

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

Факультет інформатики та обчислювальної техніки

Кафедра технічної кібернетики

«На правах рукопису»
УДК 004.35

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Ігор ПАРХОМЕЙ

«__» _____ 2020 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

**за освітньо-професійною програмою «Інформаційне забезпечення
робототехнічних систем»**

зі спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології»

**на тему: «Архітектура програмної системи для інтелектуального
керування мікрофермою»**

Виконав:

студент II курсу, групи ІК-91мп
Майлик Владислав Валентинович _____

Керівник:

Доцент кафедри ТК, к.т.н., доцент,
Резніков Сергій Анатолійович _____

Консультант з нормоконтролю:

доцент, к.т.н., доц.,
Пасько Віктор Петрович _____

Рецензент:

Доцент кафедри АСОІУ, к.т.н., доцент,
Ігор Баклан Всеволодович _____

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____

Київ – 2020 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Факультет інформатики та обчислювальної техніки

Кафедра технічної кібернетики

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 126 «Інформаційні системи та технології»

Освітньо-професійна програма «Інформаційне забезпечення робототехнічних систем»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Ігор ПАРХОМЕЙ

«___» _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Майлику Владиславу Валентиновичу

1. Тема дисертації «Архітектура програмної системи для інтелектуального керування мікрофермою», науковий керівник дисертації Рєзніков Сергій Анатолійович, к.т.н., доцент затверджені наказом по університету від « 26 » жовтня 2020р. № 3132-с

2. Термін подання студентом дисертації 18.11.2020

3. Об'єкт дослідження – процеси інтелектуального керування мікроклімату домашніх теплиць, або ж мікроферм.

4. Предмет дослідження – сигнали, що надходять від датчиків та модулів системи керування мікрокліматом в уніфікованому форматі.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити – аналіз існуючих систем керування, вибір необхідних технологій, проектування архітектури синхронізації даних та їх візуалізації, розробка тестової моделі з метою моделювання роботи спроектованої архітектури інтелектуального контролю мікрокліматом.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу – п'ять плакатів

7. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Перевірка на співпадіння	доцент Лісовиченко О.І.		
Нормоконтроль	доцент Пасько В.П.		

8. Дата видачі завдання 01.09.2020 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Формування проблематики	02.09.2020 – 08.09.2020	
2	Аналіз проблематики	09.09.2020 – 15.09.2020	
3.	Постановка задачі	16.09.2020 – 22.09.2020	
4.	Вибір технологій до вирішення задач	23.09.2020 – 29.09.2020	
5.	Проектування архітектури системи	30.09.2020 – 06.10.2020	
6.	Розробка ПЗ для апробації архітектури	07.10.2020 – 13.10.2020	
7.	Тестування ПЗ та покращення архітектури	14.10.2020 – 20.10.2020	
8.	Підготовка документації	21.10.2020 – 27.10.2020	
9.	Попередній захист	23.11.2020	
10.	Нормоконтроль	10.12.2020	
11.	Перевірка на співпадіння	09.12.2020	
12.	Захист	21.12.2020	

Студент

Майлик Владислав

Науковий керівник

Сергій Резніков

АНОТАЦІЯ

У магістерській дисертації розглянуто проблему інтелектуального керування мікроклімату домашніх теплиць, або ж мікроферм. Синхронізації, зберігання та відображення даних, що надходять від інтелектуальної системи керування мікрокліматом для спрощення та підвищення ефективності ведення домашнього господарства.

У розділі аналізу проблематики та постановки задачі визначено основні проблеми, що виникають при синхронізації даних такі як затримки в обробці, відмови в роботі сервісів, втрата даних та інші. Поставлено задачу розробити рішення, яке дозволить гнучко масштабувати систему, здійснювати відтворення втраченої інформації під час обробки та мінімізує затримки при надсилання сигналів керування.

В даній роботі розглянуто сучасні методи, технічні та програмні засоби управління розподіленими в просторі теплицями. На основі аналізу для реалізації вибрано систему управління температурно-вологісним режимом з підтримкою прийняття рішень на основі бази знань та можливістю збору статистичних даних. Система підтримки прийняття рішень працює на основі динамічної бази знань. Розроблено алгоритмічне та програмне забезпечення системи керування за допомогою мови програмування C++ та JavaScript. Тестування програмного забезпечення підтвердило правильність та надійність його роботи.

Дана інтелектуальна система керування мікрокліматом в домашніх теплицях, або ж мікроферм дозволить підвищити доступність, енергоефективність та якість виробництва продукції.

Ключові слова: мікроклімат, дані в реальному часі, хмарні сервіси, черга повідомлень. Firebase, React.

Розмір пояснювальної записки – 86 аркушів, містить 23 ілюстрацій, 22 таблиць, 5 додатків.

ABSTRACT

The master's dissertation considers the problem of intelligent control of the microclimate of home greenhouses, or micro farms. Synchronization, storage and display of data from the intelligent microclimate management system to simplify and improve the efficiency of housekeeping.

The section of problem analysis and problem statement identifies the main problems that arise when synchronizing data such as processing delays, service failures, data loss and others. The task is to develop a solution that will flexibly scale the system, reproduce lost information during processing and minimize delays in sending control signals.

This paper considers modern methods, hardware and software for managing greenhouses distributed in space. Based on the analysis, a temperature-humidity control system with decision-making support based on the knowledge base and the ability collect statistical data was selected for implementation. The decision support system works on the basis of a dynamic knowledge base. Algorithmic and software of the control system using the programming language C ++ and JavaScript have been developed. Testing of the software confirmed the correctness and reliability of its work.

This intelligent microclimate control system in home greenhouses or micro farms will increase the availability, energy efficiency and quality of production.

Keywords: microclimate, real-time data, cloud services, message queue. Firebase, React.

The size of the explanatory note is 86 sheets, contains 23 illustrations, 22 tables, 5 appendices.

**Пояснювальна записка
до магістерської дисертації**

на тему: **Архітектура програмної системи для інтелектуального
керування мікрофермою**

Київ – 2020 року

Зміст

ВСТУП.....	10
1 РОЗДІЛ. АНАЛІЗ АРХІТЕКТУРИ СИСТЕМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ МІКРОКЛІМАТУ	12
1.1 Теоретичні аспекти для розуміння інтелектуально автоматизованої мікроферми	12
1.1.1 Інтернет речей	12
1.1.2 Інтернет речей в Україні	14
1.1.3 Розумні теплиці	16
1.2 Технології розумних теплиць	17
1.2.1 Розумний посів Smart ферми.	17
1.2.2 Розумний полив і зрошення на Smart фермі	18
1.2.3 Розумна прополка на Smart фермі.....	18
1.2.4 Розумний збір врожаю на Smart фермі	19
1.2.5 Моніторинг та аналіз в реальному часі	19
1.3 Аналіз існуючих систем та структури інтелектуального контролю мікрофермою	19
1.3.1 Системи сучасного керування мікрокліматом.....	20
1.3.2 Структура інтелектуального контролю мікроклімату	21
1.3.3 Математична модель керування мікрокліматом	22
1.4 Приклади існуючих мікроферм та систем інтелектуального керування мікрокліматом.....	27
1.4.1 Типи міні-теплиць.....	27
1.4.2 Розумна міні-теплиця Bloomengine.....	28
1.4.3 Кімнатна міні-ферма Rotofarm	30
1.4.4 Cyber Grow	31
1.4.5 OverGrower	32
1.5 Порівняння та аналіз існуючих систем контролю мікрокліматом	33
1.6 Мета і постановка задачі магістерської дисертації	36
Висновки до розділу	37
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ТА ВИБІР МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ МІКРОКЛІМАТОМ .	38
2.1 Технологічний огляд елементів системи контролю мікрокліматом.....	38
2.1.1 NodeMCU ESP8266	38

2.1.2 Датчик температури й вологості DHT22	39
2.1.3 Датчик рівня вологості ґрунту	41
2.1.4 Датчик освітлення BH1750	42
2.1.5 Модуль годинника реального часу DS3231	43
2.2 Огляд засобу збереження даних	45
2.2.1 Firebase	45
2.2.2 Realtime Database.....	47
2.3 Опис методу візуалізації даних та контролю мікроклімату	48
2.3.1 Засіб візуалізації даних мікроклімату за допомогою ReactJS	48
Висновки до розділу	50
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА МАКЕТНОГО ЗРАЗКА ТА ЙОГО ТЕСТУВАННЯ.....	51
3.1 Структурна схема інтелектуальної системи контролю мікрокліматом	51
3.2 Розробка алгоритму функціонування інтелектуальної системи контролю мікроклімату	53
3.3 Опис структури тестової моделі.....	54
3.4 Тестування інтелектуальної системи контролю мікроклімату	57
3.4.1 Результати тестування математичної моделі	57
3.4.2 Тестування хмарного сховища Firebase Realtime Database	58
3.4.3 Тестування розробленого зовнішнього інтерфейсу інтелектуальної системи контролю мікроклімату	59
Висновки до розділу	60
РОЗДІЛ 4. Стартап проект “GREEN HOUSE”	61
4.1 Розробка стартап-проекту «Green House»	61
4.2 Опис ідеї	61
4.3 Технологічний аудит ідеї проекту	65
4.4 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	65
4.5 Розроблення ринкової стратегії проекту	74
4.6 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	76
Висновки до розділу	80
ВИСНОВКИ.....	81
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	83

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

SmE – "розумне" навколишнє середовище;

IoT-Internet of Things – Інтернет речей;

Smart farm – розумні теплиці;

Smart Metering – розумні лічильники;

RDF(Realtime Database Firebase) – хмарна база даних NoSQL;

MVP(Minimum viable product) – Мінімально життєздатний продукт;

SRAM – флеш-пам'ять;

PMU –блок керування живленням мікроконтролера;

JSX – це простий JavaScript, який дозволяє цитувати HTML і використовує цей синтаксис HTML-тегів

DOM – це незалежний від платформи і мови програмний інтерфейс, що дозволяє програмам отримати доступ до вмісту HTML-, XHTML- і XML-документів, а також його анулювання, структуру і оформлення таких документів.

ВСТУП

У сучасному суспільстві все частіше приділяється увага якості життя людей. Поняття якості життя включає в себе таку область, як харчування, яке має велике значення для комфортного життя людини, яка в подальшому впливає на розвиток суспільства. Одним із способів забезпечити людину їжею є сільське господарство.

Все більше технологій з'являється для розвитку цієї галузі, особливо це помітно для рослинництва в закритому ґрунті, тобто теплиці. Для них розробляються нові системи посадки, моніторингу процесу зростання; обладнання для збірки, обробки, пакування і зберігання.

Нововведенням в даній області є розробка розумних теплиць або мікроферм. Воно спрямоване на отримання якісного врожаю, підвищення екологічності виробництва і зниження кількості витрачених ресурсів.

Застосування розумних теплиць в Україні є досить актуальним і прибутковим. Все частіше можна зустріти промислові агрокомплекси, які вдаються до технології розумних теплиць. Навіть деякі підприємливі громадяни споруджують на своїх ділянках або підвіконнях подібні конструкції. Площі, зайняті рослинами, можна було б використовувати більш продуктивно, тоді якісного продукту вистачало б не тільки для внутрішніх потреб країни, а й для імпорту закордон. А якби система володіла низькою вартістю і легкістю управління, то вона була б доступна практичним всім потенційним користувачам і застосовувалася б не тільки в промислових масштабах, але для приватних господарств.

Феномен Інтернету речей, який реалізує, в тому числі, концепцію об'єктної інтеграції, сьогодні освоює мережевий простір протоколу IPv6 з можливістю інтегрувати в мережеву взаємодію до трьохсот мільйонів пристроїв на кожного жителя планети. Інформація перестає бути абстрактною символічною тканиною комунікації, Інтернет речей трансформує комунікацію індивіда і предметності.

Розумна теплиця - це повністю, або майже повністю, автоматизована конструкція, яка дозволяє регулювати мікроклімат. Сучасні тепличні комплекси будуються багатопрогнозовими за типовими проектами, вони комплектуються необхідними інженерними системами підтримки мікроклімату: опалення, поливу,

вентиляції та циркуляції повітря, водостоку, водопостачання та каналізації, освітлення. Всі ці системи призначені для великих підприємств. Вони є складними в установці і експлуатації, а також мають високу вартість. Ці системи не застосовні для приватних або дрібних фермерських господарств.

Автоматизація теплиці має на увазі під собою відстеження різних показників і управління мікрокліматом для росту рослин. Розумна теплиця здатна здійснювати контроль над:

- теплом - запобігання перегріву або замерзання рослин;
- водою - так як в теплицю не потрапляють опади, необхідно управляти поливом рослин;
- світлом - додаткове підсвічування рослин або їх затемнення;
- витратою повітря і вологості - щільно закрита теплиця призведе до підвищення вологості і нестачі кисню і вуглекислого газу для рослин в залежності від часу доби;
- комах - можна не допустити проникнення шкідливих комах в теплицю або забезпечити комфортні умови для проживання корисних.
- Для кращого росту рослин необхідно одночасно контролювати більшу кількість цих показників. Це можуть забезпечити такі системи:
- зрошення - регулярне надходження води за графіком;
- вентиляція - включення або виключення вентиляторів, або відкривання і закривання кватирок;
- дозування поживних речовин - за допомогою аналізу ґрунту можна розподіляти поживні речовини по системі зрошення;
- боротьба з шкідниками - автоматичне обприскування рослин.

Для автоматизації та регулювання мікроклімату всі ці системи повинні управлятися одночасно і складати одну велику систему, яка зможе оптимізувати їх роботу.

1 РОЗДІЛ. АНАЛІЗ АРХІТЕКТУРИ СИСТЕМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ МІКРОКЛІМАТУ

1.1 Теоретичні аспекти для розуміння інтелектуально автоматизованої мікроферми

1.1.1 Інтернет речей

В інформаційному, постіндустріальному, технологічному суспільстві, як і в попередні епохи, людина протиставлена зовнішньому світу і в кореляціях з ним змушена шукати гармонію – «внутрішню рівновагу» власної суб'єктивності, «інфраструктурну рівновагу» медіасоціуму, «технологічну рівновагу» екології. Якщо світ для тварини виступає в єдиному "зовнішньому" його прояві, для людини він має вже потрійну природу, перекладаючи на мову суспільства споживання: світ речей, символів та інформації [5].

Якщо раніше можна було говорити про сучасний екологічний стан як про рівноважної системі символічного споживання світу, в якому предметність навколишнього середовища перетворюється в цінності їх розумного освоєння, то з появою конвергентних технологій необхідно говорити про цінності раціонального відтворення буття і конвергентного інтеграції розуму і «речовності»: так, наприклад, феномен Інтернету речей, що реалізує, зокрема, концепцію об'єкт-об'єктної інтеграції і долає технологічний генезис штрих-кодів, сьогодні освоює мережевий простір протоколу IPv6 з можливістю інтегрувати в мережеву взаємодію до трьохсот мільйонів пристроїв на кожного жителя планети.

Екологічне мислення не може більше абстрагуватися від нової онтологічної ніші людського "розумного" навколишнього середовища (smart environment, SmE), проникаючого комп'ютерні технології, розумні і гібридні середовища, кіберреальності, хмарних обчислень (clouding). Інформація перестає бути абстрактною символічною тканиною комунікації, Інтернет речей трансформує комунікацію індивіда і предметності [6].

Інтернет речей (IoT-Internet of Things) - концепція обчислювальної мережі фізичних предметів («речей»), оснащених вбудованими технологіями для

взаємодії один з одним або з зовнішнім середовищем, що розглядає організацію таких мереж як явище, здатне перебудувати економічні та суспільні процеси, що виключає з частини дій і операцій необхідність участі людини.

Коли окремі системи з датчиками (Розумний будинок, розумна машина, розумний холодильник тощо) обмінюються інформацією через Інтернет одним за допомогою хмарного інтерфейсу, продукують деякі рішення – команди, відправлені іншій системі, тоді ми маємо справу з Інтернетом речей.

Можливості застосування IoT дуже великі, вони проникають майже в усі сфери діяльності людини, підприємства і суспільства в цілому. Це такі сфери, як:

- Охорона здоров'я – забезпечення централізованого моніторингу та агрегацію даних медичного обладнання та додатків;
- Транспорт – транспортування, логістика та дистрибуція потребують постійному контролю та аналітиці, It-платформа допомагає в реальному часі інформувати про зміни, допомагає приймати обґрунтовані та швидкі рішення;
- Торгівля – впровадження технологій Інтернет речей на різних підприємствах допомагає автоматизувати виробництво;
- Сільське господарство – IoT-платформа дозволяє автоматизувати безліч областей діяльності сільгоспвиробництва, підвищуючи ефективність і фінансові показники.

У наш час розвиток області Інтернет речей дозволяє створювати автоматизовані системи, які доступні будь-яким користувачам. Вони більш гнучкі, ефективні і економічні в порівнянні з ручним керуванням. За допомогою таких технологій можливо розробити автоматизований комплекс, який зможе управляти мікрокліматом в теплиці, що надалі призведе до більш якісного догляду за рослинами, а це відповідно спричинить за собою підвищений урожай. Витрата ресурсів при цьому буде знижуватися, так як автоматизація дозволить вчасно прогнозувати необхідність залучення додаткових ресурсів.

Гуртуючись на цьому, можна зробити висновок про те, що технології Інтернету речей в області сільського господарства дозволяють:

- оптимізувати витрати для отримання врожаю, певні датчики зможуть визначити, на якому місці ділянки рослинам потрібно добриво або додаткове світло;
- можуть допомогти в боротьбі з шкідниками, для розпилення спеціальних засобів, що відлякують шкідників. Розпилення стане можливим проводити більш точкове, не зачіпаючи ділянки, на яких вони відсутні;
- економити воду, за допомогою групи датчиків, які дозволяють визначати ступінь вологості ґрунту, що дозволить коригувати частоту поливу.

Це одні з небагатьох критеріїв, які дозволяють зробити висновок про корисність і доцільність застосування Інтернет речей в цій галузі.

1.1.2 Інтернет речей в Україні

В Україні ринок IoT тільки починає розвиватися, і його обсяг все ще незначний, але перші помітні проекти вже є. Про його Інтернету речей в Україні говорять вже кілька років. То тут, то там навіть з'являються невеликі проекти – в основному це пілотні або тестові впровадження в сфері комунального або сільського господарства. До недавнього часу великих проектів у нас не спостерігалось. Але не так давно за справу всерйоз взялася "велика трійка" операторів мобільного зв'язку – "Vodafone Україна", "Київстар" і lifecell розгорнули свої інфраструктури для Інтернету речей. При цьому перші дві компанії використовують для цього технологію Narrow Band Internet of Things (NB IoT), в той час як lifecell розгортає мережі LoRaWAN. Хронологічно першим мобільним оператором, який розпочав масштабні випробування IoT сервісів на базі NB IoT, став «Київстар». Компанія провела тестування підходів і технологій в даному напрямку ще в 2018 році.

На початку 2019 го з'явилися перші платні підключення на території Київської та Одеської областей, а повноцінний запуск мережі NB IoT в комерційну експлуатацію офіційно відбувся 7 листопада 2019 року. Крім згаданих регіонів сервіс доступний у Харківській, Дніпропетровській, Львівській, а також у найбільших містах нашої країни – Києві, Харкові, Одесі, Дніпрі, Львові.

Однією з ключових можливостей, які відкриває нова операторська послуга, є можливість побудови мереж "розумних лічильників" (Smart Metering) для точного та оперативного обліку води, електроенергії, газу, тепла. Але це, звичайно, не єдина можливість – будь-який комерційний абонент може підключити до мережі оператора необхідну кількість власних IoT пристроїв. Крім того, «Київстар» пропонує абонентам послугу централізованого управління IoT пристроями на базі платформи Cisco Jasper.

У січні 2020 року про запуск в комерційну експлуатацію NB IoT на базі власної мережі LTE оголосила компанія «Vodafone Україна». Вартість річного обслуговування підключених IoT пристроїв становить 200 грн за цілий рік, але обсяг щомісячного пакетного трафіку обмежений 60 МБ. Все, що понад це – за додаткову плату. Через всього пару днів після запуску, оператор оголосив також про старт власного пілотного проекту «Розумний облік» (Smart Metering), який здійснювався спільно з декількома водоканалами України. Суть полягає в тому, що на вузли комерційного обліку води в інфраструктурі постачальників встановлюється електронне обладнання, за допомогою якого в онлайн-режимі знімаються і передаються показання лічильників. Такий підхід дозволяє автоматизувати процес збору даних, їх обробку та управління. На першому етапі пробні запуски сервісу відбулися в Сумах та Вишневому (Київська область), а 24 вересня, за результатами випробувань, «Vodafone Україна» оголосив про доступність послуги «Розумний облік водопостачання» на комерційній основі.

Інша справа, що в Україні не так багато комерційно перспективних областей застосування даної технології. В економічно розвинених країнах світу потужним драйвером для впровадження Інтернету речей є промисловість і сфера ЖКГ (де зазвичай присутня сильна конкуренція між постачальниками послуг). У нас же

виробничий сектор, за рідкісним винятком, уникає технологічних інновацій, а підприємства комунального господарства є монополістами в своїх сегментах і також не хочуть нічого змінювати. "Другим ешелоном" зазвичай йде транспорт і АПК. В Україні ряд агропромислових холдингів використовує IoT, але обсяги проектів там відносно невеликі просто в силу специфіки завдань.

Що ж стосується "розумного транспорту", то в цій сфері справа, в основному, обмежується підписанням всіляких меморандумів і протоколів про наміри між світовими виробниками, державними структурами нашої країни і різними галузевими асоціаціями. Іншими словами – реальних зрушень немає. Зате вельми активно почав розвиватися останнім часом сегмент "розумних будівель" на базі технологій IoT, особливо в новобудовах міст мільйонників. В цілому напрямок Інтернету речей в нашій країні розвивається, хоча і повільними темпами, втім, як і будь-які інші інновації.

1.1.3 Розумні теплиці

Розумна теплиця(Smart farm) – це повністю, або майже повністю, автоматизована конструкція, яка дозволяє регулювати мікроклімат [7].

Сучасні тепличні комплекси будуються багатошаровими за типовими проектами, вони комплектуються необхідними інженерними системами підтримки мікроклімату: опалення, поливу, вентиляції та циркуляції повітря, водостоку, водопостачання та каналізації, освітлення. Всі ці системи призначені для великих підприємств. Вони є складними в установці і експлуатації, а також мають високу вартість. Ці системи не застосовні для приватних або дрібних фермерських господарств.

Автоматизація теплиці має на увазі під собою відстеження різних показників і управління мікрокліматом для росту рослин.

Розумна теплиця здатна здійснювати контроль над:

- Теплом – запобігання перегріву або замерзання рослин;
- Водою – так як в теплицю не потрапляють опади, необхідно управляти поливом рослин;

- Світлом – додаткове підсвічування рослин або їх затемнення;
- Витратою повітря і вологості – щільно закрита теплиця призведе до підвищення вологості і нестачі кисню і вуглекислого газу для рослин в залежності від часу доби;
- Комахи – можна не допустити проникнення шкідливих комах в теплицю або забезпечити комфортні умови для проживання корисних. Для кращого росту рослин необхідно одночасно контролювати більшу кількість цих показників. Це можуть забезпечити наступні системи:
 - Зрошення – регулярне надходження води за певним графіком;
 - Вентиляція – включення або виключення вентиляторів, або відкривання і закривання кватирок;
 - Дозування поживних речовин – за допомогою аналізу ґрунту можна розподіляти поживні речовини по системі зрошення;
 - Боротьба з шкідниками – автоматичне обприскування рослин. Для невеликої автоматизації і регулювання мікроклімату всі ці системи повинні управляти одночасно і складати одну велику систему, яка зможе оптимізувати їх роботу.

1.2 Технології розумних теплиць

1.2.1 Розумний посів Smart ферми.

Посів насіння був колись трудомістким ручним процесом. Ефективний посів вимагає контролю над двома змінними: посадка насіння на правильну глибину і рознесення рослин на відповідній відстані один від одного, щоб забезпечити оптимальний ріст.

Обладнання для точного висіву на розумній фермі розроблено так, щоб кожен раз максимізувати ці змінні. Комбінування картографічних даних і датчиків, що деталізують якість ґрунту, щільність, вологість, а також рівень поживних речовин, значно спрощує процес посіву на розумній фермі.

У міру просування розумного сільського господарства в майбутнє, існуючі точні "сівалки" будуть поставлятися разом з автономними тракторами з

підтримкою IoT платформи, які передають інформацію фермеру. Таким чином можна засіяти ціле поле, і всього одна людина спостерігає за процесом через відеопотік або цифрову панель управління на комп'ютері або планшеті, в той час як по полю переміщається кілька машин.

1.2.2 Розумний полив і зрошення на Smart фермі

Підземне крапельне зрошення вже є поширеним методом, який дозволяє власникам контролювати, коли і скільки води отримують їх культури. Поєднуючи ці системи з все більш складними ІОТ датчиками для безперервного моніторингу рівня вологості і здоров'я рослин, фермери зможуть втручатися тільки в разі необхідності, в іншому випадку Розумна система на фермі буде працювати автономно.

Хоча системи підземного крапельного зрошення не є повністю автоматизованими, вони можуть працювати повністю автономно в контексті проекту розумна ферма, покладаючись на дані від ІОТ датчиків, встановлених на полях, для виконання іригації в міру необхідності.

1.2.3 Розумна прополка на Smart фермі

Прополка і боротьба з шкідниками є важливими аспектами технічного обслуговування і завданнями, які ідеально підходять для автономних робіт. У світі вже розробляється кілька прототипів.

Одні роботи розміром з машину вже можуть автономно переміщатися по полях, використовуючи відео, а також супутниковий GPS. Завдяки вдосконаленому машинному навчанню і штучному інтелекту (ШІ), машини можуть повністю замінити потребу людей в прополці або контролі культур на розумній фермі.

Інші роботи з культиватором буксуються за розумним трактором, з системами візуалізації, що розпізнають флуоресцентний барвник, яким покриваються насіння при посадці. Барвник передається молодим рослинам, під час росту. Потім культиватор зрізає не світяться бур'яни.

Хоча ці приклади являють собою роботів, призначених для прополки, одна і та ж базова машина може бути оснащена різними ІОТ датчиками, камерами і обприскувачами для виявлення шкідників.

Ці роботи не зможуть діяти ізольовано на розумній фермі, а будуть підключені до автономних тракторів з датчиками ІоТ.

1.2.4 Розумний збір врожаю на Smart фермі

Збір врожаю залежить від його готовності, тому необхідно працювати в будь-яку погоду і завершити збір врожаю протягом обмеженого періоду часу.

Традиційні комбайни можуть відразу отримати вигоду від використання автономних тракторних технологій для обходу полів. Додайте більш досконалу технологію з датчиками, підключеними до ІТ платформи, і машини зможуть автоматично починати збір врожаю на розумній фермі, як тільки умови стануть ідеальними, звільняючи фермера для виконання інших завдань.

Розвиток технологій, здатних до делікатного збирання врожаю, таких як збір фруктів з дерев або овочів, наприклад, таких як помідори - це те місце, де високотехнологічні розумні ферми будуть дійсно блискучими.

1.2.5 Моніторинг та аналіз в реальному часі

Легко оцінити переваги використання невеликого парку безпілотників замість групи робітників, які проводять години на ногах або в транспортному засобі, що подорожує по полю, щоб візуально перевірити умови посіву.

Саме тут важлива розумна підключена ферма, так як всі ці дані необхідні. Власники можуть переглядати інформацію та здійснювати огляд господарства тільки тоді, коли є конкретна проблема, що вимагає їх уваги, замість того, щоб витратити час на турботу про здорових рослинах.

1.3 Аналіз існуючих систем та структури інтелектуального контролю мікрофермою

У сучасному світі людство прагне якомога більше процесів реалізувати для роботи в автоматичному режимі, що дозволяє цим процесам і системам, які ними

керують, бути автономними і незалежними від людського втручання, а людина за рахунок подібної автоматизації набуває більше вільного часу.

1.3.1 Системи сучасного керування мікрокліматом

З давніх часів Сільське господарство вимагає від людини безпосередньої участі ручної праці, що робить ведення сільського господарства трудомістким і енерговитратним процесом.

Автоматизація теплиць[1] має на увазі під собою відстеження і управління кліматичними параметрами, які можна регулювати. Автоматизація підтримки мікроклімату сприяє кращому зростанню і підвищенню врожайності, а також зменшує витрати на ручну працю. Виникає необхідність високого ступеня автоматизації і механізації технологічних процесів.

У загальному випадку, систему управління можна розглядати як взаємозв'язок декількох управлінських процесів і об'єктів. Узагальненою метою автоматизації управління є підвищення ефективності використання потенційних можливостей об'єкта управління.

Виділяють наступні три види систем управління мікрокліматом:

1. Керовані вручну. Вони включають в себе візуальний контроль росту рослин, ручний полив рослин, включення і виключення регуляторів температури, ручне розпилення добрив і пестицидів. Це забирає багато часу, велика ймовірність людської помилки і, отже, ці установки менш точні і ненадійні.

2. Частково автоматизовані. Ці установки являють собою поєднання ручного контролю і часткової автоматизації і схожі на керовані вручну установки у багатьох відношеннях, але вони зменшують витрати праці, пов'язані з поливом і контролем параметрів

3. Повністю автоматизовані. Це складні установки, які добре оснащені, для того щоб реагувати на більшість кліматичних змін, що відбуваються всередині теплиці. Ці системи будуються на принципі зворотного зв'язку, що допомагає їм ефективно реагувати на зовнішні подразники. Хоча такі установки повинні подолати більшість проблеми, пов'язані з людським фактором, вони досить дорогі.

Перерахуємо ряд проблем, які пов'язані з вищезгаданими системами.

1. Складність, пов'язана з відстеження зміни кліматичних параметрів таких, як вологість повітря, вологість ґрунту, освітленість, рН ґрунту, температури та інших, які прямо або побічно регулюють ріст рослин.

2. Високі витрати на обслуговування, потреба в кваліфікованому технічному робочому персоналі. Сучасні установки використовують мобільні технології в якості систем зв'язку і бездротових систем збору даних, забезпечуючи глобальний доступ до інформації в своїх фермах. Але це пов'язано з обмеженнями різного роду, таких як складність конструкції, утруднений ремонт і висока ціна.

3. Велика частина комерційних проєктів з автоматизації теплиць розробляються для тепличних комплексів площею кілька гектарів, в той час як, Ринок автоматизації теплиць для фермерських та індивідуальних господарств залишається без уваги.

1.3.2 Структура інтелектуального контролю мікроклімату

Щоб зробити процес управління теплиці автоматичним, необхідно розуміти, якими процесами необхідно управляти і як їх можна автоматизувати [5].

Фотосинтез – це перетворення енергії світла в хімічну енергію живим організмом. Вихідними елементами цього процесу є діоксид вуглецю і вода, а джерелом енергії виступає сонячне світло. Результатом даного процесу є різноманітні вуглеводи і вода. Фотосинтез є дуже важливим процесом, так як майже все життя на Землі залежить від нього.

Важливість процесу фотосинтезу для продуктивного росту рослин, не говорить про те, що вони повинні бути освітлені весь час. Рослини також потребують оптимізації впливу на них світла протягом усього дня, тобто їм потрібні і темні періоди, коли на них не впливає сонячне світло. Для різних груп рослин інтервали світлого і темного періоду визначаються по-різному.

Транспірація – це випаровування води з надземних частин рослини, цей процес охолоджує рослини, а також забезпечує транспортування мінеральних

речовин від коренів до пагонів. Кількість води, що випаровується, також залежить від індивідуальних параметрів рослин.

Вологість і температура ґрунту, також роблять свій вплив на транспірацію. Тому необхідно контролювати ці показники, щоб забезпечити комфортні умови.

У даній роботі розглядається теплиця, в якій будуть вирощуватися ягідні культури. Тому розглянемо подібні умови конкретно для них.

1. Рівень освітленості-необхідний 12 годинний світловий день.
2. Температурний режим – кімнатна температура від 18 до 21 градуса Цельсія.
3. Вологість повітря – під час посадки рівень вологості в теплиці повинен бути на рівні 80%. Через три тижні після посадки вологість знижують до рівня 75%. На стадії цвітіння цей показник повинен бути на позначці 70%.
4. Вологість ґрунту – 80 - 85%

Автоматизована система управління повинна відстежувати кліматичні параметри і управляти виконавчими механізмами, бути легкою в обслуговуванні і експлуатації, дешевою. Основні сектори, де система може застосовуватися, це індивідуальні господарства.

1.3.3 Математична модель керування мікрокліматом

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

$$\rho \cdot V \cdot C \cdot \frac{dT(t)}{dt} = F(t) + Q_{\text{надх}} - (Q_{\text{втрати}} + fog(t)), \quad (1.1)$$

де ρ – щільність повітря теплиці;

V – обсяг повітря теплиці;

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

t – час;

C – питома теплоємність повітря;

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

$Q_{\text{надх}}$ – коефіцієнт насичення повітрям;

$Q_{\text{втрати}}$ – швидкість сумарного випаровування воду рослинами;

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

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

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

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

$$\rho \cdot V \cdot C_v \cdot \frac{dT(t)}{dt} = Q_s(t) + Q_{cc}(t) - C_{sat}(t) \cdot [Q_u(t) + Q_t(t)] - Q_v(t) + W(t), \quad (1.2)$$

де ρ – щільність повітря теплиці;

V – обсяг повітря теплиці;

C_v – теплоємність повітря;

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

t – час;

$Q_s(t)$ – сонячна енергія, що передається повітрю в теплиці;

$Q_{cc}(t)$ – енергія обміну при провідності і конвекції;

$Q_p(t)$ – обмін енергії з рослинами;

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

$Q_u(t)$ – втрати енергії за рахунок сумарного випаровування води рослинами;

$Q_t(t)$ – втрати енергії за рахунок розпилення води системою туману;

$Q_v(t)$ – енергія обміну повітряної вентиляцією;

$W(t)$ – енергія системи обігріву.

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

- сонячної енергії, що нагріває внутрішнє повітря теплиці – $Q_s(t)$;
- температури повітря навколишнього середовища, що надходить в теплицю через систему вентиляційних фрамуг і щілини – $Q_v(t)$;
- температури повітря навколишнього середовища, що впливає на обмін енергією через стіни шляхом провідності і конвекції – $Q_{cc}(t)$;
- сумарного випаровування води рослинами, що призводить до охолодження повітря теплиці – $Q_u(t)$;
- енергії системи обігріву – $W(t)$;
- втрат енергії від розпилення води системою туману – $Q_t(t)$;
- теплообміну з рослинами – $Q_p(t)$.

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

$$S_{outside} \cdot C_p \cdot \frac{dT_p(t)}{dt} = Q_{ur}(t) - Q_p(t) - Q_g(t), \quad (1.3)$$

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

C_p – теплоємність повітря;

$T_p(t)$ – температура рослин всередині теплиці;

t – час;

$Q_{ur}(t)$ – енергія, засвоюється рослинами протягом дня;

$Q_p(t)$ – обмін енергії з рослинами;

$Q_g(t)$ – втрати енергії через ґрунт;

Співвідношення (3) показує, що зміна температури рослин теплиці залежить від наступних складових:

- енергії, засвоєній рослинами – $Q_{ur}(t)$;
- втрат енергії через ґрунт – $Q_g(t)$;
- теплообміну повітря з рослинами – $Q_p(t)$.

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

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho \cdot V \cdot \frac{dX(t)}{dt} = F(t) + C_{sat}(t) \cdot [E(t) + fog(t)]; \\ \rho \cdot V \cdot C_v \cdot \frac{dT(t)}{dt} = Q_s(t) + Q_{cc}(t) - C_{sat}(t) \cdot [Q_u(t) + Q_t(t)] - Q_v(t) + W(t); \\ S_{outside} \cdot C_p \cdot \frac{dT_p(t)}{dt} = Q_{ur}(t) - Q_p(t) - Q_g(t). \end{array} \right. \quad (1.4)$$

Структура системи показана на рисунку 1.1

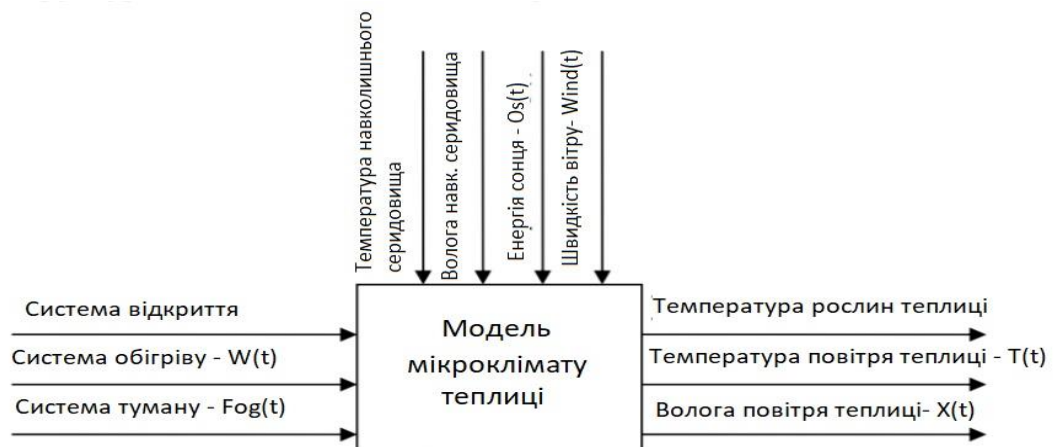


Рисунок 1.1 — Математична модель температурно-вологісного режиму теплиці

Модель є наближеною, в ній не враховується наступні фактори:

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

При моделюванні системи керування керування мікрокліматом мікроферми застосовується двоконтурна структура керування (Рис. 1.1), її контури відносяться до вологості і температури повітря. Регуляція здійснюється з використанням цифрових регуляторів, які реалізують нелінійний пропорційно-інтегральний закон керування який описується формулою:

$$u(t) = (k_p + k_{n1})\varepsilon(t) + (k_i + k_{n2}) \int \varepsilon(t)dt , \quad (1.5)$$

де $u(t)$ – управляючий вплив,

$\varepsilon(t)$ – неузгодженість між завданням і виходом об'єкта,

k_p – коефіцієнт посилення пропорційної частини,

k_i – коефіцієнт при інтегральній частині,

k_{n1}, k_{n2} – коефіцієнти при нелінійній частині.

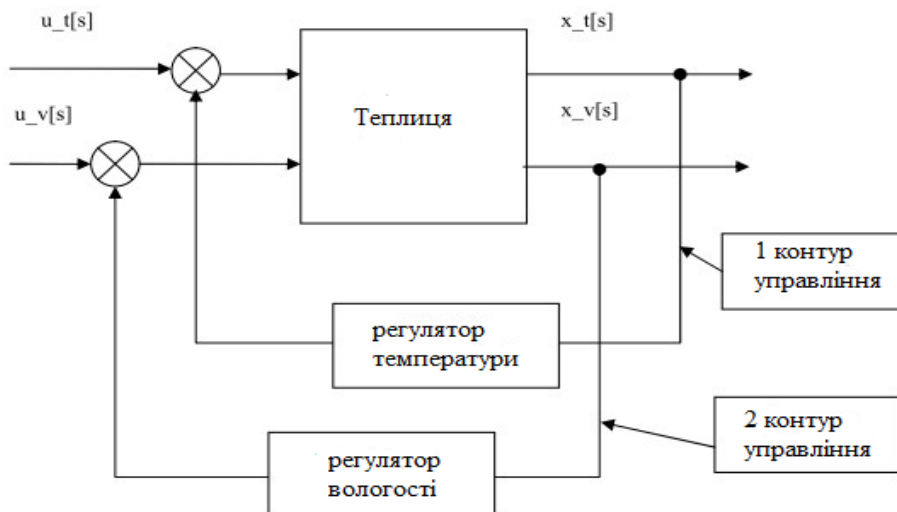


Рисунок 1.2 — Структура двоконтурного управління параметрами мікроклімату

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

Дана модель дозволяє при різних сторонніх впливах (температура і вологість навколишнього середовища, сонячна активність) простежити статичні і динамічні характеристики теплиці (температура повітря і рослин, абсолютна і відносна вологість повітря). Модель забезпечує: розрахунок задають впливів по температурі і відносній вологості всередині теплиці; регулювання температурно-вологісного режиму всередині теплиці; розрахунок показників якості управління.

1.4 Приклади існуючих мікроферм та систем інтелектуального керування мікрокліматом

1.4.1 Типи міні-теплиць

Міні-теплиці розрізняються за розміром, конструкції, матеріалами і призначенням. Зовсім маленькі теплички можуть використовуватися вдома або на лоджії. Переносні теплиці дуже зручні-з настанням тепла їх можна легко транспортувати на дачну ділянку. На ділянці їх можна переміщати в потрібне місце, наприклад, вкривати посадки невеликої площі від негоди, або для адаптації розсади, висадженої у відкритий ґрунт.

Їх можна поділити на наступні типи:

1. Каркасні – більшість міні-теплиць відноситься саме до цього типу, незалежно від їх розмірів. Такі теплиці найзручніші. Їх конструкція дозволяє дотримати всі зазначені вище умови. Зробити їх можна з будь-якого підручного матеріалу, так що особливих витрат вона не зажадає. Вирощувати в каркасних теплицях можна все, тому що її розміри залежать тільки від творчої та інженерної думки її творця.

2. Теплиця-хлібниця – дуже вдала конструкція з усіх точок зору.

Використовується як для кімнатних міні-теплиць, так для великих стаціонарних

парників на ділянці. У ній може вирощуватися розсада, Кімнатні квіти, зелень. Все залежить від її розміру.

3. Гроубокс чи термобокс – на відміну від класичних світлопроникних теплиць, це ящик з непрозорого матеріалу з внутрішнім мікрокліматом і освітленням. Вирощувати в гроубоксі можна все, навіть тропічні рослини. Така теплиця може стати цікавою частиною інтер'єру, якщо зробити її передню стінку у вигляді заклоєної панелі. За нею в можна розмістити цікаві композиції з тропічних кімнатних рослин. Термобокс, на відміну від гроубокса – це абсолютно ізольована герметична система без прозорих стінок. Такі теплиці високотехнологічні і можуть бути обладнані автоматичними системами підсвічування, поливу і підтримки необхідного рівня вологості і температури.

4. Теплиця-стелаж – такі домашні теплиці дозволяють економити площу, так як можуть встановлюватися один на одного. Вони добре виглядають на балконах і лоджіях і прекрасно підходять для вирощування кімнатних квітів. Хоча в ній також добре росте розсада, зелень і овочі.

5. Вігвам – найпростіша за конструкцією Вулична міні-теплиця, яку можна переносити і використовувати для різних цілей. Їй можна накривати молоді саджанці плодкових дерев або кущів, встановлювати над кущами ґрунтових помідор або перцю в негоду.

1.4.2 Розумна міні-теплиця Bloomengine

Bloomengine Inc. заснована в Сеулі, Південна Корея, і розробляє та надає продукти та послуги, пов'язані з міським сільським господарством, щоб полегшити людям, що живуть у великих містах (Сеул, Нью-Йорк, Гонконг, Токіо, Лондон тощо) участь у міському сільському господарстві.



Рисунок 1.2 — Розумна міні-теплиця Bloomengine

В даний час флагманським продуктом є персональний розумний кімнатний плантатор Bloomengine. Він вирощує декоративні квіти з насіння в приміщенні і допомагає проростаючим і зростаючим квітам вирощувати власних «домашніх тварин». Крім того, стильний дизайн, унікальний структурний дизайн та інтелектуальне світлодіодне освітлення створені для того, щоб завоювати нагороду Gold of Korea Good Design Award. Ціна даної міні-теплиці близько 140 доларів.

За допомогою Bloomengine рослини можна контролювати, поливати і доглядати за ними в будь-який час і в будь-якому місці. Bloomengine ідеально підходить для любителів рослин, які хочуть випробувати паростки насіння, бутони і цвітіння в зручності свого власного будинку.

Система включає:

1. Управління Додатком (Wi-Fi)
2. Вбудована камера Full HD
3. Автоматична Система Зрошення
4. Оптимізований світлодіодного освітлення для квітів і RGB
5. Мікро-вентилятор для вентиляції повітря

6. Легка посадка зі стисненим ґрунтом

Крім того, компанія розробляє інтелектуальну садову модульну систему, щоб люди, які живуть в місті, могли більш активно і легко брати участь в міському сільському господарстві, використовуючи вільний простір і внутрішній простір в місті. Виходячи з цього, компанія готує індивідуальні рекомендації по розсаді і регулярну службу доставки саджанців і допоміжних матеріалів, а в майбутньому планує вирости в провідну компанію в галузі міського сільського господарства, надаючи продукти і послуги, провідні міське сільське господарство в майбутньому.

1.4.3 Кімнатна міні-ферма Rotofarm

Мельбурнський стартап Base в 2019 році показав на краудфандинговій платформі Kickstarter проект настільної ферми Rotofarm, а зараз прийшов з ним на Indiegogo для фінансування серійного виробництва.

За формою Rotofarm нагадує гібрид величезної настільної лампи і безлопатевого вентилятора Dyson, по суті ж це півтора метра городньої грядки, упаковані в напівсферичну чашу з лампою денного світла. Чаша з вбудованою світлодіодною лампою повільно обертається навколо своєї осі, здійснюючи повне коло за годину. З насіння для посадки можна вибрати кілька видів салату, м'яту, паростки пшениці, шніт-цибуля або їстівні квітучі культури.



Рисунок 1.2 — Кімнатна міні-ферма Rotofarm

1.4.4 Cyber Grow

Cyber Grow – це Українська компанія, яка виготовляє та пропонує міні-теплиці та тепличні комплекси на любий смак. Основним продуктом є аеропонні теплиці.

Аеропонні установки особливо вигідні в районах, з проблемним водопостачанням і неродючим ґрунтом. У таких районах економлять витрату води, добрив та електроенергії. З появою джерел світла нового покоління, основна витратна частина аеропонного методу перетворилася в економічно вигідну і зручну технологію. Також такі установки легко встановити вдома.

Тепличне приміщення з клімат контролем, включає в себе:

- кондиціонування;
- вентиляція;
- газовий або електричний обігрів;
- покриття подвійною світло стабілізованою поліетиленовою плівкою, із захистом від руйнування UV-випромінювання, з антиконденсатним покриттям;
- блок управління, для контролю подачі повітря і роботи турбіни, яка подає повітря між шарами плівки.

Функціональність розчинного вузла дозволяє автоматично коригувати задані режими поливу, а також параметри по концентрації добрив (EC) і кислотності (pH).



Рисунок 1.3 — Аеропонна вертикальна міні-теплиця Cyber Grow

1.4.5 OverGrower

OverGrower – прилад автоматизації вирощування за допомогою якого можна без праці і зайвого клопоту отримаєте хороший урожай задавши необхідні параметри, прилад OverGrower буде сам все контролювати.

Це повна автоматизація гідропоніки для віддаленого вирощування рослин. Це система з 8 датчиків, яка створює ідеальні умови. Один прилад розрахований на одну зону вирощування розміром до 5 000 м² або на один вид рослин знаходяться на однаковому етапі росту (еквівалент від 1 до 660 кущів томата).

Система враховує і коригує всі параметри живильного розчину і мікроклімату формуючи оптимальні умови для кращого росту і розвитку рослин.

Прилад управляє параметрами:

- Кислотно лужний баланс рН
- Кількість і склад мікроелементів (TDS/EC).
- Температура розчину
- Температура повітря
- Вологість повітря
- Освітленість
- Рівень води в Баку
- Концентрація CO₂ в повітрі



Рисунок 1.4 — Прилад OverGrower

1.5 Порівняння та аналіз існуючих систем контролю мікрокліматом

На сьогодні тепличне домашнє господарство все менше схоже на звичайне сільськогосподарське підприємство, як його всі розуміють. Воно скоріше перетворюється на високоефективне домашнє, а в масштабах промислового виробництва таких продуктів як овочі, фрукти, зелені чи квіти та їм подібного. Керування таким процесом виробництва складне завдання, тому його автоматизація та спрощення матимуть великий вплив на кінцевий результат – досить висока якість продукту та постійно стабільний збір врожаю.

Особливо перспективною нішею є невеликі домашні господарства, які могли б використовувати мікроферми не лише для власного споживання, а і для продажу. І тоді на перший план виходять системи, які б дозволили комплексно спростити та автоматизувати даний процес.

Тоді наступним пунктом важливих складових є економічне використання енергії. В останні роки повторюється сценарій енергетичної кризи в Європі в вісімдесятих роках 20-го століття, коли ціна на електроенергію різко зросли і країни Європи змушені були повністю переглянути підходи до теплопостачання. Тому зараз ціна на електроенергію зростають, знову змушуючи шукати шляхи економії енергії як для промисловості так і для населення.

У всьому світі існує безліч нових та старих тепличних господарств з керуванням мікроклімату, та мало систем керування мікрокліматом мікроферм, призначених для менш об'ємного чи власного виробництва продуктів. Модернізація старих обмежена і також заходи щодо покращення ізоляції теплиць не найкращі.

Покращення економічності споживання енергії можливе за умови використання більш ефективних методів керування енергосистемою. Тому буде правильним впровадження все більш досконаліх, економічних елементів системи та більш досконалі програмні рішення для автоматизування систем керування мікрокліматом здатних приймати самостійні рішення, і поєднувати точність вимірів даних та економічне споживання теплової та електричної енергії.

Усі сучасні системи приблизно відповідають загальній будові яка зображена на фрагменті функціональної схеми системи керування та регулювання мікрокліматом теплиці(Рис. 1.6).

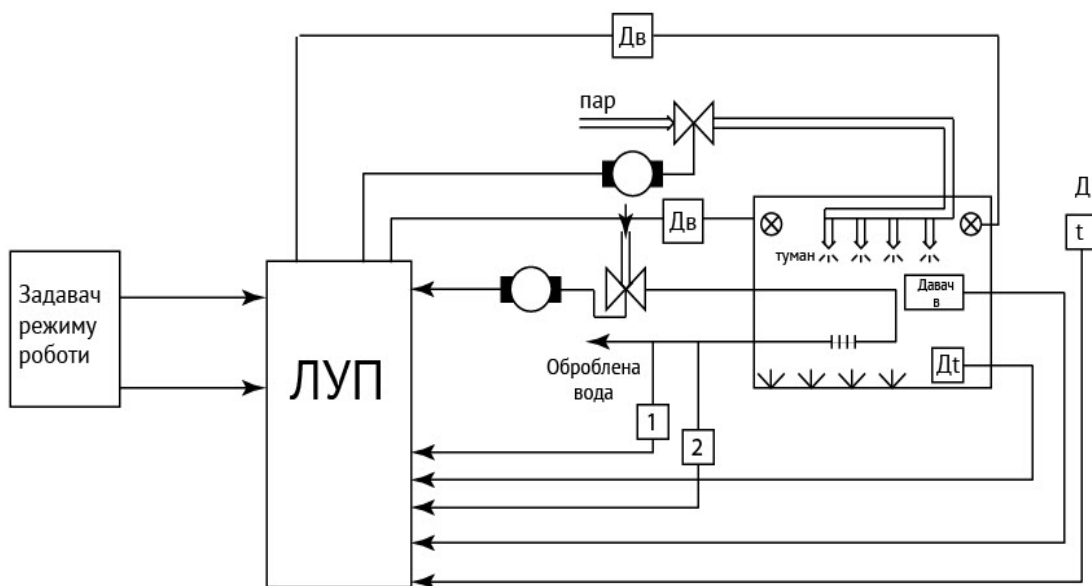


Рисунок 1.6 — Фрагмент функціональної схеми системи керування та регулювання мікрокліматом теплиці

Одним з основних принципів роботи системи є включення/виключення обладнання, а саме:

- Спрацювання температурного регулятора всередині теплиці призводить до включення/виключення системи підігріву, зволоження повітря, системи вентиляції;
- Система вентиляції запускається у випадку підвищення рівня температури або вологості повітря вище вказаної норми;

Система керування мікрокліматом отримує інформацію з усіх встановлених зовнішніх датчиків, але важливі дані з основних:

- Температури повітря
- Вологості повітря
- Освітлення
- Рівня вологості ґрунту

Об'єктивно, жодна система, незалежно від її складності та досконалості не може обійтися без людини, тому що кожний комп'ютер виконує і знає лише ті команди, які в нього заклала людина. Сучасні програми управління дозволяють прибрати або додати на екран монітора лише ту інформацію, яку користувач вважають потрібною. Ці налаштування індивідуальні для кожного користувача та мікроферми.

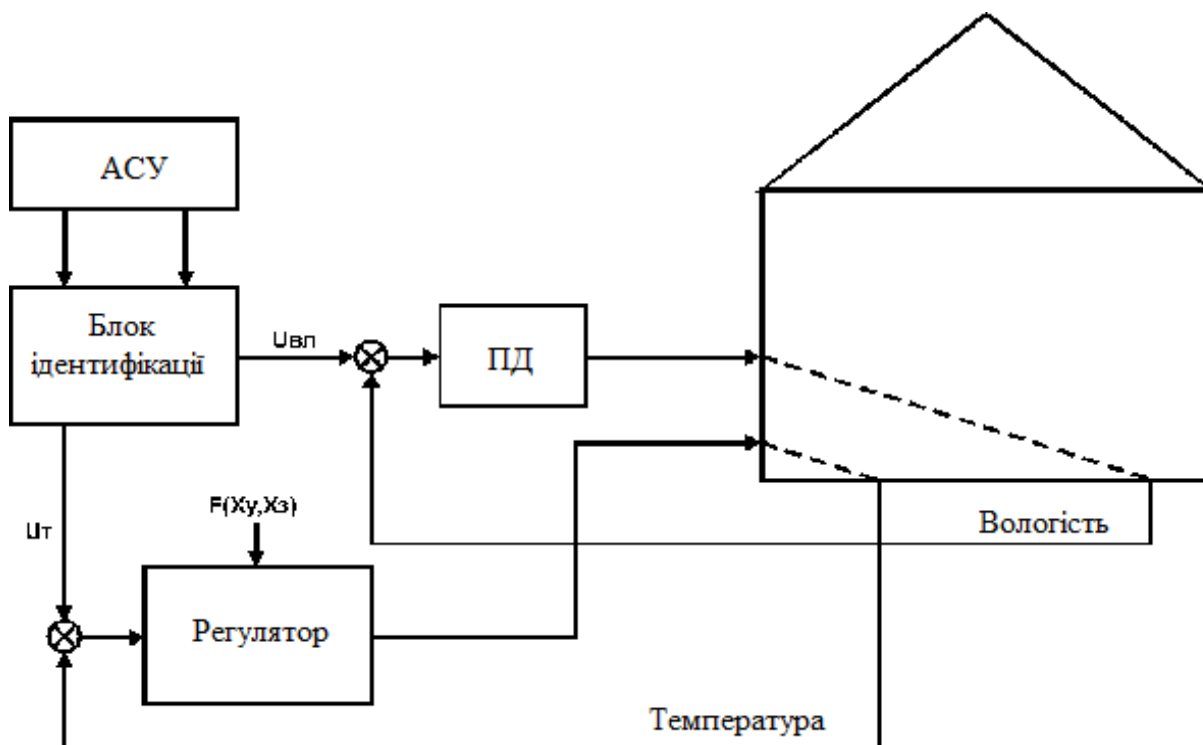


Рисунок 1.7 — Структурна схема системи керування мікрофермою

Загалом, сучасні технології і все більша автоматизація процесів у теплицях роблять роботу більш комфортною та зменшують витрати праці, залучаючи в цю область сільського господарства не лише молодих кваліфікованих фахівців, а я любого бажаючого вирощувати різну продукцію у себе вдома.

На сьогодні неможливо уявити сучасну теплицю чи мікроферму без простої, енергоекономної, потужної, швидкодіючої та надійної системи керування мікрокліматом.

1.6 Мета і постановка задачі магістерської дисертації

Застосування розумних теплиць в Україні є досить актуальним і прибутковим. Все частіше можна зустріти промислові агрокомплекси, які вдаються до технології розумних теплиць. Навіть деякі підприємливі громадяни споруджують на своїх ділянках або підвіконнях подібні конструкції. Площі, зайняті рослинами, можна було б використовувати більш продуктивною, тоді якісного продукту вистачало б не тільки для внутрішніх потреб країни, а й для імпорту закордон. А якби система володіла низькою вартістю і легкістю управління, то вона була б доступна практично всім потенційним користувачам і застосовувалася б не тільки в промислових масштабах, але для приватних господарств.

Мета роботи – надати можливість домашнім господарствам користуватися спрощеною та високоефективною системою та програмним забезпеченням для інтелектуального управління мікрофермою, які будуть підтримувати ідеальний мікроклімат для вирощування ягідних культур.

Вище наведений аналіз сучасних методів, технічних та програмних засобів управління мікрокліматом дозволяє визначити основні задачі, які необхідно досягнення мети дисертації:

1. вибрати умови для мікроклімату і їх параметри, які необхідно підтримувати для створення сприятливих умов для вирощування ягідних культур;
2. вивчити методи і моделі для створення і підтримки цих умов;
3. розробити на основі вивченого матеріалу алгоритм для реалізації автоматизації підтримки мікроклімату;
4. реалізація програмного забезпечення;
5. аналіз результатів роботи і формулювання висновків про доцільність використання даного програмного забезпечення і складання бізнес плану по відкриттю підприємства для вирощування ягідних культур з використанням автоматизованої мікроферми.

Розроблений продукт має відповідати наступним вимогам:

- енергоефективність;
- доцільність використання;
- можливість до масштабування;
- інтуїтивно зрозумілий інтерфейс;
- простота використання;
- простота в налаштуванні

Висновки до розділу

В Україні застосування автоматизованих систем управління мікрокліматом в теплицях є перспективною областю. Створення актуальних продуктів для сільськогосподарського ринку позитивно позначиться на імпортозаміщенні та розвитку країни. Автоматизовані системи управління мікрокліматом з більш низькою вартістю і простотою в експлуатації знизить вартість і зміст самих теплиць.

В результаті проведеного аналізу в першому розділі сформульована постановка задач, наведене призначення, цілі та задачі розробки.

Для розробки даного програмного забезпечення, яке і є кінцевим продуктом, необхідно розглянути елементну базу, щоб вибрати найбільш підходящу для реалізації задуманої системи. Вивчити параметри клімату, модель управління цим кліматом. Написати технічне завдання зі всіма вимогами до роботи системи. Налагодити і протестувати програмне забезпечення.

Автоматизована система управління повинна відстежувати кліматичні параметри і керувати виконавчими механізмами, бути легкою в обслуговуванні і експлуатації, мати низьку вартість. Основні сектора, де система може застосовуватися, це індивідуальні господарства.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ТА ВИБІР МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ МІКРОКЛІМАТОМ

2.1 Технологічний огляд елементів системи контролю мікрокліматом

Підтримка заданих кліматичних параметрів є невід'ємною частиною нормального функціонування системи контролю мікрокліматом. Підбір оптимальних і близьких до ідеальних умов для росту, в цій роботі, для ягідних культур також є важливою частиною, так як вони засновані на мікрокліматі.

Основними завданнями системи автоматичного управління є:

- керування температурою повітря;
- керування іригаційними системами;
- керування системами освітлення.

Раніше автоматизація роботи теплиць була дорогою, а іноді процедурою яка не окупається, але на даний момент вирішення цієї проблеми не таке дороге і окупається, а в майбутньому приносить ще більшу користь. Мікроконтролери – це програмований чіп, який дозволяє управляти різними електронними пристроями. Мікроконтролер містить одне або кілька процесорних ядер, пам'ять і програмовану вхідну і вихідну периферію [4].

2.1.1 NodeMCU ESP8266

NodeMCU – це плата, яка була розроблена для "Інтернету речей" (IoT), насправді ця плата може з'єднувати фізичний об'єкт (реле, лампочки, датчики, мотори, чайники, магнітні дверні замки і взагалі все, що працює від електрики) з Інтернетом. На сьогодні, це один з найпопулярніших напрямків в області технологій.

Ця платформа універсальна і має відносно низьку ціну. Технічне рішення включає в себе оптимізацію процесів регулювання вологості, освітлення, температури і вентиляції теплиці. Для цього використовуються датчики вологості, освітленості (фоторезистори) і температури відповідно.

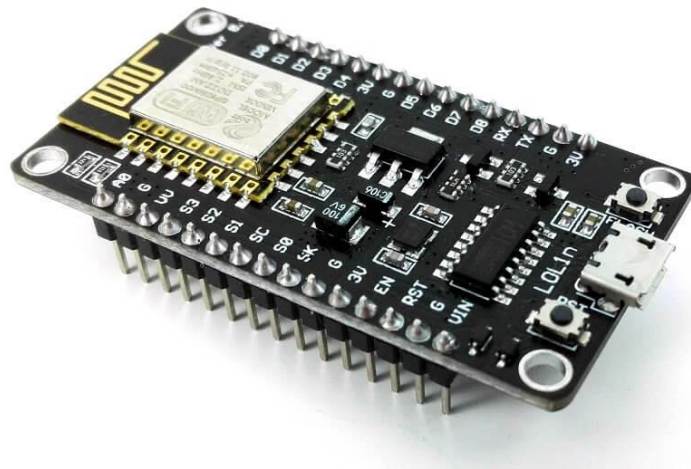


Рисунок 2.1 — Плата NodeMCU ESP8266

Характеристики:

- Робоча напруга: 5В (від USB);
- Максимальний струм: 220мА;
- Модуль ESP8266;
- Підтримка Wi-Fi протоколів : 802.11 b / g / n;
- Підтримуються режими: WiFi Direct (P2P), soft-AP (точка доступу);
- Вбудований стек: TCP / IP

Серцем плати NodeMCU є чіп АСР-12Е, в який вбудовано мікроконтролер ESP8266 з тактовою частотою 80 МГц (може бути розігнаний до 160 МГц) і 4 МБ флеш-пам'яті. ESP8266 включає в себе приймач Wi-Fi b / g / n, так що можливо не тільки підключитися його до мережі Wi-Fi, але і створити свою власну мережу.

2.1.2 Датчик температури й вологості DHT22

Датчик DHT22 [2] складається з двох основних частин: ємнісного датчика вологості і термістора. Також в корпусі є проста мікросхема для перетворення аналогового сигналу в цифровий. Зчитування цифрового сигналу на виході досить просте.

Характеристики:

- Джерело живлення від 3В до 5В;
- Максимальне споживання струму 2.5 мА під час перетворенні (при запиті даних);
- Призначений для вимірювання рівня вологості в діапазоні від 0% до 100%. При цьому точність вимірювань знаходиться в межах 2% - 5%;
- Вимірює температуру в діапазоні від мінус 40 до плюс 125 градусів С точність плюс-мінус 0,5 градуса Цельсія;
- Частота вимірювань до 0.5 Гц (один вимір за 2 секунди);

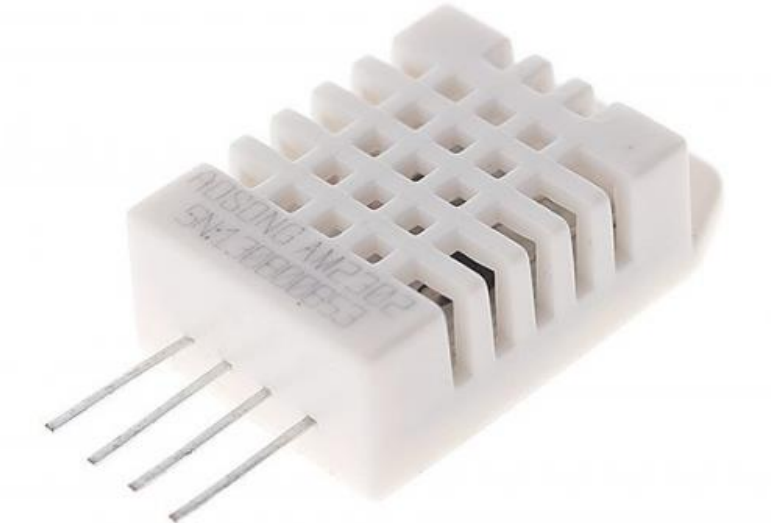


Рисунок 2.2 — Датчик DHT22

У сонячну погоду чи при високій кімнатній температурі підвищення температури може бути вище номінального значення, датчик температури передає відповідний сигнал на NodeMCU, в залежності від якого буде працювати вбудована в процесор програма, і включати вентиляційні пристрої для зниження як температури, так і провітрювання теплиці. При падінні температури нижче номінального значення, наприклад, в холодну пору року, опалювальні прилади автоматично включаються разом з системою вентиляції для швидкої конвекції повітря, а також вимикаються при досягненні потрібної температури.

2.1.3 Датчик рівня вологості ґрунту

Такі датчики підключаються досить просто [3]. Два з трьох роз'ємів – це живлення (VCC) і земля (GND). При використанні датчика рекомендується періодично відключати його від джерела живлення, щоб уникнути можливого окислення. Третій вихід – це сигнал (sig), з якого будуть зніматися показники. Два сенсорних контакту працюють за принципом змінного резистора – чим більше вологи в ґрунті, тим краще контакти проводять електрику, опір зменшується, а сигнал на sig-контакті збільшується. Аналогові значення можуть відрізнятися в залежності від напруги і роздільної здатності аналогових висновків мікроконтролера.

Інформацію про стан мікроклімату в теплиці можна контролювати дистанційно і вносити корективи в керуючі програми всіх процесів, таке рішення дозволить заощадити час і гроші.

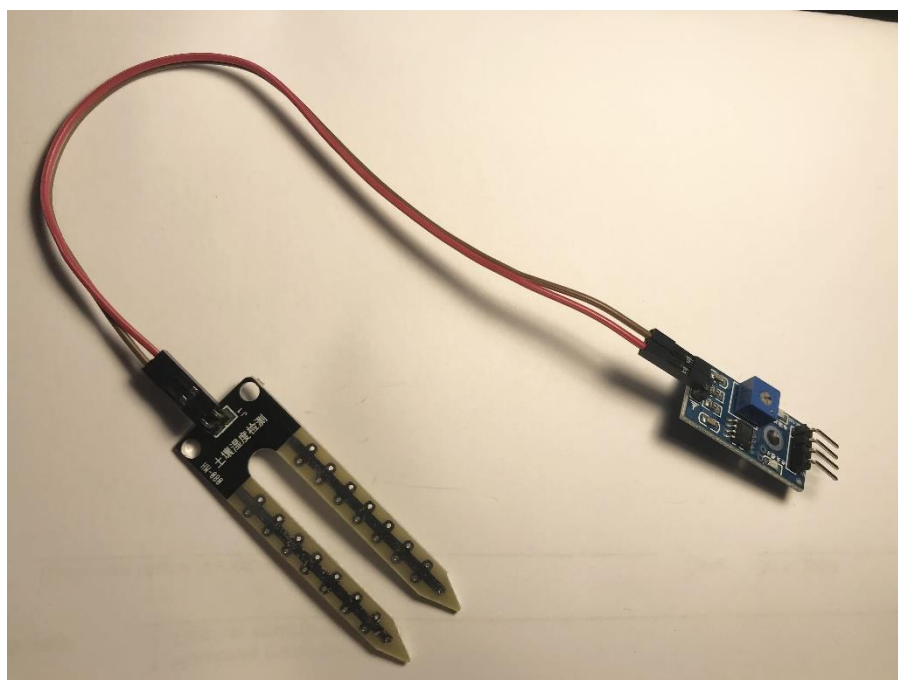


Рисунок 2.3 — Датчик рівня вологості ґрунту

Характеристики:

- Джерело живлення: 3.3В або 5 в;

- Максимальне споживання струму 4.5мА;
- Глибина занурення в ґрунт: 45мм;
- Робоча температура: 4-85 градусів за Цельсієм;

2.1.4 Датчик освітлення ВН1750

ВН1750 – це цифровий датчик освітлення, який являє собою цифровий датчик навколишнього світла ІС для інтерфейсу шини І2С. Ця мікросхема найбільш підходить для отримання даних про навколишнє освітлення для регулювання потужності освітлення теплиці. Можна виявити широкий діапазон при високій роздільній здатності.

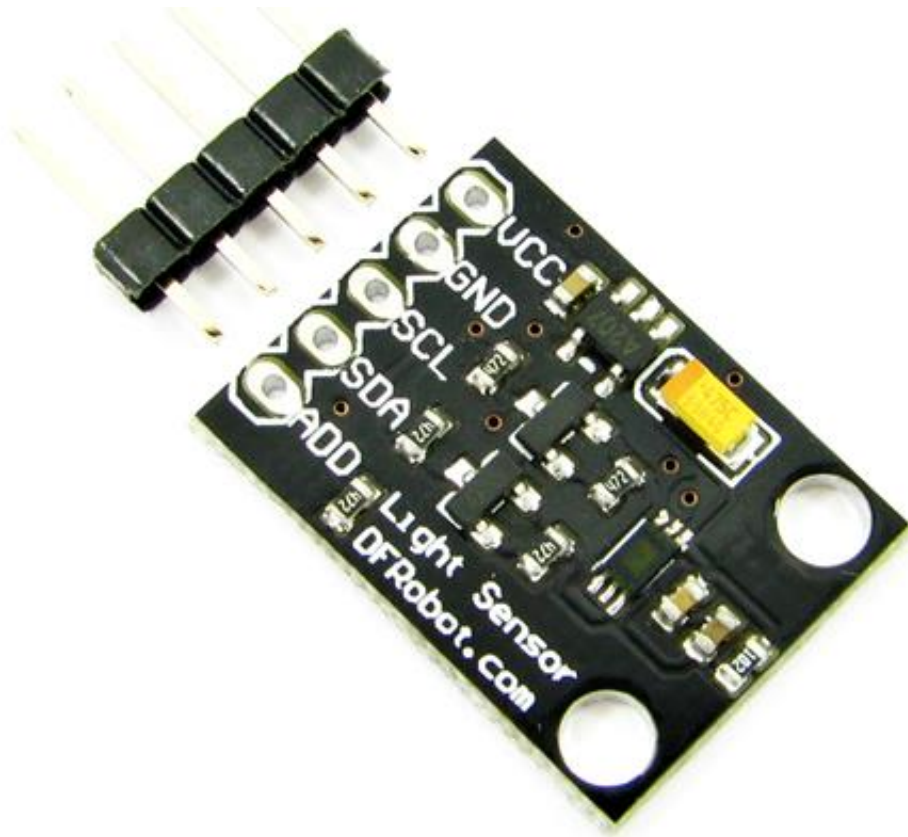


Рисунок 2.4 — Датчик освітлення ВН1750

Характеристики:

- Освітленість в цифровий перетворювач;
- Широкий діапазон і висока роздільна здатність. (1 - 65535 ЛК);
- Низький струм за допомогою функції відключення живлення;

- Відхилення світлового шуму 50 Гц / 60 Гц;
- Відсутність необхідності будь-яких зовнішніх деталей;

2.1.5 Модуль годинника реального часу DS3231

DS3231 – це недорогий, надзвичайно точний годинник реального часу (RTC) з вбудованим кварцовим генератором з температурною компенсацією і кристалом.

Пристрій включає в себе вхід батареї і підтримує точне хронометрування, коли основне живлення пристрою переривається. Інтеграція кристалічного резонатора підвищує довгострокову точність пристрою, а також зменшує кількість деталей у виробничій лінії. DS3231 випускається в комерційному і промисловому діапазонах температур.

RTC зберігає інформацію про секунди, хвилини, години, дні, дату, місяць і рік. Дата в кінці місяця автоматично коригується на місяці з менш ніж 31 днем, включаючи поправки на високосний рік. Модуль працює або в 24-годинному, або в 12-годинному форматі з індикатором АМ/РМ.

Передбачені два програмованих таймера часу доби і програмований прямокутний вихід. Адреса та дані передаються послідовно по двонаправленій шині I2C. прецизійна термокомпенсована схема порівняння напруги і компаратора контролює стан VCC для виявлення збоїв живлення, забезпечення виходу скидання і автоматичного перемикання на резервний джерело живлення при необхідності.

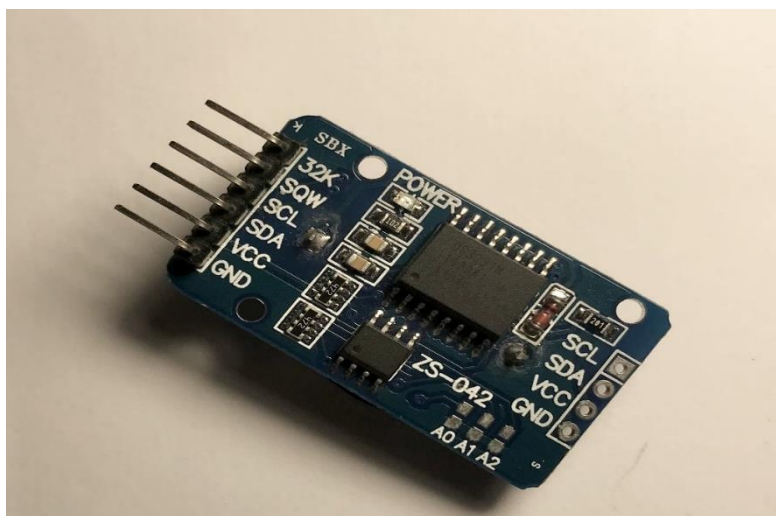


Рисунок 2.5 — Модуль годинника реального часу DS3231

2.1.6 Двоканальний оптично ізолюваний реле модуль

Це низькорівнева 2-канальна релейна інтерфейсна плата 5 В, і кожен канал потребує у струмі драйвера 15-20мА. Його можна використовувати для управління різними приладами та обладнанням з великим струмом.

Він оснащений потужнострумової реле, які працюють під напругою AC250V 10A або DC30V 10A. Він має стандартний інтерфейс, який може управлятися безпосередньо мікроконтролером. Цей модуль оптично ізолюваний від високовольтної сторони для забезпечення безпеки, а також запобігає замикання на землю при інтерфейсі з мікроконтролером.

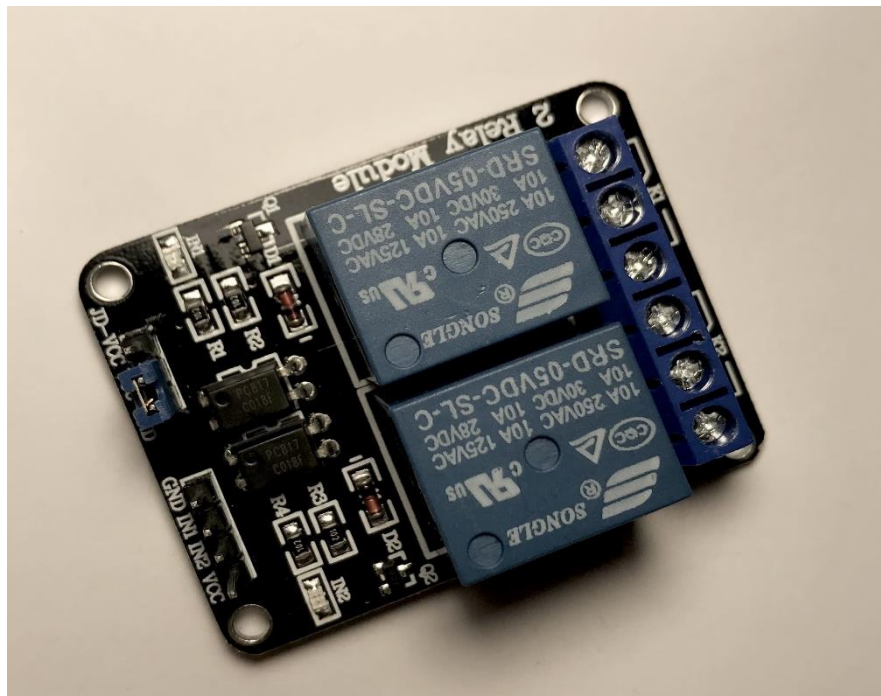


Рисунок 2.6 — Двоканальний оптично ізолюваний реле модуль

Характеристики:

- Джерело живлення: 5В;
- Максимальне споживання струму: 40мА;
- Сигнал відключення: 0В (низький рівень);
- Оптично ізолюваний;
- Кількість реле: 2шт.

2.2 Огляд засобу збереження даних

Мікроконтролери мають невелику внутрішню пам'ять, якої недостатньо для збереження генеруються датчиками даних протягом тривалого часу, або ви повинні використовувати якийсь зовнішній запам'ятовуючий пристрій, або можете зберегти дані в якійсь хмарі за допомогою інтернету. Крім того, іноді стає важко керувати, коли датчик розгорнуто в якомусь екстремальному місці, куди людина не може дістатися або його важко часто відвідувати. Щоб виправити такі проблеми, ми завжди шукаємо способи, за допомогою яких ми хочемо контролювати дані датчиків в режимі реального часу з будь-якого місця без будь-якої фізичної присутності в цьому місці.

Для вирішення даної задачі можуть бути використані бази даних реального часу, де ми просто повинні взаємодіяти з якимось контролером, який може бути підключений до інтернету і може обмінюватися даними з хмарним сервером. Дані сервера можуть бути корисними для моніторингу поведінки системи в реальному часі, аналізу баз даних, статистичного аналізу та обробки, а також інтерпретації для майбутнього використання. Для цієї мети існує безліч апаратних платформ Інтернету речей і хмарних платформ.

В даному випадку, для підключення модуль NodeMCU ESP8266 і збору та збереження даних з датчиків для подальшого їх відображення і контролю в режимі реального часу на сервері вибрано бази даних Firebase Google.

2.2.1 Firebase

Google Firebase – це підтримуване Google програмне забезпечення для розробки додатків, яке дозволяє розробникам розробляти iOS, Android і веб-додатки. Firebase надає інструменти для відстеження аналітики, звітності та виправлення збоїв додатків, створення маркетингових і продуктових експериментів.

Firebase пропонує ряд послуг, в тому числі:

1. Аналітики – Google Analytics пропонує безкоштовний необмежений звітності на цілих 500 різних заходів. Аналітика представляє дані про поведінку

користувачів в додатках iOS, Android і Web додатків, дозволяючи краще приймати рішення про підвищення продуктивності і маркетингу додатків.

2. Аутентифікація – аутентифікація Firebase полегшує розробникам створення безпечних систем аутентифікації і підвищує зручність входу і підключення користувачів. Ця функція пропонує повне ідентифікаційне рішення, що підтримує облікові записи електронної пошти та паролів, авторизацію телефону, а також Google, Facebook, GitHub, twitter login і багато іншого.

3. Хмарні повідомлення – Firebase Cloud Messaging (FCM) – це крос-платформний інструмент обміну повідомленнями, який дозволяє компаніям надійно отримувати і доставляти повідомлення на iOS, Android і Web додатків в Інтернеті безкоштовно.

4. База даних реального часу – Realtime Database Firebase – це хмарна база даних NoSQL, яка дозволяє зберігати та синхронізувати дані між користувачами в режимі реального часу. Дані синхронізуються між усіма клієнтами в режимі реального часу як і раніше доступні, коли додаток переходить в автономний режим.

5. Firebase Crashlytics – це репортер збоїв в реальному часі, який допомагає розробникам відстежувати, розставляти пріоритети і усувати проблеми стабільності, що знижують якість їх додатків. З crashlytics розробники витрачають менше часу на організацію і усунення збоїв і більше часу на створення функцій для своїх додатків.

6. Продуктивність – Служба моніторингу продуктивності Firebase дає розробникам уявлення про характеристики продуктивності їх iOS, Android і Web додатків, щоб допомогти їм визначити, де і коли продуктивність їх додатків може бути покращена.

7. Тестова лабораторія – випробування опорного пункту лабораторії – це хмарне додаток-тестування інфраструктури. За допомогою однієї операції розробники можуть тестувати свої програми для iOS, Android і Web додатків на різних пристроях і конфігураціях пристроїв. Вони можуть бачити результати, включаючи відео, скріншоти та журнали, в консолі Firebase.

2.2.2 Realtime Database

Realtime Database – це оригінальна база даних Firebase. Це ефективне рішення з низькою затримкою для додатків, які потребують синхронізації станів між клієнтами в режимі реального часу.

Також це хмарна база даних NoSQL, яка пишається своїми оновленнями в реальному часі, масштабованістю і здатністю працювати в автономному режимі. Компонент реального часу – один з найбільш унікальних його аспектів. Оновлення даних і бази даних зазвичай відбуваються тільки при виконанні HTTP-запиту, запиту GET, що оновлює перший, і запиту POST або PATCH, що оновлює більш пізній. За своєю суттю цей процес залежить від того, що клієнт робить цей запит, і в іншому випадку оновлення не будуть відбуватися.

База даних реального часу використовує щось інше, ніж http-запити, хоча для отримання нових даних, що зводить нанівець необхідність в клієнтських запитах і полегшує це оновлення в реальному часі. Він використовує синхронізацію даних, що означає, що кожного разу, коли дані оновлюються, всі підключені пристрої автоматично оновлюються майже миттєво без необхідності нового запиту. Подумайте про це на секунду. Всі підключені пристрої в будь-якому місці оновлюються – це неймовірно.

Оновлення, звичайно, вимагають підключення, але зручно, що база даних реального часу використовує дискове сховище для часу, коли користувач знаходиться в автономному режимі. Користувачі все ще можуть отримати доступ до останніх даних до того, як вони перейшли в автономний режим, і як тільки вони знову підключаються, синхронізація даних відновлюється з того місця, де вона була перервана, і автоматично оновлюється.

Крім того, база даних реального часу може легко використовуватися з додатками і забезпечує захист даних програми. Він пропонує правила безпеки баз даних Firebase Realtime Database, що дозволяють легко контролювати дозволи та правила, що стосуються бази даних.

2.3 Опис методу візуалізації даних та контролю мікроклімату

Для розробки програмного комплексу для візуалізації системи обрано бібліотеку мови програмування JavaScript з відкритим кодом – ReactJS, яку буде описано далі.

При розробці архітектури системи передбачається розробка MVP (Minimum viable product) додаток, щоб його можливо було з легкістю переносити на різні платформи з найменшими витратами ресурсів. MVP – це продукт, що включає мінімальний, але повністю задовольняє весь потрібний функціонал для перших користувачів.

2.3.1 Засіб візуалізації даних мікроклімату за допомогою ReactJS

React – це інтерфейсна бібліотека, розроблена Facebook для створення повторно використовуваних компонентів інтерфейсу користувача. Вона використовується для обробки шару подання для веб і мобільних додатків. Перш за все для роботи з React, потрібно мати значні знання HTML, CSS, JavaScript. Далі зображена візуальна схема архітектури React додатку (Рисунок 2.7).

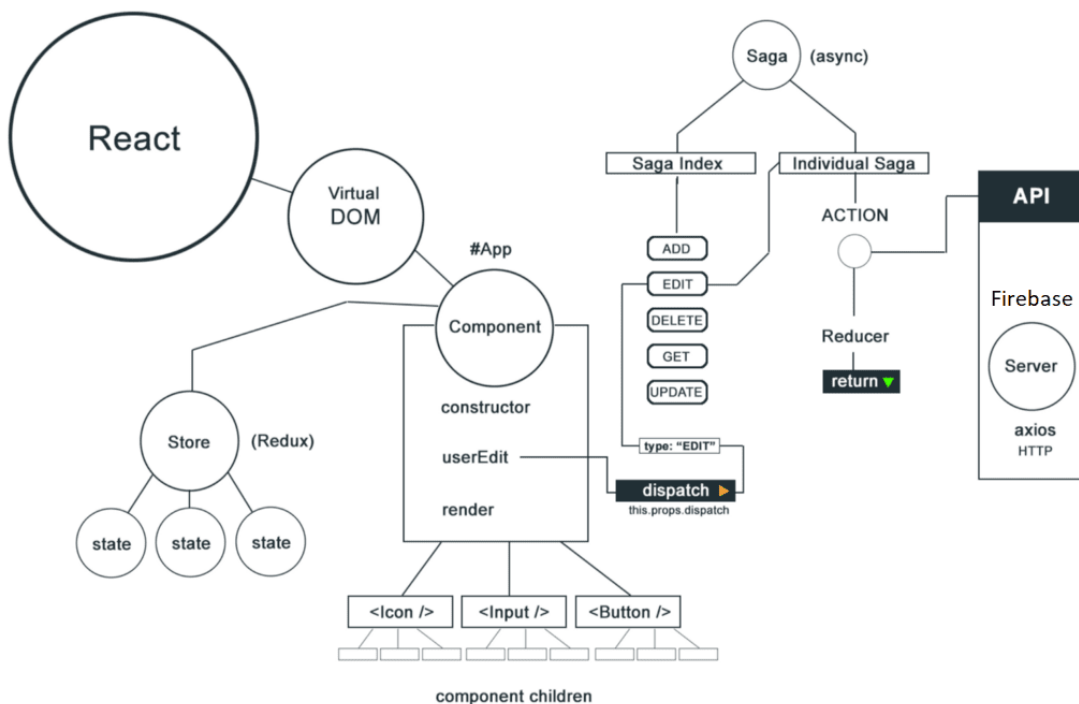


Рисунок 2.6 — Візуальна схема архітектури React додатку

Звичайно, це не єдиний спосіб створення додатків React. І схема навмисно пропускає деталі, щоб отримати краще загальне уявлення про архітектуру. Але вона цілком точно ілюструє основну структуру.

Виділяють наступні React особливості:

1. JSX. У React замість звичайного JavaScript для шаблонізації використовується JSX. JSX-це простий JavaScript, який дозволяє цитувати HTML і використовує цей синтаксис HTML-тегів для рендеринга підкомпонентів. Синтаксис HTML обробляється в JavaScript-викликах React Framework. Також можна писати на чистому старому JavaScript.

2. Потік даних / прив'язка даних. У React набір незмінних значень передається в засіб візуалізації компонентів в якості властивостей в його HTML-тегах. Компонент не може безпосередньо змінювати будь-які властивості, але може передати функцію зворотного виклику, за допомогою якої ми можемо вносити зміни.

3. Віртуальний DOM. React створює кеш структури даних в пам'яті, який обчислює внесені зміни, а потім оновлює браузер. Це дозволяє використовувати спеціальну функцію, яка дозволяє програмісту кодувати так, як якщо б вся сторінка відображалася при кожній зміні, в той час як Бібліотека react відображає тільки ті компоненти, які дійсно змінюються.

4. Компонентно-орієнтована архітектура. Архітектура React заснована на компонентах. Іншими словами, користувацький інтерфейс мобільного або веб-додатки на основі React розділений на кілька компонентів. Кожен компонент має свою специфічну логіку. Логіка написана на JavaScript замість використання шаблонів. Це дозволяє розробникам React передавати дані по всьому додатку, не зачіпаючи DOM. Компоненти React відіграють важливу роль у визначенні взаємодій та візуальних ефектів у програмах.

Отже, обрана технологія ідеально підходить як складова архітектури інтелектуальної системи контролю мікрокліматом теплиці.

Висновки до розділу

Застосування технології Інтернету речей для реалізації автоматизованого управління мікрокліматом також актуально, так як ця область міцно займає всі сфери суспільства і постійно розвивається.

Дана модель дозволяє при різних сторонніх впливах (температура і вологість навколишнього середовища, сонячна активність) простежити статичні і динамічні характеристики теплиці (температура повітря і рослин, абсолютна і відносна вологість повітря). Модель забезпечує: розрахунок задають впливів по температурі і відносній вологості всередині теплиці; регулювання температурно-вологісного режиму всередині теплиці; розрахунок показників якості управління.

У роботі відзначено, що автоматизована система управління повинна відстежувати кліматичні параметри і керувати виконавчими механізмами, бути легкою в обслуговуванні і експлуатації, мати низьку вартість. Основні сектора, де система може застосовуватися, це індивідуальні господарства. Вивчено параметри клімату, модель управління цим кліматом. Складено технічне завдання до всіх вимог до роботи системи по управлінню кліматом теплиці. Інформацію про стан мікроклімату в теплиці можна відстежувати віддалено і вносити коригування в програми управління всіма процесами, це рішення дозволить економити час і кошти. Харчування даної системи можна здійснити одночасно від мережі і від автономних джерел енергії.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА МАКЕТНОГО ЗРАЗКА ТА ЙОГО ТЕСТУВАННЯ

3.1 Структурна схема інтелектуальної системи контролю мікрокліматом

Інтелектуальна система керування мікрокліматом теплиці, що досліджується та розробляється в даній роботі надає багато можливостей та широкий функціонал для зручного керування мікрофермою як у ручному так і в автономному режимі.

Основними функціями інтелектуальної системи керування мікрокліматом є:

- Збір даних про рівень температури та вологості в мікрофермі за допомогою датчиків;
- Подальша передача зібраних даних на хмарне сховище за допомогою мікроконтролера з вбудованим модулем мережі інтернет;
- Поточний аналіз отриманих даних про стан мікроклімату теплиці;
- Візуальне відображення отриманої інформації у вигляді графіків, таблиць та інших можливих засобів візуалізації даних;
- Автономне прийняття рішень системою щодо контролю мікроклімату;
- Самостійне прийняття рішень оператором
- Реалізована передача інформації щодо прийнятих рішень системою чи оператором;
- Перегляд статистичних даних.

На Рис. 3.1 зображена UML-діаграма можливостей використання інтелектуальної системи контролю мікрокліматом.

Розроблена система представляється безліччю можливих акторів чи сутностей, які взаємодіють з нею за допомогою можливих варіантів. При цьому дієвою особою чи актором виступає будь-яка сутність, яка взаємодіє з системою. В даному випадку ключовими сутностями є Оператор, База даних, База знань та мікроферма.

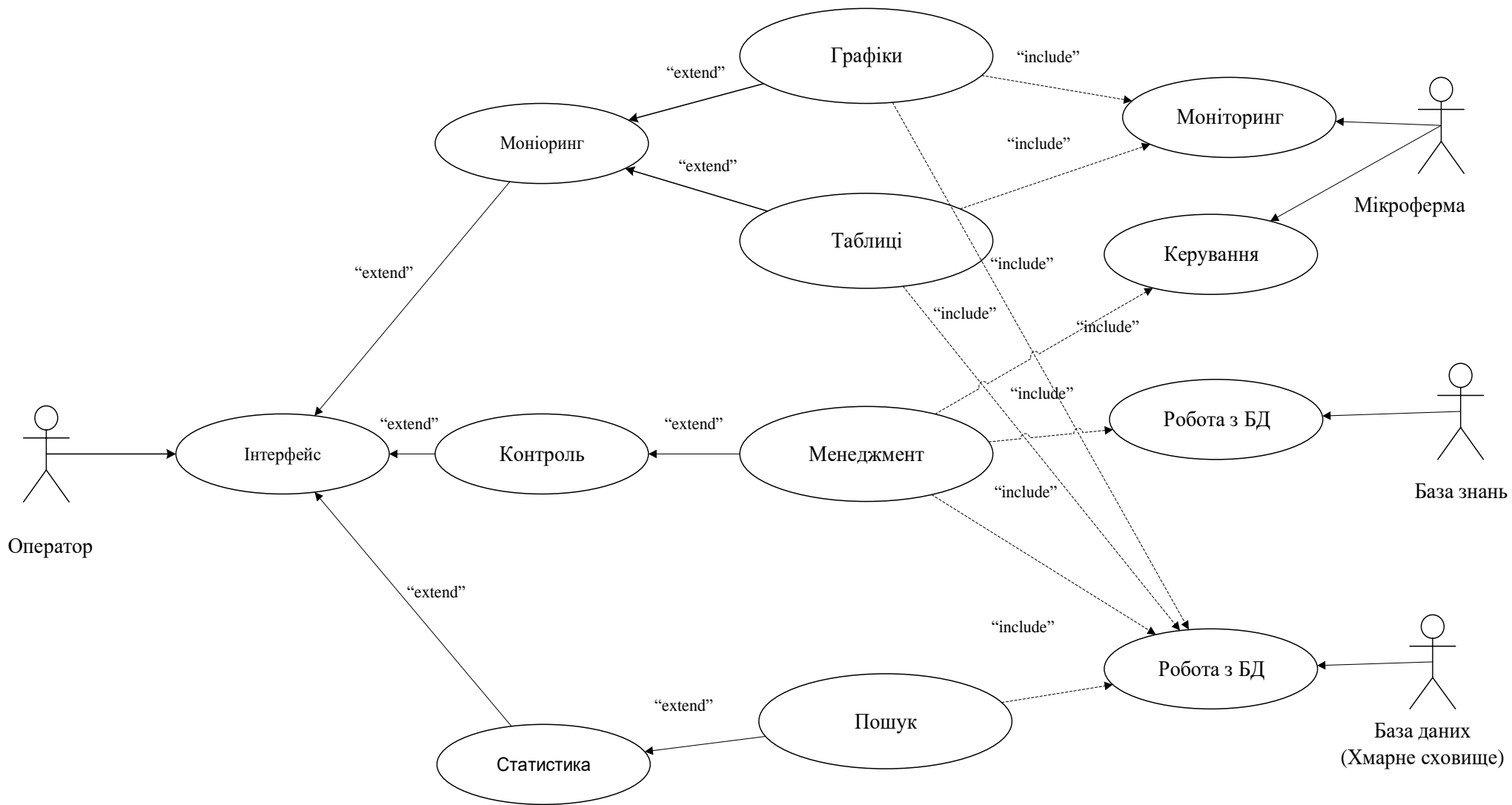


Рисунок 3.1 – UML-діаграма можливостей використання інтелектуальної системи контролю мікрокліматом

3.2 Розробка алгоритму функціонування інтелектуальної системи контролю мікроклімату

При написанні програмного забезпечення алгоритм описує логічну послідовність операцій. Будь-який алгоритм є списком визначених дій, інструкцій для вирішення поставленої задачі. Починається алгоритм з опису інструкцій процесу обчислень, які відбуваються в визначеній послідовності станів, які також мають кінцевий стан. Перехід від одного до іншого стану не обов'язково детермінований – є алгоритми, що не містять елементів випадковості.

Одним із методів візуалізації алгоритму функціонування системи, окрім відомих блок-схем, також є UML-діаграма діяльності інтелектуальної системи контролю мікроклімату, що зображена на рис. 3.2.

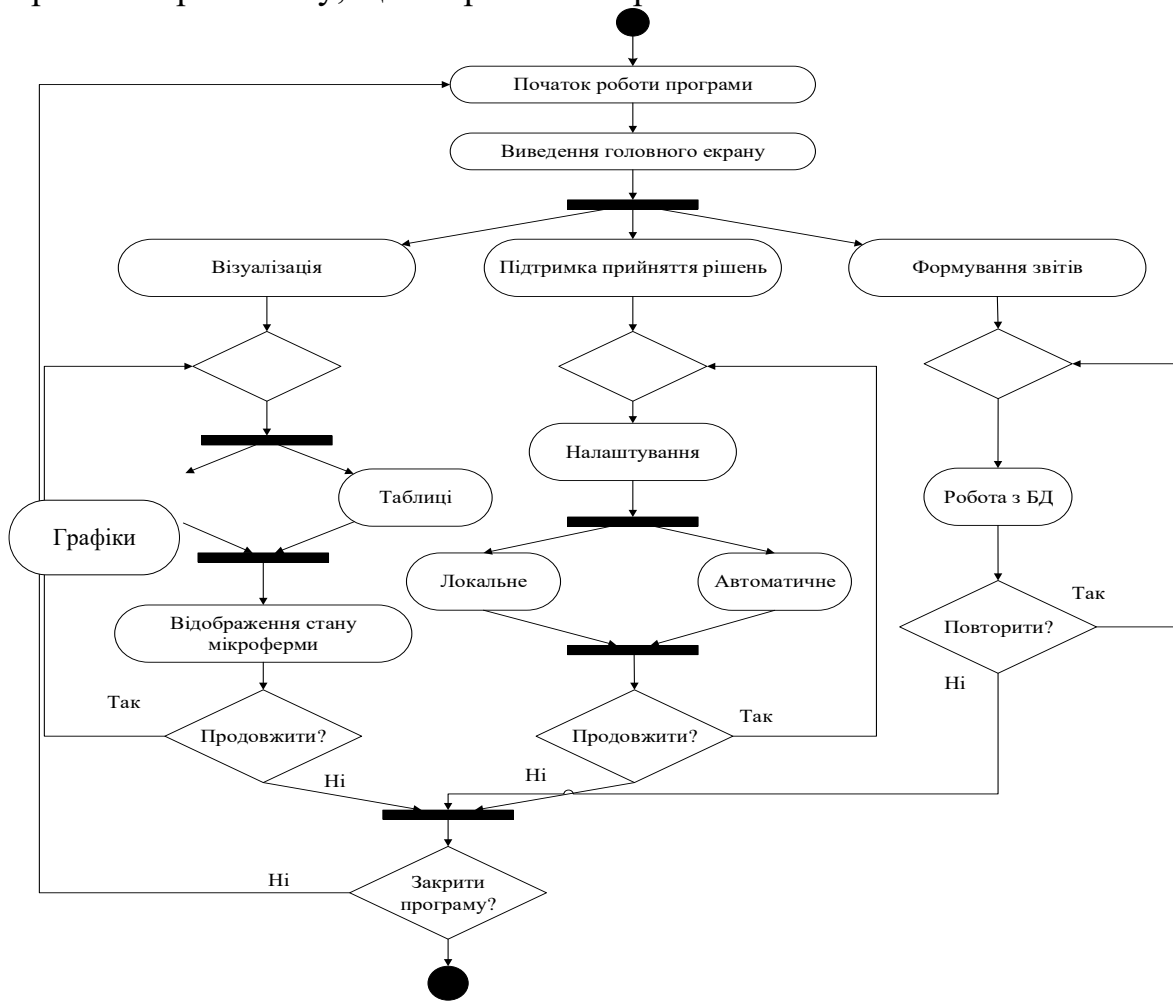


Рисунок 3.2 – UML-діаграма діяльності інтелектуальної системи контролю мікроклімату

3.3 Опис структури тестової моделі

Далі детальніше розберемо взаємодію апаратної та програмних частин.

Температура і вологість повітря вимірюється за допомогою датчика DHT22. Корпус датчика відносно невеликий. Корпус має 4 вихода, які мають наступні призначення:

- VDD-джерело живлення (power supply);
- Data-сигнал (інформаційний вихід);
- null (не використовується);
- gnd (загальний провід).

Тип передачі даних – цифровий сигнал по одній напрямленій шині.

З моменту подачі живлення на датчик триває його нестабільний стан близько секунди, тому краще перечекати цей час і не зв'язуватися з датчиком.

Датчик керується шляхом подачі логічного нуля (0), методом витягування його інформаційної ніжки на землю і подачі логічної одиниці (1), відпускаючи її. Але для того, щоб логічний 0 з'явився в даний момент, необхідно підключити підтягуючий резистор 4,7-10 кОм від інформаційної ніжки до шини живлення.

Також конденсатор має бути виставлений на 100 нанофарад між vcc і gnd, але він, безумовно, вже доступний у корпусних версіях, тому ми більше не маємо такої завдання.

Спочатку, ми тримаємо логічну 1 на інформаційній ніжці датчика. У цей час датчик знаходиться в сплячому стані.

Щоб почати працювати з датчиком, так би мовити, "розбудити його", ми повинні послати умова запуску. Для цього потрібно подати йому логіку 0 у вигляді контактної інформації ніжки до землі, почекавши 18 мілісекунд, а потім подати логічну 1. Після цього, якщо датчик присутній на шині і готовий до роботи, йому через 20-40 мікросекунд потрібно відповісти на логічний 0, що ми помітимо притискаючи ніжку до землі. Потім ми чекаємо ще 80 мікросекунд, після чого датчик повинен буде відпустити ніжку, і знову чекаємо ще 80 мікросекунд, після чого датчик почне передавати інформацію у вигляді 5 інформаційних байт.

Тепер потрібно все повторити практично. Далі датчик буде підключено як наведено на схемі нижче.

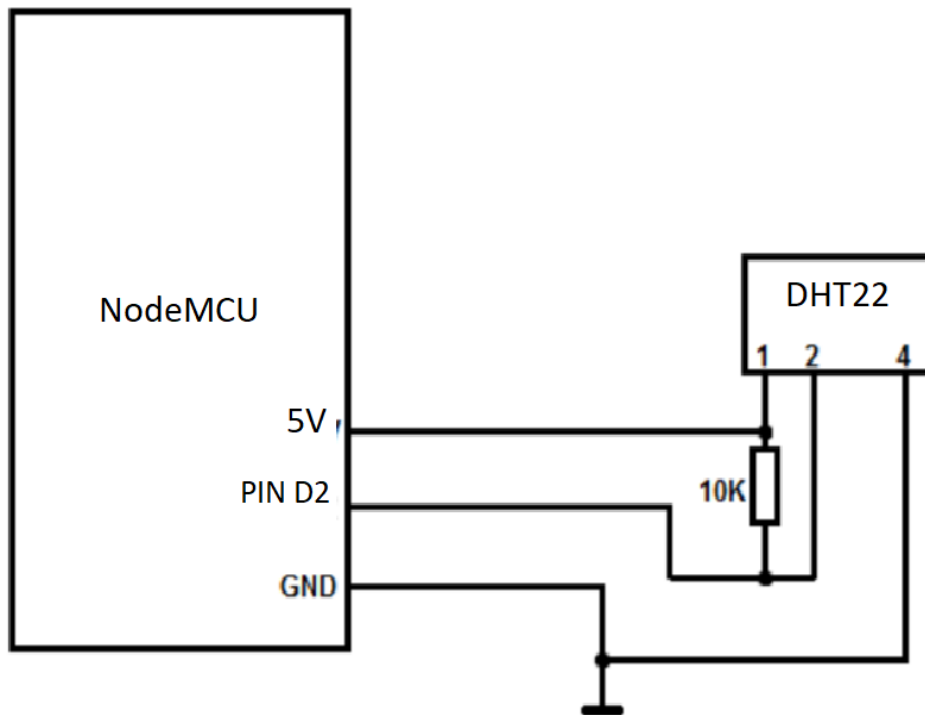


Рисунок 3.3 – Схема підключення датчика DHT22

При написанні прошивки для відстеження даних з датчика потрібно використати бібліотеку «DHT22», призначену для його підключення до мікроконтролера. Для читання показників температури та вологості повітря запускаються команди `dht.readTemperature()` та `dht.readHumidity()` відповідно.

Аналогічним чином, але індивідуально для кожного датчика підключено всі інші потрібні елементи системи.

Для роботи з фоторезистором відстеження рівня освітлення, використовується функція `checkLight`, яка дозволяє оцінити рівень освітленості в теплиці. Для того щоб система могла взаємодіяти зі світлодіодом – необхідно підключити його до аналогового входу і виконати функцію `void analogRead(pin)`.

Все це дозволяє відстежувати інформацію про стан мікроклімату в теплиці. Для підтримки оптимальних умов необхідно регулювати вибрані параметри за допомогою аналізу інформації з датчиків.

Вентилятор допомагає нам форсувати рециркуляцію повітря, для його робота необхідний ШІМ, пов'язано це з тим що мікроконтролери зазвичай не можуть видавати довільну напругу, а значить не вийде і регулювати швидкість роботи вентилятора. Мікроконтролери можуть видати або напругу живлення (наприклад, 5 В), або землю (тобто 0 В). Але рівнем напруги управляється багато: наприклад, яскравість світлодіода або швидкість обертання мотора. Для симуляції неповної напруги використовується ШІМ (Широтно-імпульсна модуляція). Тому для вентилятора будемо використовувати ШІМ. Для цього потрібно підключити вентилятор до ШІМ порту і використовувати: *void analogWrite(pin, val)*.

А для зміни вологості необхідно включати і вимикати помпу, яка буде подавати воду. Для це необхідно реле-порти. Підключивши помпу до одну з таких портів, потрібно виконати команду: *void analogWrite (rel, bool)*. Залежно від того, true буде або false в команді, помпа буде включатися і вимикатися.

Для включення лампи також необхідно виконати команду: *void analogWrite (rel, val)* для включення або виключення реле, яке подає напругу на лампу.

Програма функціонує відповідно до наступного алгоритму:

1. Завантажити прошивку на мікроконтролер, до якого приєднані ВСІ датчики і на них подається харчування.
2. При спрацьовуванні таймера, зібрати інформацію з датчиків (можна виконувати в ручному режимі).
3. Записати отриману інформацію у відповідні змінні, які порівнюються з контрольними значеннями.
4. Якщо показання датчика відрізняються від заданих, то відрегулювати параметри і відправити в хмарне сховище.
5. Повторити кроки 2-4 до тих пір, поки показання всіх датчиків не стануть відповідати контрольним значенням.
6. Якщо показання відповідають контрольним значенням, то продовжити функціонувати відповідно до таймеру.

Для повноцінної роботи автоматизованої системи контролю мікроклімату необхідне правильне підключення і координація роботи датчиків. Взаємодія з електронними компонентами досить просте. Програмний модуль, що функціонує відповідно наведеним алгоритмом, використовує показання датчиків, оцінює мікроклімат і регулює його відповідно до заданих контрольних значень.

3.4 Тестування інтелектуальної системи контролю мікроклімату

3.4.1 Результати тестування математичної моделі

Проведемо дослідження та розглянемо необхідну інтенсивність освітлення у мікрофермі та як вона змінюється протягом часу.

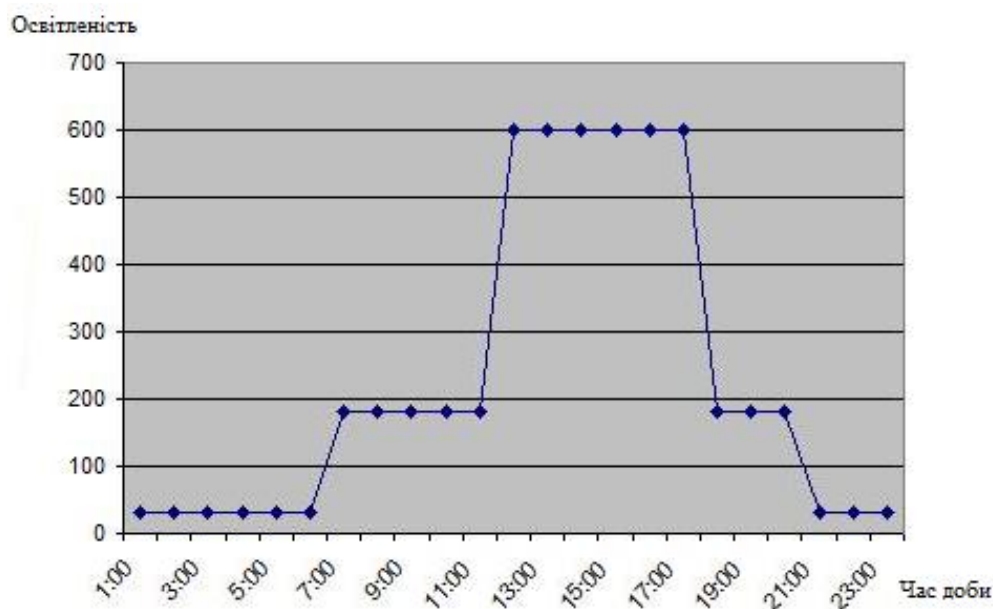


Рисунок 3.4 – Графік залежності освітлення від часу доби

З отриманого графіка вище можливо заключити, що освітлення протягом доби є нерівномірним та максимального значення набуває у проміжок з 11 до 19 годин вечора. Також потрібно зауважити, що дані можуть корелюватися в залежності від пори року, погоди чи розповсюдженні освітлення в приміщенні.

Для більш детального результату тестування потрібно визначити залежність температури в мікрофермі та енергозатрат, що потрібні для стабільної підтримки температурно-вологіного режиму.

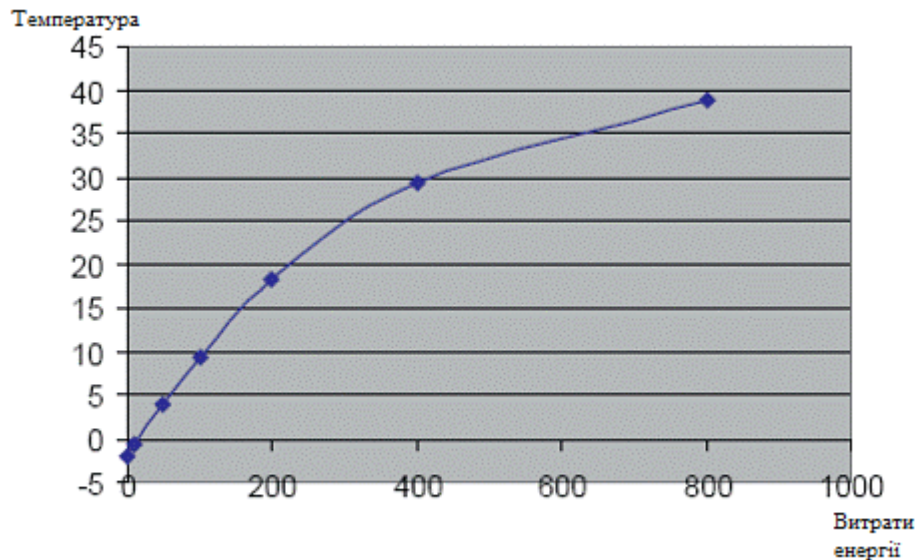


Рисунок 3.5 – Графік залежності температури і енергозатрат на живлення мікроферми

3.4.2 Тестування хмарного сховища Firebase Realtime Database

Після підключення всіх основних датчиків до системи та знімаючи показники з них для подальшої обробки, збереження та відображення перевірено хмарне серидовище Firebase Realtime Database, що було обрано для даної системи інтелектуального контролю мікрокліматом. Всі показники успішно зчитуються та записуються. На рис. 3.6 зображено базу даних основних показників що надійшли успішно надійшли в контрольний момент до Firebase сховища.



Рисунок 3.5 – База даних системи в Firebase Realtime Database

3.4.3 Тестування розробленого зовнішнього інтерфейсу інтелектуальної системи контролю мікроклімату

Розроблена система призначена на широке коло користувачів. За допомогою розроблених алгоритмів збору, збереження та візуалізації даних користувачі можуть розташувавши свою мікроферму в будь-якому доступному місці, автономно або ж дистанційно проводити моніторинг та вносити корективи до контролю мікроклімату теплиці. За рахунок обраного кросс-платформенного методу візуалізації даних, керування здійснюється за допомогою як мобільного додатку, так і настільного комп'ютера, ноутбука чи планшета. За рахунок автономності, система дозволяє працювати і без виходу користувача в інтернет, що актуально для багатьох датчиків. Система використовує описане раніше обладнання з контролера, реле і необхідні датчики. Управління контролера виходить на хмарний сервер. Для функціонування самої ж системи потрібен мінімальний інтернет трафік не більше 30кб/ на добу. Зовнішній інтерфейс системи наведено на рис. 3.6.

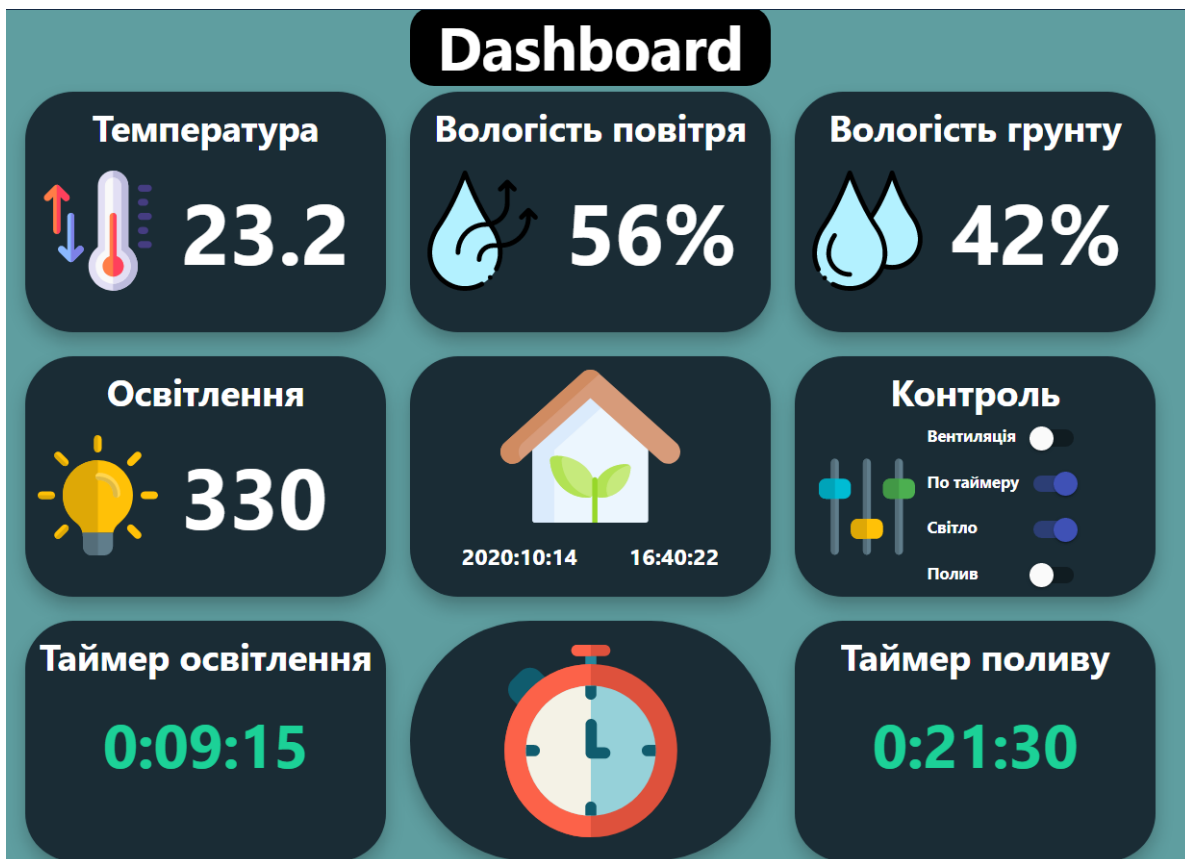


Рисунок 3.6 – Зовнішній інтерфейс інтелектуальної системи керування мікрокліматом

Висновки до розділу

В розділі наведено структурну схему інтелектуальної системи контролю мікрокліматом, також розроблено алгоритм функціонування системи та наведено опис структури тестової моделі що була розроблена. В результаті роботи було протестована інтелектуальна систему контролю мікрокліматом за математичною моделлю, хмарне серидовище для збереження даних та розроблений зовнішній інтерфейс системи для зручного та приємного користування та контролю.

У роботі зазначено, що інтелектуальна система керування повинна відстежувати кліматичні параметри і керувати виконавчими механізмами, бути легкою в обслуговуванні і експлуатації, мати низьку вартість. Основні сектори де розроблена система може використовуватися, це індивідуальні господарства. Вивчено параметри мікроклімату, модель керування цим мікрокліматом.

Розглянуто програмні рішення як для промислових господарств, що недоступне для всіх користувачів, так і конкретно орієнтоване на індивідуальне господарство, контроль за яким може відбуватися з будь-якого доступного пристрою з виходом в інтернет мережу, що не передбачає налаштувань чи змін параметрів для функціонування мікроферми. Розроблено програмний модуль для інтелектуальної системи контролю мікрокліматом.

Програмний модуль, що функціонує відповідно обраним алгоритмам, використовує дані зчитані з датчиків системи та оцінюючи мікроклімат теплиці регулює його відповідно до заданих контрольних значень.

Також архітектура системи дозволяє легко змінювати її конфігурацію, як апаратну, так і програмну, з чого слідує, що на основі даної розробки можна створити декілька модифікацій під різні групи користувачів. Одним з перспективних напрямків подальшої розробки є об'єднання розробленої системи із мобільними додатками користувачів.

РОЗДІЛ 4. Стартап проект “GREEN HOUSE”

4.1 Розробка стартап-проекту «Green House»

Створення стартап проекту передбачає низку ризиків, з якими доводиться зіштовхуватися у процесі його реалізації. Даний розділ диплому передбачає покрокове планування структури стартапу, його реалізації та перспектив. Усі ці кроки необхідні для підвищення ефективності введення результатів диплому на ринок, а саме системи агро контролю «Green House», що заснована на підходах Smart Farm та IoT. У цьому розділі наведена актуальність стартап проекту, що розробляється, його маркетинговий аналіз, базові елементи бізнес плану, ринкові можливості, ринок збуту і т.д. Також приводяться докази інноваційної та актуальності даної роботи для суспільства.

4.2 Опис ідеї

Останнім часом діяльність людини тісно пов'язана з автоматизацією її навколишнього середовища. Це стосується й діяльності, що пов'язана з агрокультурою, фермерством і просто під час догляду за улюбленими рослинами. Уявіть описану нижче ситуацію.

Гаррі – молодий та перспективний фермер, що має свою розумну ферму. О 6:30 від прокидається і йде пити каву. У цей час йому на планшет приходить повідомлення з там, у якому стані знаходиться кожна з його теплиць і куди його присутність критична. Поки Гарі збирається перевіряти проблемні теплиці, система перевіряє рівень освітленості. День вийшов досить похмурим, а отже вмикається додаткове освітлення. Система перевіряє стан ґрунту у вазонах і, при необхідності, проводить їх полив. Система перевіряє відсутність добрив на складах та побить їх автозамовлення. Також вона перевіряє прогноз погоди, дізнається, що вірогідність опадів 50% і починає полив відкритих теплиць.

Коли Гаррі впорався з роботою у теплиці на його телефон приходить звіт про витрати води, електроенергії та добрив. Робочим інформація про теплиці, у яких треба зібрати врожай. Система контролює те, що саме роблять у теплицях

працівники, якщо вони займаються своїми справами, то Гаррі одразу ж про це дізнається.

Задля досягнення цієї досить футуристичної мети необхідно створення багатьох інноваційних технологій, зокрема технології, за допомогою якої можна контролювати вологість ґрунту, повітря, освітленість приміщень. При цьому ця технологія має надавати можливість додавати у систему велику кількість пристроїв, багато з яких живляться від батарейок, тож можуть «сісти» у будь-який момент. Ще однією вимогою є можливість інтеграції з найпопулярнішими існуючими хабами існуючих Розумних ферм.

Предметом проекту є розробка пристроїв контролю клімату та вологості ґрунту для розумних будинків на базі контролерів ESP.

Основними задачами проекту є розробка алгоритму поливу, контролю освітлення, , що сумісна з технологіями IoT; зменшення використання енергетичних ресурсів; досягнення сумісності розробленої мережі зі вже створеними проектами Розумної ферми; можливість контролю стану пристроїв у режимі реального часу.

Основною ідеєю проекту є зменшення витрат на створення кінцевих пристроїв у межах Розумної ферми.

Для початку у розробці нашого стартап проекту розглянемо основний зміст ідеї та можливі напрямки застосування. Необхідно пам'ятати, що у першу чергу користувач цікавиться проектом, якщо в нього є якість вигоди, з ним пов'язані. У таблиці 5.1 зображено зміст ідеї та можливі базові потенційні ринки, в межах яких потрібно шукати групи потенційних клієнтів.

Таблиця 4.1. Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Зробити пристрій універсальний та дешевий пристрій MyFarm для розумного поливу, підтримки вологості та освітленості	Побутове використання для горщиків та домашніх оранжерей	Універсальність, стійкість до відмов та мала ціна утворених систем датчиків та пристроїв
	Використання фермерами для вирощування агрокультур	
	Використання для досліджень у наукових цілях	

Отже були виділені три основні напрямки застосування, які не перетинаються один з одним. При цьому основні вигоди для всіх трьох напрямків використання будуть однаковими. Система може застосовуватися як малим, середнім і великим бізнесом, так і як елемент домашньої автоматизації чи в цілях наукових досліджень.

Пропонується створення системи, що має високу універсальність (сумісність з іншими пристроями та системами), високу стійкість до відмов та малу ціну.

У таблиці 4.2 проведено аналіз сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту. Для цього було виконане порівняння з ідеями популярних компаній-конкурентів. Chub Agroconcept одна з небагатьох компаній, готова надати рішення для Розумної ферми у Україні, що повністю засноване автоматизоване. Але вони орієнтовані на молочні господарства. Shandong Bs-Villa_ наразі створив найпопулярніші рішення для ферм, але воно не сумісне з IoT системами. Wuhan Acme Agro-Tech розробляє IoT рішення, але вони змають занадто високу ціну.

Таблиця 4.2. Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту.

№ н/п	Техніко-Економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Chub Agroconcept	Shandong Bsvilla	Wuhan Acme Agro-Tech			
1	Вартість одного пристрою(у грн.)	400	500	600	2000	-	-	+
2	Кількість рослин, що обслуговуються одночасно	Мала	Середня	Велика	Середня	+	-	-
3	Гнучкість рішення	Висока	Низька	Низька	Середня	-	-	+
4	Стійкість рішення	Середня	Середня	Висока	Середня	-	+	-
5	Сумісність з іншими системами	Сумісна	Не сумісна	Не сумісна	Сумісна	-	+	-
6	Інтелектуальність системи	Висока	Мала	Мала	Середня	-	-	+

Виходячи з вище наведеної таблиці стає зрозуміло, що найбільшими перевагами даного проекту є вартість, гнучкість наведеного рішення та інтелектуальність (можливість роботи з алгоритмами передбачення і т.д.) наведеної системи. Сумісність з іншими системами є однією з ключових переваг, бо це надає можливість користувачу збирати свою ферму як конструктор і використовувати пристрої, розроблені на технології стартапу, навіть при використанні інших застосувань Розумної ферми. Це додатково здешевшує пропонуване рішення, бо нема необхідності докупати додаткові пристрої, хаби, шлюзи, перехідники. Нейтральними сторонами є стійкість пропагованого рішення.

Нажаль, можна виділити слабку сторону – кількість рослин, що одночасно обслуговується, досить мала. Не дивлячись на це, дана проблема вирішується подальшими модернізаціями та доопрацюванням системи.

4.3 Технологічний аудит ідеї проекту

Для проведення технологічного аудиту проекту необхідно провести аналіз технологій, що використовує проект і відповісти на наступні запитання:

- за якою технологією буде виготовлено товар згідно ідеї проекту?
- чи існують такі технології, чи їх потрібно розробити/добробити?
- чи доступні такі технології авторам проекту?

В таблиці 4.3 були неведені відповіді на ці питання задля.

Таблиця 4.3. Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Пристрій для контролю вологості ґрунту та повітря, освітленості	Розробка на основі технологій IoT	Нова технологія	Доступна технологія
2		Розробка на основі стандартних датчиків та контролерів	Існуюча технологія	Доступна технологія
3		Розробка на основі промислових рішень	Існуюча технологія	Не доступна технологія
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: за рахунок розробки на основі технологій IoT				

Після аналізу таблиці 4.3 було обрано перший пункт через наступні переваги: даний підвищує гнучкість та універсальність мережі, при цьому складність реалізації збільшується не суттєво. До того ж це нова технологія, яка ще не використовується конкурентами, а отже створений продукт – унікальний.

4.4 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту є необхідним та важливим етапом. Під час нього визначаються ранкові можливості, які можна використати під час впровадження проекту, ринкові загрози, пропозиції проектів-конкурентів і т.д.

Для початку необхідно визначити рентабельність стартапу. Рентабельність – поняття, що характеризує економічну ефективність виробництва, за якої за рахунок грошової виручки від реалізації продукції (робіт, послуг) повністю

відшкодовує витрати на її виробництво й одержується прибуток як головне джерело розширеного відтворення.

Рівень рентабельності (R) визначається за формулою 4.1:

$$R = \frac{\Pi}{Вв} \cdot 100\% \quad (4.1)$$

де Π — валовий прибуток від реалізації (робіт, послуг);

$Вв$ — виробничі витрати на реалізовану продукцію (її виробнича собівартість).

Проведемо аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (таблиця 4.4).

Таблиця 4.4. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	4
2	Загальний обсяг продаж, тис. грн/ум.од	10-500
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Реклама, ефект масштабу
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Відповідність стандартам ГОСТ 21.208-2013
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	30%

Після проведення аналізу попиту видно, що коефіцієнт рентабельності досить високий і складає 30%. Це набагато вигідніше за депозити у банку, що має привабити інвесторів. Сам ринок активно зростає, не дивлячись на високу конкуренцію. Специфічні вимоги до стандартизації досить нові і ще будуть доповнюватися в майбутньому.

Наступним необхідним кроком є визначення потенційних груп клієнтів, які можуть зацікавитися результатами сатрапу, те, чим вони відрізняються та їх специфічні вимоги до продукту. Усі заборані дані наведені у табл. 4.5.

Таблиця 4.5. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Необхідність зниження витрат на виробництва	Фермерські господарства	Перевага надається стабільним, дешевим та універсальним системам	Низька ціна та висока стійкість
2	Економія часу по догляду за рослинами	Власники рослин	Перевага надається готовим рішенням та кінцевим пристроям сумісними з Розумними будинками	Низька ціна, простота встановлення та висока сумісність кінцевого продукту

Потреби, що формують ринок є необхідність зниження витрат на виробництва та економія часу та сил для догляду за домашніми рослинами. При цьому потенційні клієнти потребують нижчої ціни пристрою, простоти використання та високої стійкості продукту. Легкість встановлення також є важливим фактором.

Ринкові можливості – це сприятливі обставини, які підприємство може використовувати для отримання переваг. Як приклад ринкових можливостей можна привести погіршення позицій конкурентів, різке зростання попиту, появу нових технологій виробництва продукції, зростання рівня доходів населення і т. п. Слід зазначити, що можливостями з погляду SWOT-аналізу є не всі можливості, які існують на ринку, а тільки ті, які можна використовувати [2].

Ринкові загрози - події, настання яких може несприятливо вплинути на підприємство. Приклади ринкових загроз: вихід на ринок нових конкурентів, зростання податків, зміна смаків покупців, зниження народжуваності і т. п. [2].

Проведемо аналіз факторів ринкового середовища, що сприяють ринковому впровадженню (табл. 4.6) проекту, та факторів, що йому перешкоджають (табл. 4.7).

Таблиця 4.6. Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Велика кількість нових конкурентів	Конкуренцію складають не лише головні гравці ринку, але й безліч стартапів, деталі яких наразі не відомі	Моніторинг нових ідей, патентування своїх ідей, пошук більш дешевих комплектуючих
2	Необхідність високої надійності системи	Необхідність адекватно та оперативно реагувати на відмови у системі	Співпраця з іншими стартап-проектами, вдосконалення системи реагування на відмови
3	Не сприятлива економічна ситуація у світі	У зв'язку з поганою епідеміологічною ситуацією у світі купівельна спроможність людей падає і вони не бачать сенсу купувати те, що не є необхідним для життя	Здешевлення технологій, проведення маркетингової компанії, що зосереджена на можливості економії ресурсів, що відбувається після встановлення Розумного Будинку
4	Постійне оновлення регулюючого дані технології законодавства	Пристрої мають бути сертифіковані	Моніторинг законодавства, підплатування одразу під міжнародні, а не локальні стандарти

Отже, при виведенні проекту на ринок необхідно враховувати усі загрози та ризики. Основними ризиками даного проекту може бути велика кількість конкурентів на ринку та мала купівельна спроможність людей. Все це можна вирішити, якщо адекватно реагувати на проблеми.

Розглянемо можливості даного проекту (табл. 4.7).

Таблиця 4.7. Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	«Мода» на Розумні рішення	У багатьох в будинках вже є багато Розумної техніки, що можна інтегрувати в рішення, що пропонує стартап.-	Дослідження вже існуючих рішень у будинках людей та підвищення сумісності з ними. Розробка доцільної маркетингової компанії
2	Популярність зелених технологій та зростання цін на комунальні послуги	Необхідність у дешевих пристроях високою енергоефективністю	Створення пристроїв з високою енергоефективністю, підрахунок економії на комунальні для користувача
3	Стрімкий розвиток технологій	Розвиток нових сучасних технологій	Перехід на сучасні технології

Видно, що найбільшими можливостями є популярність подібних рішень у сучасному світі та необхідність економити ресурси. Даний стартап може гарно підлаштовуватися під вище наведені можливості. Більш того, необхідність економити ресурси є можливістю, яка буде перспективна і в майбутньому.

Проведемо аналіз пропозиції (табл. 4.8) та визначимо загальні риси конкуренції на ринку:

Таблиця 4.8. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Тип конкуренції: Олігополія	Хоча конкурентів, які випускають часткові рішення багато, готовий для використання продукт продає мала кількість фірм	Необхідно слідкувати за якістю елементів пристрою, надійністю мережі та її сумісністю з пристроями інших компаній
2. За рівнем конкурентної боротьби: національний	Продукт актуальний на міжнародному ринку, доставка не є критичною	Необхідно розширювати сегмент користувачів, орієнтуватися одразу на міжнародний ринок
3. За галузевою ознакою: міжгалузева	Задіяні інформаційні технології, приладобудування, логістика і т.д.	Необхідно врахувати взаємодію з усіма основними галузями та компаніями, які надають послуги різних сервісів
4. Конкуренція за видами товарів: товарно-видова	Спостерігається конкуренція між схожими системами	Підвищити швидкість та стійкість системи

5. За характером конкурентних переваг: цінова	Ціни на дані пристрої завищені, а характеристики подібні	Необхідність зменшення ціни комплектуючих.
6. За інтенсивністю: марочна	Велику роль відіграє репутація компанії, що виготовляє пристрій	Збільшити просування товару, надавати розширену підтримку користувачу

З допомогою таблиці 4.8 можна провести ступеневий аналіз ринку. Хоча конкуренція висока, а ціни завищені це те, за допомогою чого якісно виграє даний стартап-проект – при використанні подібної технології та ідеї, ціна кінцевого продукту значно нижча, за представлену на ринку. До того ж алгоритм маршрутизації показує не гірші показники, ніж конкуренти.

Далі проведемо більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі за моделлю п'яти сил М. Портера (табл. 4.9) [3].

Таблиця 4.9. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари замітники
	Навести перелік прямих конкурентів	Визначити бар'єри входження в ринок	Визначити фактори сили постачальників	Визначити фактори сили споживачів	Фактори загроз з боку заміників
Висновки: ринок є достатньо заповнений, але можливість виходу на ринок існує, між конкурентоспроможними пристроями, конкуренція висока, не дивлячись на не дуже високий попит. Строки виходу на ринок малі, робота з постачальниками легка, має бути висока орієнтованість на клієнта та велика кількість різних типів пристроїв, що використовують стартап	Chub Agroconcept, Shandong Bs-Villa, Wuhan Acme Agro-Tech, microchipSH, Fujikura, LoRaWAN	Висока репутаційна конкуренція, дорога маркетингова компанія, необхідність проходження різних видів сертифікацій.	Зазвичай постачальники не диктують умови співпраці	Користувачам важлива низька ціна, висока сумісність та велика надійність роботи	Більш відомий користувачу замітник (можливість витратити більше коштів на маркетинг), ширша представленість на ринку

Провівши аналіз конкуренції в галузі за М. Портером видно, що є достатня кількість прямих конкурентів, що гарно зарекомендували себе на ринку, хоча через високу цінову пропозицію та малих охоптів датчиків єдиним конкурентом їх товар не є досить популярним у користувачів. Є необхідність слідкувати за новими датчиками, цінами та загальною якістю товару.

На основі аналізу конкуренції в галузі, що наведено в таблиці 4.9, а також із урахуванням характеристик ідеї проекту, які були розглянуті в таблиці 4.2, вимог споживачів до товару (табл. 4.5.) та факторів маркетингового середовища (табл. 4.6, 4.7) визначимо та обґрунтуємо перелік факторів конкурентоспроможності. Аналіз конкурентоспроможності представлено в таблиці 4.10.

Таблиця 4.10. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Великий перелік сумісних систем	Підтримка максимальної кількості видів датчиків та інших кінцевих пристроїв, що використовуються у розумному будинку
2	Цінова політика	Значне зменшення ціни продукту, порівняно з конкурентами
3	Універсальність пристроїв	Можливість роботи з великою кількістю різних систем Рзумної Ферми
4	Зворотній зв'язок	Допомога користувачам у встановленні систем та їх подальшій підтримці. Цілодобова технічна консультація
5	Репутація	Репутація важлива, щоб не злитися з безліччю невідомих компаній, що представлені на ринку, але не мають високої популярності через ціну і сумніви у надійності їх приладів

Як можна побачити з таблиці було обґрунтовано основні п'ять факторів конкурентоспроможності, основними з яких стали: цінова політика, велика кількість сумісних систем, зворотній зв'язок та репутація компанії.

Проведемо порівняльний аналіз сильних та слабких сторін факторів конкурентоспроможності (табл. 4.11).

Таблиця 4.11. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з власним пристроєм «Green House»						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Великий перелік сумісних систем	18	3		1,2	5	4		
2	Цінова політика	20	1,2,4	3					
3	Універсальність пристроїв	19	1,3		2	4			
4	Зворотній зв'язок	15			1	2		3,4	
5	Репутація	12				2		3	1,4

1. Chub Agroconcept
2. Shandong Bs-Villa
3. Wuhan Acme Agro-Tech
4. microchipSH

З таблиць 4.10 та 4.11 видно, що фактори конкурентоспроможності суттєві та мають великий позитивний внесок при впровадженні на ринок пристрою «Green House». При цьому було проведено порівняльний аналіз з різноманітними конкурентами, які представляють основні стратегії подібних компаній на ринку.

Далі проведемо SWOT-аналіз стартап-проекту [4], що наведено в таблиці 4.12.

Таблиця 4.12. SWOT-аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: 1. Цінова політика; 2. Універсальність пристроїв; 3. Великий перелік сумісних кінцевих пристроїв.	Слабкі сторони: 1. Низька репутація на початку; 2. Складність організації зворотного зв'язку.
Можливості: 1. Популярність подібних рішень; 2. Зростання цін на комунальні послуги; 3. Розвиток та здешевлення технологій виробництва	Загрози: 1. Велика конкуренція, зокрема з іншими невідомими стартапами; 2. Необхідність у високій надійності системи; 3. Подальша економічна ситуація та купівельна спроможність громадян; 4. Невизначеність у законодавчому регулюванні.

Існує необхідність підвищеної уваги до ризиків та слабких сторін проекту. Видно, що слабких сторін мало, але вірогідних загроз для проекту досить багато. Слабкі сторони можна намагатися компенсувати під час безпосередньої розробки проекту, за допомогою збільшення штату та проведення гарної маркетингової компанії. Для вирішення більшості загроз необхідно врахувати необхідність співпраці з іншими проектами та слідкувати за загальним станом ринку.

За допомогою SWOT-аналіз стартап-проекту можливо створити альтернативи ринково поведінки, що актуальні для даного стартап-проекту та аналіз орієнтованого часу виведення продукту на ринок.

Визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів (табл. 4.13).

Таблиця 4.13. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Реалізувати проект на основі процесорів STM32 без обмотки	80% Доставка елементів займає мало часу	1 рік
2	Реалізувати проект на основі процесорів STM32 з обмоткою	70% Доставка елементів займає 1 місяць	6 місяців

Краще за все використовувати підхід, що наведено у другому пункті, оскільки його час і складність реалізації менші, не дивлячись на довшу доставку. Перший варіант значно ускладнює роботу та може привести до необхідності виконання додаткової роботи по створенню необхідної обмотки процесору. Також перший варіант набагато складніший при потоковому створенні пристроїв та їх тестуванні. З зазначених альтернатив обираємо стратегію компенсації слабких сторін стартапу наявними ринковими можливостями.

4.5 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів.

Таблиця 4.14. Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Власники домашніх рослин та оранжерей	Середня	Низький	Інтенсивна	Середня складність
2	Підприємства-розробники розумних ферм	Висока	Високий	Інтенсивна	Висока складність
2	Власники розумних ферм	Висока	Високий	Не інтенсивна	Середня складність
Обрана цільова група: Власники розумних ферм. Мають високу готовність прийняти продукт, на відміну від власників оранжерей та рослин, що використовують IoT системи, а також не інтенсивну конкуренцію й не гіршу за інших складність входу у сегмент					

За результатами аналізу потенційних груп споживачів було обрано власників розумних ферм. Не дивлячись на це, є доцільним задовольняти деякі потреби підприємств, що розробляють рішення та системи для Розумних ферм, щоб охопити більший ринок збуту і мати уявлення про потреби кінцевого користувача, які задовольняє обраний сегмент підприємств.

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформувані базову стратегію розвитку (табл. 4.15).

Таблиця 4.15. Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1	Створення прототипу пристрою контролю на основі плат ST	Швидке налаштування виробництва	Закуповуються дешеві плати, які надають можливість швидкої імплементації алгоритму та високу гнучкість пристроїв	Стратегія лідерства по витратам

Визначена базова стратегія лідерства по витратах – стратегія яка передбачає, що компанія за рахунок чинників внутрішнього і/або зовнішнього середовища може забезпечити більшу, ніж у конкурентів маржу між собівартістю товару і середньоринковою ціною (або ж ціною головного конкурента).

Зокрема, ця стратегія припускає, що за рахунок великих можливостей по об'ємах збуту товарів (портфеля укладених контрактів на постачання) і продуктивності підприємство може добитися менших витрат. Ця стратегія зазвичай тісно пов'язана з можливістю досягнення ефекту масштабу і досвіду. [3].

Низька вартість комплектуючих дозволяє встановити нижчу ціну і більшу маржу.

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (табл. 4.16).

Таблиця 4.16. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
1	Ні	Компанія буде забирати шукати нових споживачів	Так, компанія буде копіювати можливості пристроїв конкурентів, щодо роботи з рослинами додаючи свої покращені функції	Стратегія вииклику лідера

На основі проведеного аналізу для вибору стратегії конкурентної поведінки була обрана наступна стратегія — стратегія виклику лідера. Стратегію виклику лідеріві найчастіше вибирають компанії, які є другими, третіми на ринку, але бажають стати лідером ринку. Теоретично, ці компанії можуть прийняти два стратегічні рішення: атакувати лідера у боротьбі за частку ринку або ж йти за

лідером.[3]. Планується проводити флангові атаки, а саме атакувати слабкі сторони фірми-лідера.

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника та до продукту, а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку та стратегії конкурентної поведінки розробимо стратегію позиціонування (табл. 4.17).

Таблиця 4.17. Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Низька ціна	Стратегія лідерства по витратам	Низька ціна комплектуючих та вихідного товару	Дешевий, універсальний надійний
2	Обслуговування		Легке обслуговування, гарні супроводжуючі документи, інтуїтивне налагодження	
3	Універсальність		Можливість роботи з пристроями конкретних фірм	
4	Якість		Довгий строк служби рішень, мала кількість збоїв, відсутність критичних збоїв	

Отже, окрім універсальності рішення та низької ціни користувач також потребує якості та простоти у обслуговуванні.

4.6 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Під час розробки маркетингової програми першим кроком є розробка маркетингової концепції товару, який отримає споживач. У таблиці 4.18 підсумуємо результати аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 4.18. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Дешеві комплектуючі	Доступність для масового виробництва	Кінцевий продукт має бути дешевший за аналоги
2	Універсальність	Можливість суміщати вже з готовими рішеннями	Кінцевий продукт має можливість працювати у єдиній системі з аналогами

Очевидними вигодами даного товару є універсальність та дешевизна комплектуючих. Враховуючи, що орієнтація йде фермерські господарства, це дає можливість їм заробити на товарі, а також не перейматися, що їх рішення не буде сумісним з популярними системами чи іншими їх рішеннями.

Наступним кроком є розробка трирівневої маркетингової моделі товару, де уточнюється ідея продукту та/або послуги, його фізичні складові, особливості процесу його надання (табл. 4.19).

Таблиця 4.19. Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Мережа дешевша за існуючі рішення. При цьому мережа сумісна з іншими, що представлені на ринку. Має малий процент відмов, високу швидкодію та надійність. Дає можливість для економії на розробці		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1. Частота мікропроцесору	Нм	Вр/Тх
	2. Швидкість опрацювання	Нм	Тх
	3. Надійність	Нм	Тх
	4. Стійкість	Нм	Тх
	5. Габарити	Нм	Вр/Тх
	6. Універсальність	Нм	Тх/Тл
7. Безпечність	Нм	Вр/Тх	
Якість: патент на пристрій, сертифікація.			
У коробку упакований готовий зібраний пристрій. На коробці є маленька ручка. На коробці присутня така інформація, як: <ul style="list-style-type: none"> - Марка - Знай якості - Характеристики товару - Назва моделі 			
Марка: Green House			

III. Товар із підкріпленням	До продажу: Розробник може за запитом розширювати кількість сумісних кінцевих пристроїв та габарити та масу кінцевого продукту
	Після продажу: Розробник може проводити полегшену інтеграцію у готові системи, а також допомагати з встановленням пристроїв та документацією.
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: відповідно до державного та правового законодавства, за рахунок патентів.	

Далі визначимо цінові межі, якими необхідно керуватися при встановленні ціни на потенційний товар, це передбачає аналіз цін товарів конкурентів, та доходів споживачів продукту (табл. 4.20).

Таблиця 4.20. Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	500-4000	400-3000	150000	300-500

Якщо збільшувати кількість користувачів, то можна трохи понизити ціну товару. Ціна менша за товари-аналоги та заміники.

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення (табл. 4.21):

Таблиця 4.21. Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має Виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Орієнтація на дешеві комплектуючі та надійні рішення	Встановлення контактів із споживачами та підтримка їх. Формування попиту.	1 (канал першого рівня. Виробник - торговець)	Вид виробника до фірм, що торговців пристрої IoT

Доцільно обирати не прямий канал збуту, бо через посередників можна як продати більшу кількість товару, так і не займатися деякою частиною додаткового обслуговування. До того ж так простіше виводити товар на ринок,

бо покупець може його купити вже у знайомих йому місцях, а не йти прямо до виробника за кожною окремою комплектуючою.

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (табл. 4.22).

Таблиця 4.22. Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Орієнтація на здешевлення виробництва	Форма зворотного зв'язку на сайті виробника Гаряча лінія	Комплексний підхід; Доступність клієнтам; Точність вимірів; Універсальність; Можливість додаткового оснащення..=	Донести потенційним клієнтам інформацію про переваги нашої системи перед іншими Встановлення зв'язків з компаніями, що пропонують аналогічні рішення	Найдешевший та найуніверсальніший продукт, що є на ринку

Було обрано ключові позиції: маркетингові дослідження, встановлення мети позиціонування, розробка стратегії позиціонування, розробка тактики позиціонування, розробка комплексу маркетингу, оцінка ефективності позиціонування. Розглянуто завдання рекламного повідомлення та концепцію рекламного звернення.

Висновки до розділу

Пропонується проект приладу, який доглядає за рослинами у Розумних фермах, що використовують середовище IoT на основі друкованих плат ST.

З проведеного вище аналізу зрозуміло, що існує можливість ринкової комерціалізації проекту. Попит на даний продукт високий. При цьому ринок збуту перспективний, має зростаючу динаміку. Рентабельність роботи в галузі вища за депозитку ставку у країні, що має привабити інвесторів.

Не дивлячись на це вхід на ринок досить складний. Потенційні конкуренти присутні в багатьох країнах, в тому числі і в Україні. Багато з цих компаній можуть вкладати величезні кошти в маркетинг та мають гарну репутацію. Конкуренція на ринку висока, але ціни все ще диктуються найбільш крупними гравцями.

Потенційними клієнтами стартап проекту можуть бути фермери – власники Розумних ферм. Також треба враховувати можливість співпраці з підприємствами, що розробляють розумні ферми з нуля. Готовність фермерів сприйняти продукт досить висока, конкуренція невелика. Не дивлячись на це, складність виходу у сегмент середня.

Доцільно обрати варіант впровадження під час якого проект реалізується на основі готових плат ST. Їх ціна не значно більша, ніж ціна друку плат та купівлі процесорів на базі STM32, а швидкість розробки значно більша.

До сильних сторін проекту можна віднести цінову політику, універсальність отриманого пристрою та великий перелік сумісних систем. Кількість загроз для проекту досить велика, у першу чергу це конкуренція, неповний функціонал, невизначеність економічної ситуації та законодавчого регулювання.

Доцільно виконувати подальшу імплементацію проекту, особливо це стосується технічної та маркетингової сторін реалізації. Відомі аналогічні проекти, які дуже поступаються за ціною, функціоналом та якістю конкурентам, але при цьому мають великий успіх на ринку, через досить гарно проведену рекламну кампанію.

ВИСНОВКИ

Таким чином, використання технологій Інтернету речей для реалізації автоматизованого керування мікрокліматом теплиці досить актуально, так як ця область міцно займає всі сфери суспільства і постійно розвивається. Розглянута в дисертації математична модель дозволяє при різних збурюючих впливах, а саме температурі, вологості чи освітленні навколишнього середовища мікроферми, простежити статичні і динамічні характеристики теплиці, а саме температури повітря і рослин, абсолютна і відносна вологість повітря. Модель забезпечує розрахунок та регулювання заданих впливів по температурі і відносній вологості всередині мікроферми, розрахунок показників якості освітлення та управління мікрокліматом теплиці.

У роботі зазначено, що інтелектуальна система керування повинна відстежувати кліматичні параметри і керувати виконавчими механізмами, бути легкою в обслуговуванні і експлуатації, мати низьку вартість. Основні сектори де розроблена система може використовуватися, це індивідуальні господарства. Вивчено параметри мікроклімату, модель керування цим мікрокліматом.

Складено технічне завдання з усіма вимогами до роботи системи з інтелектуальним керуванням мікроклімату. Інформацію щодо стану мікроклімату в теплиці можливо відстежувати віддалено та вносити корективи в програми керування усіма процесами. Це рішення допоможе значно зекономити час та кошти.

Розглянуто програмні рішення як для промислових господарств, що недоступне для всіх користувачів, так і конкретно орієнтоване на індивідуальне господарство, контроль за яким може відбуватися з будь-якого доступного пристрою з виходом в інтернет мережу, що не передбачає налаштувань чи змін параметрів для функціонування мікроферми. Розроблено програмний модуль для інтелектуальної системи контролю мікрокліматом.

Програмний модуль, що функціонує відповідно обраним алгоритмам, використовує дані зчитані з датчиків системи та оцінюючи мікроклімат теплиці регулює його відповідно до заданих контрольних значень.

Проведено аналіз існуючих рішень щодо контролю мікрокліматом теплиці, та розглянуто конкурентів, відповідно до чого можна зробити висновок, що мікроферма з використанням розумних теплиць є конкурентоспроможним стартап-проектом на території України та за її межами при умові масштабування.

Відштовхуючись від проведеного аналізу ринку та економічних показників фінансового плану, можна зазначити, що підприємство є прибутковим і ефективним, при умові вирощування не менше 30 кілограм полуниці на місяць, в цьому випадку підприємство окупиться приблизно за 4 місяці, що суттєво вище, ніж терміни окупності існуючих конкурентів.

Таким чином, використовуючи результати роботи можна створити комерційний проект, що буде затребуваний на ринку.

Так само архітектура системи дозволяє легко змінювати її конфігурацію, як апаратну, так і програмну, з чого слідує, що на основі даної розробки можна створити декілька модифікацій під різні групи користувачів. Одним з перспективних напрямків подальшої розробки є об'єднання розробленої системи із мобільними додатками користувачів.

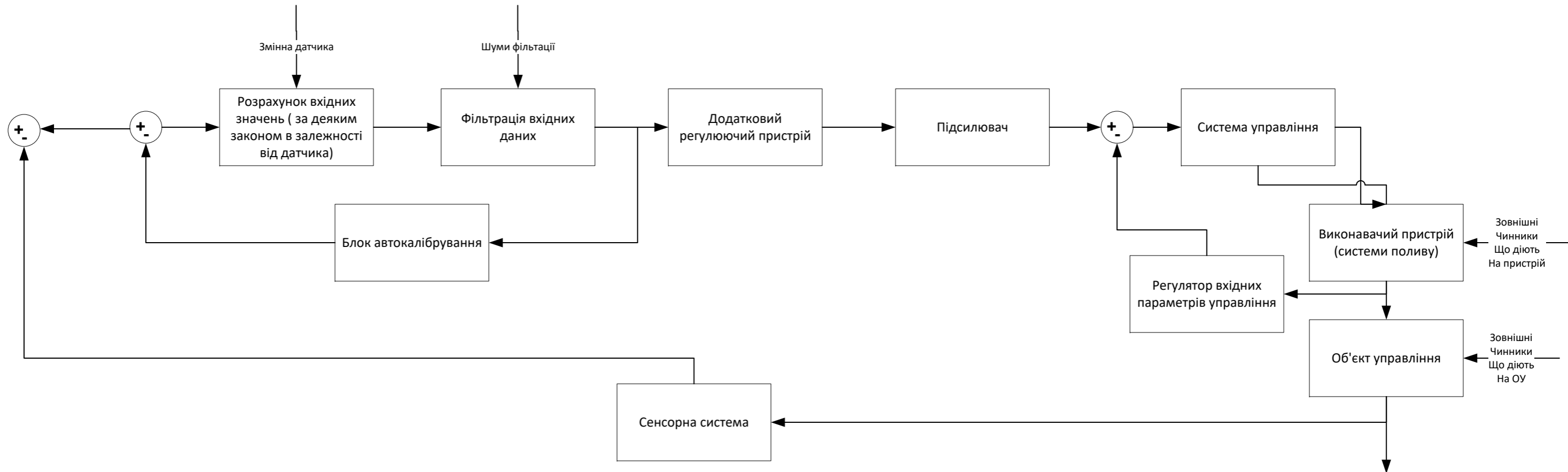
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

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>
2. Семенов В.Г. Компьютерное моделирование при исследовании системы управления микроклиматом теплицы / Семенов В.Г., Алейникова Е.А. // Современные наукоемкие технологии. – 2007. – С. 75-77.
3. 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.
4. Кэмп П. Компьютерное управление микроклиматом в теплицах / Кэмп П, Тиммерман Г. // Центр инноваций и практического обучения в Эдде - 1997. – 193с.
5. 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.
6. International Standart ISO 9126-1. Software engineering – Product quality – Part 1: Quality. – 2001. P. 32.
7. 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.
8. 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.
9. 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.

10. Попов И.И. Автоматизированные информационные системы (по областям применения): Учебн. пособ. / Под общей редакцией К.И. Курбакова.- М.: Изд-во РЭА, 1999.- 103 с.
11. Попов И.И. Информационные ресурсы и системы: реализация, моделирование, управление.–М.: ТПК АЛЬЯНС, 1996.– 408 с.
12. Завадський І.О. Основи баз даних / Завадський І.О. – М.:вид. Київ, 2011. – 192 с.
13. Карпопа Т.С. Базы данных: разработка и управление./ Карпопа Т.С – М: Лори. – 2000. – 374с.
14. Хансен Г., Хансен Д. Базы данных: разработка и управление. - М.: БИНОМ, 1999.
15. Атре Ш. Структурный подход к организации баз данных./ Атре Ш. - М.: Финансы и статистика, 1983. - 320 с.
16. Бойко В.В. Проектирование баз данных информационных систем./ Бойко В.В., Савинков В.М. - М.: Финансы и статистика, 1989. - 351 с.
17. Боуман Д. Практическое руководство по SQL./ Боуман Д, Эмерсон С., Дарновски М - Киев: Диалектика, 1997г.
18. Гилуа М.М. Множественная модель данных в информационных системах. / Гилуа М.М. - М.: Наука, 1992г.
19. Голосов А.О. Аномалии в реляционных базах данных / Голосов А.О. //СУБД. - 1986. - №3. - С.23-28.
20. Грабер М. Введение в SQL./ Грабер М. - М.: Лори, 1996. - 379 с.
21. 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
22. Лещев, С. В Интерфейсы социальной экологии: от технологической конвергенции к интернету вещей. / С. В. Лещев // Философские науки .— 2014 .— №11 .— С. 104-112

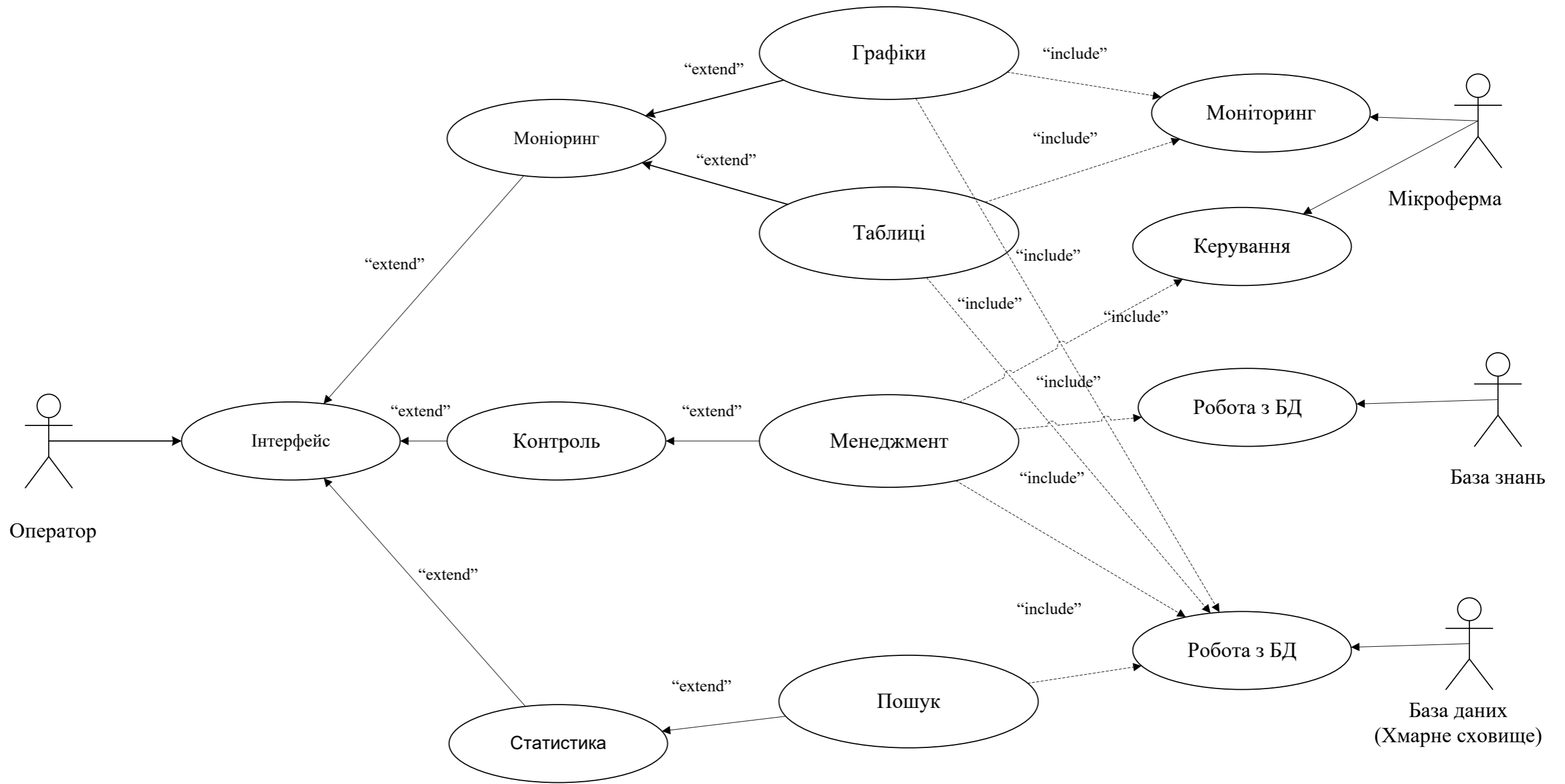
23. Оззу М.Т., Валдуриз П. Распределенные и параллельные системы баз данных //СУБД. - 1996. - №4. - С.4-26.
24. Озкарахан Э. Машины баз данных и управление базами данных. - М.: Мир, 1989.
25. Пржиялковский В. В. Абстракции в проектировании БД //СУБД. - 1998. - №1. - С.90-97 Четвериков В.Н. и др. Базы 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. — [ISBN 5-279-02276-4](#)
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](#)
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](#)
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>
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
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
35. Рентабельність виробництва і методика визначення її показників . [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://buklib.net/books/29473/>
36. Стратегічний аналіз підприємства. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://pidruchniki.com/1974070454048/menedzhment/strategichniy_analiz_pid_priyemstva
37. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.
38. Розробка стартап-проектів: Конспект лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальностей 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» та 152 – «Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка» / О. А. Гавриш, К. О. Бояринова, К. О. Копішинська; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: X,XX Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 188 с.



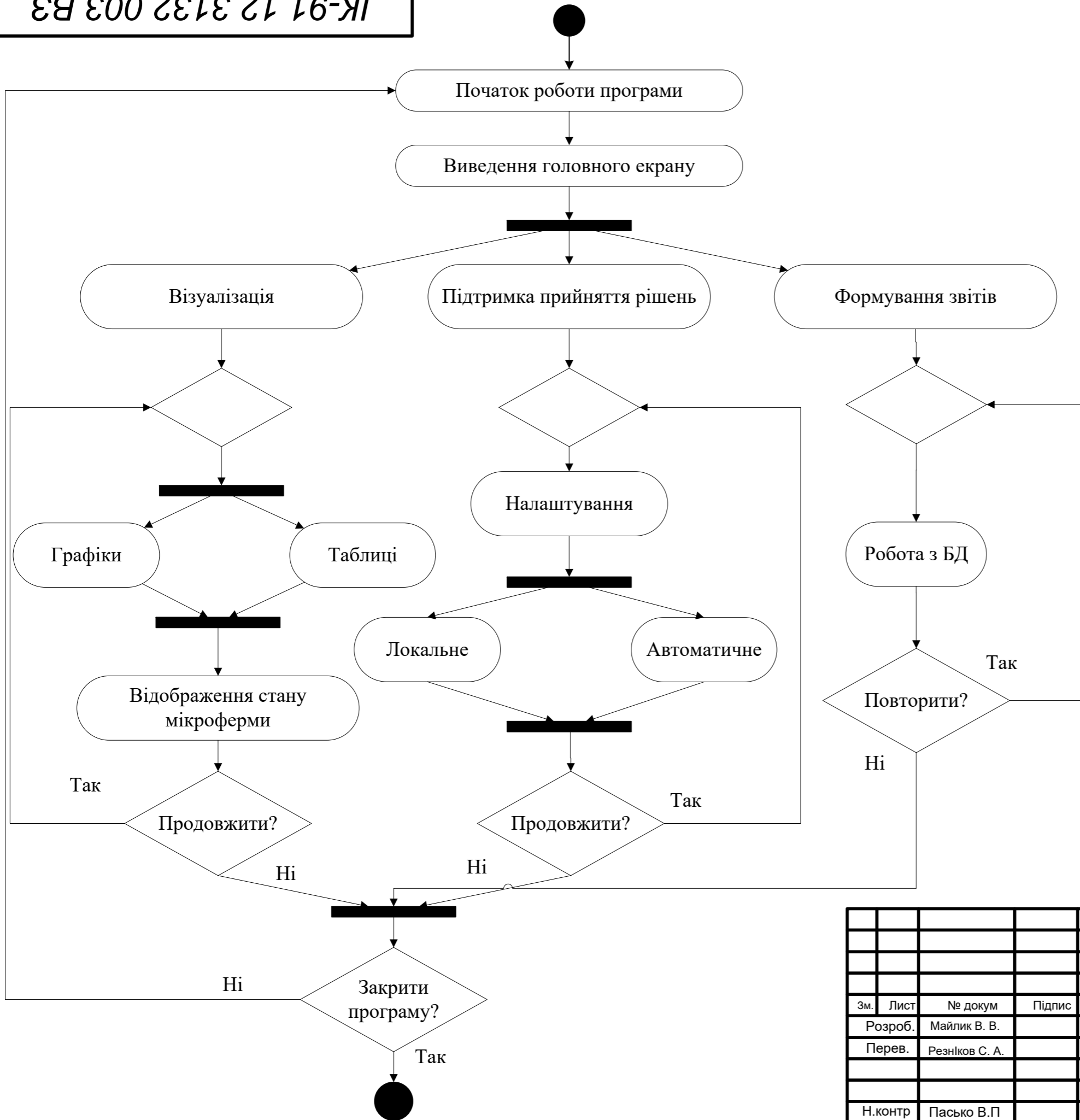
Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Взам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № ориг.	

					IK-91.12. 3132.001 B3		
					Спрощена схема керування системою контролю мікроклімату		
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата	Літ.	Маса	Мірило
Розроб.		Майлик В. В.					
Перев.		Резніков С. А.					
					Лист	1	Листів
							1
					Кафедра Технічної кібернетики		
					Група ІК-91мп		
Н.контр		Пасько В.П.					
Затв.		Пархомей І.Р.					



Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Взам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № ориг.	

					ІК-91.12.3132.002 В3		
					Діаграма варіантів використання системи керування		
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата	Літ.	Маса	Мірило
Розроб.		Майлик В. В.					
Перев.		Резніков С. А.					
					Лист	1	Листів
							1
					Кафедра Технічної кібернетики		
					Група ІК-91мп		
Н.контр		Пасько В.П					
Затв.		Пархомей І.Р.					



Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Взам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № ориг.	

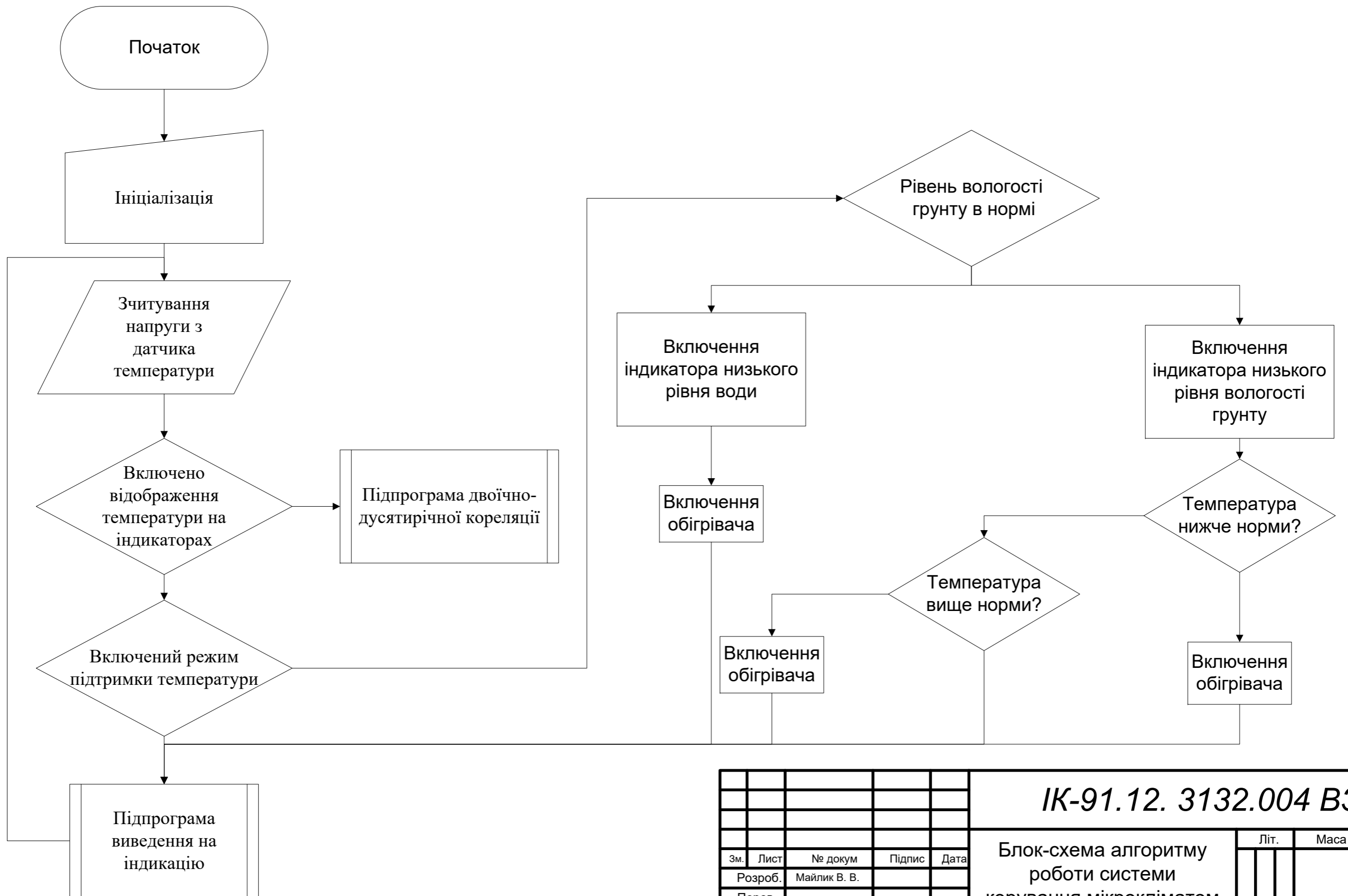
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата
Розроб.		Майлик В. В.		
Перев.		Резніков С. А.		
Н.контр		Пасько В.П		
Затв.		Пархомей І.Р.		

Діаграма діяльності системи контролю мікроклімату

Літ.	Маса	Мірило
Лист 1	Листів 1	

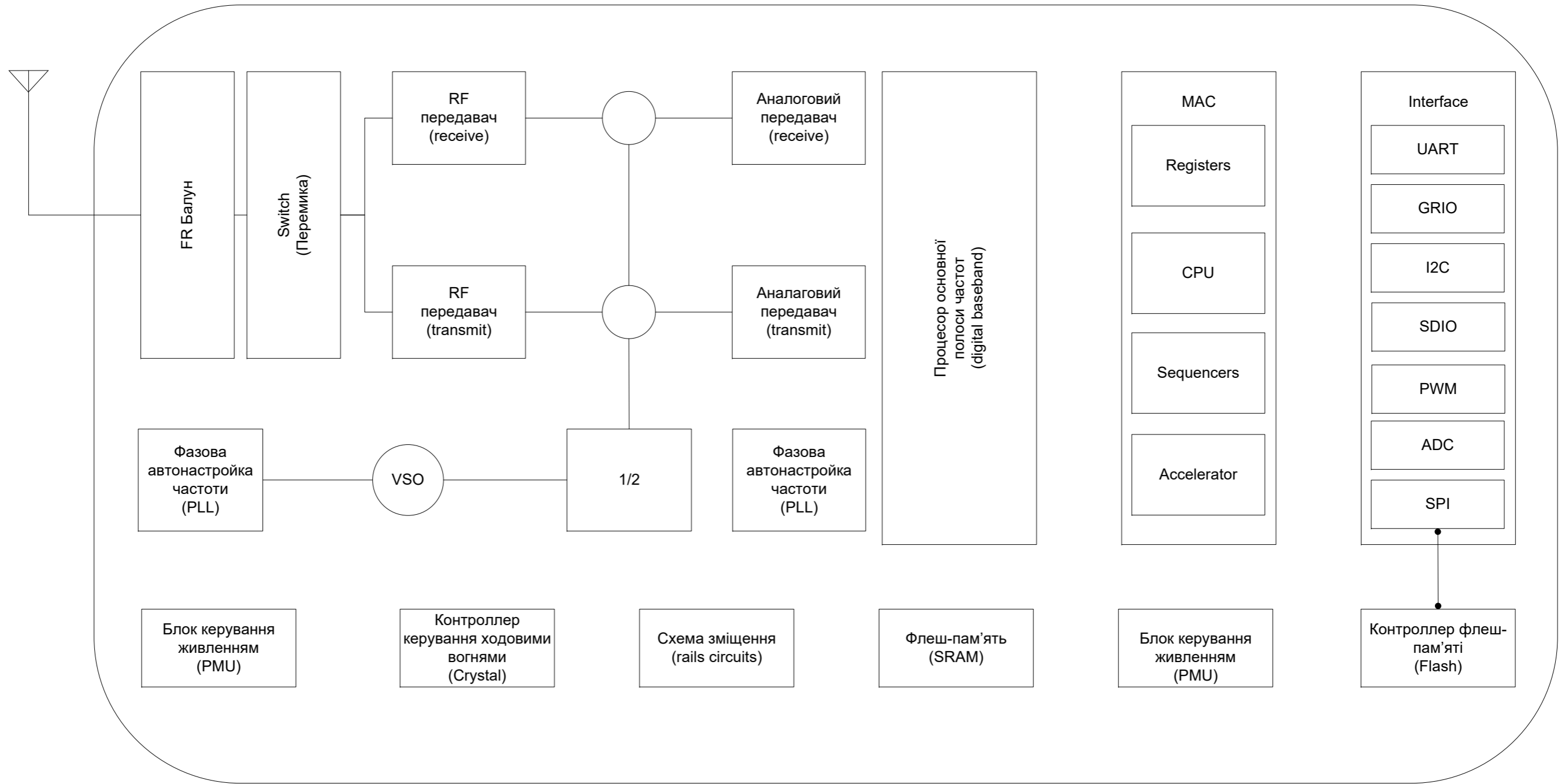
Кафедра Технічної кібернетики

Група ІК-91мп



Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Взам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № ориг.	

					IK-91.12. 3132.004 B3		
					Блок-схема алгоритму роботи системи керування мікрокліматом		
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата	Літ.	Маса	Мірило
Розроб.		Майлик В. В.					
Перев.		Резніков С. А.					
					Лист	1	Листів
							1
					Кафедра Технічної кібернетики		
					Група ІК-91мп		
Н.контр		Пасько В.П					
Затв.		Пархомей І.Р.					



Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Взам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № ориг.	

					IK-91.12. 3132.005 B3		
					Блок-діаграма мікроконтролера ESP8266EX		
					Кафедра Технічної кібернетики		
					Група ІК-91мп		
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата	Літ.	Маса	Мірило
Розроб.		Майлик В. В.					
Перев.		Резніков С. А.					
Н.контр		Пасько В.П			Лист 1	Листів 1	
Затв.		Пархомей І.Р.					