані в Fritzing. Перша схема перевіряла роботу датчиків, а друга перевіряла правильність роботи WiFi-модуля. Третя схема – це підключення виконавчих пристроїв. На основі цих схем було створено схему для управління та моніторингу мікроклімату мінітеплиці.

Сконструйована схема виконувала код роботи і доповнювалась командами з ресурсу ThingSpeak, щоб забезпечувати взаємодію між пристроєм та мобільним додатком ОС Андроїд.

В додатку В розміщена схем пристрою у Fritzing. А в додатку А та Б є тези з конференції, які були написані в результаті роботи над магістерською роботою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Статистична інформація. Сільське господарство. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <http://www.vn.ukrstat.gov.ua/index.php/statistical-information/228/2013--1995-2010.html> (дата звернення: 13.07.20).
2. Гросуляк П.І. Структура та моделі роботи системи управління мікрокліматом мінітеплиці / Гросуляк П.І. , Цьома Б.І. // Тези доповідей Науково-практичної конференція молодих вчених і студентів «Інтелектуальні комп'ютерні системи та мережі». – Тернопіль: ЗУНУ. – 2020. – С. 37.
3. Гросуляк П.І. Використання сучасних інформаційних технологій в сільському господарстві / Гросуляк П.І. , Цьома Б.І. // Тези доповідей Науково-практичної конференція молодих вчених і студентів «Інтелектуальні комп'ютерні системи та мережі». – Тернопіль: ЗУНУ. – 2020. – С. 38.
4. Мартыненко И.И. Автоматика и автоматизация производственных процессов / Мартыненко И.И., Головинский Б.Л., Проценко Р.Д., Резниченко Т.Ф. // М.: Агропромиздат - 1995. - 335 с.
5. Кэмп П. Компьютерное управление микроклиматом в теплицах / Кэмп П, Тиммерман Г. // Центр инноваций и практического обучения в Эдде - 1997. – 193с.
6. Технологічні процеси галузей промисловості: Навч. посібник / Д.М. Колотило, А.Т. Соколовський, С.В. Гарбуз; За наук. ред. Д.М. Колотила, А.Т.Соколовського. — К.: КНЕУ, 2003. — 380 с.
7. International Standart ISO 9126-1. Software engineering – Product quality – Part 1: Quality. – 2001. P. 32.
8. Kharchenko V. Green Computing and Communications in Critical Applocation Domains: Challenges and Solutions/ Kharchenko V.,Sklyar V., Gorbenko A., Philips C// Proceedings of International Conference on Digital Tenchnologies, May, 29-31, 2013, Zilina, Slovakia, 2013, P.24-29.

9. Емельянова Н.З. Основы построения автоматизированных информационных систем: Учебное пособие/ Н.З. Емельянова, Т.Л. Партыка, И.И. Попов.- М.: Форум: ИНФРА-М, 2005.- 416 с.
10. Инфосфера: Информационные структуры, системы и процессы в науке и обществе / Арский Ю.М., Гиляревский Р.С., Туров И.С., Чёрный А.И.– М.: ВИНТИ, 1996.– 489 с.
11. Попов И.И. Автоматизированные информационные системы (по областям применения): Учебн. пособ. / Под общей редакцией К.И. Курбакова.- М.: Изд-во РЭА, 1999.- 103 с.
12. Попов И.И. Информационные ресурсы и системы: реализация, моделирование, управление.–М.: ТПК АЛЪЯНС, 1996.– 408 с.
13. Завадський І.О. Основи баз даних / Завадський І.О. – М.:вид. Київ, 2011. – 192 с.
14. Карпопа Т.С. Базы данных: разработка и управление./ Карпопа Т.С – М: Лори. – 2000. – 374с.
15. Хансен Г., Хансен Д. Базы данных: разработка и управление. - М.: БИНОМ, 1999.
16. Атре Ш. Структурный подход к организации баз данных./ Атре Ш. - М.: Финансы и статистика, 1983. - 320 с.
17. Бойко В.В.Проектирование баз данных информационных систем./ Бойко В.В., Савинков В.М. - М.: Финансы и статисти-стика, 1989. - 351 с.
18. Боуман Д.Практическое руководство по SQL./ Боуман Д, Эмерсон С., Дарновски М - Киев: Диалектика, 1997г.
19. Гилуа М.М. Множественная модель данных в информационных системах. / Гилуа М.М. - М.: Наука, 1992г.
20. Голосов А.О. Аномалии в реляционных базах данных / Голосов А.О. //СУБД. - 1986. - №3. - С.23-28.
21. Грабер М. Введение в SQL./ Грабер М. - М.: Лори, 1996. - 379 с.

22. Codd E.F. Normalized Data Base Structure: A Brief Tutorial //Proc. of 1971 ACM-SIGFIDET Workshop on Data Description, Access and Control.- N.-Y.: ACM. - 1971. - P.1-17
23. Оззу М.Т., Валдуриз П. Распределенные и параллельные системы баз данных //СУБД. - 1996. - №4. - С.4-26.
24. Озкарахан Э. Машины баз данных и управление базами данных. - М.: Мир, 1989.
25. Пржиялковский В. В. Абстракции в проектировании БД //СУБД. - 1998. - №1. - С.90-97 Четвериков В.Н. и др. Базы и банки данных./ Четвериков В.Н - М.: Высш.шк., 1987.
26. [Когаловский М.Р.](#) Энциклопедия технологий баз данных. — М.: [Финансы и статистика](#), 2002. — 800 с.
27. Кузнецов С. Д. Основы баз данных. — 2-е изд. — М.: Интернет-университет информационных технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. — 484 с. — [ISBN 978-5-94774-736-2](#) (дата звернення: 12.07.20).
28. Коннолли Т., Бегг К. Базы данных. Проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика = Database Systems: A Practical Approach to Design, Implementation, and Management. — 3-е изд. — М.: [Вильямс](#), 2003. — 1436 с. — [ISBN 0-201-70857-4](#) (дата звернення: 12.07.20).
29. Дослідження операцій: Навчальний посібник (для студентів напрямку підготовки 0306 – «Менеджмент і адміністрування») [Електронний ресурс]. / В.І.Оспіщев, Д.О. Пруненко, Д.Л. Бурко, О.М. Єрмак, Я.В. Санько // / Заред. В.І. Оспіщева – Харків: ХНАМГ, 2008. – 136 с. – Режим доступу: URL: <http://eprints.kname.edu.ua/5684/1/Готовое.pdf> (дата звернення: 12.07.20).
30. Карагодова О.О. Дослідження операцій: Навч. посібник. / Карагодова О.О., Кігель В.Р., Рожок В.Д. — К.: Центр учбової літератури, 2007 — 256 с.
31. Месарович М. Теория иерархических многоуровневых систем./ Месарович М., Мако Д., Такахара И. – М., 1973. — 344 с.

32. Системна задача координації в технологічних комплексах неперервного типу [Електронний ресурс] / А. П. Ладанюк, Д. А. Шумигай, Р. О. Бойко. – Режим доступу : URL: http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/4444/1/Sh_3.pdf (дата звернення: 10.07.20).
33. Ріпка Д. О. Координація управлінських і виробничих процесів на підприємстві. / Ріпка Д. О.// БІЗНЕСІНФОРМ – 2012 – № 7 – С. 162-166.
34. Катренко А.В. Механізми координації у складних ієрархічних системах. [Електронний ресурс] / А.В. Катренко І.В. Савка - 2008 р. – Режим доступу: URL: http://vlp.com.ua/files/16_1.pdf (дата звернення: 12.07.20).
35. Уроки по UML! [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <http://bug.kpi.ua/stud/work/RGR/UML/page1.html>
36. Леоненков А. Самоучитель UML [Електронний ресурс] / Леоненков А – Петербург: БХВ-Петербург, 2007 р. – 138 с. – Режим доступу: URL: http://royallib.ru/book/leonenkov_aleksandr/samouchitel_UML.html (дата звернення: 09.07.20).
37. Москальова В.М. Охорона праці / Москальова В.М. – Рівне: НУВГП , 2009 – 270 с.
38. Отправляем данные в ThingSpeak: [Електронний ресурс] Режим доступу: URL: <https://diyhobby.ru/articles/otpravlyaem-dannye-v-thingspeak-cherez-wifi-modul-esp8266> (дата звернення: 12.06.20).
39. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация: ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ . [Чинний від 01-01-1976] – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002 – 3 с.
40. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий: СН 245-71 [Електронний ресурс] - [Чинний від 01-04-1972] – Режим доступу: URL: <http://document.ua/sanitarnye-normy-proektirovaniya-promyshlennyh-predpriyatii-nor3142.html> (дата звернення: 12.07.20).

41. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Термины и определения: ГОСТ Р 12.1.009-2009 – [Чинний від 01-01-2011] – М.: Стандартиформ, 2010 – 16 с.

42. Правила безопасной эксплуатации электроустановок потребителей: ДНАОП 0.00–1.21–98. [Электронный ресурс] – [Чинний від 01-04-2001] – – Режим доступа: URL: <http://leg.co.ua/knigi/pravila/pravila-bezpechnoi-ekspluatacii-elektrostanovok-spozhivachiv.html> (дата звернення: 16.07.20).

43. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. ГОСТ 12.1.005-88 [Электронный ресурс] – [Чинний від 01.01.1989] – Режим доступа: URL: <http://document.ua/ssbt.-obshie-sanitarno-gigienicheskie-trebovaniya-k-vozduhu--nor3205.html> (дата звернення: 14.07.20).

44. Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования: СНиП II-4-79/85. [Электронный ресурс] – [Чинний від 22.07.1986] – Режим доступа: URL: <http://proxima.com.ua/dbn/articles.php?clause=280> (дата звернення: 19.07.20).

45. Управление теплицей или оранжереей из любой точки планеты: [Электронный ресурс] Режим доступа: URL: <https://usamodelkina.ru/10908-upravlenie-tepliceey-ili-oranzhereey-iz-lyuboy-tochki-planety-primer-realizacii.html> (дата звернення: 12.07.20).

46. Березький О.М., Дубчак Л.О., Мельник Г.М. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи з освітнього ступеня “Магістр”. Спеціальність: 123 - Комп’ютерна інженерія. Магістерська програма - Комп’ютерна інженерія"/ Під ред. О.М. Березького. Тернопіль:ЗУНУ,2020.32 с.

47. Гураль І.В., Дубчак Л.О. Методичні вказівки до оформлення курсових проектів, звітів про проходження практики, випускних кваліфікаційних робіт для студентів спеціальності «Комп’ютерна інженерія»/Під ред. О.М. Березького. Тернопіль: ТНЕУ, 2019. 33 с.

ДОДАТОК А
Світлокопія публікації

Західноукраїнський національний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерної інженерії

**ІІІ НАУКОВО-ПРАКТИЧНА
КОНФЕРЕНЦІЯ МОЛОДИХ ВЧЕНИХ І СТУДЕНТІВ
«ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ КОМП'ЮТЕРНІ
СИСТЕМИ ТА МЕРЕЖЬ»**

26 листопада 2020 р.

Тернопіль
2020

<i>Мартинюк Н.В., Дубчак Л.О.</i> Система керування освітленням розумного будинку на основі нечіткої логіки	26
<i>Дериш Б.Б., Зюбрецька І.В.</i> Вимоги до побудови бази медичних зображень.....	27
<i>Дериш Б.Б., Зюбрецька І.В.</i> Апаратні засоби діагностування онкологічних новоутворень.....	28
<i>Розводовський Н.В.</i> Основи технології VOIP та IP-телефонії.....	30
<i>Лящинський П.Б.</i> Порівняння GAN-архітектур для синтезу біомедичних зображень.....	31
<i>Скоморохов А.Л.</i> Застосування згорткових нейронних мереж на основі бібліотек Tensorflow та Keras	32
<i>Скоморохов А.Л.</i> Порівняння глибоких згорткових нейронних мереж для класифікації імуногістохімічних зображень.....	33
<i>Гриців І. Р., Погорецький Д.В.</i> Застосування перетворення Фур'є для аналізу й обробки зображень.....	34
<i>Розводовський Н.В.</i> Алгоритми підвищення інформаційної безпеки IP-телефонії на основі протоколів розподілених ключів.....	35
<i>Чайківський П.І.</i> Керування рухом мобільного робота по траєкторії у двох- та тривимірних середовищах	36
<i>Гросуляк П.І, Цьома Б.І.,</i> Структура та моделі роботи системи управління мікрокліматом мінітепліці	37
<i>Гросуляк П.І, Цьома Б.І.</i> Використання сучасних інформаційних технологій в сільському господарстві.....	38
<i>Онуфрак О.В., Худзін В.Ф.</i> Аналіз алгоритмів обробки цифрових зображень на основі технології морфінгу.....	39
<i>Онуфрак О.В., Худзін В.Ф.</i> Аналіз алгоритмів сегментації цифрових зображень.....	40
<i>Лавренюк Ю.О., Савчук В.В.</i> Аналіз алгоритмів кодування інформації в системах обробки даних.....	41
<i>Лавренюк Ю.О., Савчук В.В.</i> Аналіз алгоритмів розпізнавання цифрової інформації на зображеннях	42
<i>Брень В.К., Рожнятовський І.І.</i> Аналіз алгоритмів контурного аналізу в системах автоматизованої обробки цифрових зображень.....	43
<i>Баран Є.Р. , Брень В.К.</i> Аналіз алгоритмів проходження контурів в системах обробки та розпізнавання цифрових зображень.....	44
<i>Баран Є.Р., Пастернак В.М.</i> Аналіз алгоритмів виділення та розпізнавання об'єктів на цифрових зображеннях.....	45
<i>Батько Ю.М., Рожнятовський І.І.</i> Автоматизована система аналізу та опису біомедичних зображень.....	46

Інтелектуальні комп'ютерні системи та мережі, Тернопіль, 26 листопада 2020 р.

Гросуляк П.І. (1), Цьома Б.І. (1),
1) магістрант 2 курсу, ФКІТ, ЗУНУ
Науковий керівник професор Цмоць І.Г.

СТРУКТУРА ТА МОДЕЛІ РОБОТИ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ МІКРОКЛІМАТОМ МІНІТЕПЛИЦІ

Вступ. Щоб отримувати рівномірний урожай овочів протягом року можна використовувати мінітеплиці. урожай в цих теплицях у значній мірі визначається мікрокліматом, який забезпечується шляхом використання сучасних комп'ютерних систем управління. В існуючих системах управління не враховується багато параметрів, а саме: температура поверхні рослин, а також іншими зовнішніми факторами. Такі системи не враховують інших важливих показників.

Постановка задачі. Забезпечити ефективне управління мікрокліматом і енергоефективністю мінітепель можна шляхом розроблення та використання інтелектуальних компонентів у системі управління. Головна проблема розробки полягає у формуванні вимог і виборі методів опрацювання цих даних та засобів реалізації (програмних, апаратних чи програмно-апаратних).

Основний матеріал. Мікроклімат в мінітеплиці залежить від багатьох параметрів таких як: температура, вологість повітря і вмісту кисню в теплиці; температура на зовні та швидкість повітря; вміст вуглекислого газу в межах рослини і також освітлення. Для керування вмістом вуглекислого газу та кисню в мінітеплиці має використовуватися система вентиляції, що може включати в себе систему відкриття та закриття вікон мінітеплиці.

Розроблення системи управління кліматом мінітеплиці краще здійснювати у комплексному підході, який може охопити комунікаційні й інформаційно-управляючі технології, сучасні елементні бази, програмне забезпечення на ОС Android. Засоби прийняття рішень ґрунтуються на цих принципах: змінного складу обладнання, системності, модульності, відкритості та використання комплексу базових проектних рішень.

Система управління мікрокліматом мінітеплиці має здійснюватися за допомогою таких компонентів: мобільний пристрій, мікроконтролерна система та множина датчиків.

Мікроконтролер має з'єднуватися зі всіма модулями системи в єдину систему. Контролер має відповідати за автономне управління кліматом в міні теплиці. Для цього йому потрібно зчитати показники датчиків, та згідно певних алгоритмів правильно налаштувати актуатори. Програма проаналізувавши допустимі межі параметрів мікроклімату має сформувати керуючі сигнали. У разі наявності зв'язку із мобільним пристроєм управління, мікроконтролер перевіряє чи наявні зміни у параметрах управління мікротеплицею та перезаписує конфігураційний файл. За допомогою мобільного телефону підключеного до інтернету можна змінити межі параметрів і мікроконтролер врахує їх коли перезапише конфігураційний файл.

Висновки. Розроблена структура системи управління мікрокліматом мінітеплиці має змінне обладнання, що в свою чергу забезпечує швидку адаптацію до управління мікрокліматом цієї мінітеплиці.

Список літератури

- 1.Бондарева О.Б. Устройство теплиц и парников: Конструкции устройств обогрева, вентиляции и полива в индивидуальных теплицах. М.: АСТ, 2006. 96 с.
- 2.Добров В.В. Парники и теплицы. Ростов н/Д: Феникс, 2005. 256 с.
- 3.В. М. Ванько, С. С. Поліщук, М. М. Дорожовець, В. О. Яцук, Ю. В. Яцук. Підручник. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2015. 584 с.

ДОДАТОК Б
Світлокопія публікації

Західноукраїнський національний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерної інженерії

**III НАУКОВО-ПРАКТИЧНА
КОНФЕРЕНЦІЯ МОЛОДИХ ВЧЕНИХ І СТУДЕНТІВ
«ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ КОМП'ЮТЕРНІ
СИСТЕМИ ТА МЕРЕЖЬ»**

26 листопада 2020 р.

Тернопіль
2020

<i>Мартинюк Н.В., Дубчак Л.О.</i> Система керування освітленням розумного будинку на основі нечіткої логіки	26
<i>Дериш Б.Б., Зюбрецька І.В.</i> Вимоги до побудови бази медичних зображень.....	27
<i>Дериш Б.Б., Зюбрецька І.В.</i> Апаратні засоби діагностування онкологічних новоутворень.....	28
<i>Розводовський Н.В.</i> Основи технології VOIP та IP-телефонії.....	30
<i>Лящинський П.Б.</i> Порівняння GAN-архітектур для синтезу біомедичних зображень.....	31
<i>Скоморохов А.Л.</i> Застосування згорткових нейронних мереж на основі бібліотек Tensorflow та Keras	32
<i>Скоморохов А.Л.</i> Порівняння глибоких згорткових нейронних мереж для класифікації імуногістохімічних зображень.....	33
<i>Гриців І. Р., Погорецький Д.В.</i> Застосування перетворення Фур'є для аналізу й обробки зображень.....	34
<i>Розводовський Н.В.</i> Алгоритми підвищення інформаційної безпеки IP-телефонії на основі протоколів розподілених ключів.....	35
<i>Чайківський П.І.</i> Керування рухом мобільного робота по траєкторії у двох- та тривимірних середовищах	36
<i>Гросуляк П.І, Цьома Б.І.,</i> Структура та моделі роботи системи управління мікрокліматом мінітеплиці	37
<i>Гросуляк П.І, Цьома Б.І.</i> Використання сучасних інформаційних технологій в сільському господарстві.....	38
<i>Онуфрак О.В., Худзін В.Ф.</i> Аналіз алгоритмів обробки цифрових зображень на основі технології морфінгу.....	39
<i>Онуфрак О.В., Худзін В.Ф.</i> Аналіз алгоритмів сегментації цифрових зображень.....	40
<i>Лавренюк Ю.О., Савчук В.В.</i> Аналіз алгоритмів кодування інформації в системах обробки даних.....	41
<i>Лавренюк Ю.О., Савчук В.В.</i> Аналіз алгоритмів розпізнавання цифрової інформації на зображеннях	42
<i>Брень В.К., Рожнятовський І.І.</i> Аналіз алгоритмів контурного аналізу в системах автоматизованої обробки цифрових зображень.....	43
<i>Баран Є.Р. , Брень В.К.</i> Аналіз алгоритмів проходження контурів в системах обробки та розпізнавання цифрових зображень.....	44
<i>Баран Є.Р., Пастернак В.М.</i> Аналіз алгоритмів виділення та розпізнавання об'єктів на цифрових зображеннях.....	45
<i>Батько Ю.М., Рожнятовський І.І.</i> Автоматизована система аналізу та опису біомедичних зображень.....	46

Інтелектуальні комп'ютерні системи та мережі, Тернопіль, 26 листопада 2020 р.

Гросуляк П.І. (1), Цьома Б.І. (1),
1) магістрант 2 курсу, ФКІТ, ЗУНУ
Науковий керівник професор Цмоць І.Г.

ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Вступ. В даній статті буде досліджуватися роль сучасних інформаційних технологій в розвитку та удосконаленні сільського господарства, а також наведені приклади, закріпленні в світові практиці. [1].

Постановка задачі. На сьогоднішній день в розвитку сільського господарства в Україні важливу роль відіграє впровадження сучасних інформаційних технологій та досягнення науково-технічного прогресу. Зараз сільському господарству потрібна оптимізація виробництва заради отримання максимального прибутку, раціонального використання ресурсів, у тому числі природних, а також захисту навколишнього середовища.

Основний матеріал. Швидкий розвиток комп'ютерних та інформаційних технологій починаючи з початку 21 століття різко прискорив процеси глобалізації і привів до фундаментальних змін у всіх галузях в сільському господарстві. За останні десятиліття ми перейшли від мети забезпечення збільшення зайнятості населення до намагання збільшення показників при мінімальних витратах. З цього можна зробити висновок, що на даний момент в сільському господарстві України відбувається технологічна революція. У зв'язку з цим для використання останніх інформаційних технологій в сільськогосподарській сфері дозволить підвищити продуктивність виробництва та матиме чудовий позитивний ефект для його розвитку. Тепер робота працівників вимагає більшого використання технологічних навичок, ніж це було раніше. Працівники змушені вивчати нові методи покращення і використання комп'ютеризованої сільгосптехніки.

В Україні до кризи збільшував ріст інвестицій у розвиток інформатизації сільського господарства. Для нас це було в новинку, натомість - Америка, Європа та Японія вдосконалювали і розвивали методики використання інформаційних систем і самі програмні продукти у цій сфері постійно. Найкраще рішення для України сьогодні - це користуватися наробітками, зробленими на Заході, оскільки вони уже випробувані та показали свою ефективність.

У цілому, незважаючи на високу частку в економіці України виробничого сектора, загальний рівень інформатизації підприємств на сьогоднішній день український у зв'язку з загальним економічним спадом в країні, в цих умовах підприємства не дозволяють собі великі фінансові вкладення у технології, що підвищують ефективність керування й виробництва.

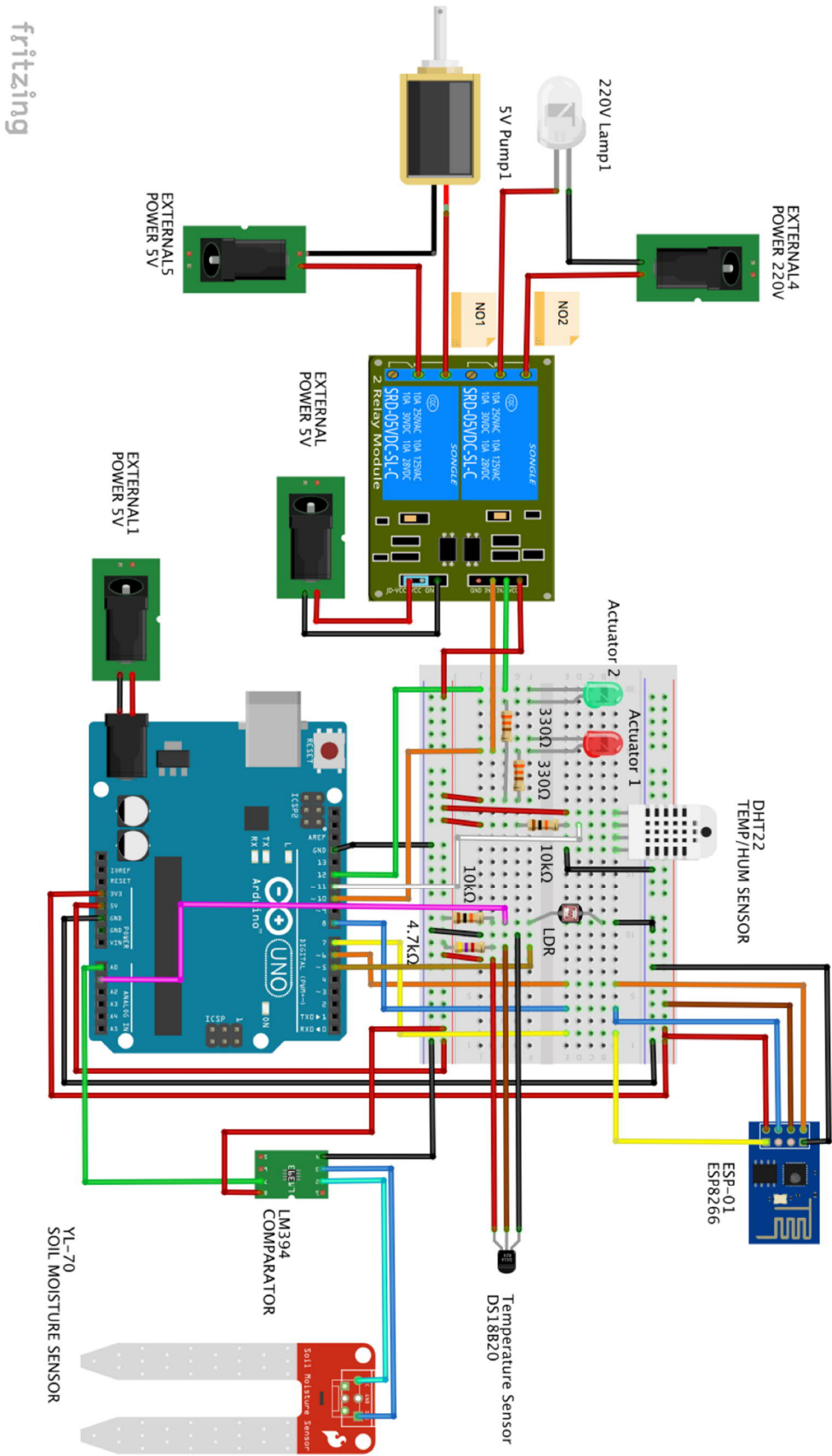
Висновки. Використання в сільському господарстві інформаційних технологій підвищує продуктивність праці, що допомагає вирішувати багато завдань. Також слід зазначити, що інформаційні технології постійно розвиваються та вдосконалюються: появляються нові технічні засоби, розроблюються концепції та методи організації даних, їхня передача, зберігання та обробка, форми взаємодії користувачів з технічними та іншими компонентами інформаційних систем. Тому "інформаційні технології" потрібно розуміти як процес, що завжди оновлюється, але потрібно зауважити, що інформація є новою до тих пір, поки у ній є потреба.

Список літератури

1. Інноваційні трансформації аграрного сектора економіки : / Шубравська О. В., Молдован Л. В., Пасхавер Б. Й. та ін.; за ред. д-ра екон. наук О. В. Шубравської; НАН України, Ін-т екон. та прогнозів. К., 2012. 496 с.
2. Ракитов А. И. Философия компьютерной революции. М., 1991. 90 с.

ДОДАТОК В

Схема пристрою у програмному забезпеченні Fritzing



ДОДАТОК Г

Код програми

```
/*
*****
* ArduFarmBot Light - Remote controlling a plantation
*
* ThingSpeak ID Channels:
*   Status (Actuators and Sensors): 999999
*   Actuator1: 999999 (Pump)
*   Actuator2: 999999 (Lamp)
*
* Sensors:
*   DHT (2-wire Air Temperature/Humidity digital sensor) ==> Pin
D11
*   DS18B20 (1-Wire Temperature digital Sensor) ==> Pin
D05
*   LDR (Light Dependent Resistor - Analog Sensor) ==> Pin
A1
*   LM394/YL70 (Soil Humidity Analog Sensor)
*
* Actuators:
*   Actuator1 ==> Pin 10 (RED LED ==> pump)
*   Actuator2 ==> Pin 12 (GREEN LED ==> lamp)
*
* FREEZE_LED: ==> Pin 13 (ESP-01 Freezing and Comm errors)
* HW RESET ==> Pin 08
*
* MJRoBot.org 19_Dec_17
*****/

// Thingspeak
String statusChWriteKey = "YOUR WRITE KEY HERE"; // Status Channel
id: 385184

String canalID1 = "999999"; // Enter your Actuator1 Channel ID here
String canalID2 = "999999"; // Enter your Actuator1 Channel ID here

#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial EspSerial(6, 7); // Rx, Tx

// HW Pins
#define FREEZE_LED 13
#define HARDWARE_RESET 8

// DS18B20
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#define ONE_WIRE_BUS 5 // DS18B20 on pin D5
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature DS18B20(&oneWire);
```



```

int soilTemp = 0;

//DHT
#include "DHT.h"
#include <stdlib.h>
int pinoDHT = 11;
int tipoDHT = DHT22;
DHT dht(pinoDHT, tipoDHT);
int airTemp = 0;
int airHum = 0;

// LDR (Light)
#define ldrPIN 1
int light = 0;

// Soil humidity
#define soilHumPIN 0
int soilHum = 0;

// Variables to be used with timers
long writeTimingSeconds = 17; // ==> Define Sample time in seconds
to send data
long readTimingSeconds = 10; // ==> Define Sample time in seconds
to receive data
long startReadTiming = 0;
long elapsedReadTime = 0;
long startWriteTiming = 0;
long elapsedWriteTime = 0;

//Relays
#define ACTUATOR1 10 // RED LED ==> Pump
#define ACTUATOR2 12 // GREEN LED ==> Lamp
boolean pump = 0;
boolean lamp = 0;

int spare = 0;
boolean error;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);

  pinMode(ACTUATOR1,OUTPUT);
  pinMode(ACTUATOR2,OUTPUT);
  pinMode(FREEZE_LED,OUTPUT);
  pinMode(HARDWARE_RESET,OUTPUT);

  digitalWrite(ACTUATOR1, HIGH); //o módulo relé é ativo em LOW
  digitalWrite(ACTUATOR2, HIGH); //o módulo relé é ativo em LOW
  digitalWrite(FREEZE_LED, LOW);
  digitalWrite(HARDWARE_RESET, HIGH);

  DS18B20.begin();

```

```

dht.begin();

EspSerial.begin(9600); // Comunicacao com Modulo WiFi
EspHardwareReset(); //Reset do Modulo WiFi
startReadTiming = millis(); // starting the "program clock"
startWriteTiming = millis(); // starting the "program clock"
}

void loop()
{
  start: //label
  error=0;

  elapsedWriteTime = millis()-startWriteTiming;
  elapsedReadTime = millis()-startReadTiming;

  if (elapsedReadTime > (readTimingSeconds*1000))
  {
    ESPcheck();//executar antes de qualquer leitura ou gravação
    int command = readThingSpeak(canalID1);
    if (command != 9) pump = command;
    delay (5000);
    command = readThingSpeak(canalID2);
    if (command != 9) lamp = command;

    takeActions();
    startReadTiming = millis();
  }

  if (elapsedWriteTime > (writeTimingSeconds*1000))
  {
    ESPcheck();//executar antes de qualquer leitura ou gravação
    readSensors();
    writeThingSpeak();
    startWriteTiming = millis();
  }

  if (error==1) //Resend if transmission is not completed
  {
    Serial.println(" <<<< ERROR >>>>");
    digitalWrite(FREEZE_LED, HIGH);
    delay (2000);
    goto start; //go to label "start"
  }
}

/***** Read Sensors value *****/
void readSensors(void)
{
  airTemp = dht.readTemperature();
  airHum = dht.readHumidity();
}

```

```

    DS18B20.requestTemperatures();
    soilTemp = DS18B20.getTempCByIndex(0); // Sensor 0 will capture
    Soil Temp in Celcius

    light = map(analogRead(ldrPIN), 1023, 0, 0, 100); //LDRDark:0 ==>
    light 100%
    soilHum = map(analogRead(soilHumPIN), 1023, 0, 0, 100);
}

/***** Take actions based on ThingSpeak Commands *****/
void takeActions(void)
{
    Serial.print("Pump: ");
    Serial.println(pump);
    Serial.print("Lamp: ");
    Serial.println(lamp);
    if (pump == 1) digitalWrite(ACTUATOR1, LOW);
    else digitalWrite(ACTUATOR1, HIGH);
    if (lamp == 1) digitalWrite(ACTUATOR2, LOW);
    else digitalWrite(ACTUATOR2, HIGH);
}

/***** Read Actuators command from ThingSpeak *****/
int readThingSpeak(String channelID)
{
    startThingSpeakCmd();
    int command;
    // preparacao da string GET
    String getStr = "GET /channels/";
    getStr += channelID;
    getStr += "/fields/1/last";
    getStr += "\r\n";

    String messageDown = sendThingSpeakGetCmd(getStr);
    if (messageDown[5] == 49)
    {
        command = messageDown[7]-48;
        Serial.print("Command received: ");
        Serial.println(command);
    }
    else command = 9;
    return command;
}

/***** Conexao com TCP com Thingspeak *****/
void writeThingSpeak(void)
{
    startThingSpeakCmd();

    // preparacao da string GET
    String getStr = "GET /update?api_key=";

```

```

    getStr += statusChWriteKey;
    getStr += "&field1=";
    getStr += String(pump);
    getStr += "&field2=";
    getStr += String(lamp);
    getStr += "&field3=";
    getStr += String(airTemp);
    getStr += "&field4=";
    getStr += String(airHum);
    getStr += "&field5=";
    getStr += String(soilTemp);
    getStr += "&field6=";
    getStr += String(soilHum);
    getStr += "&field7=";
    getStr += String(light);
    getStr += "&field8=";
    getStr += String(spare);
    getStr += "\r\n\r\n";

    sendThingSpeakGetCmd(getStr);
}

/***** Echo Command *****/
boolean echoFind(String keyword)
{
    byte current_char = 0;
    byte keyword_length = keyword.length();
    long deadline = millis() + 5000; // Tempo de espera 5000ms
    while(millis() < deadline){
        if (EspSerial.available()){
            char ch = EspSerial.read();
            Serial.write(ch);
            if (ch == keyword[current_char])
                if (++current_char == keyword_length){
                    Serial.println();
                    return true;
                }
        }
    }
    return false; // Tempo de espera esgotado
}

/***** Reset ESP *****/
void EspHardwareReset(void)
{
    Serial.println("Reseting.....");
    digitalWrite(HARDWARE_RESET, LOW);
    delay(500);
    digitalWrite(HARDWARE_RESET, HIGH);
    delay(8000); //Tempo necessário para começar a ler
    Serial.println("RESET");
}

```

```

/***** Check ESP *****/
boolean ESPcheck(void)
{
    EspSerial.println("AT"); // Send "AT+" command to module

    if (echoFind("OK"))
    {
        //Serial.println("ESP ok");
        digitalWrite(FREEZE_LED, LOW);
        return true;
    }
    else //Freeze ou Busy
    {
        Serial.println("ESP                                     Freeze
*****");
        digitalWrite(FREEZE_LED, HIGH);
        EspHardwareReset();
        return false;
    }
}

/***** Start communication with ThingSpeak *****/
void startThingSpeakCmd(void)
{
    EspSerial.flush();//limpa o buffer antes de começar a gravar

    String cmd = "AT+CIPSTART=\"TCP\", \"";
    cmd += "184.106.153.149"; // Endereco IP de api.thingspeak.com
    cmd += "\",80";
    EspSerial.println(cmd);
    Serial.print("enviado ==> Start cmd: ");
    Serial.println(cmd);

    if(EspSerial.find("Error"))
    {
        Serial.println("AT+CIPSTART error");
        return;
    }
}

/***** send a GET cmd to ThingSpeak *****/
String sendThingSpeakGetCmd(String getStr)
{
    String cmd = "AT+CIPSEND=";
    cmd += String(getStr.length());
    EspSerial.println(cmd);
    Serial.print("enviado ==> lenght cmd: ");
    Serial.println(cmd);

    if(EspSerial.find((char *)">"))
    {
        EspSerial.print(getStr);
    }
}

```

```

    Serial.print("enviado ==> getStr: ");
    Serial.println(getStr);
    delay(500); //tempo para processar o GET, sem este delay
apresenta busy no próximo comando

    String messageBody = "";
    while (EspSerial.available())
    {
        String line = EspSerial.readStringUntil('\n');
        if (line.length() == 1)
        { //actual content starts after empty line (that has length
1)
            messageBody = EspSerial.readStringUntil('\n');
        }
    }
    Serial.print("MessageBody received: ");
    Serial.println(messageBody);
    return messageBody;
}
else
{
    EspSerial.println("AT+CIPCLOSE"); // alert user
    Serial.println("ESP8266 CIPSEND ERROR: RESENDING"); //Resend...
    spare = spare + 1;
    error=1;
    return "error";
}
}

```