

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

ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОНІКИ  
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОЇВ ТА СИСТЕМ

«На правах рукопису»  
УДК 621.37

«До захисту допущено»  
Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_  
(підпис) Юлія ЯМНЕНКО  
(ініціали, прізвище)  
«        » \_\_\_\_\_ 2020р.

**Магістерська дисертація  
на здобуття ступеня магістра**

зі спеціальністю 171 Електроніка  
(код і назва)

освітня програма (спеціалізація) Електронні прилади та пристрої

на тему: Система автоматичного керування параметрів мікроклімату в  
ПЛОДООВОЧЕВИХ СХОВИЩАХ

Виконав (-ла): студент (-ка) II курсу, групи ДЕ-91мп  
(шифр групи)

Гайсін Артем Фанісович \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Науковий керівник доцент к.т.н. Олександр ТЕРЛЕЦЬКИЙ \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант \_\_\_\_\_  
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент старший викладач Ганна ПОРЄВА \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант  
по нормоконтролю доцент к.т.н. Лариса БАТРАК \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

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

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України  
“Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського”**

Факультет Електроніки

( повна назва )

Кафедра Електронних пристроїв та систем

( повна назва )

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо - професійною програмою

Спеціальність 171 Електроніка

(шифр і назва)

Освітня програма (спеціалізація) Електронні прилади та пристрої

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_  
(підпис) Юлія ЯМНЕНКО  
( прізвище ініціали )

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 року

**З А В Д А Н Н Я  
НА МАГІСТЕРСЬКУ ДИСЕРТАЦІЮ СТУДЕНТУ**

Гайсіну Артему Фанісовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Система автоматичного керування параметрів мікроклімату в плодовоовочевих сховищах

науковий керівник дисертації Олександр ТЕРЛЕЦЬКИЙ, к.т.н. доцент,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « 05 » листопада 2020 року № 3241-с

2. Термін подання студентом дисертації 09 грудня 2020 року

3. Об'єкт дослідження Системи автоматичного керування, середовище розробки схем електричної принципової, складального креслення, мова програмування мікроконтролерів

4. Вихідні дані Вимірювання температури в діапазоні -10 ... 50 °C, вимірювання відносної вологості 60 ... 100 °C, автоматизація керування на основі вимірюваних параметрів

5. Перелік завдань, які потрібно розробити огляд науково-технічної літератури та існуючих рішень та тему магістерської дисертації, розробка алгоритму функціонування системи, розробка структурної та схеми електричної принципової, розробка конструкторської документації.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу Схема електрична структурна, схема електрична принципова, складальне креслення, теоретичні креслення

7. Орієнтовний перелік Гайсін, А. Ф., Терлецький О. В. Система автоматичного регулювання параметрів мікроклімату складських приміщень // Перспективні напрямки сучасної електроніки: матеріали XIII науково-практичної конференції: КІП ім. Ігоря Сікорського, 2019. – С. 106-111., Гайсін А.Ф. Молочко О.С. Типи завод в сигнальних кабелях та методи їх усунення // Мікросистеми, Електроніка та Акустика. – Київ.- 2021 (пройшла етап рецензування)

#### 8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

9. Дата видачі завдання 28.10.2020

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1.	Огляд науково-технічної літератури та існуючих рішень на тему автоматизованої системи керування мікрокліматом	01.09.2020-25.09.2020	
2.	Розробка алгоритму функціонування системи та розробка структурної схеми	28.09.2020-02.10.2020	
3.	Огляд сучасної елементної бази	05.10.2020-16.11.2020	
4.	Розробка схем функціональної та електричної принципової	18.10.2020-06.11.2020	
5.	Розробка конструкторської документації: друкованої плати та складального креслення	08.11.2020-20.11.2020	
6.	Оформлення пояснювальної записки. Підготовка доповіді	22.11.2020-04.12.2020	

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Артем ГАЙСІН  
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Олександр ТЕРЛЕЦЬКИЙ  
(ініціали, прізвище)

## АНОТАЦІЯ

Оптимізація та покращення регулювання мікрокліматом у складських приміщеннях, де зберігаються овочі, фрукти та зернові, безперечно є доволі перспективною сферою наукових та інженерних розробок.

У роботі показано огляд передової науково-технічної літератури та нових сучасних статей на тему оптимізації систем керування мікрокліматом на сучасній елементній базі. Було продемонстровано системи, що сьогодні використовуються, а також проаналізовано їхні переваги недоліки з метою ефективного виконання поставленого завдання.

Проаналізовано останні дослідження у сфері аграрної промисловості, на базу яких створено список необхідних вимоги, які б забезпечили якісне збереження плодоовочевої продукції в сховищах.

Відповідно до вимог підтримки показників мікроклімату, а також особливостей збереження овочів та фруктів, розроблено алгоритм найбільш ефективного керування системою регулювання параметрів мікроклімату складських приміщень.

Продемонстрована передова елементна база, яку можна використати з метою забезпечення необхідних показників мікроклімату, отримання та подальшого аналізу показників повітряного середовища складського приміщення для зберігання плодоовочевої продукції, а також регулювання пристроями управління показниками мікроклімату. Усі ці кроки потрібні задля забезпечення найкращих показників мікроклімату складського приміщення, що дозволить зберігати сировину в належному стані протягом всього терміну придатності.

Розроблено друковану плату, електричну принципову схему, складальне креслення електронного пристрою, а також конструкторську документацію на пристрій. Проаналізовано та продемонстровано технологію створення друкованої плати.

**Ключові слова:** система керування мікрокліматом плодоовочевого сховища, модуль керування, модуль моніторингу, мікроконтролер, АТМega.

## ANNOTATION

Among the countries of Europe and the world, Ukraine occupies a prominent position in the production of many fruits and vegetables and grains. For this reason, the optimization and improvement of microclimate regulation in warehouses, where vegetables, fruits and grains are stored, is undoubtedly a very promising area of scientific and engineering development.

The paper presents a review of advanced scientific and technical literature and new modern articles on the optimization of microclimate control systems on a modern element base. The systems used today were demonstrated, as well as their advantages and disadvantages were analyzed in order to effectively perform the task.

The latest research in the field of agricultural industry was analyzed, on the basis of which a list of necessary requirements was created, which would ensure high-quality storage of fruit and vegetable products in storage.

In accordance with the requirements of maintaining the indicators of the microclimate, as well as the peculiarities of the preservation of vegetables and fruits, an algorithm for the most effective control of the system of regulating the parameters of the microclimate of warehouses was developed.

An advanced element base was demonstrated, which can be used to provide the necessary microclimate indicators, obtain and further analyze the air environment of the warehouse for storage of fruits and vegetables, as well as control devices to control the microclimate indicators. All these steps are necessary to ensure the best indicators of the microclimate of the warehouse, which will keep the raw materials in good condition throughout the shelf life.

A printed circuit board, electrical circuit diagram, assembly drawing of the electronic device, as well as design documentation for the device were developed. The technology of PCB creation was analyzed and demonstrated. Keywords: 5- 7 keywords / phrases, nominative, no abbreviations.

**Key words:** fruit and vegetable storage microclimate control system, control module, monitoring module, microcontroller, ATMEga.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП.....</b>	<b>5</b>
<b>1. СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ МІКРОКЛІМАТУ СКЛАДОВИХ ПРИМІЩЕНЬ ПЛОДООВОЧЕВОЇ ПРОДУКЦІЇ ТА ЇХНІ СКЛАДОВІ.....</b>	<b>8</b>
1.1. Наявні сучасні системи регулювання мікроклімату приміщень для зберігання плодовоовочевих товарів .....	9
1.2. Умови, які необхідні задля належного зберігання товару. ....	12
1.3. Складові задач, що повинні виконуватися злагодженою системою ефективної регуляції мікроклімату, а також шляхи їхньої реалізації. ....	14
1.3.1. Визначення автоматизованої системи контролю регуляції мікроклімату та його окремих параметрів.....	14
1.3.2. Перелік головних завдань системи контролю мікрокліматичних показників складського приміщення, а також методи їх реалізації .....	16
Висновки до першого розділу .....	22
<b>2. ОПТИМІЗОВАНА СИСТЕМА РЕГУЛЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ МІКРОКЛІМАТУ В ПРИМІЩЕННЯХ, ДЕ ЗБЕРІГАЄТЬСЯ ПЛОДООВОЧЕВА ПРОДУКЦІЯ.....</b>	<b>24</b>
2.1. Основні вимоги, яким повинні відповідати функціональні можливості системи керування мікрокліматом. ....	24
2.2. Автоматизований алгоритм функціонування оптимальної системи керування та регуляції системи мікроклімату плодовоовочевих сховищ .....	25
2.3. План створення структурної схеми приладу регулювання параметрів мікроклімату складського приміщення .....	28
Висновки до другого розділу .....	29

<b>3. КОНСТРУКЦІЯ ОПТИМІЗОВАНОЇ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СКЛАДСЬКОГО ПРИМІЩЕННЯ.....</b>	<b>31</b>
3.1. Вибір необхідної елементної бази з метою ефективної та злагодженої роботи функціональних блоків системи мікроклімату .....	31
3.2. Створення функціональної схеми приладу для регулювання параметрами мікроклімату складського приміщення. ....	36
3.3. Створення електричної принципової схеми приладу керування показниками мікроклімату складського приміщення. ....	41
3.4. Створення друкованої плати приладу регулювання показниками мікроклімату складського приміщення. ....	46
3.5 Типи перешкод і методи їх усунення .....	53
Висновки до третього розділу .....	61
<b>4. ПІДГОТОВКА СТАРТАП ПРОПОЗИЦІЇ .....</b>	<b>63</b>
Висновки до четвертого розділу .....	81
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>83</b>
<b>ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....</b>	<b>84</b>
<b>ДОДАТОК А.....</b>	<b>1</b>
<b>ДОДАТОК Б .....</b>	<b>4</b>
<b>ЛІСТИНГ ПРОГРАМИ.....</b>	<b>1</b>
<b>ABSTRACT</b>	

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Автоматизація підтримки необхідного мікроклімату в складських приміщеннях є перспективним напрямком інженерних і наукових розробок тому, що Україна займає лідерські позиції в Європі та світі з виробництва багатьох зернових та плодоовочевих культур.

Актуальність цієї теми набувається на територіях країн з розвиненим агропромисловим комплексом. З розвитком цієї галузі збільшуються обсяги збору овочів та фруктів. Оскільки після збору плодоовочевої продукції, її потрібно зберігати в спеціалізованих складських приміщеннях, що задовольняють вимогам щодо зберігання в належному стані(табл. 1).

Ось деякі підсумки 2018 року галузі земельної діяльності [2]:

Оскільки обсяги збору фруктів та овочів є на високому рівні та збільшується, є очевидною необхідність довгострокового зберігання продукту для забезпечення можливості подальшої переробки.

Станом на 2019 рік на Україні недостатня кількість плодоовочевих сховищ, що мають змогу якісно зберігати продукцію для переробки її. Наслідком чого є необхідність транспортувати фрукти та овочі без переробки за кордон.

Це призводить до неможливості переробки та консервування через певний час. Наслідком є відсутність росту промисловості та відсутність збільшення робочих місць.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертація була підготовлена відповідно до науково-дослідного плану кафедри електронні прилади та пристрої Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського. Мікроклімат приміщення характеризується сукупністю параметрів, до яких відносять: температуру повітря, відносну вологість, рухливість повітря та наявність газів, що входять до його складу. Значення



цих параметрів визначають залежно від типу плодоовочевої продукції та способу їх зберігання. Для складських приміщень основними є ті параметри, від яких залежить збереження плодоовочевої продукції в задовільному стані.

**Мета і завдання досліджень.** Сучасна технологія зберігання плодів і овочів на складах повинна мати повністю автоматизовану систему вентиляції сховищ, бути керованою оператором з пульта, сама проводить забір повітря зовні або зсередини приміщення, охолоджувати або підігрівати повітря, визначати швидкість викиду повітряного потоку, підтримувати вологу, видаляти кисень, вуглекислий газ та етилен. Всі ці дії необхідні для збереження плодів свіжими.

Створення автоматизованих комплексів керування мікрокліматом в складських приміщеннях дозволить зробити економічно вигіднішим, менш трудомістким та масштабованим зберігання сировини до подальшої переробки та експорту готової продукції, або доставки кінцевому споживачу на території внутрішнього ринку.

*Об'єкт дослідження* — з основні процеси обігріву та підтримання вологості повітря, насичення вуглекислим газом, для ідеальних умов зберігання плодоовочевої сировини.

*Предмет дослідження* — є дослідження плодоовочевого сховища як об'єкта автоматизації та удосконалення систем автоматичного керування мікрокліматом.

**Методи дослідження:** ґрунтується на основі положення теорії тепло- і масообміну, математичного моделювання х використанням комп'ютерних технологій.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає у розробці нової САК теплиці у котрої зменшена собівартість, зменшений час реагування, збільшена інформативність

**Практичне значення одержаних результатів** - результати роботи вносять науковий вклад в розвиток сільськогосподарських та приватних плодоовочевих сховищ.

**Особистий внесок здобувача.** На основі отриманих даних було розроблено актуальнішу платформу для систем автоматичного керування мікрокліматом плодоовочевих сховищ, що дозволило зменшити ціну та збільшити якість системи в цілому.

**Апробація результатів дисертації.** Матеріали роботи були представлені на науковій конференції «Перспективні напрямки сучасної електроніки» (4 квітня 2019 р., )

**Публікації.** Гайсін, А. Ф., Терлецький О. В. Система автоматичного регулювання параметрів мікроклімату складських приміщень // Перспективні напрямки сучасної електроніки: матеріали XIII науково-практичної конференції: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – С. 106-111., Гайсін А.Ф. Молочко О.С. Типи завад в сигнальних кабелях і методи їх усунення // Мікросистеми, Електроніка та Акустика, 2021 (пройшла етап рецензування).

**Структура та обсяг дисертації** Дисертація складається з трьох розділів: оглядового, розділ вибору елементної бази та конструкторського. Обсяг: 82 ст. основного тексту, 29 рис., 29 табл., 3 додатка, 27 літературних джерел.

## **1. СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ МІКРОКЛІМАТУ СКЛАДОВИХ ПРИМІЩЕНЬ ПЛОДООВОЧЕВОЇ ПРОДУКЦІЇ ТА ЇХНІ СКЛАДОВІ**

Створення системи, що дозволяла б ефективно керувати мікрокліматом приміщення, містить у собі цілісне, комплексне вирішення різноманітних завдань. Так, сюди входить контроль відносної вологості, температури приміщення, швидкість руху повітряних мас, а також концентрація кисню, вуглекислого газу та етилену в повітрі.

Серед основних задач керування мікрокліматом, особливо виділяють наступні дві:

- економне використання ресурсів, необхідних для створення належних показників мікроклімату приміщення, а також їхнього підтримання;
- власне створення потрібного мікроклімату сховища, згідно з вимогами збереження конкретного типу товарів, та його підтримка;
- у свою чергу завдання аналізу, а також керування вимірюваними параметрами мікроклімату, умовно поділяють на наступні;
  - забезпечення надходження повітря в приміщення із зовні;
  - власне його забір із навколишнього середовища;
  - попереднє підігрівання повітря;
  - рекуперація вже теплого повітря;
  - очищення повітряних мас та їх фільтрація;
  - циркуляція повітряних потоків та хороша вентиляція приміщення (для забезпечення відсутності різниці між показниками повітря сховища у залежності від розташування датчиків);
  - охолодження повітря (при потребі);
  - витягування відпрацьованого всередині сховища повітря назовні.

## 1.1 Найявні сучасні системи регулювання мікроклімату приміщень для зберігання плодоовочевих товарів

Устаткування регулювання температури приміщень (скорочено УРТП) – сьогодні широко застосовується як ефективна система збереження плодоовочевої продукції. На рис. 1.1. наведено технологічну схему автоматичного ефективного управління температурою повітря в складському приміщенні з обладнанням [3].

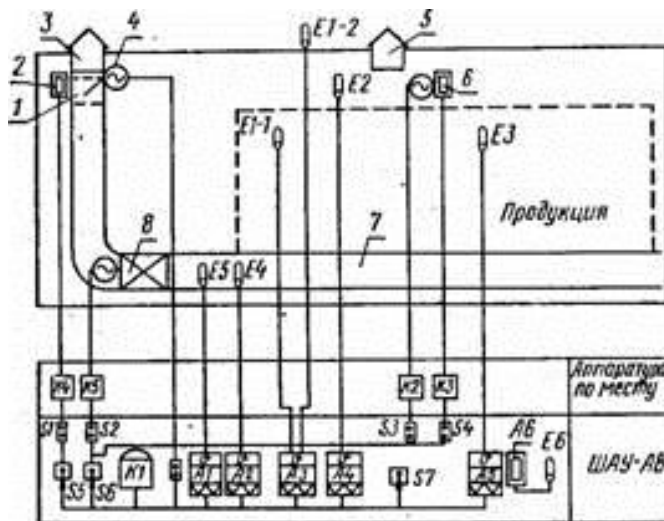


Рис. 1.1. Технологічна схема автоматичного управління температурою

Система складається з наступних елементів:

- 1 - змішувальний клапан;
- 2 – підігрівач;
- 3 - приливна шахта;
- 4 - виконавчий механізм;
- 5 - витяжна шахта;
- 6 - вентиляційно-опалювальний рециркуляційний агрегат;
- 7 - канал вентиляційний;
- 8 - вентилятор припливний;
- S1; S2; S3; S4 - кнопочві станції;

E1 - датчик температури A3 диференціальний;  
E2; E3; E4 - інші датчики температури;  
E5 - датчик температури A1 пропорційний;  
E6 - датчик терморегуляції підігріву шафи моделі ШАУ-AB біметалічний;  
A6 – електричний нагрівач;  
S5 та S6 - перемикачі універсальні;  
S7 - вимикач;  
K1 - реле витримки часу;  
K2; K3; K4; K5 – електромеханічні комутаційні апарати, що виконують функцію керування живленням.

Дана система була створена для ефективного керування мікрокліматом у складських приміщеннях з метою підтримки конкретної температури і є абсолютно автоматизованою – температура задається безпосередньо шафою керування (модель ШАУ-AB). Для зміни параметрів вручну необхідна допомога оператора цього приладу або ж висококваліфікованого спеціаліста в області електроніки.

Проте основним мінусом УРТП є його обмеженість у керуванні винятково параметрів повітря у приміщенні. Використання цього пристрою у якості автоматизованої системи регуляції мікроклімату обожено контролем температури, а це лише один з безлічі факторів, на які необхідно зважати при забезпеченні необхідних для збереження умов товару в належному стані.

Зважаючи на недоліки, які вказано вище, шафа даної моделі не підходить для задоволення усіх потрібних, для збереження продуктів у товарному вигляді, факторів. З цієї причини використання УРТП робить неможливим реалізацію чи переробку плодоовочевої сировини через тривалий проміжок часу.

На противагу прикладом сучасної альтернативи є системи керування мікрокліматом «Micro 2004». Дана система є повністю автоматичною, та

створена для збереження плодоовочевої продукції у належному стані, а також для застосування в сховищах, де впроваджуються сучасні технології. У системи доволі простий та зручний інтерфейс. «Micro 2004» дозволяє використовувати енергоресурси максимально економно, при цьому керувати всіма необхідними змінами мікроклімату доволі точно, а також регулювати усі прилади підтримки мікроклімату приміщення. Серед додаткових функцій цієї системи варто відзначити систему сигналізації, яка попереджає як пожежу чи природні катаклізми, так і незаконне проникнення у сховище сторонніх осіб.

Також система здатна оснащуватися датчиками, що можуть допомагати при керуванні іншими приладами для збереження мікроклімату складського приміщення. Це дозволяє виводити усі дані в одному місці у вигляді графіку, що значно спрощує роботу оператора системи.

Пристрій «Micro 2004» складається з наступних приладів:

REMANA-SIN12 - виконує функцію датчика температури

- номер моделі інтерфейсу підключення- RS485;
- спектр вимірювання лежить у межах від -20 до 50 °C;
- розміри датчика: 180 x 125 x 70 mm;
- сила струму та напруга: max. 100 mA, від 9 до 28 В.

REMDIGI-10 – виконує функцію модуля реле витримки часу

- номер моделі інтерфейсу підключення- RS485;
- спектр вимірювання лежить у межах від -20 до 50 °C;
- розміри модуля: 180 x 90 x 50 mm;
- сила струму та напруга: 200 mA, від 20 до 28 В.

«A-Gate» - використовується як пристрій для відстежування будь-яких змін системи мікроклімату і подальшого виведення їх на екран комп'ютера. У пам'яті «A-Gate» знаходяться дані про всі параметри температури, повітря та відносної вологості за увесь час його роботи.

Найвагомішим мінусом цієї системи є досить велика вартість. Інакше кажучи, «Micro 2004» підходить винятково для великих компаній, які використовують передові технології та мають достатній бюджет. Натомість для середнього чи малого приватного бізнесу прилад лишається недоступним.

Також через багатокomпонентність конструкції, що зумовлена широким функціоналом, систему можуть встановлювати лише висококваліфіковані спеціалісти. Робітників такого класу можна найняти винятково в компанії, яка й розробляла дану модель. З цієї причини додаткові витрати йдуть на доставку та розміщення системи.

## **1.2 Умови, які необхідні задля належного зберігання товару**

Кожен конкретний вид плодоовочевої сировини потребує визначених умов для якомога найякіснішого збереження у сховищі складу. У таблиці, що наведена нижче, проілюстровано значення параметрів мікроклімату (температура, вологість) та терміну придатності для різних типів плодоовочевих продуктів. Необхідно дуже ретельно стежити за умовами зберігання, щоб уникнути можливого псування сировини чи її товарного вигляду.

Задля якісного та тривалого зберігання плодоовочевих товарів, а також їх наступної переробки, необхідне точне забезпечення усіх умов, що наведені в табл. 1.1, де вказано, у яких саме межах відносної вологості та температури система регулювання вентиляцією має автоматично забезпечувати підтримання необхідних параметрів мікроклімату.

Також необхідно, щоб система мала можливість забезпечувати вимірювання та регуляцію відносної вологості в плодоовочевому сховищі в заданому діапазоні (це приблизно від 60 до 100%).

Таблиця 1.1.

Необхідні умови для якісного збереження овочів та фруктів

Плодоовочева сировина	Температура товару, °C	Відносна вологість повітря, %	Приблизний час збереження, доба
Огірок	від +7 до +13	від 90 до 95	10-14
Баклажани	від +7 до +10	від 85 до 90	не більше 10
Горошок зелений	від -0,5 до 0	від 85 до 98	не більше 21
Кабачки	від 0 до +4	від 85 до 90	не більше 60
Капуста білокачанна	від -1 до 0	від 85 до 90	180-270
Картопля	від +2 до +3	від 85 до 95	90-270
Цибуля	від -2 до +2	від 65 до 75	30-240
Морква	від -0.5 до +0.5	від 90 до 100	30-270

На якісне збереження впливають й показники атмосфери, наприклад відсотковий вміст вуглекислого газу в повітрі. Якщо його значення вище за необхідну норму, це може призвести до швидкої втрати товарного вигляду овочів та фруктів (зокрема змінюється їхній колір та м'якість), сировина швидше псується (оскільки вуглекислий газ може негативно діяти на етилен у складі товарів), зрештою плоди повільніше дозрівають або цей процес зупиняється взагалі.

Натомість потрібне значення відсоткового вмісту в повітрі кисню може сприяти подовженню терміну придатності товарів, оскільки за цієї умови процес псування агропродукції уповільнюється, окислення відбувається не так швидко і т.д. Що правда, плоди починають дозрівати пізніше.

Відповідно до вказаних вимог щодо регулювання та вимірювання відносної вологості повітря та інших складових мікроклімату, необхідно детальніше розглянути основну базу, яка має можливість точно вимірювати необхідні параметри мікроклімату, та на результати якої не впливають супутні параметри.



### **1.3 Складові задач, що повинні виконуватися злагодженою системою ефективної регуляції мікроклімату, а також шляхи їхньої реалізації**

#### **1.3.1. Визначення автоматизованої системи контролю регуляції мікроклімату та його окремих параметрів**

Ретельне відстежування поточного стану мікроклімату: від відносної вологості та температури приміщення до концентрації вуглекислого газу й кисню, керування усіма важливими показниками середовища в складському приміщенні, усе це - визначення автоматизованої системи контролю регуляції мікроклімату та його окремих параметрів.

Передові інноваційні технології збереження овочів та фруктів у сховищах цілком автоматизовані: забезпечення вентиляції потоків повітря у приміщенні складу, охолодження та обігрів сховища, а також вільне надходження та вилучення кисню.

Так, система контролюється працівником-оператором за потреби, проте дистанційно – через мережу Інтернет або за допомогою спеціального пульта керування. Проте всі необхідні процеси – контроль відсотку вуглекислого газу та кисню в повітрі а також його регуляція, керування температурою приміщення (охолодження або обігрів за потреби), вільна циркуляція повітряних мас із середини складського приміщення назовні на навпаки без зміни показників мікроклімату сховища, підтримка потрібної відносної вологості повітря, усе це не потребує постійного нагляду та керування живої людини.

Отже, враховуючи всі показники мікроклімату плодоовочевого сховища, які забезпечують якісне зберігання товару (а саме: рівень концентрації газів у атмосфері, рівень відносної вологості та температура), контроль над усіма параметрами системи має відбуватися у реальному часі без затримок та з мінімальними похибками. Щоб цього досягти, у системі

регулювання та керування мікрокліматом мають бути наявні наступні види датчиків:

- перший цифровий газовий датчик для контролю рівня насиченості повітря киснем;
- другий цифровий газовий датчик – для контролю рівня насиченості повітря вуглекислим газом;
- цифровий датчик вологості – задля регуляції відносної вологості повітря;
- цифровий температурний датчик – реагує на зміну температури;
- кілька датчиків, що розміщені на різній висоті та в різних частинах складського приміщення.

Враховуючи всю найактуальнішу та найбільш інноваційну інформацію стосовно вищевказаних параметрів мікроклімату в складському приміщенні для зберігання плодоовочевої продукції, ефективна система регуляції даних показників має бути автоматизованою та керувати ними навіть без втручання оператора.

Одним з найважливіших параметрів мікроклімату є хороша циркуляція повітря (як у самому сховищі, так і нормальний потік повітря із зовнішнього середовища усередину та навпаки), оскільки навіть найбільш передові системи контролю температури та вологості, а також датчики кисню та вуглекислого газу, не будуть здатні забезпечити потрібний мікроклімат у всьому приміщенні рівномірно без гідної вентиляції. Інші показники теж впливають один на одного, проте цей вплив не настільки сильний. А оскільки контроль показнику циркуляції повітря може відбуватися винятково у вентиляційній камері, то й центри регуляції усіх інших показників будуть розташовані в окремих відділеннях вентиляційної камери.

Підсумовуючи, головним завданням системи регулювання мікроклімату приміщення та окремих його параметрів це можливість точно та ретельно фіксувати будь-які зміни мікрокліматичних показників у сховищі

в режимі реального часу, а також наявність функції ручного регулювання будь-яких параметрів згідно із заданими умовами.

### **1.3.2. Перелік головних завдань системи контролю мікрокліматичних показників складського приміщення, а також методи їх реалізації**

Згідно з визначенням автоматизованої системи контролю регуляції мікроклімату та його окремих параметрів, було створено перелік головних завдань, які повинна забезпечувати система.

Таким чином, до головних завдань автоматизованої системи регулювання циркуляції повітря в приміщенні належать такі:

- зміна рівня відносної вологості повітря;
- вимірювання та фіксація показників відносної вологості повітря;
- підвищення температури в сховищі;
- зниження температури в сховищі;
- вимірювання та фіксація показників температури ;
- наявність автоматизованих режимів регуляції мікроклімату відповідно до конкретних умов зберігання;
- здатність регулювати необхідними параметрами вручну;
- здатність самостійної автоматичної регуляції необхідними параметрами.

Для ефективного вирішення вищезгаданих завдань, необхідно провести аналіз кожного з них окремо.

Фіксування показників температури в приміщенні в режимі реального часу за конкретний проміжок часу. З метою вирішення цього завдання використовують термодатчики. З їхньою допомогою можна отримати інформацію щодо температури в зручному цифровому вигляді.

Датчики традиційно поділяють на види в залежності від термобіметалу, який входить до складу чутливого до зміни температури елемента:

- інфрачервоні датчики;
- цифрові;
- аналогові лінійні;
- терморезистори ;
- термоелектричний перетворювач.

Безперечно, усі перераховані типи датчиків мають свої плюси та мінуси.

Відповідно до вимог збереження продукції в плодоовочевому сховищі, ефективний датчик вимірювання температури повинен функціонувати при температурі від -10 до 50°C (саме такий спектр відповідає технічним особливостям будови та роботи вентиляційних камер), а також бути досить компактним. Припустима похибка вимірювання – 0,5 °C.

Регулювання температурного режиму сховища за необхідним алгоритмом. З метою вирішення цього завдання необхідно обрати й встановити до вентиляційної камери датчик температури до складу якого буде входити нагрівальний елемент, що буде давати можливість нагрівання та охолодження повітря.

При виборі необхідної системи керування температури повітря особливою складністю є врахування усіх нормативних вимог, що пов'язані з пожежною а також вибухопожежною безпекою складського приміщення. Так, наприклад, для категорій сховищ А, Б та В, у яких не зберігаються потенційно вибухонебезпечні аерозолі, традиційно використовують системи водяного, парового та повітряного опалення.

Що ж стосується парового чи водяного типу опалення приміщення, то воно суворо заборонено на складах збереження потенційно вибухонебезпечних (при контакті з паром чи безпосередньо водою) сумішей.

Це саме правило стосується сировини, яка може вибухнути чи загорітися (категорії сховищ А і Б). Натомість при зберіганні «безпечної» категорії товарів, що виключає ризик самозаймання чи вибуху (категорії сховищ Г та Д), можливе використання будь-якого типу опалення – і парового, і водяного, і повітряного. Температура водяної пари не повинна перевищувати 130°C, у той час як теплоносія-води не повинна бути більше від 150°C. Якщо в приміщенні необхідно забезпечити особливо високий рівень чистоти повітря – зазвичай вибір зупиняють на водяному типі опалення з використанням теплоносія-води або ж повітряному типі.

Згадуючи повітряний тип контролю та регуляції температури складських приміщень зазвичай маємо на увазі систему повітряного опалення, найголовнішим нагрівальним елементом якої є трубчастий електронагрівник – скорочено ТЕН – який використовується для підвищення температури повітря, що надходить у вентиляційну камеру ззовні.

Конструкція даного елемента продемонстрована на рис. 1.2. де 1 – спіраль, виготовлена з ніхрому, 2 – трубка для проведення повітряних мас, 3 – наповнювач, 4 - похідна шпилька, 5 - ущільнювальна втулка, що герметизує конструкцію, 6 – гайка, що слугує для кріплення, 7 - виводи.

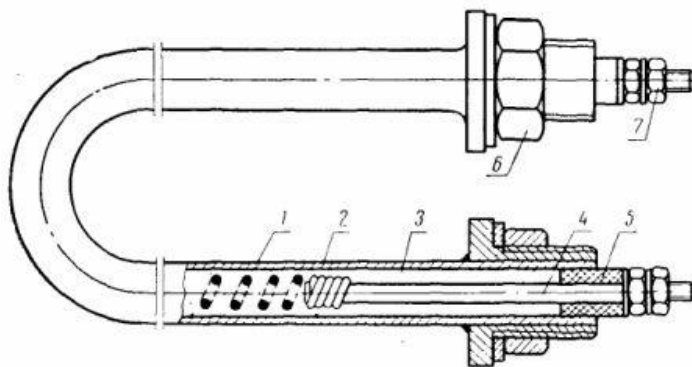


Рис. 1.2. [6] Трубчастий електронагрівач герметичного виконання

Зовнішній вигляд сучасного трубчастого електронагрівача зображено на рис. 1.3.



Рис. 1.3. Передовий ТЕН

Фіксація та регуляція рівня відносної вологості повітря. З цією метою використовують такі типи датчиків:

- з цифровим виходом;
- з виходом за напругою;
- з ємнісним виходом.

Хорошим прикладом датчика, який доцільно використовувати в плодоовочевому сховищі, є датчик моделі DHT22. У даного датчика є як аналоговий, так і цифровий виходи, що дозволяє максимально швидко та зручно під'єднати модель до системи керування мікрокліматом. Також у нього наявні всі потрібні компоненти для ефективного вимірювання температури та відносної вологості. На рис. 1.4 зображено DHT22 - датчик температури та відносної вологості повітря.



Рис. 1.4. DHT22 - датчик температури та відносної вологості повітря

Він цілком покриває потрібний спектр вимірювання та задовольняє переважну більшість вимог з вимірюваних характеристик. Так, спектр вимірювання температури знаходиться в межах від -40 до +125 градусів за Цельсієм, натомість діапазон визначення вологості повітря складає від 0 до 100%.

Варто зазначити, що рівень вологості повітря від 90 до 95% є необхідною умовою для нормального функціонування більшості морозильних камер, що використовуються для зберігання плодоовочевої продукції. Однак, досягти такої високої відносної вологості досить складно. Основна проблема полягає в механізмі роботи передових морозильних агрегатів – охолодження відбувається у тому числі шляхом висушування повітря. На зміну відносної вологості впливають також й інші фактори, наприклад провітрювання складських приміщень. Так, це абсолютно необхідно задля зберігання продукції у належному вигляді, проте неодмінно призводить до зміни відносної вологості повітря. Також зумовлювати зниження відсотку вологості може процес розморожування, під час якого з продуктів виділяється рідина, що стікає донизу в піддон. При цьому страждає як зовнішній вигляд продукції (вона стає сухіша та менш приваблива для покупця), так і рівень вологості у приміщенні. З усіх вищезгаданих причин, повітря складів та сховищ, у яких знаходяться сучасні холодильні агрегати, варто зволожувати.

Проте досягти необхідного рівня відносної вологості повітря досить непросто: потрібно одночасно забезпечити високий рівень зволоження і при цьому уникнути утворення конденсату на продукції (який може, у свою чергу, призвести до її псування), а це все в умовах високої щільності розташування товару на полицях. Для задоволення усіх цих цілей у різний час було створено різні види зволожувачів, серед яких основні: ультразвукові, парові, з функцією розпилення води та сотові.

Найбільш поширеними зволожувачами на сьогоднішній день є ультразвукові, оскільки вони досить багатофункціональні та універсальні. Однією з найбільших переваг є прицільне підтримання конкретного рівня заданої відносної вологості. При цьому їх легко розташувати (у тому числі можна вбудувати у вентиляційний канал чи камеру для зручності), а їхня будова забезпечує відсутність можливості розвитку мікроорганізмів у резервуарі з рідиною та ощадливе використання ресурсів (зокрема електроенергії та води). Технологія ультразвукового дроблення рідини має й ще один безсумнівний плюс – висока летючість туману. Чим дрібніші краплі води, тим краще вони дрейфують разом з потоками повітря по всьому приміщенню, випаровуються більш рівномірно, а також набагато менше осідають на продукції.

У свою чергу парові зволожувачі куди менш зручні та ефективні. Цей тип зволожувачів узагалі не може підтримувати високий рівень відносної вологості повітря (95-97%), тим паче якщо температура в приміщенні невисока. Власне, сама робота таких зволожувачів буде зумовлювати виділення додаткового тепла в приміщенні. Рівномірний розподіл вологи парові зволожувачі теж не здатні підтримувати без додаткового вентиляційного каналу, а якщо вбудувати їх безпосередньо в камеру, навколо утвориться велика хмара крапель води, що може зіпсувати товари.

При проектуванні ефективної системи мікроклімату досить важливо контролювати не лише вологість та температуру, а й рівень вуглекислого газу. Задля уникнення можливої похибки, показники якісного датчика в такому випадку не повинні залежати від рівня зволоження, оскільки для різних видів продукції вона різниться. TGS4161 є хорошим прикладом саме такого датчика.

Датчики подібного плану задля свого функціонування потребують досить високої температури, та представляють електрохімічний осередок. Наявний аналоговий вихід. Нагрівач, який вбудовано в датчик, має



потужність близько 0,2Вт та зумовлює необхідну температуру. Датчик TGS4161 зображено на рис. 1.5.



Рис. 1.5 TGS4161 - модуль із вбудованим датчиком вуглекислого газу

Концентрація вуглекислого газу 350ppm та менше зумовлює стабільну напругу електрохімічного елементу, натомість при збільшенні цього показника напруга буде зменшуватися.

Задля підвищення напруги, а також узгодження високого вихідного опору елементу використовуються операційні підсилювачі. Для підвищення точності вимірів необхідно відкалібрувати пристрій.

### **Висновки до першого розділу**

1. Було проаналізовано наявні системи керування усіх складових мікроклімату та виділення їхніх недоліків та слабких місць в механізмах роботи або вартості.
2. Виявлено всі важливі чинники, що забезпечують необхідні умови для збереження продукції в належному стані, зокрема необхідні характеристики повітря в складських приміщеннях.
3. Було проведено аналіз датчиків, необхідні для контролю мікроклімату в сховищах товарів.
4. Після аналізу усієї зібраної інформації та пошуку даних, було визначено необхідні, задля керування мікрокліматом, пристрої, які найбільш

ефективно виконують свої функції. Таким чином серед зволожувачів обрано ультразвуковий, а також трубчастий електронагрівач.

## **2. ОПТИМІЗОВАНА СИСТЕМА РЕГУЛЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ МІКРОКЛІМАТУ В ПРИМІЩЕННЯХ, ДЕ ЗБЕРІГАЄТЬСЯ ПЛОДООВОЧЕВА ПРОДУКЦІЯ**

### **2.1. Основні вимоги, яким повинні відповідати функціональні можливості системи керування мікрокліматом**

Ефективна автоматизована система регулювання показників мікроклімату приміщення, де зберігається плодоовочева сировина, має відповідати низці вимог, таких як:

- система має бути обладнана як мінімум одним основним модулем, що відповідає за регуляцію параметрів мікроклімату, а також датчиками вологості, температури, вмісту в повітрі вуглекислого газу та кисню, які б фіксували показники всіх цих параметрів та передавали її до регулюючого модулю;

- датчики мають бути достатньо точними та мати мінімальну похибку вимірювання (уникнути її наявності зовсім - неможливо, але вона не має бути більше допустимого показника);

- будова модулю, що відповідає за регуляцію параметрів мікроклімату, має забезпечувати його компактний розмір. Це дозволить оператору розташувати модуль в необхідному місці;

- регулюючий модуль має передавати всю потрібну інформацію від датчиків безперервно, у режимі реального часу. Оператор повинен мати змогу встановити певний проміжок часу, через який система буде регулярно звітувати;

- регулюючий модуль має фіксувати та аналізувати будь-яку інформацію стосовно змін поточного стану конкретних функціональних вузлів, що розташовані у вентиляційній камері. Оскільки дані такого

характеру повинні надходити миттєво, доцільно використовувати бездротовий канал зв'язку.

Відповідно до вищезгаданих вимог та після проведеного аналізу загальної концепції системи керування мікрокліматом, було створено перелік додаткових показників, які варто сформулювати та враховувати під час майбутньої конструкторсько-інженерної розробки, виходячи з вибраної елементної бази.

Таким чином, серед основних параметрів модулю регуляції:

- спектр вимірюваної відносної вологості повітря;
- спектр вимірювальних температур;
- спектр вимірювання рівня CO<sub>2</sub> в атмосфері;
- спектр вимірювання рівня O<sub>2</sub> в атмосфері.

Наведені вище параметри будуть розраховані далі в цьому розділі.

## **2.2. Автоматизований алгоритм функціонування оптимальної системи керування та регуляції системи мікроклімату плодоовочевих сховищ**

Автоматизований алгоритм функціонування — це послідовність кроків та список певних правил, наслідком виконання яких буде злагоджена та ефективна робота приладу чи їх системи.

Оскільки оптимізована система оснащена системою стабілізації, що працює автоматично — головним завданням при створенні алгоритму її функціонування буде підтримка необхідних показників стабільно на одному рівні.

Задана дія оптимізованої системи є постійною величиною, інакше кажучи:

$$g(t) = g_0 = \text{const.}$$

Система регулювання параметрів мікроклімату складського приміщення з метою забезпечення необхідних умов збереження плодоовочевої продукції має дотримуватися такого алгоритму дій:

1. надання початкових значень та встановлення змінних програмного забезпечення;
2. контроль стабільності під'єднання функціональних вузлів;
3. контроль стабільності роботи датчиків;
4. перевірка стабільності отримання інформації від датчиків до керуючого модуля;
5. перевірка нормального функціонування самого керуючого модуля;
6. вибір типу конкретної продукції, яка зберігається в складському приміщенні, та налаштування відповідного режиму роботи;
7. перевірка стабільності зв'язку із мережею Інтернет та під'єднання системи до серверу;
8. збереження показників у хмарному сховищі даних;
9. додатковий контроль поточних показників мікроклімату середовища;
10. остаточна перевірка режиму роботи приладів, що керують параметрами мікроклімату. Налаштування необхідного режиму роботи відповідно до встановленого режиму.

На рис. 2.1 зображена блок-схема алгоритму роботи систему керування показників мікроклімату плодоовочевого сховища. Відповідно до встановленого режиму роботи, система регулювання циркуляції повітря буде керувати роботою окремих функціональних блоків корегування основних показників повітря, а саме:

- зволоження повітря;
- охолодження повітря;
- нагрівання повітря;
- вентиляція в складському приміщенні;

- контроль рівню кисню та вуглекислого газу в атмосфері, а також його регуляція.

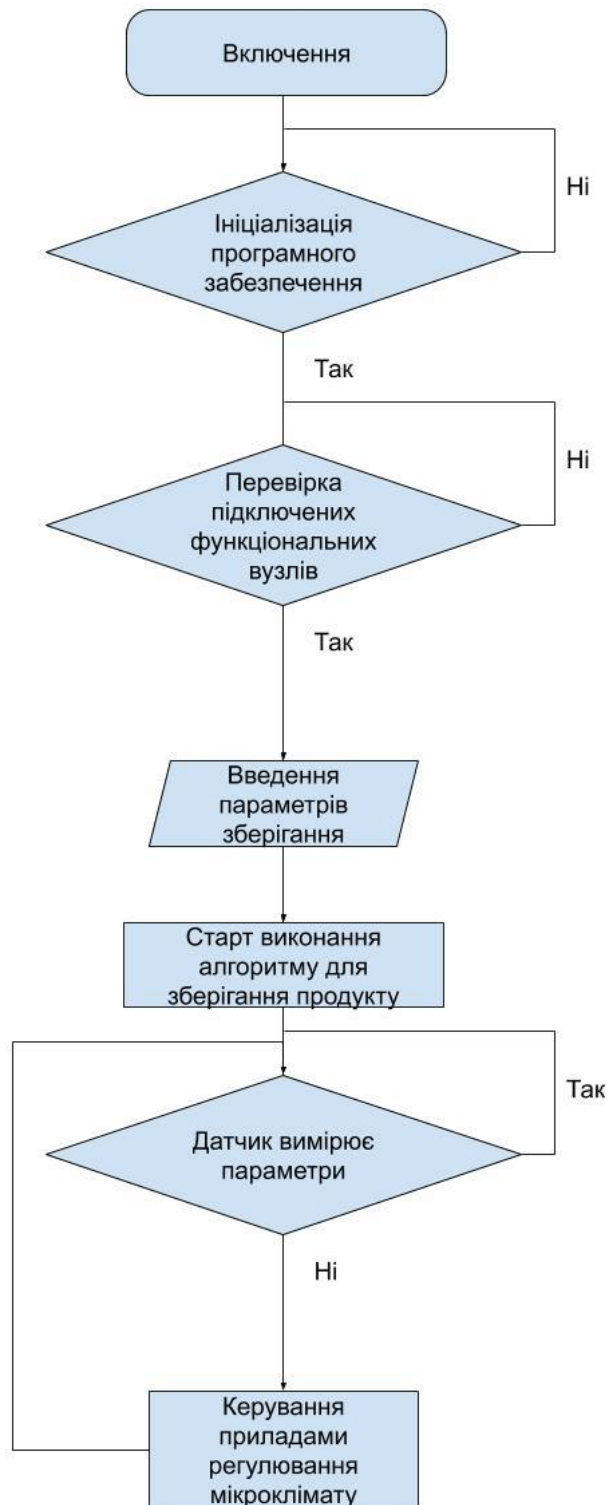


Рис. 2.1. Поетапний алгоритм роботи оптимізованої системи регулювання показників мікроклімату складського приміщення, зображений у вигляді блок-схеми.

### 2.3. План створення структурної схеми приладу регулювання параметрів мікроклімату складського приміщення

Відповідно до вимог, що було визначено в попередньому розділі, створено план схеми. Даний план дозволить системі працювати максимально злагоджено та ефективно. На рис. 2.2 зображено план-схему складових оптимізованої системи регулювання параметрів мікроклімату

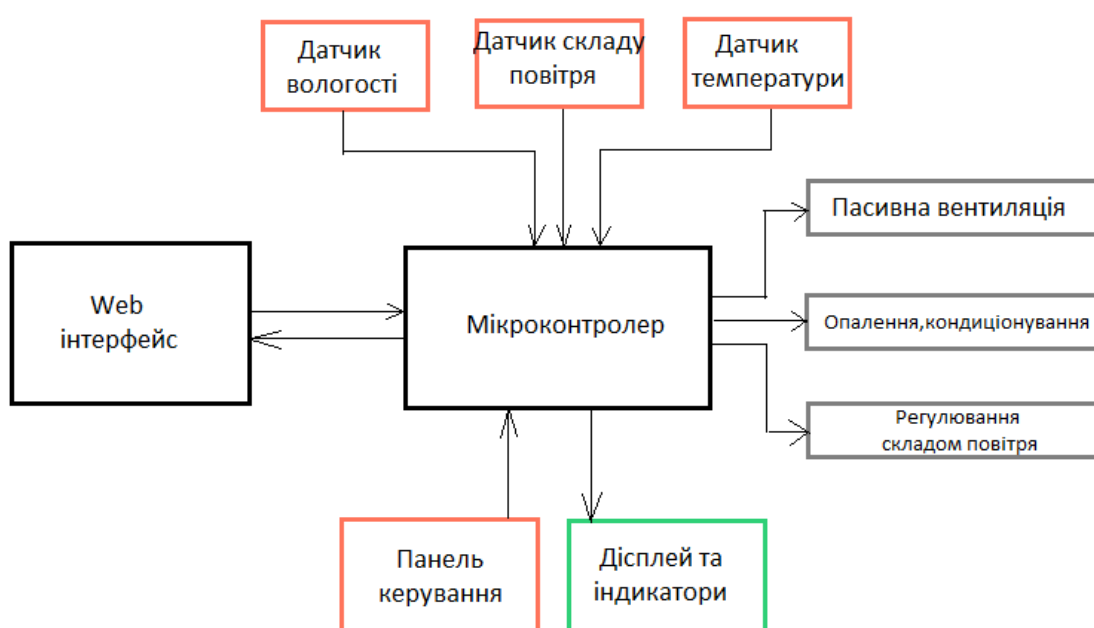


Рис. 2.2. План-схема складових оптимізованої системи регулювання параметрів мікроклімату

Як проілюстровано на рис. 2.2, головний керуючий модуль складається з окремих 10 підсистем, які виконують різні функції.

Датчик вологості – відстежує поточний рівень відносної вологості повітря та надсилає всю отриману інформацію в мікропроцесорний блок.

Датчик температури – відстежує поточне значення температури та вміщує в собі усю потрібну елементну базу задля нормального функціонування даного термо-датчика.

Датчик складу повітря – відстежує поточний рівень кисню та вуглекислого газу в атмосфері та надсилає всю отриману інформацію в мікропроцесорний блок.

WEB інтерфейс – засіб, що дозволяє фіксувати усі дані щодо поточного стану системи на кожному конкретному етапі, занотовувати їх, а також надсилати в хмарне сховище.

LCD дисплей та суміжні індикатори – засоби, що слугують для виводу інформації. Відстежує та занотовує усю інформацію щодо функціонального стану усіх інших блоків приладу.

Мікропроцесорний блок – один з головних блоків системи, що обчислює та оброблює всі отримані дані. Цей пристрій формує та надсилає інформацію щодо показників важливих параметрів у хмарне сховище, а також здійснює вплив на всі інші структурні блоки системи.

Не менш важливими є так звані виконавчі блоки. До них належать: обігрів, охолодження, кондиціонування, пасивна вентиляція, а також система регулювання складу атмосфери. Дана система отримує команди від мікропроцесора, її призначення – забезпечувати всі потрібні показники мікроклімату плодоовочевого сховища на заданому рівні.

Описаний план-схема пристрою в повному обсязі забезпечує виконання усіх поставлених в попередньому розділі завдань.

## **Висновки до другого розділу**

1. Під час роботи над даним розділом, було встановлено усі необхідні вимоги, яких варто дотримуватися для забезпечення найбільш оптимального регулювання системи мікроклімату складського приміщення. Було перераховано всі найважливіші показники мікроклімату, зміни яких потрібно фіксувати та контролювати, щоб дотримуватися умов збереження того чи іншого типу плодоовочевої сировини.



2. Було визначено перелік завдань, які має вирішувати створювана система регулювання.

3. Після з'ясування усіх потрібних завдань та вимог до системи керування мікрокліматом, а також створення переліку її функціоналу, розроблено найбільш ефективний алгоритм регулювання показниками системи. У свою чергу, розроблений план дозволяє задовольнити виконання всіх задач у повному обсязі.

4. Створена оптимальна структурна схема системи контролю мікроклімату в складському приміщенні, де зберігається плодоовочева сировина. У подальшому це дозволяє отримати ще одну схему цієї системи – функціональну.

### **3. КОНСТРУКЦІЯ ОПТИМІЗОВАНОЇ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СКЛАДСЬКОГО ПРИМІЩЕННЯ**

#### **3.1. Вибір необхідної елементної бази з метою ефективної та злагодженої роботи функціональних блоків системи мікроклімату**

Сучасні темпи наукового прогресу забезпечують стрімкий розвиток технологій. Щоб сконструювати справді передову систему керування мікрокліматом, для початку потрібно проаналізувати та порівняти вже наявні сьогодні мікроконтролери.

Щоб задовольнити виконання усіх завдань, що були сформовані в попередніх розділах, тобто створити ефективну оптимізовану систему керування мікрокліматом, спершу потрібно обрати мікроконтролер. Він повинен втілювати усі функції з обробки вхідних даних, забезпечувати задані показники середовища та постійно їх підтримувати, а також брати на себе функцію обчислювального блоку системи.

Для початку проаналізуємо найбільш популярні моделі мікроконтролерів, які представлені на полицях магазинів. Найсучаснішими з них є ATmega, Kinetis, та STM32.

Модель ATmega належить до родини 8-бітних мікроконтролерів AVR, що зараз випускається компанією Microchip.

8-розрядний мікроконтролер Atmel на базі AVR RISC поєднує в собі 32 Кб флеш-пам'яті ISP з можливостями читання і запису, 2 Кб SRAM, 1 Кб EEPROM, 23 цифрові та аналогові входи/виходи загального призначення, три гнучкі таймери та лічильники з різними режимами порівняння, байт-орієнтований інтерфейс (2-провідний), 32 функціональні регістри, послідовно програмований USART, синхронні та асинхронні переривання, кварцовий резонатор на 16 МГц, 10-бітний 6-канальний АЦП (а в пакетах TQFP та QFN/MLF – 8-канальний), послідовний порт SPI, запрограмований

сторожовий таймер із внутрішнім генератором та п'ятьма програмними режимами енергоощадження, що забезпечує дуже низьке енергоспоживання. Пристрій працює від 1,8-5,5 вольт, а також забезпечує пропускну здатність, що наближається до 1 MIPS на МГц. Щоб почати роботу із даним приладом, варто просто під'єднати його за допомогою USB-кабелю до головного комп'ютера або ж подати живлення від батарейки чи AC/DC-адаптера.

Наступна модель під назвою Kinetis належить до родити 32-ж бітних мікропроцесорів, та базується на ядрах ARM Cortex-M7/M4/M0, частота ядра досягає 240 МГц. Прилад також вважається енергоощадливим. У приладу відсутній блок керування пам'яттю (MMU), що робить його несумісним з найбільш поширеними операційними системи (Android, Microsoft, QNX чи iOS). Дана модель мікроконтролерів була створена з метою виконання коду систем у числі найрізноманітніших вбудованих приладів, від регулюючих контролерів електромобілів до серцевих імплантів.

Компанія Freescale спеціалізується на виготовленні приладів для безлічі сфер застосування. Проте до найбільш популярних можна віднести аналізатори електромереж, конвертери напруги, тиристорні регулятори, частотні перетворювачі зі спеціалізованим векторним керуванням, індустриальні контролери, а також запрограмовані контролери, створені для систем керування ліфтами, конвеєрами, підйомниками, та іншими багатокомпонентними механізмами.

Мікроконтролери серії STM32 мають найбільш широку лінійку приладів (більше 10) для різної купівельної спроможності чи мети застосування. Сюди входять мікроконтролери з вмонтованим радіомодулем (для тих випадків, коли під'єднання через кабель незручне чи неможливе), мікроконтролери з неймовірно ощадливим енергоспоживанням, максимально дешеві моделі для загального застосування, а також мікроконтролери з високою продуктивністю. Варто наголосити, що все це різноманіття

базується на одному ядрі ARM Cortex-M3. Наявна програмна сумісність всіх лінійок та pin-to-pin.

Для проведення аналізу та порівняння можливостей мікропроцесорів було обрано моделі ATmega328 та STM32.

При співставленні характеристик цих пристроїв було отримано результати, які і приведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1.

Аналіз характеристик STM32 і ATmega328

Характеристики	STM32	ATmega328
ОЗП, кБайт	2	4
Живлення, В	5	3.6
Пам'ять, кБайт	32	16
Частота мікроконтролера, МГц	16	24
RTC	Ні	Так
UART	Ні	Так
SPI	Так	Так
I2C	Так	Так
USB	Так	Так
DMA	Ні	Так
Програмування за допомогою USB	Так	Ні

ATmega328 є ще одним представником родини AVR, що базується на 8-бітному процесорі. Характеристику портів вводу та виводу цієї моделі мікроконтролера проілюстровано на рис. 3.1.

З метою підвищення обчислювальної здатності та загальної потужності системи, мікроконтролери типу ATmega328 можна об'єднати за допомогою SPI інтерфейсу. Інший варіант – використати замість ATmega328 мікроконтролер ATmega 2560 у якості процесора.

ATmega 2560 – теж належить до родини AVR, відповідно, це також 8-бітний мікропроцесор.

Виходи мікроконтролера ATmega328 зображені на рис 3.1.

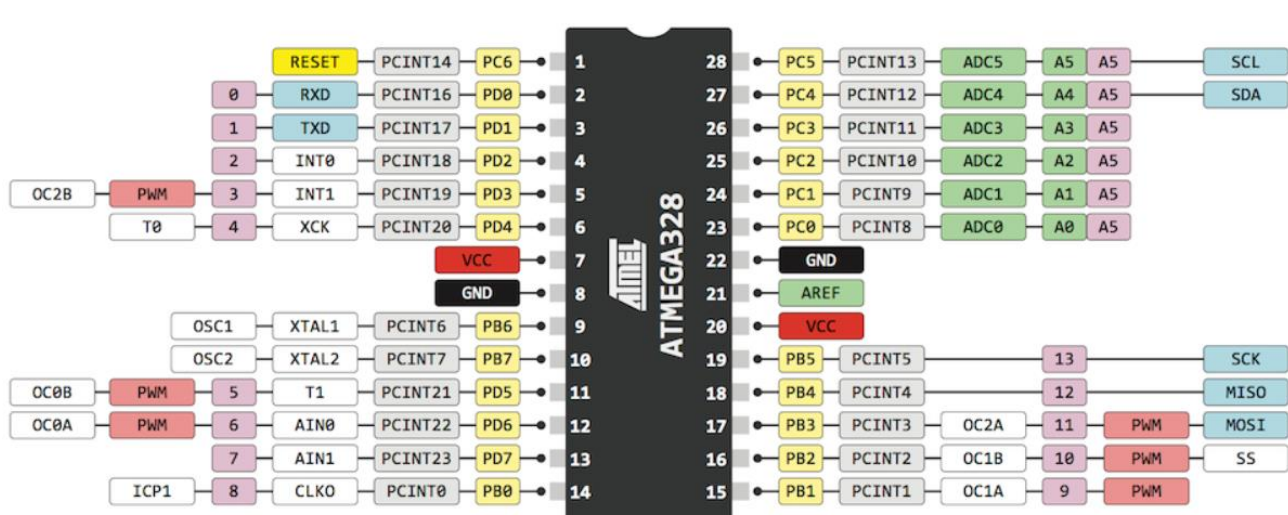


Рис. 3.1. Характеристика портів вводу та виводу моделі мікроконтролера ATmega328.

Містить у собі 8 кБайт оперативної пам'яті, 256 кБайт флеш пам'яті та 4 кБайт ПЗП.

Периферійні пристрої мікропроцесора ATmega 2560:

- інтерфейси зв'язку I2C, SPI, UART;
- 16-ти канальний АЦП;
- 15 каналів PWM;
- таймер із власним окремим генератором;
- чотири 16-бітних лічильника/таймера із модулем аналізу та дільником частот;
- два 8-бітних лічильника/таймера із модулями аналізу та дільниками частот.

При живленні в діапазоні від 3.5 до 5.5 В максимальна частота функціонування приладу становить 16 МГц.

Характеристику портів вводу та виводу даної моделі проілюстровано на рис. 3.2.

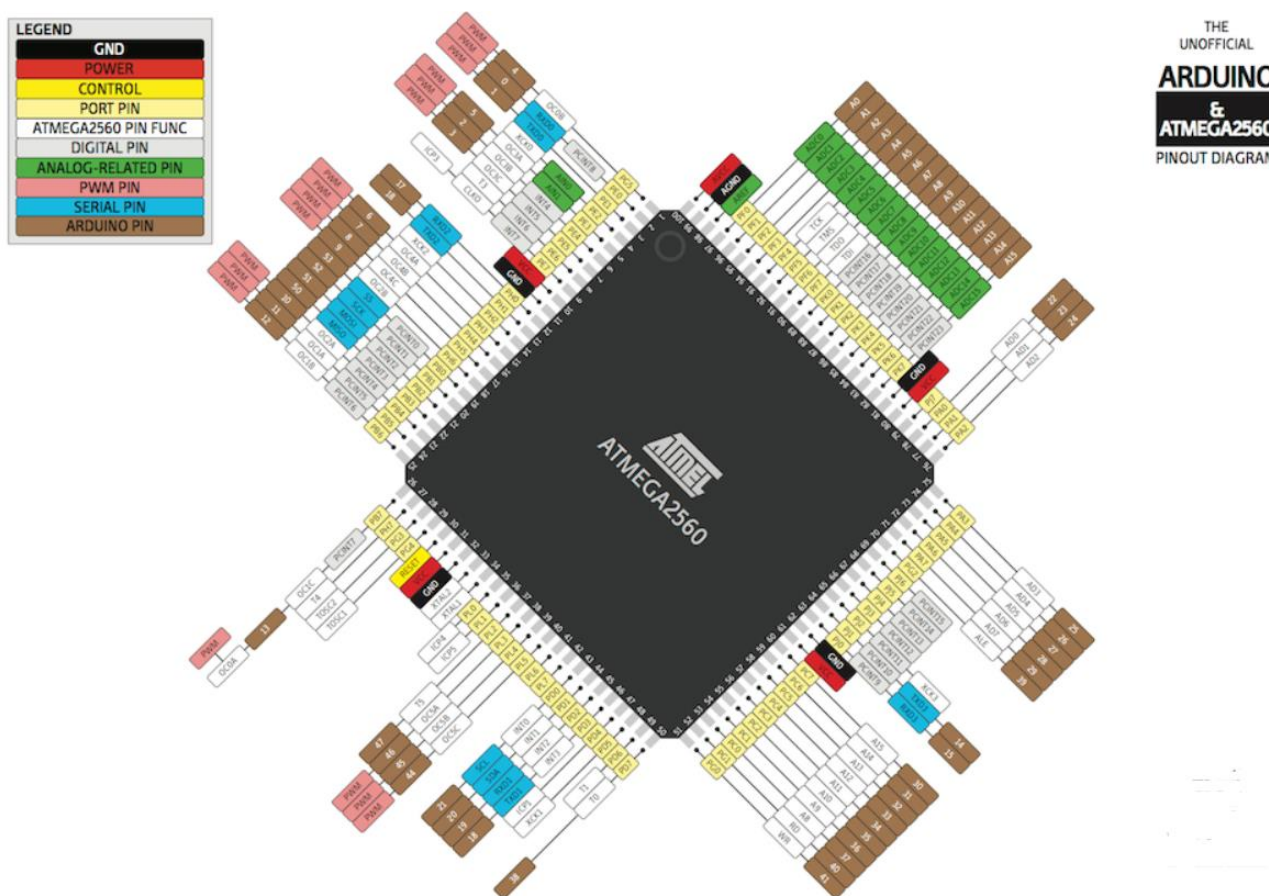


Рис 3.2. Характеристика портів вводу та виводу моделі мікроконтролера ATmega2560.

Детальніше щодо продуктивності приладу. Програмна транзакційна пам'ять працює на найвищій частоті. У порівнянні з іншими моделями має більший об'єм постійної та оперативної пам'яті.

Необхідно також брати до уваги популярність того чи іншого мікропроцесора, оскільки чим більше поширений пристрій, тим легше знайти усі важливі засоби обробки у мережі Інтернет. У моделей мікропроцесорів ATmega великий список допоміжних бібліотек, а їхня якість набагато вища в порівнянні з конкурентною. Не дивно, що й кількість користувачів даною системою одна з найбільших.

STM має досить розвинену вмонтовану периферію, а саме UART, RTC, CAN, DMA та класичний USB. У свою чергу модель ATmega має безліч додаткових приладів для розширення. Таке функціональне рішення дозволяє компенсувати нестачу вмонтованої периферії (якщо порівнювати з STM).

Аналіз елементної бази продемонстрував, що найбільш оптимальним вибором для розробки автоматизованої системи керування параметрами мікроклімату плодоовочевого сховища є мікропроцесор ATmega328. Будь-які показники мікроклімату змінюють значення досить повільно, а тому відсутня необхідність максимальної швидкості передачі сигналу. Важливою також є сумісність з більшістю регулюючих приладів для отримання даних та датчиків, такі як датчики відносної вологості повітря та температури, аналізатори складу атмосфери, тощо. Додатково наявна можливість фіксування усіх даних, на основі яких в подальшому система буде приймати відповідні дії (згідно із заданими алгоритмами програми).

### **3.2. Створення функціональної схеми приладу для регулювання параметрами мікроклімату складського приміщення.**

Під назвою «функціональна схема автоматизованого регулювання» розуміють схему, на якій наочно продемонстровано усі зв'язки системи, а також її складові. Схема подібного типу та її опис надає цілковите розуміння як усієї системи, так і окремих задач кожного блоку. Зв'язки між складовими систем зображують у вигляді прямих, при чому шини позначають як товсті прямі, а зв'язок їх напрямку – як стрілки. Прямокутниками ж на схемі показують власне самі функціональні блоки.

Приклад функціональна схема системи автоматизованого регулювання параметрів мікроклімату на базі мікроконтролеру ATmega328 зображено на рис. 3.3.

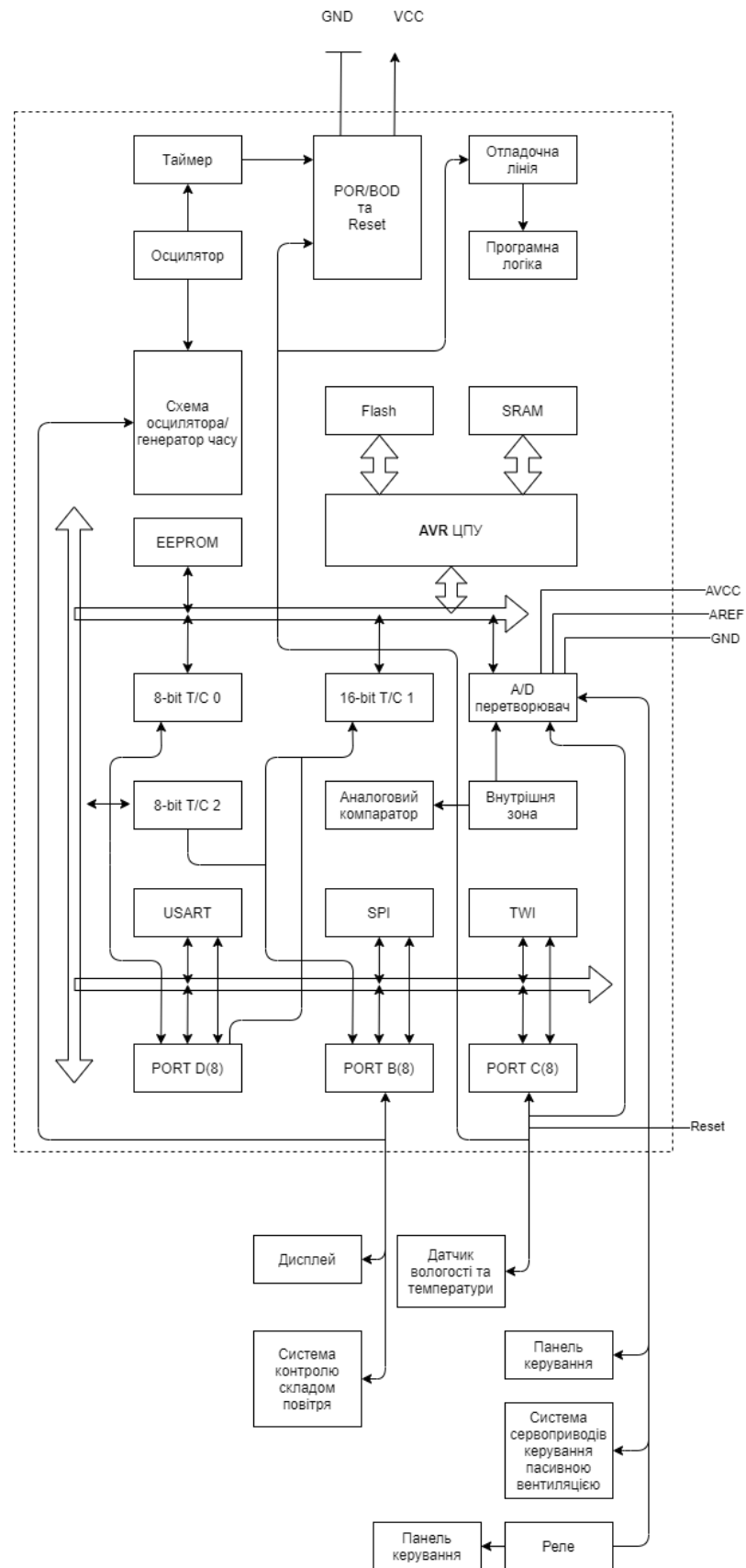


Рис. 3.3. Функціональна схема системи автоматизованого регулювання параметрів мікроклімату складського приміщення.



Згідно із специфікацією для ATmega328 шина даних становить 32 біти, натомість шина адресу - 24 біти. Прилад здатний як надсилати, так і отримувати дані, оскільки використовується інтерфейс I2C(TWI) та SPI.

I2C, або ж послідовний протокол передачі інформацією (його також називають міжмікросхемним з'єднанням, з англійської ІІС - Inter-Integrated Circuits) з метою обміну даних між пристроями застосовує одночасно дві лінії зв'язку. Разом з цим лінії функціонують у двох напрямках, які отримали назву SCL – з англійської Serial Clock та SDA – з англійської Serial Data (тобто тактуюча шина та шина послідовної інформації відповідно). Також наявні лінії живлення – їх дві. Шини зв'язку SCL та SDA під'єднуються через резистори до лінії живлення.

У системі наявний один регулюючий прилад (Master), до якого під'єднано кілька керованих приладів (Slave). Перший слугує для синхронізації даних між підключеними приладами, а також передачі інформації в цілому. Функція усіх інших пристроїв – надавати дані за запитом головного. З метою оптимізації виконання цієї задачі, кожному керованому приладу була надана власна унікальна адреса, що вказується в документації. Регулюючий прилад використовує цю адресу для зв'язку із пристроєм. Можливості такого типу синхронізації даних вражають – до 127 приладів можуть одночасно бути під'єднаними до однієї шини.

SPI (з англійської Serial Peripheral Interface) є синхронним послідовним дуплексним протоколом передачі інформації з периферійними приладами на відстані, що досягає 5 метрів, а швидкістю обміну даними - до 10 Мбіт/с. Для обміну за допомогою SPI необхідна наявність стабільного сигналу синхронізації SCLK, а його продукує винятково Master. За принципом Master – Slave і було утворено протокол SPI.

На рис. 3.4 продемонстровано під'єднання одного приладу до лінії SPI. Для забезпечення процесу передачі інформації потрібно, щоб шина (тобто

дозвіл обміну даними) має бути переключена в стан логічного нуля, інакше прилад буде неактивним.

З метою передачі даних, у протоколі SPI використовуються чотири лінії: MOSI використовується як лінія даних від регулюючого приладу до керованого, MISO використовується в якості передачі даних від регулюючого приладу до керованого приладу, а також Serial Clock - тактовий сигнал від регулюючого пристрою. Спосіб під'єднання приладу до шини SPI зображено на рис. 3.4.

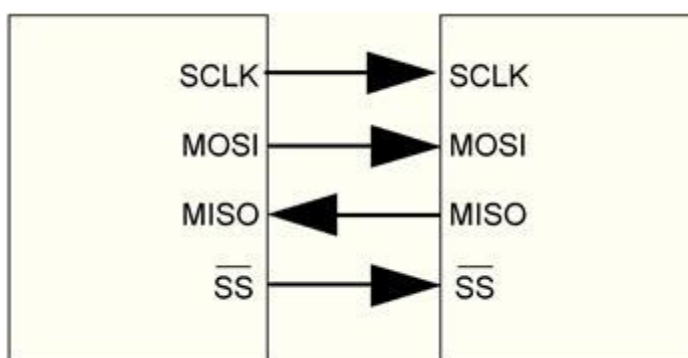


Рис. 3.4. Під'єднання одного приладу до шини SPI.

Одночасно із сигналом SCLK відбувається передача інформації по шині MOSI (з англійської Master Output - Slave Input). У залежності від обраного режиму роботи, отримання даних відбувається шляхом заднього чи переднього фронту, так само синхронно по 2 лініях – SCLK та MISO (з англійської Master Input - Slave Output).

З метою передачі даних, у протоколі SPI використовуються чотири лінії: MOSI використовується як лінія даних від регулюючого приладу до керованого, MISO використовується в якості передачі даних від регулюючого приладу до керованого приладу, Slave Select - лінія вибору керованого

Послідовність зчитування інформації та її установки залежить від фази синхронізації – CPHA. Якщо значення CPHA дорівнює 1, то зчитування буде виконуватися по задньому фронту в циклі синхронізації даних, а установка

навпаки – по передньому. Натомість якщо значення CPOL буде дорівнювати 0, то читання інформації буде відбуватися по передньому фронту, а згодом їх установка – по задньому.

Інформація щодо режимів SPI в узагальненому вигляді представлена в табл. 3.2.

Таблиця. 3.2.

Режими функціонування інтерфейсу SPI.

CPOL	0	0	1	1
CPHA	0	1	0	1
SPI	0	1	2	3
Зображення часової діаграми під час першого циклу синхронізації				

Щоб обмінятися або передати один байт даних, використовуючи SPI інтерфейс, насправді потрібно обмінятися двома байтами: службовим та інформаційним. Перший визначає адрес регістру та напрямок передачі, а другий несе в собі ту інформацію, яку необхідно передати.

У випадку, коли використання цифрового інтерфейсу не є необхідним, застосовуються спеціальні піни вводу та виводу.

Об'єм пам'яті до 32 кБ називають flash пам'яттю системи, у ній зберігається основна інформація щодо команд. Приблизно 2 кБ з цього типу пам'яті займає bootloader-програма. Основною її задачею є програмування мікроконтролера. Bootloader не просто виконує певний перелік дій, а згодом передає керування головній програмі (переходить за посиланням адреси, яка відповідає початку основної програми). У першу чергу, дана система

самостійно записує цю основну програму в flash-пам'ять за потрібними адресами.

Об'єкти, що були створені під час функціонування програми, а також усі змінні, зберігаються в так званій енерго-залежній пам'яті типу SRAM. Обсяг цього виду пам'яті – 2 кБ.

Об'єкти, що не видаляються при вимкненні контролера, зберігаються в EEPROM. Об'єм даного типу енерго-залежної пам'яті становить 1 кБ. Цій технології характерне певне обмеження циклів перезапису, а саме – 100 операцій стирання/поновлення запису.

Регістр, задачею якого є збереження коду команди на конкретний період часу, називають регістром команд. Він є складовою частиною приладу мікроконтролера та базується на 32 8-бітового регістра.

Арифметико-логічний пристрій (АЛП) – один із блоків процесора, котрий слугує задля виконання різноманітних логічних чи арифметичних перетворень, та знаходиться під контролем приладу регуляції показників мікроклімату.

### **3.3. Створення електричної принципової схеми приладу керування показниками мікроклімату складського приміщення**

Принципова електрична схемою називають проектний документ, у якому зазначено цілковитий перелік усіх електричних елементів та їхніх зв'язків. Даний документ дозволяє отримати повне уявлення щодо принципів роботи системи. Електрична принципова схема пристрою керування параметрами мікроклімату складського приміщення зображена на рис. 3.5.

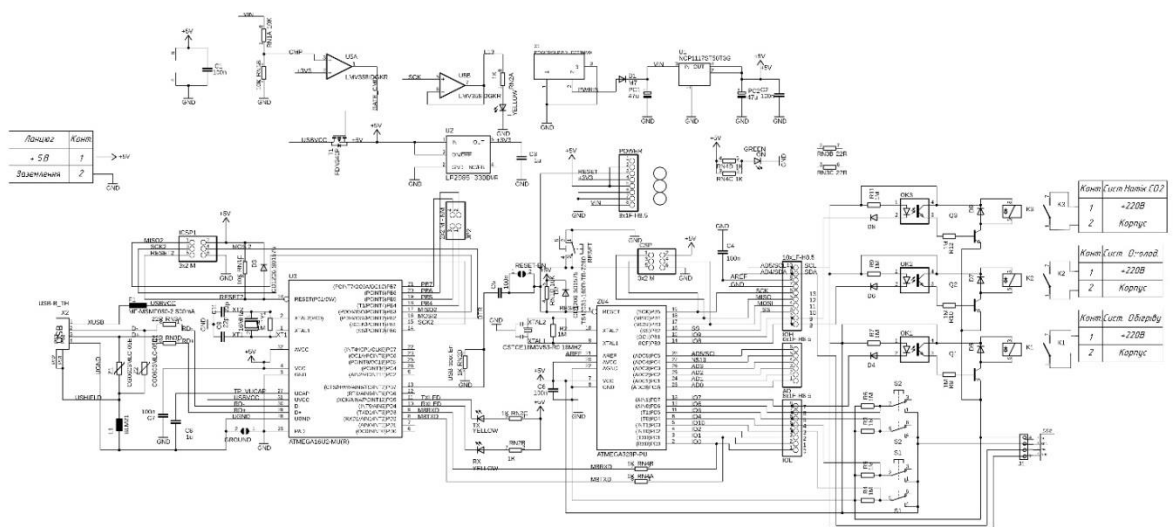


Рис. 3.5. Електрична принципова схема пристрою керування параметрами мікроклімату складського приміщення

Схеми під'єднання кнопки зображені на рис. 3.6.

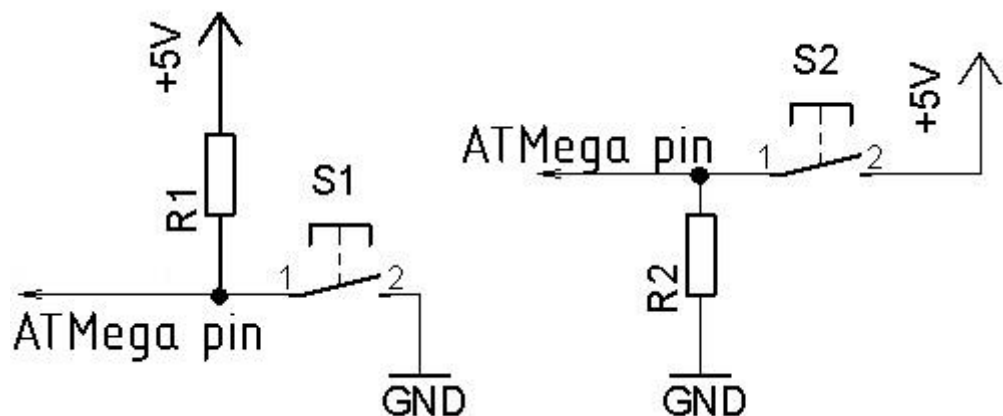


Рис. 3.6. Схеми під'єднання кнопки

Такий режим увімкнення кнопки в чотирьох контактному виконанні полягає у наступному.

Якщо тактова кнопка S не натиснута, другий вихід під'єднаний винятково до землі через резистор R, що передає на цей вихід нульовий потенціал. Якщо натиснути кнопку S з'являється зв'язок між другим входом

та живленням 5В, таким чином струм живлення пристрою починає протікати на цифровий контакт вводу та виводу інформації.

Резистор R також називають підтягуючим і найчастіше значення його номіналу становить 10 кОм. Якщо вхід залишити непід'єднаним, то інформація щодо низького чи високого потенціалу на вході буде зчитуватися випадковим чином. Саме з цієї причини застосовується підтягуючий резистор, щоб мати змогу задати необхідне значення у тому випадку, коли кнопка не натиснута.

Комутаційний апарат у цій схемі використовується для регулювання системою охолодження та обігріву. Реле використовується задля можливості регулювати роботу механічних приладів які немає можливості контролювати за допомогою сигналу. На рис. 3.7 зображено спрощене схематичне зображення конструкції реле.

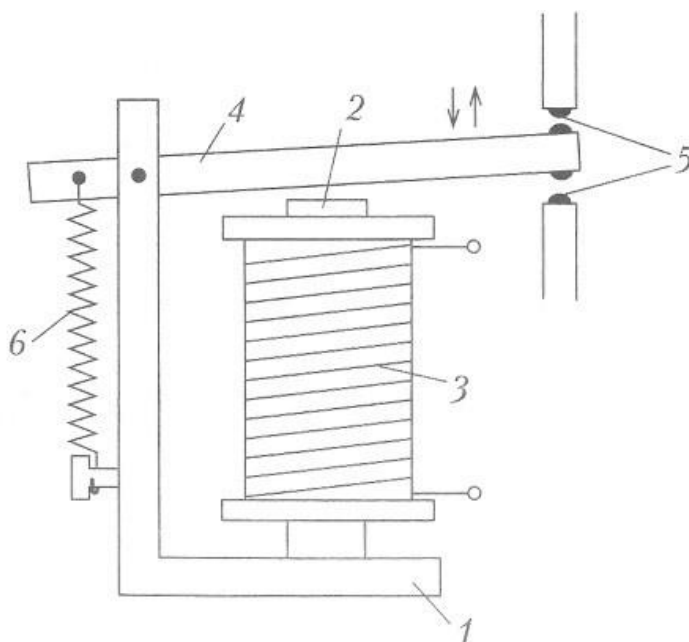


Рис. 3.7. Спрощене схематичне зображення конструкції реле.

Зазвичай реле складається з трьох головних компонентів: виконавчого, проміжного та чутливого.

Виконавчий елемент приладу впливає на керований ланцюг. Складовими контактних реле, що виконують дану функцію, є контакти.

Проміжний елемент проводить порівняння конвертованої величини із еталоном. Після досягнення заданого значення надсилає дані до виконавчого пристрою. Проміжними частинами реле, що виконують дану функцію, є заспокоювачі та протидіючі пружини. Перші використовуються в реле з метою зниження коливань рухомих частин, а в реле часу - щоб отримати заданий час затримки.

Чутливий елемент у свою чергу реагує на вхідний сигнал та перетворює його у фізичну величину, яка потрібна для роботи реле. У якості прикладу чутливого елемента можна навести котушку реле.

Принцип функціонування реле полягає в наступній послідовності дій: при ввімкненні чутливого елемента (котушки), а з'єднаний з реле контакт з металевими з'єднаннями замикає або розмикає відповідні контакти, оскільки його яркір притягується до котушки. Схема регулюючого електричного кола реле зображена на рис. 3.8.

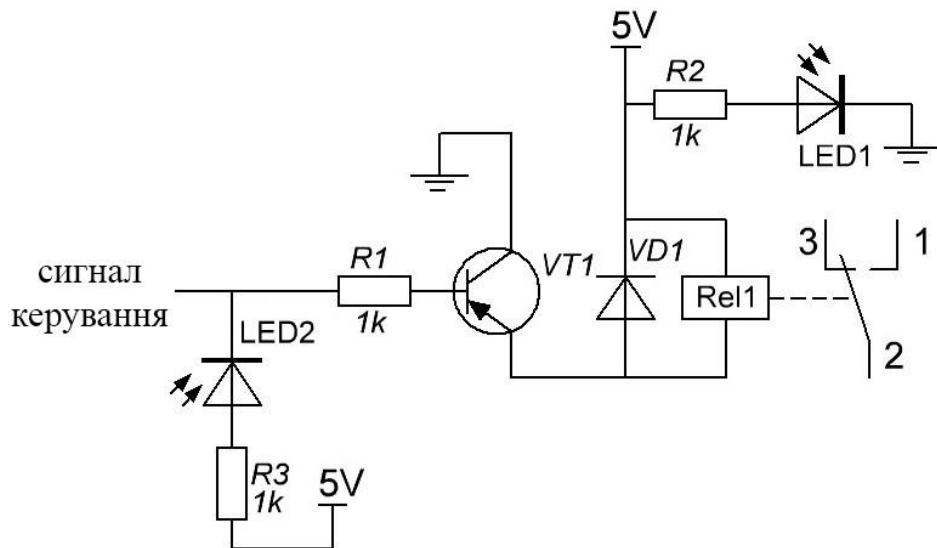


Рис. 3.8. Схема регулюючого електричного кола.

У якості найбільш оптимального модулю виведення даних було використа OLED I2C дисплей на контролері SSD1306. Даний графічний дисплей, базується на технології Organic Light-Emitting Diode. Головна

відмінність від класичного LCD дисплея у тому, що кожен світлодіод світиться самостійно і не потребує окремого підсвічування. Завдяки цьому, дисплей володіє значними перевагами в порівнянні зі звичайними LCD, такими як контрастністю, кутом огляду і малою споживаною потужністю. Найважливіші технічні характеристики цієї моделі дисплею наведені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3.

Технічні характеристики дисплею моделі OLED I2C SSD1306

Тип дисплею	OLED
Розміри, мм	27x27
Контролер	SSD1306
Роздільна здатність	128x64
Діагональ дисплею	0.96"
Інтерфейс підключення	I2C
Робоча напруга, В	3.3 – 5

Також наявна можливість під'єднати ще один дисплей для збільшення виведених даних (за необхідністю). Інтерфейс підключення даного девайсу дозволяє виконати такі дії.

З метою поліпшення моніторингу стану системи, було передбачено наявність світлодіодні індикатори, а конкретно адресна світлодіодна смуга. Цей пристрій представляє із себе стрічку з адресних діодів, де кожен світлодіод складається з ШІМ-драйвера, що знаходиться в середині кожного світлодіоду, а також RGB світлодіоду. Використанням чіпів моделі WS2811- це інтегральна мікросхема в корпусі SOP-8 (5,1x4,0 мм) чи DIP-8 (9,2x6,4 мм). Конфігурація виводів цього 3-канального драйверу має таку схему: 1 - ШІМ-регульований вихід (червоного кольору); 2 - ШІМ-регульований вихід (зеленого кольору); 3 - ШІМ-регульований вихід (синього кольору); 4 - загальний; 5 - вихід для обміну інформації; 6 - вхід для обміну інформації; 7 - вибір режиму роботи; 8 - живлення +5 В. Контакти ШІМ-драйвера зображені на рис. 3.9.



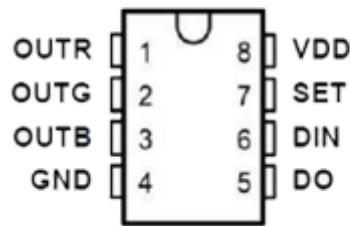


Рис. 3.9. [9] Призначення контактів ШІМ-драйвера WS2811.

### **3.4. Створення друкованої плати приладу регулювання показниками мікроклімату складського приміщення.**

Друкована плата (або ДП) - пластина, що складається із ізоляційного плоского діелектрика з системою металевих провідників (так званих доріжок), вирізами, пазами та отворами, що використовуються з метою комутації та встановлення функціональних вузлів та радіоелементів. Друкована плата виконується на базі принципової електричної схеми.

Відповідно до ДСТУ 2646-94 є 3 основні типи друкованих плат: багатошарові (БДП), двосторонні (ДДП) та односторонні (ОДП). Вони можуть бути виконані як на жорсткій, так і на гнучкій (ГДК - гнучка друкована плата) основах. Щоб обрати найбільш оптимальний варіант, необхідно спершу розглянути недоліки та переваги кожного типу плат, базуючись області їх застосування.

Для односторонніх друкованих плат характерно:

- зменшення вартості виготовленої конструкції пристрою;
- наявність можливості використання перемичок без ізоляції;
- можливість встановлення навісних елементів на поверхню плати з боку, що протилежна стороні пайки, теж без додаткової ізоляції елементів;
- забезпечення підвищеної точності виконання рисунку провідників на текстоліті;

До мінусів ОДП відносять такі характеристики як:

- низька щільність розташування електронних компонентів, що зазвичай не перевищує 1,5 ел/ [см] <sup>^3</sup>;

- знижена механічна та теплова стійкість контактних майданчиків.

Основною причиною використання конкретно технології ОДП є її низька собівартість та простота у виготовленні. Також її можна застосувати лиш для нескладних схем, у яких відсутня необхідність високої точності виготовлення.

Технологія ДДП виготовляється зі спеціальними металізованими отворами та характеризується високою міцністю виведення навісного ЕРЕ в порівнянні з іншими, а також ж високими комутаційними властивостями. Головним мінусом даної плати є висока собівартість виготовлення у порівнянні з односторонніми друкованими платами. ДДП технологія застосовується для схем з особливо високими вимогами до виготовлення, а також схем підвищеної складності.

Дана технологія виготовлення забезпечує оптимальне використання поверхні друкованої плати, непогану механічну міцність кріплення та достатньо високу щільність монтажу електронних елементів. Недоліками є найбільша складність виготовлення та найвища собівартість у порівнянні з вищезгаданими технологіями. Використовуються ДДП в електронних пристроях в яких потрібна мініатюрність виконання, системах автоматичного регулювання та керування, у вимірювальній техніці.

У порівнянні з ДДП та ОДП, для технології БДП характерні зменшені розміри та кількість контактів, стійкість до кліматичних та механічних впливів та підвищена щільність монтажу. Натомість головними недоліками є низька ремонтпридатність, складність досягнення високої точності друкованого рисунку та суміщення шарів, підвищена трудомісткість виготовлення. З метою реалізації друкованого вузла розроблюваного приладу, найбільш доцільно буде використовувати технологію ДДП,

оскільки вона дозволяє забезпечити компактні розміри друкованого вузла при невисокій вартості виготовлення. Використання багат шарової друкованої плати не раціональне, оскільки відсутня потреба у великій кількості друкованих провідників. Натомість одностороння друкована плата збільшить габаритні розміри друкованого вузла.

Для розроблення приладу (його принципова схема наведена в додатку), створимо друковані плати, що дозволять створити потрібний електричний зв'язок компонентів та забезпечать стабільні умови роботи окремих модулів.

Згідно з ГОСТ 23751-86 для друкованих плат існує п'ять класів точності (табл. 3.4).

Таблиця 3.4.

Класи точності друкованих плат

Опис	Умовне позначення	Номінальні значення основних розмірів для класу точності				
		1	2	3	4	5
Відношення мінімального діаметру металізованого отвору до товщини ДП	$\gamma$	0,4	0,4	0,33	0,25	0,2
Гарантований поясок	$b$ , мм	0,3	0,2	0,1	0,05	0,025
Відстань між краями сусідніх елементів	$S$ , мм	0,75	0,45	0,25	0,15	0,1
Ширина друкованого провідника	$t$ , мм	0,75	0,45	0,25	0,15	0,1

Виходячи з наведених в таблиці 3.5 параметрів та геометричних розмірів виводів мікросхем, потрібно виготовляти друковану плату четвертого класу точності, тому що задля правильного розташування всіх мікросхем, а також інших елементів, крок координатної сітки 0,2 мм є необхідним. Значення параметрів виводів конструктивних елементів описано в табл. 3.5.

Таблиця 3.5.

Параметри виводів конструктивних елементів

KE	Ширина виводу, мм	Відстань між центрами двох сусідніх виводів, мм	Відстань між двома сусідніми виводами, мм
LM317,LM7805	1,22	4,6	2,14
Резистор SMD	1,20	—	—
Конденсатор SMD	3,2	—	—
ATMega16	0,56	2,54	1,98
LM7805	1,22	2,29	1,07

Для створення схеми друкованої плати приладу регулювання системи вентиляції приміщення наведемо основні параметри використовуваних елементів.

Параметри мікроконтролера моделі ATMega328P продемонстровані на рис. 3.10.

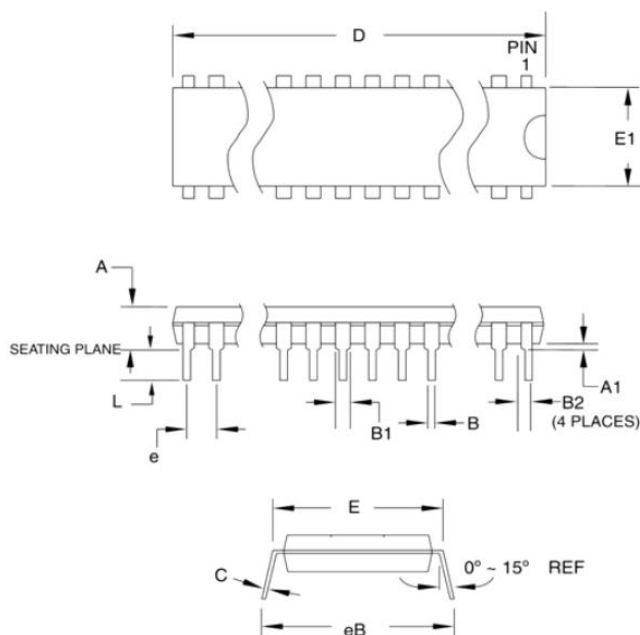


Рис. 3.10. Параметри мікроконтролера моделі ATMega328P. [24]

Габаритні розміри мікроконтролера ATMega328P описані в табл. 3.6.

Таблиця 3.6.

Габаритні розміри мікроконтролера ATmega328P [24]

Символ	A	A1	D	E	E1	B	B1	B2	L	C	eB	e
Значення, мм	4.5	0.5	34.5	8	7.3	0.4	1.2	1	3.2	0.3	10	2.54

Щоб відрізнити стани один від одного, використовують адресні світлодіоди. Зображення конструкції та її габаритні розміри проілюстровано на рис. 3.11.

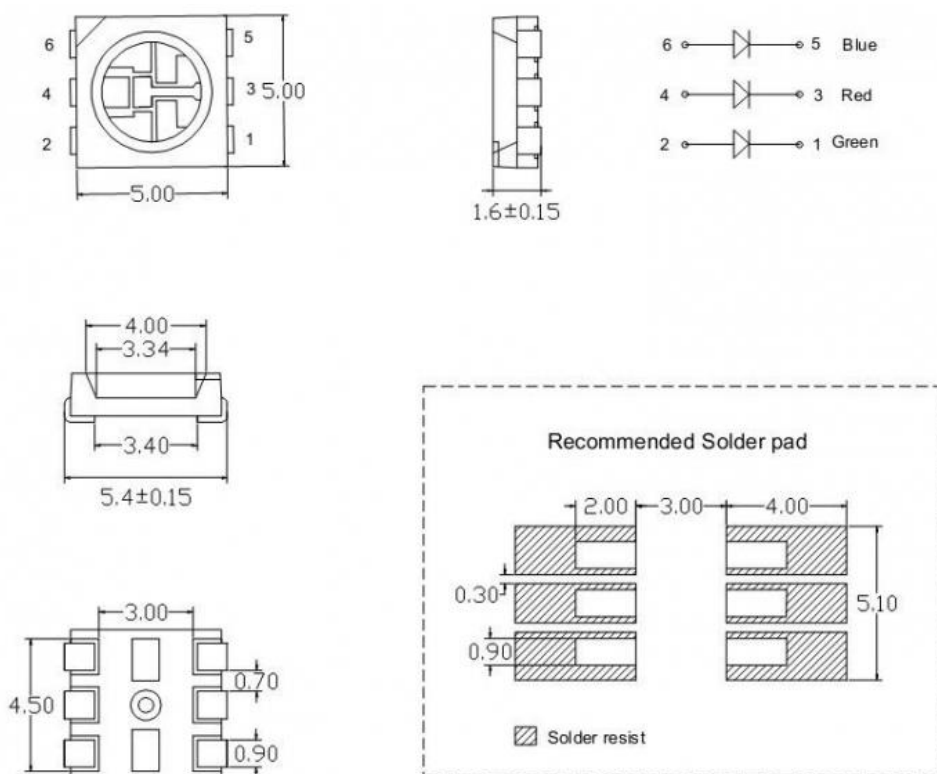


Рис. 3.11. Схема із параметрами індексного світлодіоду.

SMD (з англійської Surface Mount Device) – пристрій або окремий його компонент, який вмонтовується на поверхню. Світлодіоди належать саме до SMD компонентів, тому також вмонтовуються на поверхню.

Плюси даного виду монтажу електронних компонентів:

- у порівнянні з технологією монтажу компонентів в отворах, наявна можливість вищого рівня автоматизації виробництва;

- SMD-компоненти мають меншу вагу, параметри та вартість у порівнянні зі звичайними компонентами;
- зменшення витрат матеріалів та параметрів готових виробів, зумовлені високою щільністю монтажу;
- наявна можливість монтажу електронних компонентів з обох сторін друкованої плати;
- відсутня потреба в отворах під виводи компонентів, відповідно, зникає потреба в свердлінні.

У системі передбачена наявність графічного OLED дисплею, щоб забезпечити операторові найбільш зручний процес налаштування показників мікроклімату плодовоовочевого сховища. Розміри вказані на рис. 3.12.

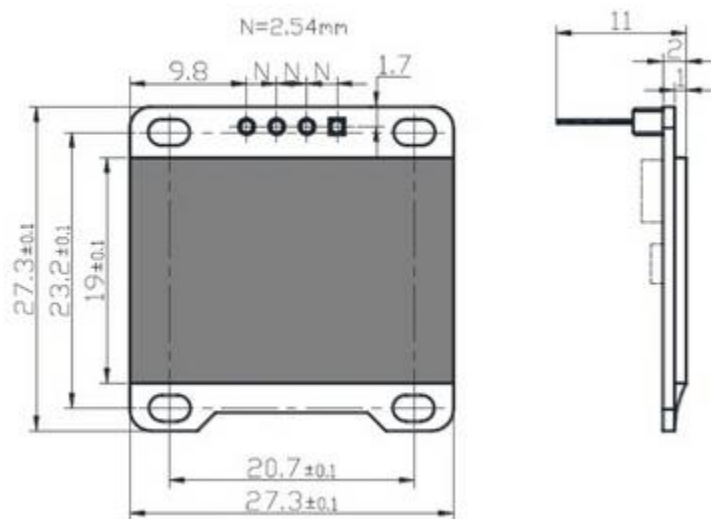


Рис. 3.12.[11] Схема із параметрами дисплею.

2.54 мм – такого значення становить стандартна відстань між контактами. Параметри стандартних тактових кнопок, що використовуватимуться з метою монтажу на друкованій платі, зображені на рис. 3.13.

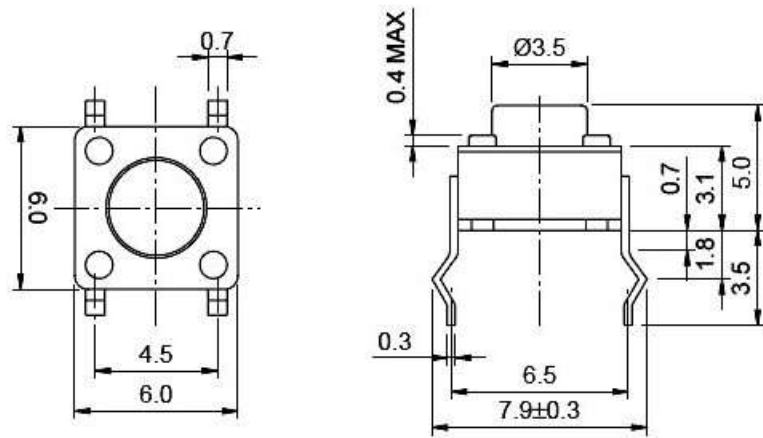
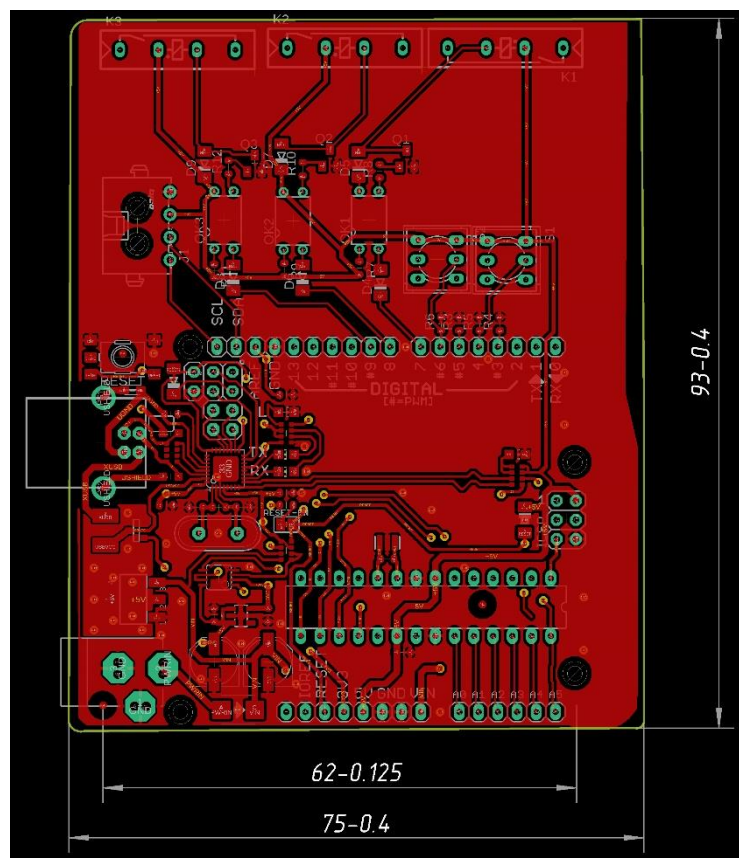
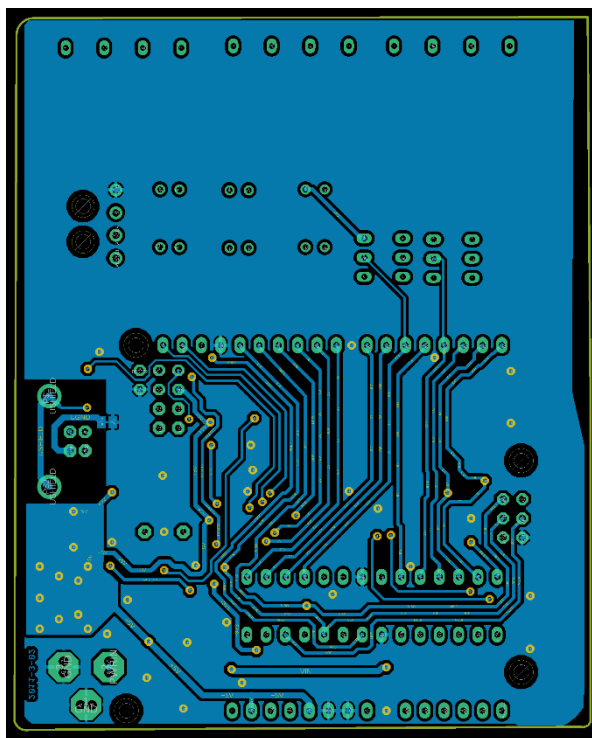


Рис. 3.13. Параметри тактових кнопок.

Враховуючи всі особливості монтажу а також габаритні розміри, була розроблена необхідна друкована плата, яка найкраще підходить за вищевказаними параметрами. Зображення плати наведено на рис. 3.14 (а, б).



а)



б)

Рис. 3.14. Друкована плата (а – верхній шар, б – нижній шар).

Складові елементи друкованої плати потрібно розташовувати на платі відповідно до специфікації принципової схеми, таким чином як показано на рис. 3.14 (складальному кресленні).

### 3.5 Типи перешкод і методи їх усунення

Наводками між кабелями є електромагнітні сигнали що з'являються в сусідніх кабелях від прокладених суміжних джгутів. Є відношенням сигналу в активній витій парі або групі витих пар першого кабелю, до сигналу, виміряного в другій парі (або парах) іншого кабелю.

Наводки перетворюються в заваду для сигналу, в той час як накладаються на корисний сигнал в кабелі. Процеси, що відбуваються в кабелі називаються перехідними. Під час накладання завад зніжується якість сигналу, сигнал стає складніше відділити від завад. Коли завади



посилюються до сили сигналу, тоді на вхід приладу приходять не коректні дані.

Основні джерела наводок або перешкод це [26]:

- перешкоди від індустриальних приладів;
- сусідні наводки в ланцюгу;
- низькоякісні роз'єми;
- низькоякісні кабелі та реактивний опір джгута;
- низькоякісне узгодження кабелю з хвильовим опором джерела та

приймача.

Різнофазове живлення і наявність «петель заземлення», саме вони створюють перешкоди на заземелні.

Іншими джерелами завад є такі процеси: гальванічні, електролітичні, трибоелектричні ефекти та кабельні вібрації.

Виті пари, що мають однаковий крок скручування мають найбільший рівень наводок. Провідники в витих парах мають спеціальну кольорову ізоляцію, тому існують такі наводки в них, як наприклад, наводки між синіми або коричневими парами та тому подібні комбінації пар. Ефект сумарних завад з'являється коли в джгуті два та більше кабелів. Інші пари також створюють негативний вплив.

Міжкабельні наводки поділяють на два типи: двонаправлені (Alien NEXT) і однонаправлені (Alien FEXT).

Електричний зв'язок між провідниками називають - індуктивна наводка. При зміні струму в першому провіднику, в іншому (інших) провідниках виникає індуктивна напруга. Продемонстровано, як джерело шуму за допомогою магнітної індукції генерую напругу в іншому ланцюзі рис. 3.15.

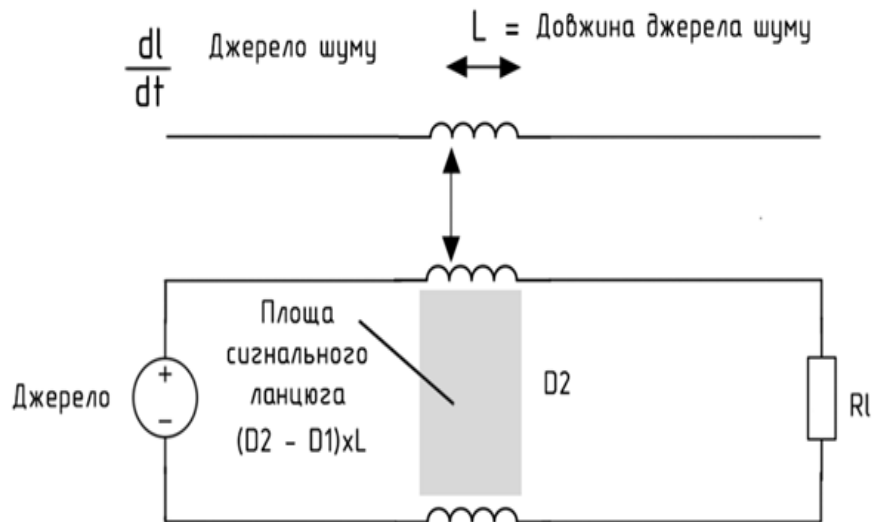


Рис. 3.15. Індуктивна наводка

В сигнальному ланцюзі виникає напругу оскільки змінне магнітне поле, що створюється дротом, пропорційна частоті та силі струму, площі поверхні, що зайнято сигнальним ланцюгом, та обернена квадрату відстані від сигнального дроту до сигнального ланцюга.

Сплетені провідники в сигнальних кабелях застосовується для зменшення індуктивної наводки показано на рис. 3.16. Сплітають сигнальні провідники на однаковій відстані від дроту, таким чином загальні проща ланцюга буде дорівнювати нулю. В ідеальних умовах це дозволяє зменшити напругу наводки до нуля. Таким чином створюються однакові різнонаправлені струми, що компенсують один одного. Зображено на рис. 3.16.

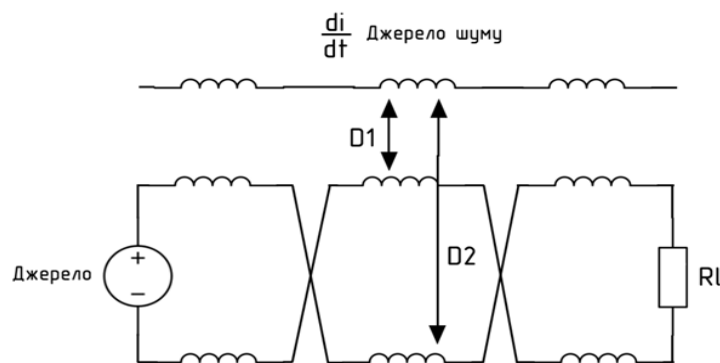


Рис. 3.16. Зниження індуктивних наводок скручуванням дротів

Також для зниження індуктивних наводок використовують екрани з феритових матеріалів навколо сигнальних провідників. Магнітне поле провідника генерує вихрові струми в екрані, що самі створюють магнітне поле протилежного напрямку магнітного поля провідника. Схематично принцип роботи зображений на рис. 3.17. Такий спосіб захисту від індуктивних завад використовується досить рідко, із-за цілого ряду складностей, таких як наприклад корозія металевої трубки та інші причини. Ефект екрану для зниження індуктивних наводок зображено на рис. 3.17.

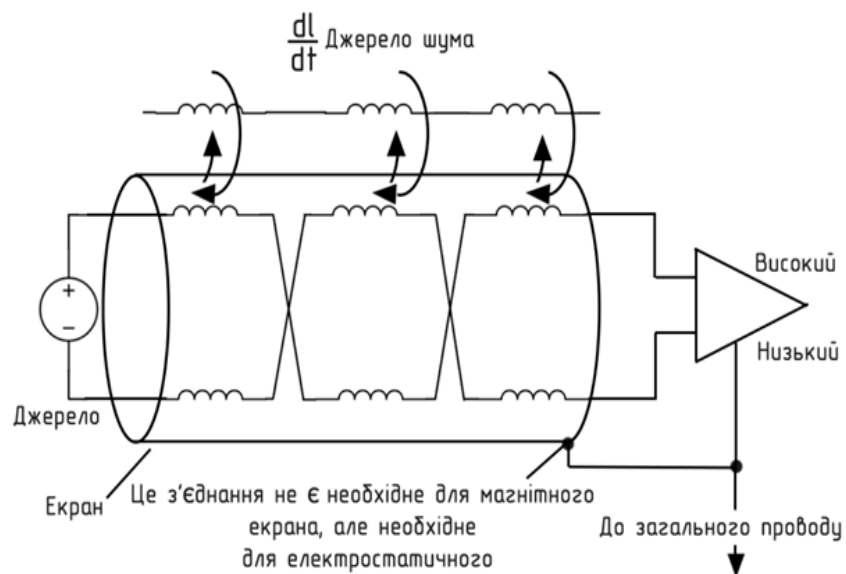


Рис. 3.17. [25] Ефект екрану для зниження індуктивних наводок

В кабелях також виникають наводки. Їх поділяють на: однопікановлені та двонаправлені прийомопередачі.

Місця де однотипні пари найближче знаходяться один до одного – це одне з основних джерел двонаправлених наводок. Використовуючи в одній розетці два гнізда для комп'ютера та телефону, проблем не буде виникати.

Для зменшення двонаправлених наводок між кабелями необхідний якісний монтаж кабелів. При низьких вимогах монтування може виникати затяжка кабелів, що в свою чергу призводить до зміни геометричних параметрів витих пар та наближення один до одного. Затяжка кабелів погіршує параметри балансування та спричиняє збільшення всіх видів

електромагнітних завад. Двонапрямлені наводки існують на всій довжині кабелю, але довжину каналу необхідно враховувати. Відбувається затухання сигналу на більшій довжині каналу, це зменшує відношення сигналу до шуму.

Однонаправлені наводки відрізняються від двонаправлених наводок тим, що вони залежать як від довжини кабелю, так і від довжини каналу. В стандарті EIA/TIA 569 прописані рекомендації, що необхідно використовувати джгути на всій довжині лінії, до самої розетки, чи рубильника. Використовуючи багатопоРТові розетки, інформаційні провідники в будь-якому випадку будуть піддаватися наводкам між з силових джгутів.

Метою експерименту було порівняння рівнів двонапрямлених (NEXT) і двонапрямлених міжкабельних наводок (Alien NEXT) в зв'язці неекраниваних і екраниваних кабелів [27]. Мета експерименту: порівняти міжкабельні наводки на двонапрямлених NEXT та Alien NEXT джгутів використовуючи неекранивані та екранивані провідники.

Використовувалося такі прилади та елементи системи для вимірювання:

- Rohde & Schwarz ZVRL - векторний мережевий аналізатор;
- Minns - хвильові адаптери;
- в якості навантаження - резистори з активним опором 100 Ом.

Для порівняння були обрані:

- два неекраниваних кабелю категорії 6 довжиною 90 метрів;
- кабелі екранивані ISCS XE – дві штуки, 6-ї категорії, довжина кабелів 90 метрів, виробник ITT NS & S.

Кабелі були зв'язані стяжками для симуляції близького, паралельного прокладання. Довжина зв'язки склала 90 метрів. На рис. 3.18 зображено схему підключення вимірювального пристрою.

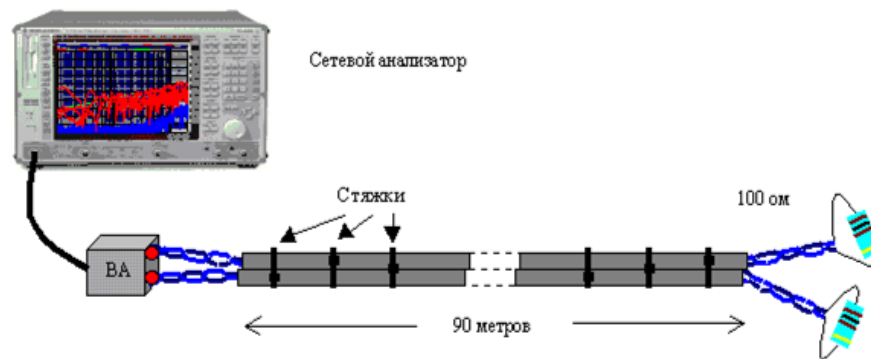


Рис. 3.18.[25] Метод вимірювання міжкабельних наводок

Використано хвильовий адаптер(ХА) для узгодження хвильового опору вимірюваної системи. Діапазон частот хвильового адаптера від 1 до 250 МГц. Пари, що не задіявалися навантажені резисторами з активним опором 100 Ом.

Двонаправлені наводки виміряні першими, оскільки це класичний тип наводок. Шість різних комбінацій кабелів були протестовані на двонаправлені наводки NEXT в діапазоні частот від 1 до 200 МГц. Результати записані та зображені на графіках.

Спосіб вимірювання міжкебульних наводок: за допомогою мережевого аналізатора подавався сигнал на пару одного з кабелів, в нашому випадку на синій. На синій парі іншого кабелю вимірювали рівень наводок. Вимірювання проводилось на всьому робочому діапазоні частот. Таким чином тестувалось всі три пари в кабелях.

Таким же чином проводилось вимірювання для екранованих ліній 6-ї категорії.

Результати занотовувались в таблицю та на основі даних було побудовано графічні зображення.

Вибрано саме таку конфігурацію для вимірювання оскільки вимірювати з'єднання кабелів з джгутами не має необхідності - така комбінація занадто рідко використовуються. Наше вимірювання є необхідним, оскільки потрібно орієнтуватись в величині наводок в системі,

та визначити максимально можливу довжину кабелів для стабільної передачі інформації.

На рис. 3.19 зображено, що більший струм наводок створюється саме міжкабельними наводками в неекраниваних лініях, в порівнянні з двонаправленими наводками. Як можна побачити, що дана система не відповідає вимогам категорії 6 по максимальним завадам. Це пояснюється тим, що пари з однаковим кроком скрутки піддаються наводкам з боку пар з таким же кроком скрутки.

На низьких частотах рівень міжкабельних наводок більший чим на високих частотах. Міжпарні та міжкабельні двонаправлені наводки в кабелях НВП зображено на рис. 3.19.

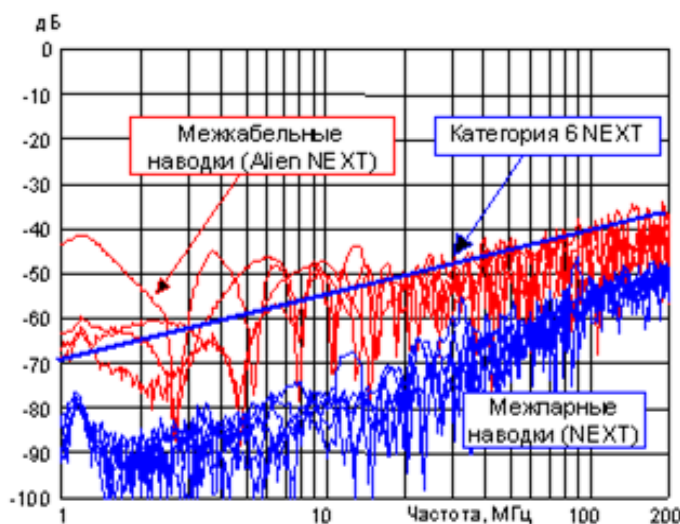


Рис. 3.19. [25] Міжпарні та міжкабельні двонаправлені наводки в кабелях НВП

На рис. 3.20 зображені параметри екраниваних кабелів ISCS XE, а саме, рівень наводок власних та міжкабельних перехресних. Результати: міжкабельні в 1-3 рази менше двонапрямлених, та в 2-4 рази менше границі для категорії 6. Висновок: для екраниваних кабелів такі наводки можуть не враховуватись.

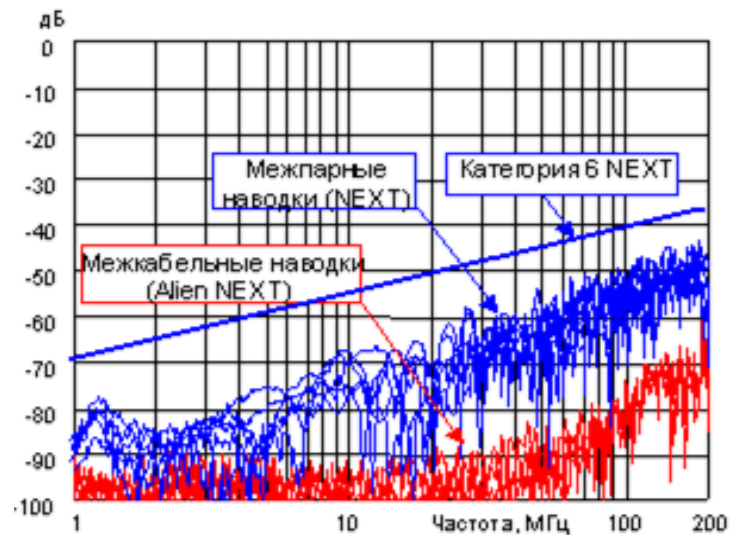


Рис. 3.20. [25] Міжпарні та міжкабельні двонаправлені наводки в кабелях ЕВП

Всі інші аналізи проводяться тільки для неекраниваних систем.

Проведено дослідження впливу різних типів ламп під час їх включення: лампи ДРЛ-125 - ртутна, лампа денного світла. Результати, це вибірка результатів включення та апроксимація цих результатів.

На рис. 3.21 - 3.22 зображенні середні значення включення ламп.

Лампи денного світла з пускатчем створюють серйозні шуми в мережі.

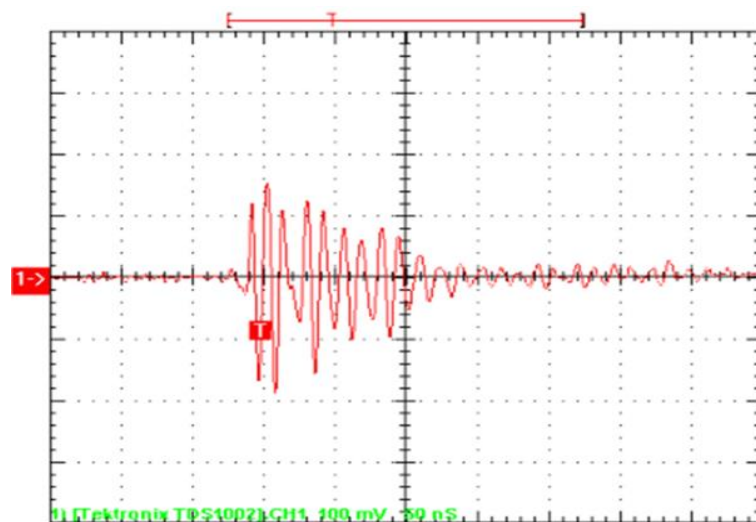


Рис. 3.21. Осцилограми струму в режимі осцилографа «АС» (тільки за змінним струмом), ціна поділок 100 мВ / 50 нс

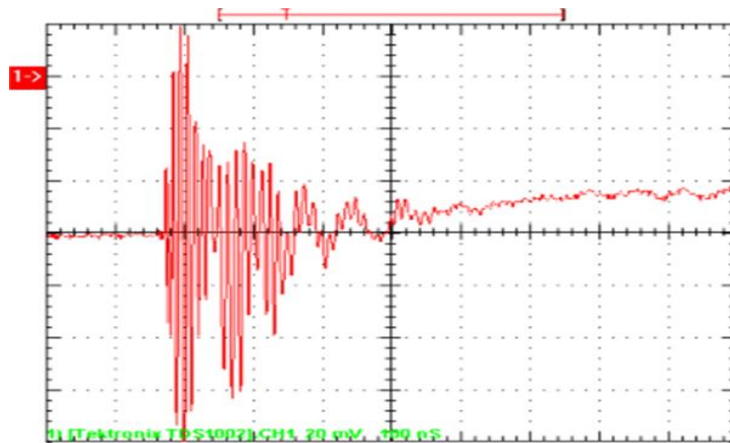


Рис. 3.22. Осцилограми струму в режимі осцилографа «ОС» (тільки за змінним струмом), ціна поділок 20 мВ/100 нс

### Висновки до третього розділу

1. Методи боротьби з шумами ділять на: пасивні та активні. Пасивні методи дешевші, але менш ефективні. Активні методи є найефективнішими. Суть їх роботи полягає у використанні проміжних підсилювачів сигналу, передачі балансного сигналу по кручений парі і переході на оптоволоконні лінії зв'язку.

2. Основними джерелами шумів і перешкод прийнято вважати: перешкоди від силових ліній електропередач; наводки від сусідніх ланцюгів; роз'єми низької якості; реактивний опір кабелю і низька якість кабелю; неточне узгодження кабелю з хвильовим опором передавача і приймача. Другорядними джерелами шумів є гальванічні і електролітичні процеси.

3. Було розроблено структурну схему системи керування мікрокліматом плодоовочевого сховища. Це дало можливість якісно підійти до питання вибору обчислювального пристрою та створення електричної принципової схеми приладу.

4. На основі поставлених вимог до системи в попередньому розділі було проаналізовано елементу базу, що використовуватиметься в системі контролю мікроклімату складського приміщення.



5. Розроблена структурна схема блоку управління мікрокліматом та зв'язок з модулем моніторингу. Завдяки чому розробляється електрична принципова схема.

6. Розроблена електрична принципова схема блоку управління системою. На основі електричної принципової схеми було розроблено конструкторські схеми, а саме: друковану плату та складальне креслення.

#### **4. ПІДГОТОВКА СТАРТАП ПРОПОЗИЦІЇ**

Стартап як форма венчурного підприємництва впродовж останніх років набула широкого розповсюдження у світі через зниження бар'єру виходу на ринок (із поширенням Інтернету як інструменту комунікацій та збуту стало простіше знаходити споживачів та інвесторів, займатись пошуком ресурсів, перетинати кордони між ринками різних країн), і вважається однією із основних складових інноваційної світової економіки, за рахунок великої кількості стартап-проектів загальна кількість інноваційних ідей, а отже і продуктів зростає.

Проте впровадження та доведення ідеї стартапу до успішного збуту кінцевому споживачу – відзначається високим ризиком. Ринково успішними стають мала частка проектів, близько 5% - 15%.

Основна задача після розробки ідеї – це перетворення ідеї розробки приладу на можливість створення бізнесу на його основі, що починається з розробки привабливої концепції продукту для групи потенційних покупців.

Для успішного запуску стартап-проекту на ринок необхідно виконати послідовність кроків, що визначають перспективи проекту, фінансовий аналіз та аналіз ризиків, графік, організацію виробництва та заходи з поширення пропозиції щодо інвестицій серед потенційних інвесторів.

Опис ідеї стартап-проекту описано в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

## Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Пропонується нова більш вдосконалена система контролю параметрів мікроклімату плодовоовочевих сховищ	Плодовоовочеві сховища	Якісніше зберігання плодовоовочевої продукції, довше зберігання, простота використання. За рахунок чого зменшення собівартості продукції.

За рахунок використання нової елементної бази та автоматичного програмного забезпечення пристрою, що відслідковує та регулює всі важливі параметри мікроклімату, досягається якісніше зберігання плодовоовочевої продукції та відповідно підвищується цінність сховища такої якості.

Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідей проекту описано в табл.4.2.

Таблиця 4.2

## Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідей проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів			W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проєкт	Конкурент 1	Конкурент 2			
1.	Торгівельна марка	Немає	Є	Є	+		
2.	Показники швидкості реагування системи на зміну мікроклімату	Високі	Середні	Середні			+
3.	Показники надійності системи	Високі	Середні	Середні			+

Продовження таблиці 4.2.

№ п/п	Техніко- економічні характерист ики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів			W (слабк а сторон а)	N (нейтраль на сторона)	S (сильн а сторон а)
		Мій проект	Конкуре нт 1	Конкуре нт 2			
4.	Патенти на продукти	Немає	є	є	+		
5.	Економічніс ть	Серед ня	Висока ціна	Середня ціна			+

Порівнявши розроблювальний товар з потенційними конкурентами, зроблено висновок, що продукт є конкурентоспроможним, тому що за нижчу ціну покупець отримує більш якісніший прилад.

Технічний аудит ідеї проекту описано в табл. 4.3.

Таблиця 4.3

## Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	Розробка математичної моделі технологічного процесу	Використання ПК та програм САПР для розробки	Наявні	Доступні
2.	Розробка функціонально- структурних схем параметрів мікроклімату	Використання ПК та програм САПР для розробки	Наявні	Доступні
3.	Розробка структурно- алгоритмічних схем температури та вологості	Використання ПК та програм САПР для розробки	Наявні	Доступні

Продовження табл. 4.3.

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
4.	Розробка САК мікрокліматом теплиці на основі проведених досліджень	Використання програмних середовищ для моделювання та дослідження розробленої САК	Наявні	Доступні

З наданих даних видно, що технологічне виготовлення проекту можливе, все необхідне програмне забезпечення доступні або є в наявності.

Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту описана в табл. 4.4.

Таблиця 4.4

Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1.	Кількість головних гравців	5
2.	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	37000
3.	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4.	Наявність обмежень для виходу (вказати характер обмежень)	Конкуренція вітчизняних та зарубіжних фірм
5.	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Вимоги щодо безпечності та екологічності
6.	Середня норма рентабельності в галузі (або ринку), %	30

За оцінками дана галузь є привабливою для входу оскільки відсутні обмеження для входу, середня рентабельність сфери. Однак на ринку представленні старі компанії, що роблять якісні пристрої, але оскільки

вітчизняний аналог буде дешевше, то очікується попит серед малого та середнього бізнесу.

Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту описано в 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.	Підвищена надійність та додаткові можливості по спрощенню керування та налаштування системи	Малий та середній сільськогосподарський бізнес	Особливості експлуатації, уміння персоналу, рентабельність	Простота у використанні, технічна підтримка в ході експлуатації пристроїв

Основними клієнтами виступають малі та середні сільськогосподарські компанії, що планують самостійно зберігати зібраний товар, до моменту його реалізації. Формування ринку спричинено спрощенням ведення малого бізнесу в країні, та сприятливими кліматичними умовами.

Фактори загроз описані в табл. 4.6.

Таблиця 4.6

## Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Конкуренція	Ширший сортимент конкурентів	Розширення власного асортименту, або підвищення якості продукції
2.	Застарівання технологій	Поява нових технологій та можливостей у конкурентів	Вкладання коштів в переобладнання приладів на нові технології
3.	Відсутність попиту на продукцію	Попит нижчий чим було розраховано	Пошук нових шляхів збуту, нових клієнтів
4.	Вартість продукції	Підвищення вартості елементів на етапі закупівлі	Пошук аналогів у інших постачальників
5.	Якість	Зниження якості елементів, що закупаються	Вкладання коштів в переобладнання на іншу елементну базу

Основною загрозою бізнесу – це конкуренція. Також існує багато інших факторів, що можуть загрожувати компанії, але на кожен із теоретичних загроз є розроблені відповідні дії для їх усунення.

Фактори можливостей описані в табл. 4.7.

Таблиця 4.7

## Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1.	Потреба в даній системі	Актуальна система за відповідну ціну	Розширення персоналу по виготовленню системи, пошук нових покупців
2.	Різкий попит	Корисність системи	Збільшення кількості систем, що випускаються
3.	Зростання рівня доходу населення	Збільшення середнього доходу	Збільшення ціни
4.	Впровадження нових технологій	Модернізація елементної бази	Вкладання коштів в провадження нових технологій, розробка додаткових функцій
5.	Впровадження нових законів в країні	Полегшення ведення бізнесу в середині країни та закордоном	Аналіз можливостей, застосування можливостей

В процесі виходу даної системи на ринок також можуть з'явитися додаткові можливості, що не були враховані в попередньому плані. На такий випадок також необхідні злагоджені дії для отримання максимальної вигоди з ситуації, та зменшення часу окупності попередніх вкладень.

Ступеневий аналіз конкуренції на ринку описано в табл. 4.8.



## Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	Прояви даної характеристики	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Олігополія	В вибраній галузі існує декілька фірм	Виготовлення досконалішого та дешевшого товару
2. Міжнародна	В вибраній галузі на міжнародному ринку існує багато компаній	Приведення теоретичних розрахунків щодо заощадження електроенергії, збільшення прибутку
3. Внутрішньогалузева	Виробники виготовляють продукти, які задовольняють одну потребу	Виготовлення товару хорошої якості, та помірної ціни
4. Товарно-видова	Різноманітні товари для задоволення потреби	Розробка нових товарів
5. Цінова	Використання ціни як засіб кращих умов збуту	Підвищення якості продукту, за такою ж ціною
6. Марочна	Вказує яка компанія виготовляє даний продукт	Створення власної марки

В таблиці видно ознаки олігополії. Рівень конкурентної боротьби – міжнародна з внутрішньогалузевою ознакою. Конкуренція за видами товарно-видова.

Аналіз конкуренції в галузі за М.Портером описано в табл. 4.9.

Таблиця 4.9.

## Аналіз конкуренції в галузі за М.Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари замітники
	ТОВ «АГРАТЕК», ТОВ «Micro 2004»	Великий вибір послуг та товарів у конкурентів	Значення розміру поставок	Розмір закупок	Ціна та марки конкурентів
Висновки	Конкуренція існує, але вона прийнятна, немає монополістичної	Можливість вийти на ринок за рахунок нової технології та з привабливішою ціною	Не диктують	Диктують вимоги до якості та ціни товару	Велика кількість товарів заміників

Обґрунтування факторів конкурентоспроможності описано в табл.4.10.

Таблиця 4.10.

## Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування
1.	Надійність	Збільшення надійності в порівнянні з конкурентами
2.	Ефективність	Підвищена ефективність за рахунок ефективніших алгоритмів
3.	Час перерегулювання	Час перерегулювання залежить тільки від приладів керування мікрокліматом
4.	Якість	Збільшена якість за рахунок використання нової елементної бази
5.	Ціновий	Ціна нижча чим у конкурентів

Підвищена надійність, енергетична ефективність та хороша цінова політика дає можливість вийти на ринок, та отримати частку покупців для яких ці параметри є важливими.

Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін автоматичної системи керування мікроклімату плодоовочевих сховищ описано в табл. 4.11.

Таблиця 4.11.

Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін автоматичної системи керування мікроклімату плодоовочевих сховищ

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів						
			-3	-2	-1	0	1	2	3
1.	Надійність	14						+	
2.	Ефективність	17						+	
3.	Якість	15					+		
4.	Ціна	19				+			

Оскільки система використовує нову елементну базу прилад має підвищену надійність, більшу ефективність та якість. При порівняно однаковій ціні. Ці фактори вказують на те, що система має великі шанси на успішний вихід на ринок.

SWOT-аналіз стартап-проекту описано в табл. 4.12.

Таблиця 4.12.

SWOT-аналіз стартап-проекту

<p><b>Сильні сторони:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Вища надійність;</li> <li>- Вища швидкість;</li> <li>- Вища ефективність;</li> <li>- Порівняна ціна;</li> <li>- Оптимальна якість;</li> <li>- Менший час регулювання.</li> </ul>	<p><b>Слабкі сторони:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Відсутність відомої марки.</li> </ul>
<p><b>Можливості:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Необхідність системи;</li> <li>- Простота використання;</li> <li>- Збільшення ціни;</li> <li>- Якісне покращення основних параметрів.</li> </ul>	<p><b>Загрози:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Конкуренція;</li> <li>- Збільшення ціни у постачальників;</li> <li>- Старіння технології;</li> <li>- Відсутність попиту.</li> </ul>

Провівши SWOT-аналіз було зроблено висновки, що за рахунок сильних сторін продукт має високу конкурентоспроможність на ринку.

Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту описано в табл. 4.13.

Таблиця 4.13.

Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1.	Залучення нових споживачів – поширювати по цільовим покупцям	Висока ймовірність	12 місяців
2.	Встановлення високої початкової ціни для отримання максимально можливого прибутку з меншого обсягу продажів товару	Низька ймовірність, оскільки існують конкуренти з меншою ціною	6 місяців
3.	Демпінгування ціни – встановлення максимально низької початкової ціни, дасть можливість отримувати прибуток з великої кількості продажів, зробить систему більш популярною	Висока ймовірність оскільки є можливість переманити потенційних покупців у конкурентів	6 місяців
4.	Модернізація технологій	Середня ймовірність оскільки може призвести до збільшення ціни	12 місяців

На основі аналізу альтернатив ринкового впровадження проекту можна зробити висновки, що більш надійним є 3й спосіб. Він дозволить з меншими ризиками вийти на ринок за коротший строк, та отримати визнання на ринку.

Вибір цільових груп потенційних споживачів описано в табл. 4.14.

Таблиця 4.14.

## Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтований попит в межах цільової групи	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота виходу в сегмент
1.	Державні підприємства	Середня готовність, необхідно багато часу для доведення економічної вигоди	10-15%	Середня інтенсивність	Висока
2.	Приватні підприємства	Висока готовність	20%	Середня інтенсивність	Середня
3.	Індивідуальні споживачі, зацікавленні в отримванні хорошого врожаю	Висока готовність	40%	Середня інтенсивність	Середня
Обрані цільові групи: Приватні підприємства та Індивідуальні споживачі					

На основі аналізу цільових груп та їх готовність прийняти новий продукт було виділено приватні підприємства та індивідуальні підприємства, саме вони готові до прийняття нового продукту, та мають більшу швидкість виходу на ринок.

Визначення базової стратегії розвитку описано в 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.	Демпінгування ціни – встановлення максимально низької початкової ціни, дасть можливість отримувати прибуток з великої кількості продажів, зробить систему більш популярною та завоювати велику долю ринку	Стратегія диференційованого маркетингу	1. Простота в використанні 2. Менша або така ж ціна 3. Висока якість 4. Висока надійність 5. Підтримка користувачів	Стратегія диференціації

Для того щоб запобігти не бажаних результатів після виходу на ринок було прийнято рішення використовувати стратегію диференціації та диференційованого маркетингу.

Визначення базової стратегії конкурентної поведінки описано в табл. 4.16.

Таблиця 4.16.

## Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект першим на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів чи забирати у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики у конкурентів та які?	Стратегія конкурентної поведінки
1.	Подібні проекти давно існують на ринку	Буду шукати нових споживачів, адже покупці не будуть замінювати вже працюючі системи	Деякі функції є основними для будь-якої системи автоматичного контролю мікроклімату плодовоовочевих сховищ	Стратегія заняття конкурентної ніші

Оскільки продукт не є першим на ринку було прийнято рішення притримуватись стратегії зайняття конкурентної ніші. Оскільки наш продукт має вигіднішу ціну ця стратегія є найоптимальнішою.

Визначення стратегії позиціонування описано в табл. 4.17.

Таблиця 4.17.

## Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, що мають сформулювати комплексну позицію власного проекту
1.	Простота налаштування необхідного режиму; Надійність системи; Точність вимірювання; Підтримка користувачів.	Стратегія диференціації	Простота в використанні, краща якість за хорошою ціною	Простота; Ефективність; Дешевизна;

Виконання підрозділу дало можливість визначити стратегію позиціонування стартап-проекту на ринку, вибір асоціацій, які мають сформулювати комплексну позицію власного проекту.

Визначення ключових переваг концепції потенційного товару описано в табл. 4.18.

Таблиця 4.18.

## Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами
1.	Простота використання	Значне зменшення часу навчання працівників	Забезпечується за допомогою якісного та продуманого програмного забезпечення



Продовження табл. 4.18.

№ п/п	Потреба	Вигода яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами
2.	Підвищена якість зберігання	Забезпечує якісне зберігання протягом всього терміну	Забезпечується якісним поєднанням програмного забезпечення та відповідними приладами регулювання мікрокліматом
3.	Точність	Забезпечуються висока точність вимірювання параметрів мікроклімату	Точність вимірювання забезпечується підбором якісних приладів вузького застосування

Виділено три основні переваги перед конкурентами, на основі даної таблиці буде створено рекламні продукти для поширення серед потенційних покупців. Опис трьох рівнів моделі товару описано в табл. 4.19.

Таблиця 4.19.

## Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару		Сутність та складові		
1.	Товар за задумом	Спрощене використання, підвищена ефективність, надійність, не висока ціна на систему		
2.	Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх/Тл/Е/Ор
		1. Економічні	Нм	Вр
		2. Призначення	Нм	Тх
		3. Надійність	М	Тл
		4. Технологічні	М	Тх
		5. Транспортабельності	М	Тх
		6. Безпеки	М	Тх
		Якість: технічні вимоги щодо використання певних небезпечних речовин в електричному та електронному обладнанні		
		Пакування: Картонна коробка маркою, коротким описом характеристик та переваг		
3.	Товар із підкріпленням	Поширення реклами		
		Використання акцій як метод залучення покупців та/або збільшення кількості покупок		
Захист від копіювання: реєстрування патенту на пристрій, методи захисту інтелектуальної власності				

З приведеної таблиці видно, що задум за товар у реальному виконанні повністю співпадає, а з підкріпленням товару та захистом від копіювання товар має високі шанси успішно вийти на ринок продажів.

Визначення меж встановлення ціни описано в табл. 4.20.

Таблиця 4.20.

## Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень ціни на товари-замінники	Рівень ціни на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та середня межі на встановлення ціни на товар
1.	41000 грн	49000грн	Високий	37000-50000 грн

На початку продажів вибрано нижню та середні цінові категорії для швидшого поширення продукту. Ціна на товар у інших компаній має занадто велику дельту, отже і прибуток може досить сильно варіюватися. З даної таблиці видно, що обрана сфера є прибутковою.

Формула системи збуту описано в табл. 4.21.

Таблиця 4.21.

Формула системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1.	Орієнтовано на швидку обробку запитів клієнта. Створення технічної підтримки та підтримки нових покупців	Встановлення контакту з покупцем та повідомлення його в контрольних точках товару. Постачальник виконує всі функції транспортування та зберігання пристроїв до моменту їх доставки до кінцевого споживача	Канал нульового рівня (без посередників)	Використовується власна система збуту. Компанія розробник самостійно займається продажем товару кінцевому покупцю

Плануються один канал збуту – самостійний продаж. Він можливий без великих додаткових затрат на початковій стадії розвитку компанії. Зменшивши кількість ланок посередників до нуля буде зменшено кінцеву ціну товару. Тому був обран канал нульового рівня – без залучення посередників.

Концепція маркетингових комунікацій описано в табл. 4.22.

Таблиця 4.22.

Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки потенційних клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1.	Орієнтація на якісний продукт та швидку доставку пристроїв клієнтам. Технічна підтримка клієнтів.	Формальні та неформальні ресурси. Інтернет комунікація, виставки, тематичні мітапи, рекламні статі	Послідовність у реалізації позиції. Послідовність та логічність при прийнятті рішень.	Інформування клієнтів. Стимулювання продажів. Формування впізнаваності для марки. Пошук нових партнерів.	Простота використання, Доступність приладу, Надійність, Швидкість, Продуктивність компанії-покупця

Маркетингова комунікація розроблена таким чином, що комунікація відбувається за допомогою таких методів: інтернет, журнали, мітапи та виставки. Основною задачею є створення впізнаваності для потенційних покупців і на ринку в цілому, залучення нових покупців. Концепцією рекламного звернення до потенційних покупців є простота в використанні за помірною ціною з високою надійністю.

### Висновки до розділу чотири

Розділ присвячений етапу розробки бізнес проекту для створюваного пристрою. Одним із можливих шляхів отримання прибутку – це комерціалізація створюваних пристроїв. Ідеї можна конвертувати в бізнес як самому, так і запропонувати компаніям для впровадження в існуючі прилади

для розширення можливостей їх приладів, або розробка нової лінійки товарів.

На початку розділу було оголошено ідею проекту. Описано потенційних покупців системи контролю мікроклімату складських приміщень, описано можливі ризики в процесі виведення пристрою на ринок. Попередній аналіз сильних та слабких сторін дає змогу зрозуміти конкурентну спроможність пристрою перед майбутніми конкурентами. Було вибрано існуючу сферу збуту пристрою – це приватні сільськогосподарські підприємства. Сфера швидко поповнюється новими малими підприємствами на яких орієнтована розроблювальна система.

Наступним кроком було проведення аудиту існуючих пристроїв, визначення їх переваг та недоліків. Виявлено, що більшість технологій вже активно використовуються, однак вони мають ряд недоліків. Прийнято рішення, що спрощення керування пристроєм, хороша надійність та вигідна ціна зробить пристрій затребуваним серед потенційних покупців. Створення системи можливо зробити вигідним, однак необхідні великі інвестиції на рекламу приладу серед потенційних клієнтів.

Зважаючи на існування досить високої конкуренції, для швидкого отримання прибутку та популяризації системи буде використовуватись наступна форма ринкового впровадження: зниження ціни приладу відносно конкурентів. Данна форма ринкового впровадження зацікавить покупців не тільки функціональністю чи надійністю, а і вигідною ціною.

Після повноцінного аналізу ринку було зроблено висновок, що подальша розробка системи можлива з точки зору комерційної вигоди. Однак слід зауважити, що для успішного старту продажів необхідно провести ряд маркетингових заходів для збільшення впізнаваності бренду для споживачів та потенційних покупців.

## ВИСНОВКИ

1. Провівши аналіз існуючих систем керування мікрокліматом складських приміщень було визначено недоліки та переваги існуючих систем. Проаналізовані необхідні умови для якісного збереження плодоовочевої сировини протягом всього строку. На основі наданої інформації визначені задачі які необхідно виконати для створення необхідних умов для якісного зберігання плодоовочевої сировини в складському приміщенні.

2. Оскільки для створення даної системи необхідна модульність, широкий вибір пристроїв для розширення можливостей та якості бібліотек для використання пристроїв розширення було вирішено використати для розробки мікроконтролер ATmega328.

3. Для сканування мікроклімату складського приміщення плодоовочевого сховища було використано чіп DHT22 який об'єднує в собі датчики вологості та температури з розширеним діапазоном вимірювання відносної вологості повітря(до 100%). Використаний модуль TGS4161 датчика рівня вуглекислого газу в повітрі. Обрана елементна база блоку моніторингу системи керування мікроклімату складського приміщення має наступні параметри:

- діапазон вимірювання температури: -40 ... 80 °C;
- похибка вимірювання температури: 0.5%;
- діапазон вимірювання вологості: 0 ... 100%;
- похибка вимірювання вологості: 2%;
- діапазон вимірювання вуглекислого газу в повітрі 350 ... 10000 ppm.

4. В пристрій запрограмовано режими для зберігання різних типів плодоовочевої сировини з оптимальними параметрами мікроклімату для вибраного типу. Це рішення дало можливість зменшити людський фактор похибки в керуванні та налаштуванні системи.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. В.Н. Богословский «Внутренние санитарно-технические устройства», ч. 1. Отопление/ Под ред. Старовойтова. М.: Стройиздат, 1990
2. Склад та техніка. Мікроклімат приміщень. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://sitmag.ru/article/9977-mikroklimat-promeshcheniy>
3. Електрообладнання і автоматизація плодо- та овочесховищ - Електрообладнання та автоматизація сільськогосподарських агрегатів [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://leg.co.ua/arhiv/raznoe-arhiv/elektrooborudovanie-i-avtomatizaciya-selskohozyaystvennyh-agregatov-59.html>
4. Інфрост. Рекомендовані умови зберігання овочів і фруктів [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [http://www.infrost.com.ua/articles/vegetable\\_storage/storage\\_temperature.html](http://www.infrost.com.ua/articles/vegetable_storage/storage_temperature.html)
5. Інфрост. Регульована атмосфера для зберігання овочів і фруктів. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [http://www.infrost.com.ua/articles/vegetable\\_storage/controlled\\_atmosphere.html](http://www.infrost.com.ua/articles/vegetable_storage/controlled_atmosphere.html)
6. Школа для електрика. Трубчасті електричні нагрівачі - ТЕН: пристрій, вибір, експлуатація, підключення ТЕН. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://electricalschool.info/main/ekspluat/238-trubchatye-jelektricheskie-nagrevateli.html>
7. ТЕНПРОМ. Оребрені Тени для нагріву повітря. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.tenprom.com.ua/vidy-tenov/orebrennye-teny-dlya-nagreva-vozdukha-tenr.html>
8. CoreElectronics. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://core-electronics.com.au/dht22-temperature-and-relative-humidity-sensor-module.html>

9. Journal.Info. Адресна світлодіодна стрічка і її підключення. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://ledjournal.info/spravochnik/adresnaja-svetodiodnaja-lenta.html>
10. Components101. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://components101.com/microcontrollers/arduino-uno>
11. Schem.net. OLED i2c дисплей. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://cxem.net/arduino/arduino227.php>
12. \_Основи підприємницької діяльності та агробізнесу За ред. М. М. Ільчука. — К.: Вища освіта, 2002. — 398 с.: іл.
13. Анохин М. Н. Исследование и разработка аппаратно-программных средств для систем управления микроклиматом : Дис. ... канд. техн. наук : 05.13.06 : Орел, 2003 189 с.
14. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика. Изд. 3-е. — М.: Евроклимат, 2001г. — 416 с. Ананьев ВА., Балужева Л. Н., Гальперин А. Д., Городов А. К., Еремин М. Ю., Звягинцева СМ., Мурашко В. П., Седых И. В.
15. Лекції з дисципліни «Інженерні мережі та комунікації». Гончар Т.М. ЛДУ БЖД, 2013.
16. Система для управления микроклиматом в теплице. Патент РФ № 2467557. Соколов И. С., Лашин А. П., Лашин Д. А., Соколов М. И. 2012.
17. Спосіб автоматичного регулювання параметрів мікроклімату в приміщенні. Патент UA №112127. Муратов В. Г., Ананський Д. В. 2016.
18. Банько В.Г. Будівлі, споруди та обладнання туристських комплексів: Навчальний посібник. 2-ге вид., перероб. та доп. — К.: Дакор, 2008. — 328 с.
19. Гусев В. М., Ковалев Н. Н., Попов В. П., Потрошков В. А. Теплотехника, отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. — М.: Стройиздат, 1991. — 343 с.



20. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика / [Ананьев В.А., Балужева Л. Н., Гальперин А. Д. и др.]. – М.: Евроклимат, 2001г. – 416 с.
21. Мартиненко І.І., Лисенко В.П., Тищенко Л.П., Лукач В.С. «Проектування систем автоматизації с-г виробництва» 1995 р.
22. Устройство микроконтроллера АТmega328 описание, характеристики — [Электронный ресурс] — <https://robolive.ru/mikrokontroller-atmega328-opisanie-xarakteristiki/>
23. Arduino Pinout Diagram — [Электронный ресурс] — <http://arduino.biz.ua/post/2013-02-21.html>
24. АТМega328P Microcontroller — [Электронный ресурс] — <https://components101.com/microcontrollers/atmega328p-pinout-features-datasheet>
25. Межкабельные наводки — [Электронный ресурс] — Режим доступа: [https://www.ecolan.ru/imp\\_info/introduction/mnav/](https://www.ecolan.ru/imp_info/introduction/mnav/)
26. Основные источники шумов и помех и методы борьбы с ними — [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.avclub.pro/articles/audio-video-ot-a-do-ya/osnovnye-istochniki-shumov-i-pomekh-i-metody-borby-s-nimi/>
27. Скляр, Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение / Пер. с англ. — 2-е изд, испр. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2003.

## **ДОДАТОК А**

Зона	Поз.	Позначення			Найменування			Кіл.	Прим.	
					Деталі					
	1	ДЕ.91мп.004.000 Е4			Друкована плата			1		
					Резистори					
	2				10 кОм 1% 0805			1	R1	
	3				9.1 кОм 5% 0805			4	R2-R5	
	4				4.7 кОм 5% 0805			4	R6-R9	
					Мікросхеми					
	5				ATMega328			1	DD1	
					Датчики					
	6				DHT22			1	DD2	
					Дісплеї					
	7				Oled I2C			1		
					Транзистори					
	8				KT837			4	VT1-VT4	
					Перемикачі					
	9				Пружинна кнопка			4	SB1-SB4	
					ДЕ.91мп.004.000 СП					
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	Система контролю параметрів мікроклімату плодовоовочевого сховища Специфікація			Літ.	Аркуш	Аркушів
Розроб.	Гайсін А.Ф.									
Перевір.	Терлецький О.								1	3
Н.контр	Батрак Л.Н.							«КПІ ім. І.Сікорського», ФЕЛ, ЕПП, гр. ДЕ-91мп		
Затверд	Терлецький О									
Зона	Поз.	Позначення			Найменування			Кіл.	Прим.	
					Реле					

[illegible]

					<u>Модуль</u>			
	34				ESP8266 ESP-01	1	DD2	
					<u>Датчики</u>			
	35				MLX90614	1	DA4	
	36				Pulse Sensor SEN-11574	2	DA6, DA7	
					<u>Аналогові мікросхеми</u>			
	37				Analog ESP-01	2	DA1, DA5	
	38				Analog GY-521	1	DA3	
					<u>Матеріали</u>			
					Припій ПОС-61 ГОСТ 1981-76	2г		
					Лак УР-231 ТУ6-10-863-84 У1	8г		
			ДЕ.91мп.004.000.01 СП					3
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата				

## ДОДАТОК Б

Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.		
			Деталі				
	1	ДЕ.91мп.004.000 Е4	Друкована плата	1			
			Резистори				
	2		100 Ом 5% 0805	1	R1		
	3		100 Ом 5% 0805	1	R2		
			Стабілізатор				
	4		SELECTOR	1	DA1		
			Мікросхеми				
	5		Arduino Nano v3.0	1	DD1		
	6		GY-521 MPU-6050	1	DD2		
			Модуль				
	7		ESP8266 ESP-01	1	DD3		
			Датчики				
	8		MLX90614	1	DA3		
	9		Pulse Sensor SEN-11574	2	DA2		
			ДЕ.91мп.004.000.02 СП				
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дат.			
Розроб.	Гайсін А.Ф.				Система контролю параметрів мікроклімату плодовоовочевого сховища Специфікація		
Перевір.	Терлецький О.						
Н.контр	Батрак Л.Н.						
Затверд.	Терлецький О.						
					Літ.	Аркуш	Аркушів
						1	2
					«КПІ ім. І.Сікорського», ФЕЛ, ЕПП, гр. ДЕ-91мп		

[illegible]

## ЛІСТИНГ ПРОГРАМИ

### Програмний код для електронної системи моніторингу

```
#include <DHT.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>

#define DHTPIN 2

const int okButton = 3;
const int upButton = 4;
const int leftButton = 5;
const int rightButton = 6;
const int downButton = 7;

float currentTemp;
float currentHum;
int interOkButton = 2;
int interUpButton = 2;
int interLeftButton = 2;
int interRightButton = 2;
int interDownButton = 2;
bool selectMode = false;
int selectProduct = 0;

struct PerfectEnviroment
{
    int temp;
    int hum;
    float co2;
    float o2;
};

DHT dht(DHTPIN, DHT11);

void setup()
{
    Serial.begin(9600);
    dht.begin();
    pinMode(okButton, OUTPUT);
    pinMode(upButton, OUTPUT);
    pinMode(leftButton, OUTPUT);
    pinMode(rightButton, OUTPUT);
    pinMode(downButton, OUTPUT);
```



```

PerfectEnviroment potato = {3, 90, 30, 10};
PerfectEnviroment onion = {0, 70, 30, 10};
PerfectEnviroment carrot = {0, 95, 30, 10};
}

void loop()
{
  Serial.println("Select mode for special product");
  Serial.println("1. Potato");
  Serial.println("2. Onion");
  Serial.println("3. Carrot");
  selectMode = true;
  while (selectMode)
  {
    selectProduct = CheckTapButton();
    if (selectProduct != 0)
    {
      selectMode = false;
    }
  }

  delay(50);
  currentTemp = dht.readTemperature();
  currentHum = dht.readHumidity();
  int OkButtonState = digitalRead(okButton);
  int UpButtonState = digitalRead(upButton);
  int LeftButtonState = digitalRead(leftButton);
  int RightButtonState = digitalRead(rightButton);
  int DownButtonState = digitalRead(downButton);

  if (isnan(currentTemp) || isnan(currentHum))
  {
    Serial.println("Error");
    return;
  }

  Serial.print("Temperature is: ");
  Serial.println(currentTemp);
  Serial.print("Humidity is: ");

  Serial.println(currentHum);

  interOkButton = OkButtonState;
  interUpButton = UpButtonState;

```

```

    interLeftButton = LeftButtonState;
    interRightButton = RightButtonState;
    interDownButton = DownButtonState;
}

int CheckTapButton()
{
    if (OkButtonState != interOkButton)
    {
        return 1;
    }
    if (UpButtonState != interUpButton)
    {
        return 2;
    }
    if(LeftButtonState != interLeftButton)
    {
        return 3;
    }
    if(RightButtonState != interRightButton)
    {
        return 4;
    }
    if(DownButtonState != interDownButton)
    {
        return 5;
    }
}

```

## **ABSTRACT**

**Actuality of theme.** Automation of maintaining the necessary microclimate in warehouses is a promising area of engineering and scientific development because Ukraine occupies a leading position in Europe and the world in the production of many cereals and fruits and vegetables.

The urgency of this topic is acquired in the territories of countries with developed agro-industrial complex. With the development of this industry, the collection of vegetables and fruits is increasing. Because after the collection of fruit and vegetables, it must be stored in specialized warehouses that meet the requirements for storage in good condition.

Here are some results of 2018 in the field of land:

As the collection of fruits and vegetables is high and increasing, there is a clear need for long-term storage of the product to allow for further processing.

As of 2019, Ukraine does not have enough fruit and vegetable storages that can store high-quality products for processing. The result is the need to transport fruits and vegetables without processing abroad.

This makes it impossible to process and preserve after some time. The result is a lack of industrial growth and a lack of job growth.

Connection of work with scientific programs, plans, topics. The dissertation was prepared in accordance with the research plan of the Department of Electronic Devices and Devices of the National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute. The microclimate of the room is characterized by a set of parameters, which include: air temperature, relative humidity, air mobility. The values of these parameters are determined depending on the type of fruit and vegetable products and the method of their storage. For storage facilities, the main parameters are those on which the preservation of fruit and vegetable products in a satisfactory condition depends.

**The purpose and objectives of research.** Modern technology of storage of fruits and vegetables in warehouses must have a fully automated ventilation system

of storages, be controlled by the operator from the panel, itself carries out air intake outside or inside the room, cools or heats air, determines air flow rate, maintains moisture, removes oxygen, carbon dioxide and ethylene. All these actions are necessary to keep the fruit fresh.

The creation of automated microclimate control systems in warehouses will make it more cost-effective, less time-consuming and scalable storage of raw materials for further processing and export of finished products, or delivery to the final consumer in the domestic market.

*The object of research* is the main processes of heating and maintaining humidity, carbon dioxide saturation, for ideal storage conditions for fruits and vegetables.

*The subject of research* is the study of fruit and vegetable storage as an object of automation and improvement of automatic microclimate control systems.

**Research methods:** based on the provisions of the theory of heat and mass transfer, mathematical modeling using computer technology.

**The scientific novelty of the obtained results** is the development of a new SAC greenhouse in which the cost is reduced, reduced response time, increased informativeness

**Practical significance of the obtained results** - the results of work make a scientific contribution to the development of agricultural and private fruit and vegetable storages.

**Personal contribution of the applicant.** Based on the obtained data, a more relevant platform for automatic climate control systems for fruit and vegetable storages was developed, which allowed to reduce the price and increase the quality of the system as a whole.

**Approbation of dissertation results.** Materials were presented at the scientific conference "Prospective areas of modern electronics" (April 4, 2019,).

**Publications.** Gaisin, AF, Terletsky OV System of automatic regulation of microclimate parameters of warehouses // Perspective directions of modern

electronics: materials of the XIII scientific-practical conference: KPI named after Igor Sikorsky, 2019. - P. 106-111., Gaisin AF Molochko OS Types of interference and methods of their elimination // Microsystems, Electronics and Acoustics, 2021 (passed the review stage).

**The structure and scope of the dissertation.** The dissertation consists of three sections: review, section selection of the element base and design. Volume: 82 Art. main text, 29 figures, 29 tables, 3 appendices, 27 literary sources.