

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМ
УПРАВЛІННЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри КСУ

_____ П. Леонт'єв

_____ 2022р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему:

«Автоматизація процесу керування мікрокліматом овочесховища на 100 тон»

Дипломний проект

Виконав:

студент групи СУдн-81п

О. О. Колісник

Керівник проекту:

доцент, к.ф.-м.н.

С. В. Соколов

СУМИ 2022

№ строчки	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	№ екз.	Примітка
1			<u>Документація загальна</u>			
2			Знову розроблена			
3						
4	A4		Реферат	2		
5	A4		Технічне завдання	3		
6	A4	СУдн-81П.151.03.ПЗ	Пояснювальна записка	53		
7						
8			Примінена			
9						
10	A4		Завдання	2		
11						
12			<u>Документація</u> конструкторська			
13			Знову розроблена			
14						
15	A4	СУдн-81П.151.03.A1	Структурна схема автоматизованої системи контролю мікроклімату овочесховища	1		
16	A4	СУдн-81П.151.03.A2	Функціональна схема системи автоматичного контролю мікроклімату овочевого сховища	1		
17	A4	СУдн-81П.151.03.A3	Блок-схема алгоритму роботи автоматизованої системи керування мікрокліматом овочевого сховища	1		
18						
19						
20						
21						
22						
23			<u>Документація по плакатам</u>			
24			Знову розроблена			
25						

					<i>СУдн-81П.151.03.ДП</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розробив</i>		<i>Колісник О. О.</i>			Автоматизація процесу керування мікрокліматом овочесховища на 100 тон. Відомість проекту		
<i>Керівник</i>		<i>Соколов С. В.</i>					
<i>Рецензент</i>							
<i>Н.контроль</i>							
<i>Затвердив</i>							
					<i>Лім.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
						2	1
					<i>Гр.СУдн-81П</i>		

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра: “Комп’ютеризованих систем управління”

Спеціальність: 151-«Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри КСУ

_____ П. Леонтєв

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра (дипломний проект) студенту

Коліснику Олексію Олеговичу

1. Тема проекту:

Автоматизація процесу керування мікрокліматом овочесховища на 100 тон

затверджена наказом по університету від “_10_” червня 2022 р. №0433-VI

2. Термін здачі студентом закінченого проекту _____ 15.06.2022 р.

3. Початкові дані до проекту: Завдання кафедри, технічне завдання на

проекткування, матеріали переддипломної практики.

4. Зміст записки пояснення

1. СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ СХОВИЩ ОВОЧЕВОЇ ПРОДУКЦІЇ;

2. АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ

ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ОВОЧЕВОГО СХОВИЩА;

3. КОНСТРУКЦІЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ

КЕРУВАННЯ ОВОЧЕВОГО СХОВИЩА;

4. ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗРОБЛЕННОГО ПРИСТРОЮ

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.Перелік графічного матеріалу

1. Структурна схема автоматизованої системи контролю мікроклімату овочесховища

2. Функціональна схема системи автоматичного контролю мікроклімату овочевого сховища

3. Блок-схема алгоритму роботи автоматизованої системи керування мікрокліматом овочевого сховища

6.Дата видачі завдання

16.05.22 р.

Керівник проекту

С. В. Соколов

Прийняв до виконання

О. О. Колісник

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Найменування етапів дипломного проекту	Терміни виконання етапів проекту	Приміт.
1	СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ СХОВИЩ ОВОЧЕВОЇ ПРОДУКЦІЇ	26.05.22–27.05.22	
2	АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ОВОЧЕВОГО СХОВИЩА	27.05.22–31.05.22	
3	КОНСТРУКЦІЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ОВОЧЕВОГО СХОВИЩА	31.06.22-02.06.22	
4	ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗРОБЛЕННОГО ПРИСТРОЮ	02.06.22–04.06.22	
5	ОХОРОНА ПРАЦІ	04.06.22–08.06.22	
6	РОЗРОБКА ГРАФІЧНОЇ КОНСТРУКТОРСЬКОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ ПРОЕКТУ	08.06.22-12.06.22	
7	ОФОРМЛЕННЯ ПЗ, ГРАФІЧНІЙ КОНСТРУКТОРСЬКІЙ ДОКУМЕНТАЦІЇ	12.06.22-13.06.22	
8	ЗДАЧА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ КЕРІВНИКОВІ	13.06.22-14.06.22	
9.	ЗДАЧА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ НА РЕЦЕНЗІЮ	14.06.22-15.06.22	

Студент-дипломник

О. О. Колісник

Керівник проекту

С. В. Соколов

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
на проектування
автоматизації процесу керування мікрокліматом овочесховища на 100 тон

Розробник:
студент групи СУдн-81п

О. О. Колісник

Погоджено:
керівник проекту:
доцент, к.ф.-м.н.

С. В. Соколов

1. Найменування розробки:

Автоматизація процесу керування мікрокліматом овочесховища на 100 тон

2. Мета і призначення розробки:

Модернізації керування мікрокліматом овочесховища, підвищення її якісних показників, збільшення надійності і безпеки.

3. Джерела розробки:

1. В.Н. Богословский «Внутренние санитарно-технические устройства», ч. 1. Отопление/ Под ред. Староверова. М.: Стройиздат, 2019
2. <https://sitmag.ru/article/9977-mikroklimat-pomeshcheniy>
3. N. V. P. R. Durga Prasad, T. Lakshminarayana, et al., “Automatic Control and Management of electrostatic Precipitator”, IEEE Transactions on Industry Applications, pp. 561-567, Vol. 35, No. 3, May/June, 1999.
4. Ralf Joost and Ralf Salomon. “Advantages of fpga-based multiprocessor systems in industrial applications”. In 31st Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON 2005). IEEE-IECON, November 2019.
5. «Мікроклімат. Електронні системи забезпечення». Тігранян Р.Е. Радіософт, 2018.
6. «Мікроконтролери AVR. Ввідний курс». Джон Мортон. Москва 2019
7. Randell, Brian. The Origins of Digital Computers: Selected Papers.. — 2003.
8. Human, Anthony. Charles Babbage, pioneer of the computer. — Oxford University Press, 2014.
9. Анісімов А.В. Інформаційні системи та бази даних: Навчальний посібник для студентів факультету комп’ютерних наук та кібернетики. / Анісімов А.В., Кулябко П.П. — Київ. — 2019. — 110 с.
10. Антоненко В. М. Сучасні інформаційні системи і технології: управління знаннями : навч. посібник / В. М. Антоненко, С. Д. Мамченко, Ю. В. Рогушина. — Ірпінь : Нац. університет ДПС України, 2016. — 212 с.
11. Воронін А. М. Інформаційні системи прийняття рішень: навчальний посібник. / Воронін А. М., Зіатдінов Ю. К., Климова А. С. — К. : НАУ-друк, 2019. — 136с.

4. Стадії та етапи розробки:

1. СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ СХОВИЩ ОВОЧЕВОЇ ПРОДУКЦІЇ.
2. АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ОВОЧЕВОГО СХОВИЩА.
3. КОНСТРУКЦІЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ОВОЧЕВОГО СХОВИЩА.
4. ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗРОБЛЕНОГО ПРИСТРОЮ.
5. ОХОРОНА ПРАЦІ.
6. СКЛАДАННЯ ВСТУПУ, РЕФЕРАТИВ І ВИСНОВКІВ.
7. ОФОРМЛЕННЯ ПРОЕКТНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ.

РЕФЕРАТ

Колісник Олексій Олегович. Автоматизація процесу керування мікрокліматом овочесховища на 100 тон. Кваліфікаційна робота бакалавра (дипломний проект). Сумський державний університет. Суми, 2022р.

Кваліфікаційна робота бакалавра (дипломний проект) містить 53 листа пояснювальної записки, що включають 10 малюнків і 10 таблиць; графічну конструкторську документацію, що включає 3 креслення та презентацію.

Ключові слова: овочі, контролер.

Пояснювальна записка складається з п'яти розділів. У першому розділі описано системи керування мікрокліматом сховищ овочевої продукції. Другий розділ присвячений автоматизованій системі контролю параметрів мікроклімату овочевих сховищ. В третьому розділі приведена конструкція автоматизованої системи керування овочевого сховища. Четвертий розділ присвячений експериментальному дослідженню розробленого пристрою.

П'ятий розділ розглядає охорону праці.

THE ABSTRACT

Kolisnyk Oleksiy Olehovych. The automation of the process of microclimate control of vegetable storage per 100 tons. Bachelor's thesis (diploma project). Sumy State University. Sumy, 2022

The bachelor's thesis (diploma project) contains 53 letters of explanatory note, including 10 figures and 10 tables; graphic design documentation, including 3 drawings and a presentation.

Key words: vegetables, controller.

The explanatory note consists of four sections. The first section describes the microclimate control systems for fruit and vegetable storage. The second section is devoted to the automated control system of microclimate parameters of fruit and vegetable storages. The third section presents the design of an automated control system for fruit and vegetable storage. The fourth section is devoted to the experimental study of the developed device.

The fifth section deals with labor protection.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМ
УПРАВЛІННЯ

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи бакалавра (дипломного проекту)
на тему:

“ Автоматизація процесу керування мікрокліматом овочесховища на 100 тон ”

Виконав:
студент групи СУдн-81п

О. О. Колісник

Керівник проекту:
доцент, к.ф.-м.н.

С. В. Соколов

СУМИ 2022

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	4
ВСТУП.....	5
1. СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ СХОВИЩ ОВОЧЕВОЇ ПРОДУКЦІЇ.....	7
1.1. Існуючі системи регулювання мікроклімату сховищ овочевої продукції.....	8
1.2. Умови зберігання овочевої сировини.....	10
1.3. Основні задачі, які виконуються системою контролю мікроклімату та шляхи їх реалізацій.....	12
Висновки.....	19
2. АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ОВОЧЕВОГО СХОВИЩА.....	20
2.1. Вимоги до функціональних можливостей системи.....	20
2.2. Алгоритм функціонування автоматичної системи контролю та керування	21
2.3. Розробка структурної схеми пристрою контролю мікроклімату овочевого сховища.....	24
Висновки.....	25
3. КОНСТРУКЦІЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ОВОЧЕВОГО СХОВИЩА.....	26
3.1. Вибір елементної бази для реалізації функціональних блоків системи.....	26
3.2. Розробка функціональної схеми пристрою контролю мікроклімату овочевого сховища.....	30
3.3. Розробка електричної принципової схеми пристрою контролю мікроклімату овочевого сховища.....	34

					<i>СУдн-81П.151.03.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб</i>		<i>Колісник О. О.</i>			<i>Автоматизація процесу керування мікрокліматом овочесховища на 100 тон</i>	<i>Літ.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перев</i>		<i>Соколов С. В.</i>					2	53
<i>Реценз.</i>						<i>Гр. СУдн-81П</i>		
<i>Н. Контр.</i>								

3.4. Розробка друкованої плати пристрою контролю та керування мікрокліматом овочевого сховища	38
4. ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗРОБЛЕННОГО ПРИСТРОЮ	47
5. ОХОРОНА ПРАЦІ	49
ВИСНОВКИ	52
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	53

					<i>СУдн-81П.151.03.ПЗ</i>	Арк.
						3
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

МК – мікроконтролер;

ДП – друкована плата;

АЦП – аналогово – цифровий перетворювач;

УРТС – устаткування регулювання температури сховищ;

ШАК – шафа автоматичного керування;

ТЕН – трубчастий електронагрівник;

ШИМ – широтно-імпульсна модуляція;

SDA – serial data;

SCL – serial clock;

ІС – inter-integrated circuits;

SPI – serial peripheral interface;

MOSI – master output - slave input;

АЛП – арифметико-логічний пристрій;

ОДП – одностороння друкована плата;

ДДП – двостороння друкована плата;

БДП – багат шарова друкована плата;

ГДК – гнучка друкована плата;

SMD – surface mount device;

					СУдн-81П.151.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

ВСТУП

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.

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.

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.

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,

					СУдн-81П.151.03.ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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.

					<i>СУдн-81П.151.03.ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		6

1. СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ СХОВИЩ ОВОЧЕВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Створення системи керування мікрокліматом включає в себе комплексне вирішення завдання підтримання в необхідних межах таких параметрів повітря, як: температура, відносна вологість, концентрація вуглекислого газу, концентрація кисню, концентрація етилену та швидкість руху повітряних мас.

Головні завдання систем керування мікрокліматом:

- створення та підтримання показників мікроклімату в складському приміщенні відповідно до вимог зберігання конкретного типу плодоовочевої продукції;
- економія енергоресурсів, які витрачаються на створення та підтримання мікроклімату в плодоовочевому сховищі.

В залежності від того, які зміни параметрів мікроклімату складського приміщення відбуваються, завдання аналізу та керування вимірюваними параметрами можна поділити на:

- забір повітря з зовнішнього середовища;
 - рекуперація тепла;
 - попередній нагрів повітря;
 - охолодження;
 - нагрівання повітря;
 - фільтрація повітря;
 - подача повітря в приміщення;
 - витягування відпрацьованого повітря;
 - циркуляція повітря (для забезпечення рівномірності мікрокліматичних показників повітря).

					<i>СУдн-81П.151.03.ПЗ</i>	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.1. Існуючі системи регулювання мікроклімату сховищ овочевої продукції

Устаткування регулювання температури сховищ(УРТС) – широко застосовується в даний час для зберігання плодоовочевої сировини.

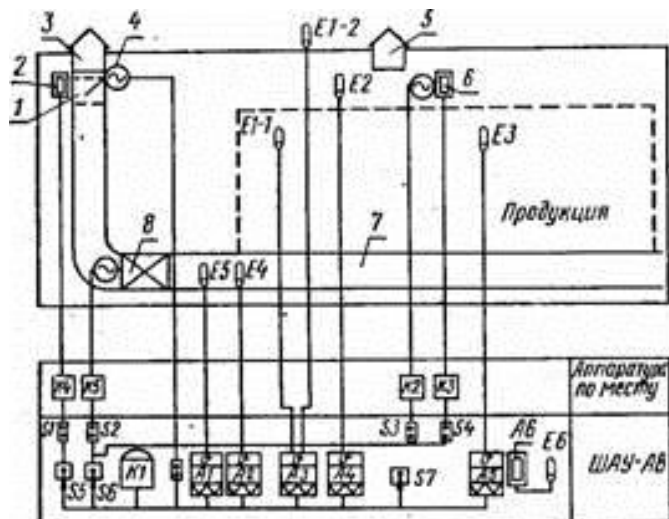


Рис. 1.1. Технологічна схема автоматичного управління температурним режимом в сховищі з обладнанням [3]

Система містить наступні складові:

- 1, 2 і 4 - змішувальний клапан, підігрівач і виконавчий механізм;
- 3 і 5 - припливна і витяжна шахти;
 - 6 - рециркуляційний опалювально-вентиляційний агрегат;
 - 7 - вентиляційний канал;
 - 8 - припливний вентилятор;
- S1 ... S4 - кнопкові станції;
- E1 - датчики диференціального терморегулятора АЗ;
- E2, E3, E4 - датчики терморегуляторів;
- E5 - датчик пропорційного терморегулятора А1;
- E6 - біметалічний датчик температури підігріву шафи ШАУ-АВ;
- А6 - електронагрівач;
- S5, S6 - універсальні перемикачі; S7 - вимикач;

					СУдн-81П.151.03.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- К1 - реле часу;
- К2 ... К5 - магнітні пускачі.

Система для управління мікрокліматом в плодоовочевому сховищі призначена для підтримки температури заданою шафою керування (ШАК-АВ), та не має можливості змінити налаштовані параметри без втручання кваліфікованих спеціалістів з електроніки або кваліфікованого оператора даного пристрою.

Недоліком даного пристрою для його використання в автоматизованій системі керування мікрокліматом є те, що він має обмежені можливості в керуванні параметрами повітря плодоовочевого сховища. УРТС виконує керування тільки температурою, це не забезпечує належних умов для зберігання плодоовочевої продукції в задовільному стані.

По причині наявності вище перерахованих недоліків, шафа керування (ШАК-АВ) не має можливості для забезпечення якісного зберігання плодоовочевої продукції в складських приміщеннях. Отже наслідком цього - використання даної системи унеможлиблює переробку або реалізацію плодоовочевої продукції через тривалий час.

Прикладом сучасної системи контролю мікроклімату є «Місго 2004» - це автоматична система призначена для зберігання овочів та фруктів для застосування в овочесховищах, що використовує сучасні технології. Інтерфейс системи простий і зрозумілий. Дана система дозволяє точно керувати пристроями підтримки і зміни мікроклімату в приміщенні, оптимально використовуючи електричну енергію. Автоматика «Місго 2004» використовується і як система сигналізації, попереджаючи про полум'я в складському приміщенні, проникнення незаконним чином та природних катаклізмів.

«Місго 2004» може додатково оснащуватись системою стеження за змінами і перешкодами в роботі інших пристроїв в овочесховищі. Данні можуть виводитися у вигляді графіків для більш наочного представлення інформації.

В системі «Місго 2004» використовуються такі пристрої:

1. REMANA-SIN12 - датчик температури

					<i>СУдн-81П.151.03.ПЗ</i>	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Живлення: 9-28 В, max. 100 mA

Габаритні розміри: 180 x 125 x 70 mm

Інтерфейс підключення: RS485

1. REMDIGI-10 - модуль реле

Діапазон вимірювання: -20 ... 50 ° C

Живлення: 20-28 В, 200 mA

Габаритні розміри: 180 x 90 x 50 mm

Інтерфейс підключення: RS485

«A-Gate» - прилад управління «MICRO 2004» з комп'ютера і для експорту змін системи за весь період зберігання продукції.

Недоліком даної системи для її використання є висока вартість, що унеможлиблює використання даної системи в малому та середньому приватному сільськогосподарському бізнесі. Із-за складності конструкції для її встановлення необхідні спеціалісти-монтажники компанії, що розробляє «Micro 2004». Оскільки це закордонна компанія, встановлення системи спеціалістами даної організації накладає додаткові витрати на монтаж та налаштування.

1.2. Умови зберігання овочевої сировини.

Для кожної окремого типу плодоовочевої продукції визначені умови зберігання в якісному стані в складському приміщенні. З наведеної нижче таблиці можна визначити діапазон температури та відносну вологості повітря, які повинна забезпечити система моніторингу та контролю мікроклімату.

Для тривалого збереження овочів та фруктів для подальшої переробки, потрібне забезпечення умов наведених в табл.1.1.

					СУдн-81П.151.03.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Табл. 1.1. Умови збереження свіжих овочів[4]

Плодоовочева продукція	Температура продукції, °С	Відносна вологість, %	Орієнтовний час зберігання, доба
Баклажани	+7 ... +10	85...90	до 10
Горошок зелений	-0,5 ... 0	85...98	до 21
Кабачки	0 ... +4	85...90	до 60
Капуста білокачанна	-1 ... 0	85...90	180-270
Картопля	+2 ... +3	85...95	90-270
Цибуля	-2 ... +2	65...75	30-240
Морква	-0.5 ... +0.5	90...100	30-270
Огірок	+7 ... +13	90...95	10-14

З табл.1.1. визначено, в яких діапазонах температури та відносної вологості повітря автоматизована система керування вентиляцією повинна забезпечувати зміну показників мікроклімату.

Система повинна забезпечувати можливість точного керування та вимірювання відносної вологості повітря в складському приміщенні від 60 до 100%.

Підвищений вміст в атмосфері сховища вуглекислого газу, викликає призупинення дозрівання плодів, уповільнення і гальмування різних хімічних реакцій, зменшує дію етилену, завдяки чому нівелюються багато негативних процесів в рослинах, і зберігається м'якість і колір овочів та фруктів.

Знижений вміст в атмосфері сховища кисню, уповільнює процес псування продуктової сировини, зменшує інтенсивність процесів окислення, призупиняє дозрівання овочів і фруктів, збільшує термін зберігання агропродукції.

					<i>СУдн-81П.151.03.ПЗ</i>		Арк.
							11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Згідно з наведених вимог до вимірювання та керування температуро-вологісними характеристиками мікроклімату, потрібно розглянути елементну базу, здатну виконувати вимірювання показників в заданих діапазонах з задовільною точністю та частотою.

1.3.Основні задачі, які виконуються системою контролю мікроклімату та шляхи їх реалізацій

Призначення автоматизованої системи контролю параметрів мікроклімату

Призначення автоматизованої системи контролю параметрів мікроклімату плодовоовочевого сховища полягає у відслідковуванні поточного стану: концентрації кисню, вуглекислого газу, температури та відносної вологості мікроклімату в складському приміщенні, а також керування мікрокліматичними параметрами складського приміщення у режимі реального часу.

Сучасна технологія зберігання плодовоовочевої продукції в складських приміщеннях повинна мати повністю автоматизовані системи: вентиляції складського приміщення, керування обігрівом та охолодженням та вилучення кисню. Бути керованою оператором з пульта керування або віддалено використовуючи мережу Інтернет, сама проводить забір повітря зовні або зсередини приміщення, охолоджувати або підігрівати повітря, підтримувати відносну вологість мікроклімату, видаляти кисень, вуглекислий газ та етилен. Всі ці дії необхідні для збереження плодів свіжими протягом всього строку зберігання.

Враховуючи температуро-вологісні характеристики сховища, рівень концентрації вуглекислого газу, та концентрації кисню, необхідно контролювати мікроклімат за допомогою системи контролю, яка дозволяє в реальному часі отримувати достатньо точну інформацію про стан приміщення.

					<i>СУдн-81П.151.03.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

- температуру повітря – за допомогою цифрового температурного датчика;
- відносну вологість повітря – за допомогою цифрового датчика вологості;
- рівень насиченості CO₂ – за допомогою цифрового газового датчика;
- рівень насиченості O₂ – за допомогою цифрового газового датчика;
- ступінь неоднорідності повітря – за допомогою групи датчиків, розміщених в різних частинах та на різній висоті сховища.

Виходячи із актуальної інформації про дані показники мікроклімату в плодоовочевому сховищі, автоматизована система контролю мікроклімату повинна керувати цими параметрами.

Керування буде здійснюватися через систему керування вентиляцією. А так як керування вентиляцією відбувається через вентиляційну камеру, автоматизована система контролю повинна змінювати параметри роботи окремих органів вентиляційної камери задля керування загальними мікрокліматичними умовами в приміщенні.

Отже, призначенням автоматизованої системи контролю параметрів мікроклімату є здатність відслідковування у режимі реального часу мікрокліматичних показників в приміщенні та наявність механізмів керування даних показників відповідно до заданих умов.

Відповідно до призначення автоматизованої системи контролю мікроклімату плодоовочевого сховища, сформовані основні задачі, які повинна вирішувати система. Отже, до основних задач автоматизованої системи контролю вентиляції віднесемо наступні:

- вимірювання температури в складському приміщенні;
- зміна температури в приміщенні за заданим алгоритмом;

					<i>СУдн-81П.151.03.ПЗ</i>	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- зміна рівня вологості;
- можливість керувати параметрами мікроклімату автоматично;
- можливість керувати параметрами мікроклімату вручну;
- наявність запрограмованих режимів зміни мікроклімату в залежності від вимог до умов зберігання.

Необхідно розглянути та проаналізувати кожен з цих задач, за для їх вирішення.

Вимірювання температури в сховищі в режимі реального часу за відповідні проміжки часу. Для вирішення даної задачі застосовуються термочутливі датчики, інформацію про температуру з яких, можна отримувати в цифровому вигляді.

Розрізняють різні типи датчиків в залежності від типу термочутливого елемента:

- термопари;
- терморезистори;
- лінійні аналогові перетворювачі;
- цифрові датчики температури;
- інфрачервоні датчики температури.

Кожен із наведених вище видів датчиків має свої переваги та недоліки.

Керуючись завданнями та вимогами котрим повинен відповідати датчик температури, а також враховуючи такі критерії як компактність, можливість вимірювати температуру в діапазоні від -10 до 50°C (даний діапазон обумовлений технічними характеристиками вентиляційних камер), розрядом точності 0,5 °C.

Зміна температури в складському приміщенні за заданим алгоритмом. Для вирішення поставленої задачі в системі контролю параметрів мікроклімату необхідно передбачити можливість керування нагрівальним елементом, який конструктивно входить до складу вентиляційної камери.

Для правильного вибору системи опалення складського приміщення необхідно враховувати нормативні вимоги, що відносяться до категорії вибухопожежної та пожежної небезпеки приміщення, що призначене для

					<i>СУдн-81П.151.03.ПЗ</i>	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пилу і аерозолів застосовують системи повітряного, водяного і парового опалення.

Водяне і парове опалення не допускається в приміщеннях, де зберігають речовини, що утворюють при контакті з водою або водяними парами вибухонебезпечні суміші, або речовини, здатні до самозаймання або вибуху (вимога для приміщень категорій А та Б). В складських приміщеннях категорій Г і Д без виділення пилу і аерозолів застосовують повітряне, водяне та парове опалення. Температура теплоносія-води - 150°C, пара - 130°C. У тих же приміщеннях з підвищеними вимогами до чистоти повітря використовується повітряне та водяне опалення з температурою води 150°C і радіаторами.

В плодоовочевих сховищах використовують системи повітряного опалення.

Найбільш розповсюджений нагрівальний елемент, який

використовується для нагріву приточного повітря в вентиляційній камері - ТЕН (трубчастий електронагрівник). Конструкція ТЕН зображена на Рис. 1.2.

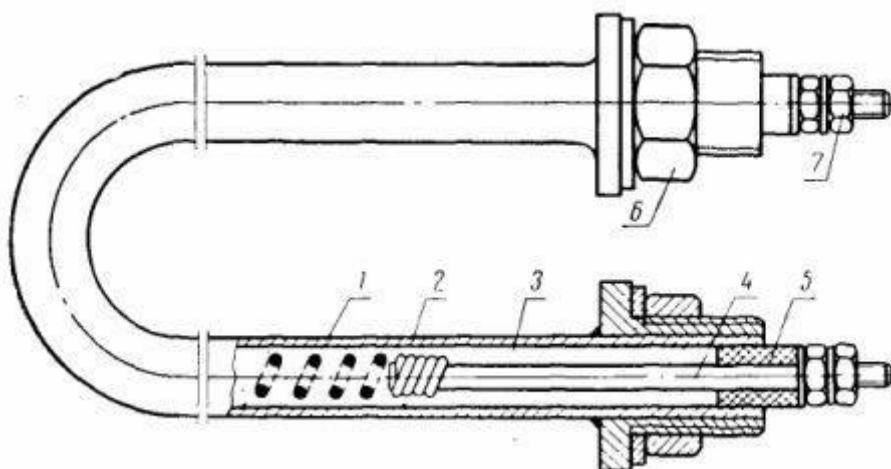


Рис. 1.2. [6] Трубчастий електронагрівач (ТЕН) герметичного виконання: 1 - ніхромовая спіраль, 2 - трубка, 3 - наповнювач, 4 - похідна шпилька, 5 - герметизуюча ущільнювальна втулка, 6 - гайка для кріплення, 7 - виводи.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУдн-81П.151.03.ПЗ

Арк.

15

Зображення сучасного оребреного ТЕН показано на Рис. 1.3.



Рис. 1.3. [7] Промисловий трубчастий електронагрівач

Сканування рівня вологості в режимі реального часу. Для сканування рівня вологості повітря використовують:

- датчики з ємнісним входом;
- датчики з виходом по напрузі;
- датчики з цифровим виходом.

Розробляючи систему контролю мікроклімату плодоовочевого сховища оптимальним рішенням є використання датчиків відносної вологості та температури, які мають усі необхідні електричні компоненти для роботи, та наявний цифровий або аналоговий вихід, який дозволяє зручно та швидко підключити готове рішення датчика в систему. Прикладом такого датчика є DHT22.

					СУдн-81П.151.03.ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 1.4. [8] Датчик вологості та температури DHT22

Даний датчик задовольняє вимогам по вимірюваним параметрам. Діапазон вимірювання вологості від 0% до 100%, та температури від -40 до +125, що повністю покриває необхідний діапазон вимірювання.

Більшість холодильних камер зберігання плодоовочевої продукції вимагають високої відносної вологості повітря, близько 90-95%. Однак застосування сучасних холодильних агрегатів (низькою температурою холодоагенту) знижує відносну

вологість через висушування повітря на холодильних випаровувачах. При цьому, волога стікає в піддон при "розморозці", а повітря стає більш сухим. Сухість повітря камери зберігання призводить до зниження вологи в продукції, що спричиняє її усушку і втрату товарного вигляду. Також змінюється відносна вологість повітря і при вентиляції приміщення. Тому повітря сховищ, особливо обладнаних холодильними агрегатами, необхідно зволожувати.

Складність зволоження холодильних приміщень визначається декількома факторами: необхідна висока відносна вологість повітря, велика щільність завантаження камери, високі вимоги до якості продукції - не допущення "намокання" і як наслідок гниття поверхні продукції від роботи зволожувача.

Для зміни рівня вологості приточного повітря в вентиляційних камерах використовуються зволожувачі повітря.

					<i>СУдн-81П.151.03.ПЗ</i>	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Парові зволожувачі вносять надлишкову додаткове тепло в камеру; форсунки і диски зрошують повітря та вимагають додаткових камер зрошення при монтажі у вентиляційний канал, а при прямому зволоженні (безпосередньому монтажі в камеру) утворюється великий факел розпилу водяних крапель які неприпустимі в овочесховище. Випарні зволожувачі не здатні підняти вологість до 95-97%, особливо при низьких температурах.

Для розробки системи контролю параметрів мікроклімату приймається, що дана система буде працювати із ультразвуковими зволожувачами повітря, так як вони:

- можуть бути вмонтованими у вентиляційну камеру або у вентиляційний канал;
- реалізують керований процес адіабатного зволоження, який забезпечує економію води та електроенергії;
- виключають появу мікроорганізмів в резервуарі;
- володіють високою точністю підтримки заданого рівня вологості.

Мілкий водяний туман за допомогою ультразвукового дроблення води. Необхідно відзначити, що ці системи зволоження спроектовані спеціально для холодильних камер зберігання і мають незаперечні переваги. Утворений водяний туман дуже летючий, що не осідає на продуктах зберігання, добре дрейфує по камері з повітряними потоками і рівномірно випаровуються, доносячи вологу до всіх зон приміщення.

Для контролю рівня вуглекислого газу в повітрі необхідно, при проектуванні системи збору параметрів мікроклімату, використати спеціалізований датчик вуглекислого газу.

Для забезпечення точних вимірів необхідно обрати датчик показники якого не будуть залежати від вологості повітря. Оскільки вологість повітря для різних типів плодоовочевої продукції необхідна різна, на високому рівні 80% та більше.

Прикладом якісного датчика вуглекислого газу є TGS4161.

					<i>СУдн-81П.151.03.ПЗ</i>	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 1.5 Модуль з датчиком вуглекислого газу TGS4161

Датчик являє собою електрохімічний осередок для роботи якої потрібна висока температура. Датчик має аналоговий вихід. Температура забезпечується вбудованим в датчик нагрівачем потужністю приблизно 0,2Вт. Напруга на осередку при концентрації CO₂ 350ppm і нижче має стабільне значення, а коли концентрація CO₂ зростає, напруга на осередку теж змінюється, а саме зменшується. Для узгодження високого вихідного опору осередки і з метою посилення напруги застосовані ОУ. Необхідне калібрування пристрою для забезпечення точних вимірів.

Висновки

1. Проаналізовано існуючі системи керування мікрокліматом та виділення їх не достатків в конструкції або ціні.
2. Дізналися необхідні параметри повітряного середовища в плодоовочевому сховищі для забезпечення зберігання плодоовочевої сировини в якісному стані протягом всього строку зберігання.
3. Проведено аналіз датчиків, що можуть бути використані при розробці системи керування мікрокліматом плодоовочевого сховища.

На основі аналізу необхідних параметрів мікроклімату, проведено пошук пристроїв, що можуть бути застосованими для керування параметрами повітряного середовища в середині плодоовочевого сховища. Було обрано ТЕН та ультразвуковий зволожувач повітря.

					<i>СУдн-81П.151.03.ПЗ</i>	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ОВОЧЕВОГО СХОВИЩА.

2.1. Вимоги до функціональних можливостей системи.

Розроблювана система контролю параметрів мікроклімату плодоовочевого сховища повинна відповідати таким вимогам:

- наявність основного керуючого модулю та системи датчиків розміщених в визначених місцях, які збирають необхідну інформацію про стан мікроклімату складського приміщення та передають його до керуючого модулю;
- конструкція керуючого модулю повинна мати розміри, що дозволить розмістити його в зручному для оператора місці.
- керуючий модуль повинен передавати всю інформації щодо поточного стану мікроклімату приміщення безперервно кожний проміжок часу зазначений оператором системи.
- керуючий модуль повинен приймати всю необхідну інформацію щодо зміни поточного стану окремих функціональних вузлів вентиляційної камери бездротовим каналом зв'язку.
- датчики повинні мати точність, що дозволить керувати системою однозначно та точно(кожен тип датчиків має свої допустимі похибки).

Виходячи із наведених вимог та враховуючи загальну концепцію розроблюваної системи, наведено перелік параметрів, які необхідно розрахувати

					СУдн-81П.151.03.ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

та сформулювати виходячи із обраної елементної бази під час подальшої інженерно-конструкторської розробки.

Основні параметри модулю моніторингу:

- діапазон вимірювальних температур;
- діапазон вимірюваної відносної вологості;
- діапазон вимірювання рівня вуглецевого газу в повітрі;
- діапазон вимірювання рівня кисню в повітрі.

Наведені вище параметри будуть розраховані далі в цьому розділі.

2.2. Алгоритм функціонування автоматичної системи контролю та керування;

Алгоритм функціонування — це сукупність правил, що ведуть до правильного виконання технічного процесу в пристрої або в системі.

Оскільки розроблювальна система є автоматичною системою стабілізації – її алгоритм функціонування містить завдання підтримувати керовані параметри постійною при збуреннях.

Задаюча дія розроблювальної системи – постійна величина, тобто:

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

Система керування мікроклімату плодоовочевого сховища повинна виконувати наступну послідовність дій для забезпечення задовільних умов зберігання для сировини:

1. ініціалізація програмного забезпечення;
2. перевірка підключення функціональних вузлів;
3. перевірка наявності увімкнених датчиків;
4. запит на отримання інформації від підключених модулів моніторингу;
5. отримання інформації від модулів моніторингу;
6. налаштування режиму роботи відповідно до типу сировини, що зберігається;
7. під'єднання до мережі Інтернет та зв'язок із сервером початок запису;

					<i>СУдн-81П.151.03.ПЗ</i>	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8. параметрів на віддалений сервер;
9. перевірка відповідності поточних параметрів мікроклімату
10. налаштування режиму роботи пристроїв регулювання мікроклімату для забезпечення необхідних параметрів повітря, відповідно до налаштованого режиму;

Блок-схема роботи системи регулювання мікрокліматом складського приміщення наведена на Рис.2.1.

Згідно до відповідних режимів роботи система керування вентиляцією буде здійснювати керування функціональними блоками коректування параметрами повітря:

- нагрівачем повітря;
- охолоджувачем повітря;
- зволожувачем повітря;
- системою видалення вуглекислого газу та кисню з повітря;
- системою циркуляції повітря в середині сховища.

					<i>СУдн-81П.151.03.ПЗ</i>	Арк.
						22
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

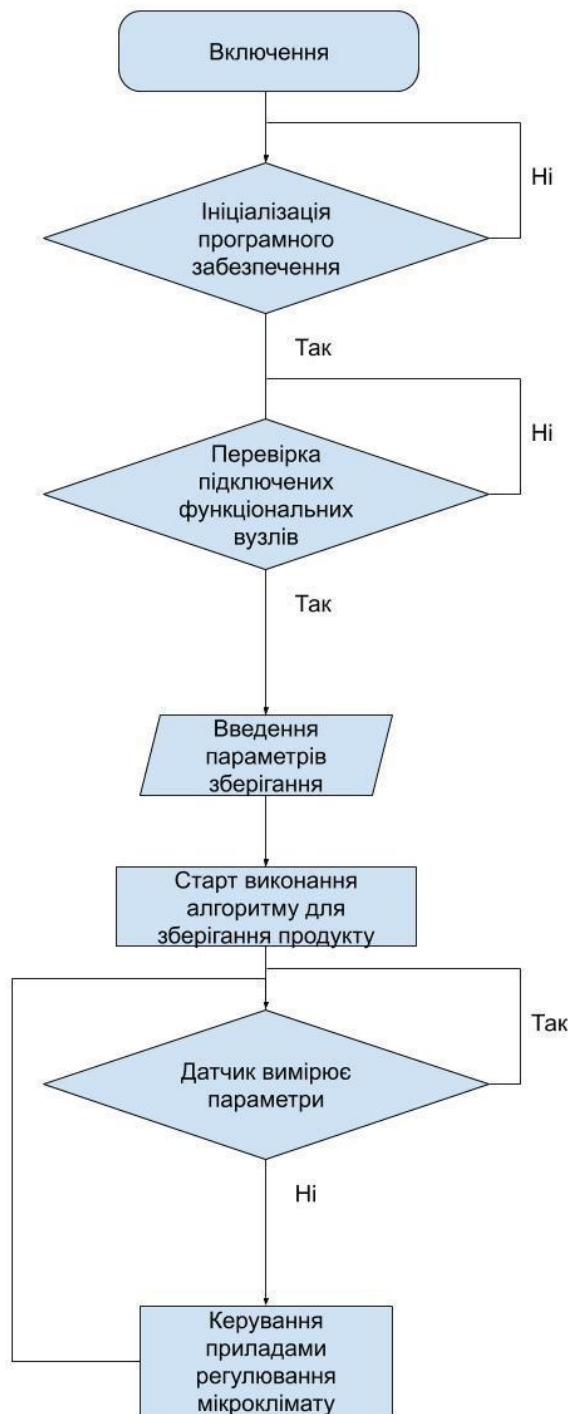


Рис. 2.1. Блок-схема алгоритму роботи автоматизованої системи керування мікрокліматом овочевого сховища.

2.3. Розробка структурної схеми пристрою контролю мікроклімату овочевого сховища.

По вимогам визначеним в попередньому розділі, розроблено структурну схему даної системи.

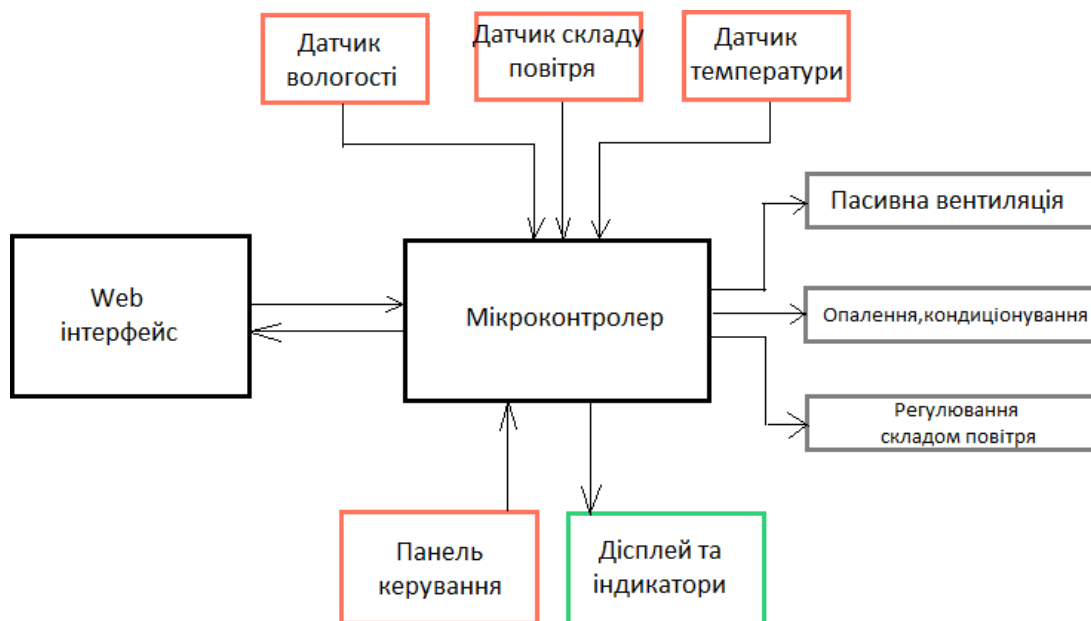


Рис. 2.2. Структурна схема автоматизованої системи контролю мікроклімату

Модуль керування, відповідно до рис. 7, складається з 10 блоків, які мають наступне призначення.

Мікропроцесорний блок – головний обчислювальний блок пристрою, який обробляє всю вхідну інформацію, здійснює вплив на інші структурні блоки пристрою, формує та відправляє на сервер пакети інформації.

WEB інтерфейс – засіб записувати поточний стан системи, на кожному етапі, на віддалений сервер.

LCD дисплей та індикатори – засоби виводу інформації. Проводить індикацію функціонального стану інших блоків пристрою.

Датчик температури – відслідковує поточну температуру та містить усю необхідну елементну базу для коректної роботи температурного датчика.

Датчик вологості – відслідковує поточний рівень вологості та передає інформацію про нього на мікропроцесорний блок.

Датчик рівня вуглекислого газу – відслідковує поточний рівень вуглецю в повітрі та передає його на мікропроцесорний блок.

Виконавчі блоки, до яких відносяться: пасивна вентиляція, кондиціонування, обігрів та система керування складом повітря – це система виконавчих пристроїв, що отримують керуючі сигнали від мікропроцесора та призначені для забезпечення необхідних параметрів мікроклімату складського приміщення плодовоовочевого сховища.

Розроблена структурна схема приладу забезпечує виконання поставлених завдань в попередньому розділі в повному обсязі.

Висновки

1. Під час виконання даного розділу, було визначено вимоги до системи автоматичного керування мікрокліматом плодовоовочевого сховища. Перераховано параметри мікроклімату які необхідно вимірювати та мати змогу ними керувати відповідно до вимог зберігання конкретного сорту овочів чи фруктів.

2. Визначено перелік конкретних задач, які необхідно виконувати розроблювальній системі керування.

3. Визначивши вимоги до системи та перелік необхідного функціоналу для забезпечення роботи, було розроблено оптимальний алгоритм керування системою контролю мікроклімату, що дає можливість виконувати поставлені задачі в повному обсязі.

4. Розроблена структурна схема системи аналізу та керування мікрокліматом плодовоовочевого сховища. Це дало можливість в подальшому розробити функціональну схему даної системи.

					<i>СУдн-81П.151.03.ПЗ</i>	Арк.
						25
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

3. КОНСТРУКЦІЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ОВОЧЕВОГО СХОВИЩА

3.1. Вибір елементної бази для реалізації функціональних блоків системи

Технології удосконалюються з кожним днем. Для створення сучасної системи необхідно провести дослідження та порівняння існуючих мікроконтролерів.

Для реалізації системи контролю параметрів мікроклімату, а саме, для виконання задач, що були наведені в попередніх розділах, необхідно вибрати мікроконтролер, який буде виконувати роль обчислювального блоку системи та реалізувати необхідні параметри середовища, виконуючи усі необхідні функції з обробки вхідної інформації та керування системи.

Розглянемо деякі популярні мікроконтролерні платформи, представлені на ринку зараз, серед яких: Kinetis, Arduino, STM32.

Kinetis - це сімейство низько споживаючих 32-х бітних мікроконтролерів базуються на процесорних ядрах ARM Cortex-M0/M4/M7, без MMU, з частотою ядра до 240 МГц. Відсутність MMU означає, що Kinetis не призначені для операційних систем подібних Windows, QNX, Android, iOS. Мікроконтролери Kinetis створені для виконання коду систем часу в складі різноманітних вбудованих пристроїв, від серцевих імплантатів до керуючих контролерів електромобілів.

Фірма Freescale могла б перерахувати дуже багато сфер застосування. Основними являються наступні: індустріальні контролери, частотні перетворювачі з векторним без сенсорним керуванням, тиристорні регулятори, конвертери напруги, аналізатори електромереж, програмовані логічні контролери для систем управління ліфтами, підйомниками, конвеєрами і іншими механізмами з безліччю приводів.

					Судн-81П.151.03.ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Arduino – це сімейство пристроїв на основі мікроконтролерів ATmega. У його склад входить все необхідне для зручної роботи з мікро контролером: цифрові входи / виходів (з них 6 можуть використовуватися в якості ШІМ-виходів), аналогові входи, кварцовий резонатор на 16 МГц, роз'єм USB, роз'єм живлення, роз'єм для внутрішньосистемного програмування (ICSP) і кнопка скидання. Для початку роботи з пристроєм досить просто подати живлення від AC/DC-адаптера або батарейки, або підключити його до комп'ютера за допомогою USB-кабелю.

STM32 на даний час складається з 10 лінійок для застосувань за різними сценаріями - мікроконтролери з високою продуктивністю, недорогі мікроконтролери загального застосування, мікроконтролери з ультранизьким енергоспоживанням, мікроконтролери з вбудованим радіомодулем для бездротових рішень, і все це - на одному ядрі ARM Cortex-M3. Також присутній pin-to-pin і програмна сумісність всіх лінійок.

Для докладного порівняння та аналізу можливостей вибрано STM32 та Arduino Uno.

Порівнюючи характеристики даних мікроконтролерів ми отримуємо наступні результати:

Табл. 3.1. Порівняння характеристик

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

Arduino Uno використовує в якості мікропроцесору ATmega328. ATmega328 – це мікроконтролер сімейства AVR, побудований на 8-ми бітному процесорі.

Призначення портів вводу та виводу такого мікроконтролеру наведено на рис. 3.1.

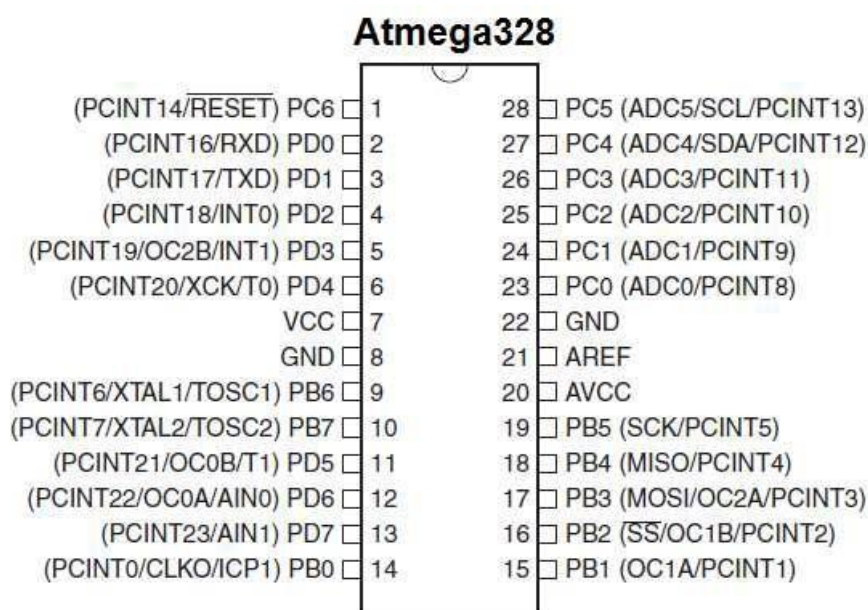


Рис. 3.1. Призначення портів вводу та виводу мікроконтролеру ATmega328.

Для збільшення потужності та обчислювальної здатності можна об'єднати Arduino Uno використавши SPI інтерфейс. Або замість Arduino Uno побудованого на мікроконтролері ATmega328 використати Arduino Mega побудованого на мікроконтролері ATmega 2560.

ATmega2560 – це також мікроконтролер сімейства AVR, побудований на 8-ми бітному процесорі. Містить 256 кБайт флеш пам'яті, 8 кБайт ОЗУ, 4 кБайт постійної пам'яті.

Має наступні периферійні пристрої:

- два 8-ми бітних таймера/лічильника із модулями порівняння та дільниками частот;
- чотири 16-бітних таймера/лічильника із модулем порівняння та дільником

- лічильник реального часу із окремим генератором;
- 15 каналів PWM;
- 16-ти канальний АЦП;
- інтерфейси зв'язку UART, SPI, I2C.

Максимальна частота роботи мікроконтролера при живленні від 3.5 до 5.5 В дорівнює 16 МГц.

Призначення портів вводу та виводу такого мікроконтролера наведено на рис. 3.2.

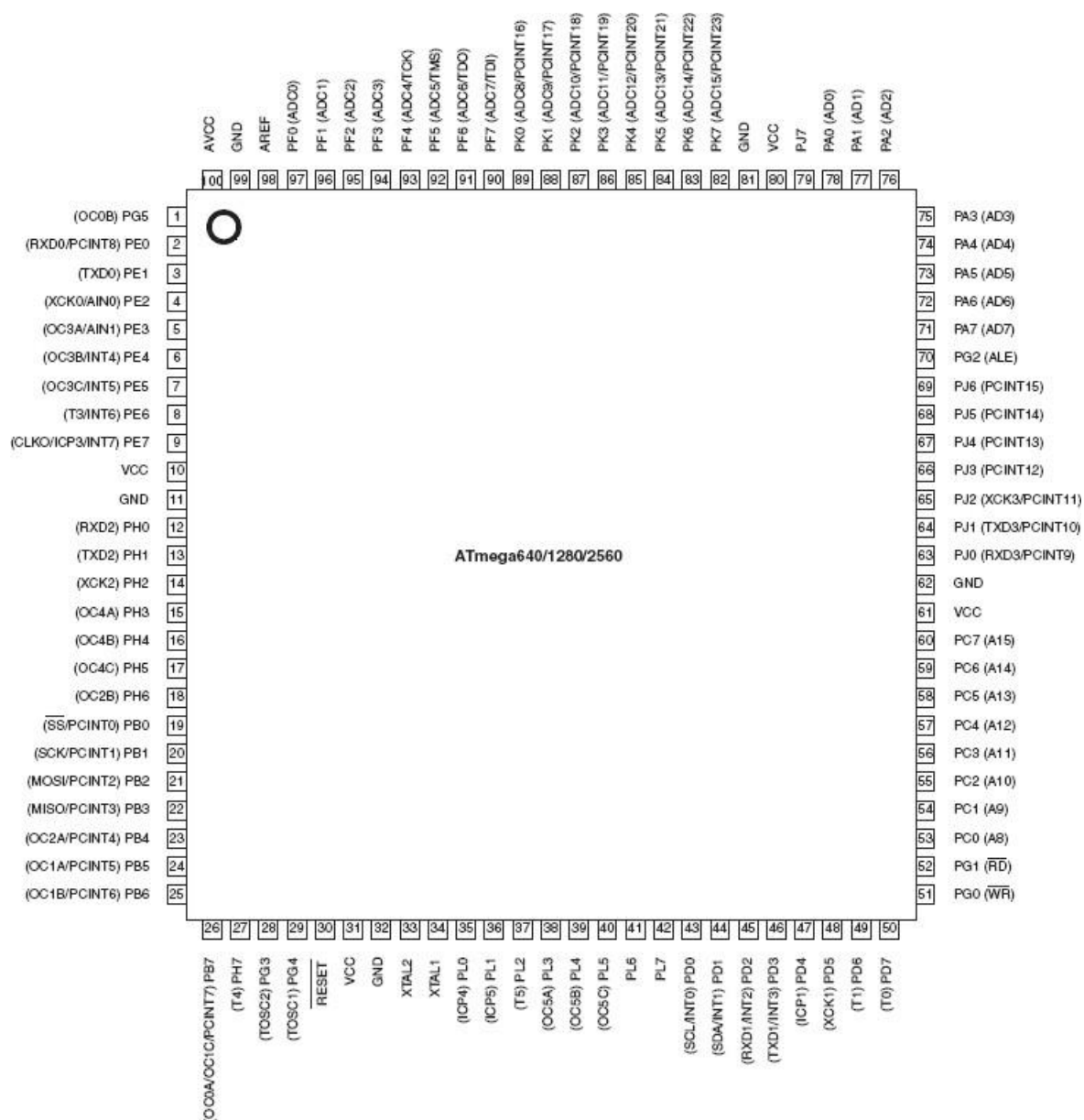


Рис 3.2. Призначення портів вводу та виводу мікроконтролера ATmega2560.

Продуктивність. STM працює на вищій частоті. Також має більшу оперативну та постійну пам'ять.

Поширеність використання також є важливим, тому що чим популярніша система, тим більше необхідних засобів розробки та підтримки можна відшукати в мережі Internet. Arduino має набагато більший список користувачів, має більшу кількість допоміжних бібліотек і самі бібліотеки якісніші.

STM має розвинену вбудовану периферію, а саме USB, DMA, CAN, RTC, UART. Arduino в свою чергу має надзвичайно багато додаткових пристроїв для розширення, що компенсують нестачу вбудованої периферії в порівнянні з STM.

Дослідження елементної бази показало, що оптимальним вибором для створення системи автоматичного регулювання мікроклімату складського приміщення плодоовочевої продукції є Arduino. Оскільки немає необхідності високої швидкодії тому, що параметри мікроклімату змінюється в часі повільно. Також є можливість підключення майже будь-яких засобів необхідних датчиків та керуючих пристроїв для збору інформації таких як: датчики температури, волості та датчики широкого спектру газів. Є можливість запису інформації та виконання відповідних дій на основі запрограмованих алгоритмів.

3.2. Розробка функціональної схеми пристрою контролю мікроклімату плодоовочевого сховища

Функціональною схемою системи автоматичного керування називається схема на якій міститься зображення функціональних елементів системи та зв'язки між ними. Функціональна схема та опис до неї дає повне уявлення про функціонування системи в цілому та завдання кожного блоку. Функціональні блоки на схемі позначаються у вигляді прямокутників, з вписаними в середині їх назвами. Зв'язки між елементами показують лініями, шини в яких пристрої об'єднуються один з одним товстими лініями, а їх напрямок зв'язку стрілками.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

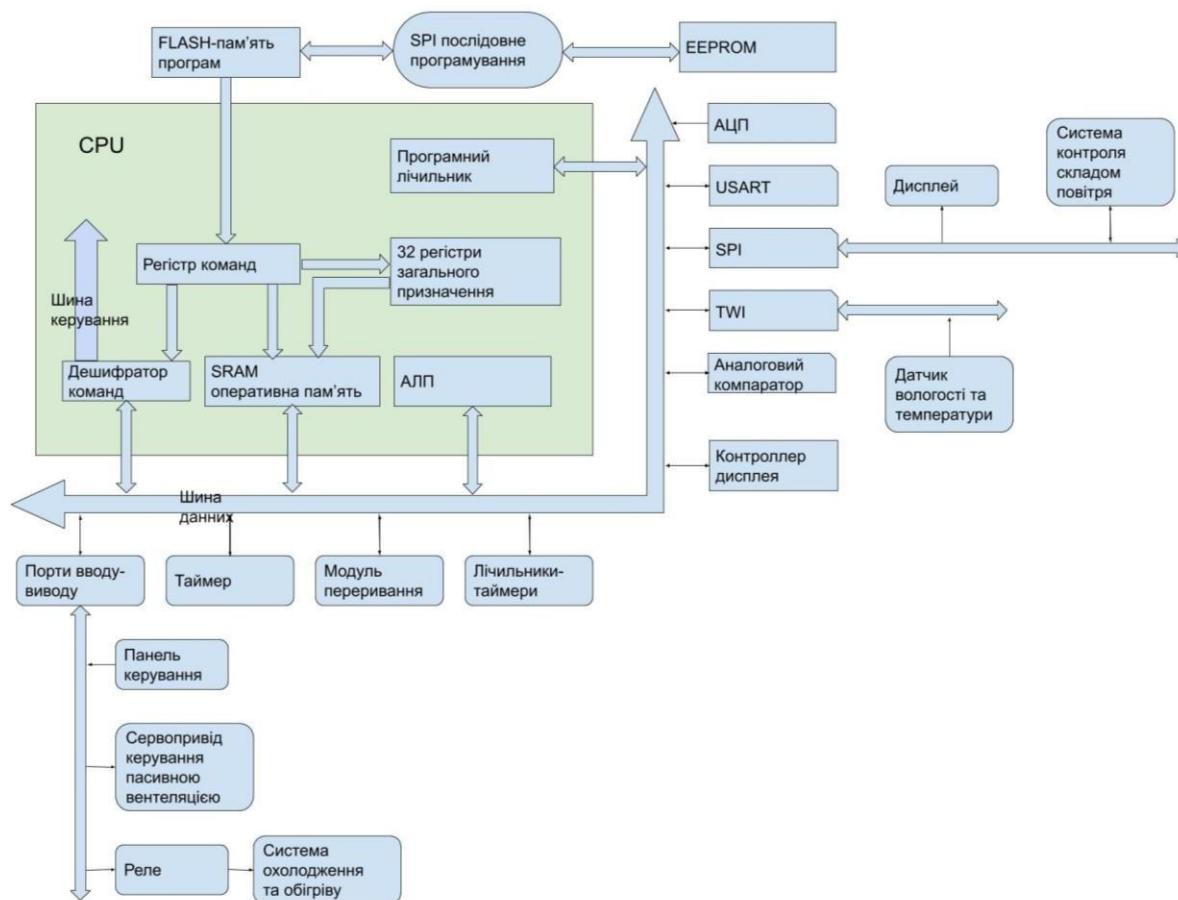


Рис. 3.3. Функціональна схема системи автоматичного контролю мікроклімату овочевого сховища.

Відповідно до документації для Arduino Uno шина даних – 32 біти, а шина адресу 24 біти.

Використовуючи інтерфейси SPI та I2C(TWI) пристрій має змогу обмінюватись інформацією в двонаправленому режимі.

Послідовний протокол обміну даними I2C (також називають ІІС - Inter-Integrated Circuits, міжмікросхемне з'єднання) застосовує за для передачі даних між пристроями дві лінії зв'язку, що працюють в двох напрямках, які мають назву шина послідовних даних SDA (Serial Data) та тактуюча шина SCL (Serial Clock). Також є дві лінії для живлення. Шини SDA і SCL підключаються до шини живлення через резистори. У мережі є один керуючий пристрій (Master), який ініціалізує передачу даних і створює сигнали синхронізації для всіх підключених

пристроїв. У мережі підключені також керовані пристрої (Slave), які передають дані по запиту керуючого. У кожного керованого пристрою є унікальна адреса, за якою керуючий звертається до нього. Адреса пристрою вказується в документації. До однієї шини I2C може бути підключено до 127 пристроїв, в тому числі кілька керуючих.

SPI (Serial Peripheral Interface) є послідовним дуплексним синхронним протоколом обміну даними з периферійними пристроями на відстані до 5 метрів і швидкістю передачі до 10 Мбіт/с. Для передачі даних по лінії SPI потрібна наявність сигналу синхронізації SCLK. Протокол SPI утворений за принципом Master - Slave. Сигнал SCLK генерує тільки Master.

На рис. 3.4 показано підключення одного пристрою до шини SPI. Для того, щоб пристрій отримував і передавав дані необхідно, щоб лінія (дозвіл передачі даних) була переведена в стан логічного нуля. В іншому випадку пристрій неактивний. Передача даних по лінії MOSI (Master Output - Slave Input) відбувається синхронно з сигналом SCLK. Прийом даних здійснюється по лінії MISO (Master Input - Slave Output) синхронно з сигналом SCLK по передньому або задньому фронту (в залежності від режиму роботи).

SPI використовує чотири лінії для обміну інформацією: тактовий сигнал від керуючого пристрою Serial Clock, лінія вибору керованого пристрою Slave Select, передача даних від керуючого пристрою до керованого пристрою використовується MISO, лінія даних від керуючого пристрою до керованого використовується MOSI.

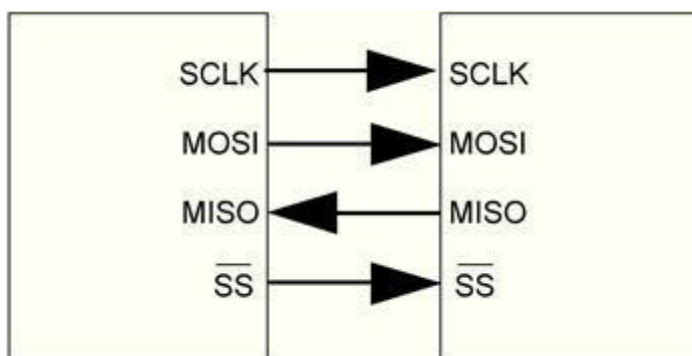
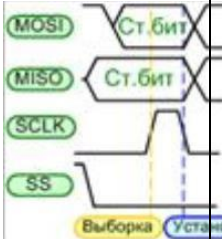
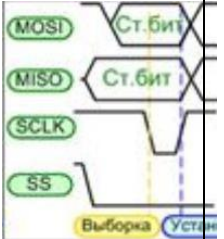
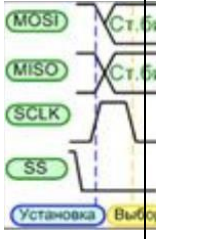
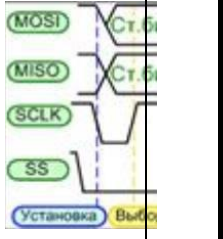


Рис. 3.4. Підключення одного пристрою до шини SPI.

CPHA - фаза синхронізації; від цього параметра залежить, в якій послідовності виконується установка та зчитування даних (якщо CPHA = 0, то по передньому

фронту в циклі синхронізації буде виконуватися читання даних, а потім, по задньому фронті - установка даних; якщо ж CPHA = 1, то установка даних буде виконуватися по передньому фронті в циклі синхронізації, а зчитування - по задньому). Інформація по режимам SPI узагальнена в табл. 3.2.

Табл. 3.2. Режими роботи інтерфейсу SPI.

Режим SPI	0	1	2	3
CPOL	0	1	0	1
CPHA	0	0	1	1
Часова діаграма першого циклу синхронізації				

Для передачі або прийому одного байта даних по інтерфейсу SPI необхідно передати два байти: перший - службовий, який визначає напрямок передачі і адреса регістра пристрою; другий - інформаційний.

Пристроям, котрим немає необхідності в використанні цифрових інтерфейсів, використовуються піни вводу/виводу цифрових сигналів.

Flash пам'ять програм - пам'ять об'ємом 32 кБ. Основне сховище для команд. Під час завантаження програми, контролер завантажує програму виконання в дану пам'ять. 2кб з даного пулу пам'яті відводиться на bootloader- програму, яка виконує ініціалізацією системи, завантаження через USB і запуску виконуючої програми.

SRAM - енерго-залежна пам'ять об'ємом 2 кБ. Зберігаються змінні і об'єкти,

EEPROM - енерго-незалежна пам'ять обсягом 1кб. В ній зберігаються дані, що не видаляються при виключенні контролера. Обмеження циклів перезапису, властивих технології EEPROM. Гарантований життєвий цикл 100 000 операцій запису/стирання.

Регістр команд - регістр керуючого пристрою мікроконтролера, призначений для зберігання коду команди на період часу, необхідний для її виконання(32 8-бітових регістра загального призначення).

Арифметико-логічний пристрій (АЛП) - блок процесора, який під керуванням пристрою керування служить для виконання арифметичних і логічних перетворень.

3.3. Розробка електричної принципової схеми пристрою контролю мікроклімату овочевого сховища.

Принципова електрична схема – це проектний документ, що визначає повний склад електричних елементів, зав'язків між ними та дає повне уявлення про принцип роботи системи. Принципова електрична схема контролю мікроклімату плодоовочевого сховища наведена на рис. 3.5.

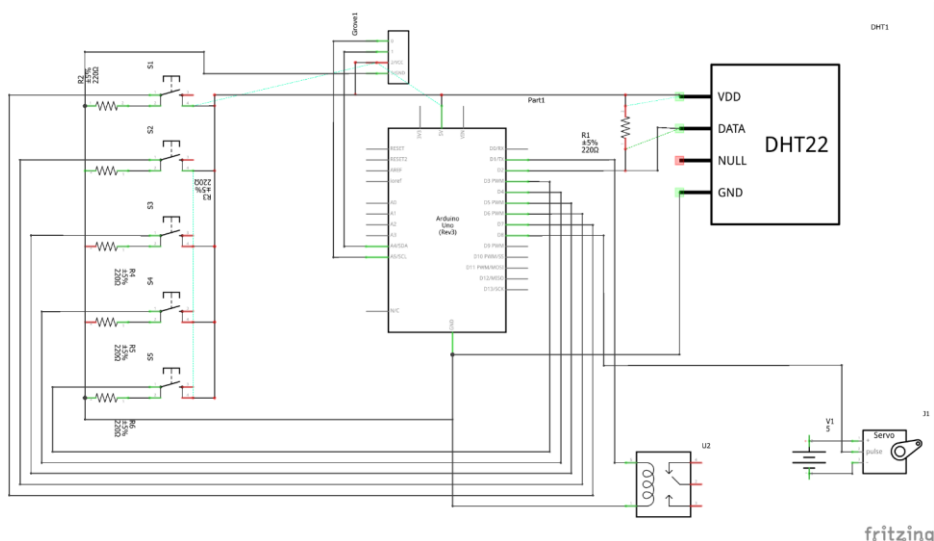


Рис. 3.5. Принципова електрична схема контролю мікроклімату овочевого сховища.

Схеми підключення кнопки показана на рис. 3.6.

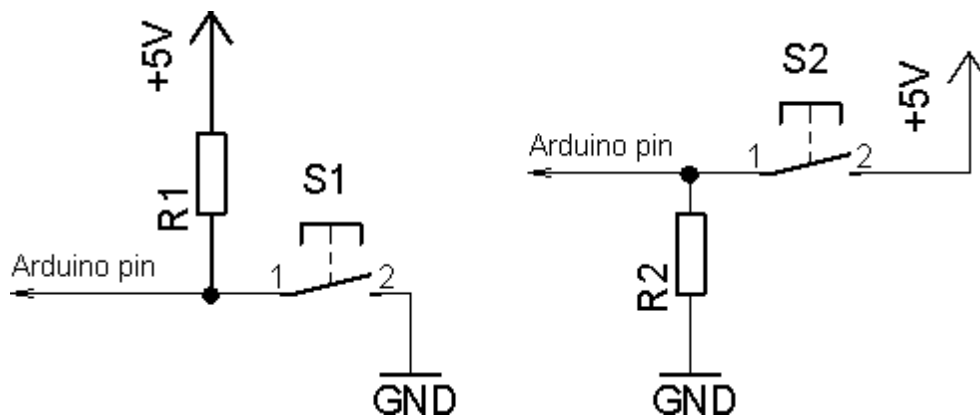


Рис. 3.6. Схеми підключення кнопки.

Логіка роботи даного включення кнопки в чотирьох контактному виконанні наступна. Коли тактова кнопка S не натиснута, вихід 2 підключений тільки до землі через резистор R і на цей вихід передається нульовий потенціал. При натисканні кнопки S з'являється контакт між входом 2 і живленням 5В, і на цифровий контакт вводу та виводу інформації починає протікати струм живлення мікроконтролера. Резистор R називається підтягуючим і зазвичай обирається номіналом 10 кОм. Якщо вхід залишити непідключеним, то на вході буде зчитуватися високий або низький потенціали випадковим чином. Саме тому використовується підтягуючий резистор, щоб задати відповідне значення при не нажатій кнопці.

Реле в даній схемі використовується для керування системою обігріву та охолодження. Використовується реле для можливості керувати механічними пристроями для яких немає можливості керувати керуючими сигналами.

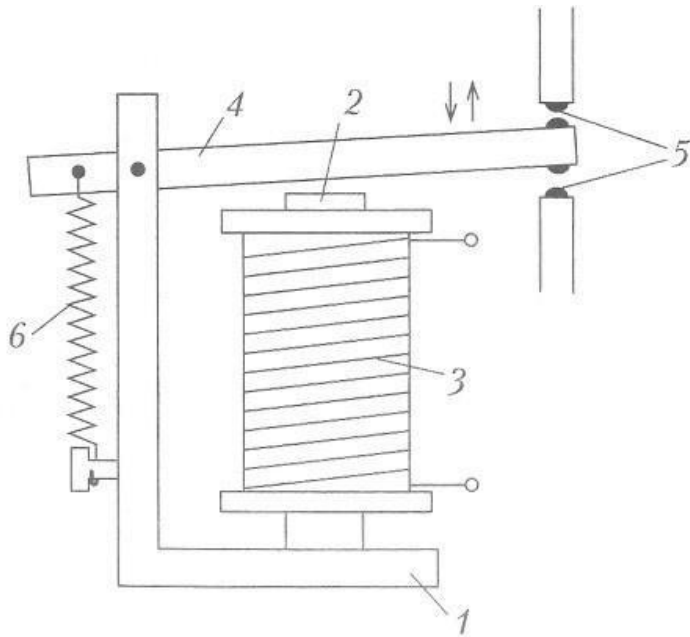


Рис. 3.7. Спрощена конструкція реле.

Реле зазвичай складається з трьох основних компонентів: чутливого, проміжного і виконавчого компонентів.

Чутливий елемент реагує на вхідний сигнал та конвертує його в фізичну величину, що необхідна для роботи реле. Прикладом чутливого елемента є котушка реле.

Проміжний елемент порівнює конвертовану величину з еталоном станом. Досягнувши заданого значення передає сигнал до виконавчого пристрою. Проміжними частинами реле є протидіючі пружини і заспокоювачі. Заспокоювачі використовуються в реле для зниження коливань рухомих частин, а в реле часу - для отримання заданого часу затримки.

Виконавчий частина пристрою впливає на керований ланцюг. Виконавчими складовими контактних реле є контакти.

Принцип роботи реле полягає в наступних діях: при включенні чутливого елемента (котушки) якір реле притягується до котушки, а з'єднаний з ним контакт з металевими з'єднаннями замикає або розмикає відповідні контакти.

Схема керуючого електричного кола реле приведено на рис. 3.8.

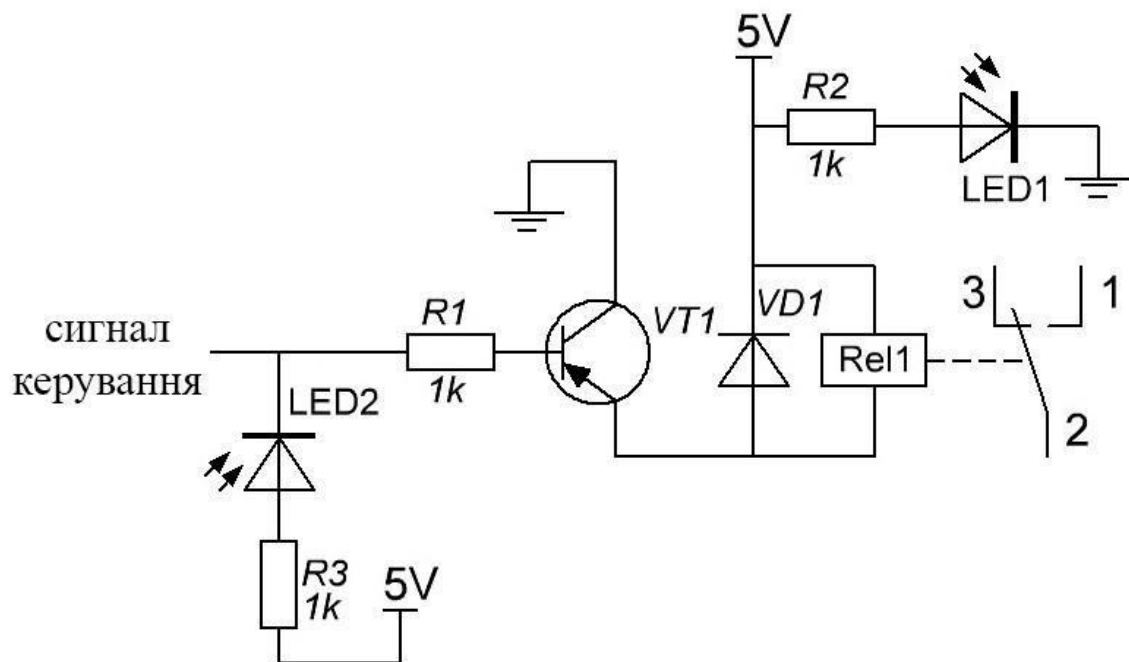


Рис. 3.8. Схема керуючого електричного кола.

У якості модулю виведення інформації використаємо OLED I2C дисплей на контролері SSD1306. Зовнішній вигляд даного дисплею наведено. Графічний дисплей, побудований на технології OLED, завдяки чому зображення має високий рівень контрасту і великі кути огляду. Технічні характеристики даного дисплею наведені в таблиці 3.3.

Табл. 3.3. Технічні характеристики дисплею OLED I2C SSD1306

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

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУдн-81П.151.03.ПЗ

Арк.

37

За необхідністю є можливість підключити другий дисплей для збільшення виведеної інформації. Інтерфейс підключення I2C дає змогу виконати такі дії.

Також для покращення моніторингу стану системи, передбачено світлодіодні індикатори. А саме використовуються адресна світлодіодна смуга. Адресна світлодіодна смуга являє собою стрічку з адресних діодів, один такий світлодіод складається з RGB світлодіоду та ШІМ-драйвера, що знаходиться в середині кожного світлодіоду. Використанням чіпи WS2811- це інтегральна мікросхема в корпусі DIP-8 (9,2x6,4 мм) або SOP-8 (5,1x4,0 мм). Даний 3-канальний драйвер має наступну конфігурацію виводів: 1 - ШІМ-регульований вихід (червоний); 2 - ШІМ-регульований вихід (зелений); 3 - ШІМ-регульований вихід (синій); 4 - загальний; 5 - вихід передачі даних; 6 - вхід передачі даних; 7 - вибір режиму роботи; 8 - харчування +5 В.

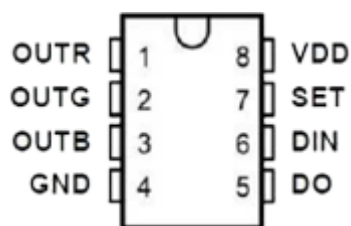


Рис. 3.9.[9] Призначення контактів ШІМ-драйвера WS2811.

3.4. Розробка друкованої плати пристрою контролю та керування мікрокліматом овочевого сховища.

Друкована плата (ДП) - це пластина, що складається із плоского ізоляційного діелектрика з отворами, пазами, вирізами та системи металевих провідників (доріжок), які використовуються для встановлення та комутації радіоелементів та функціональних вузлів. Друкована плата робиться на основі електричної принципової схеми.

Згідно ДСТУ 2646-94 існує 3 типи друкованих плат: односторонні (ОДП), двосторонні (ДДП), багатошарові (БДП). Вони можуть бути виконані на гнучкій (гнучка друкована плата, ГДК) чи жорсткій основі. Для виконання вибору

					<i>СУдн-81П.151.03.ПЗ</i>	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розглянемо переваги та недоліки кожного типу плат та основні області їх застосування.

ОДП характеризуються

- забезпечує підвищену точності виконання рисунку провідників на текстоліті;
- можливістю установки навісних елементів на поверхню плати з боку, протилежній стороні пайки, без додаткової ізоляції елементів;
- присутня можливість використання перемичок без ізоляції;
- зниження вартості виготовленої конструкції приладу.

Недоліками ОДП називають такі можливості як

- низьку щільність розташування електронних компонентів, зазвичай не перевищує 1,5 ел/ ;
- знижену теплову та механічну стійкість контактних майданчиків.

Перевагою ОДП та причиною чому використовують цю технологію є її низька вартість та простота виготовлення. Можливе застосування тільки для нескладних схем де немає необхідності високої точності виготовлення.

ДПП технологія виконується з металізованими отворами та характеризується високими комутаційними властивостями, високою міцністю, в порівнянні з іншими, виведення навісного ЕРЕ. До недоліків ДПП відносять такі характеристики як: є більш висока вартість виготовлення порівнюючи з ОПП. ДПП технологія використовується для схем підвищеної складності з збільшеними вимогами до виготовлення.

Технологія виготовлення ДДП забезпечує високу щільність монтажу електронних елементів і гарну механічну міцність кріплення, ефективно використання поверхні друкованої плати. Недоліками є найбільша вартість із перерахованих технологій та найбільша складність виготовлення. Використовуються в вимірювальній техніці, системах керування, автоматичного регулювання та електронних пристроях в котрих необхідна мініатюрність виконання.

					СУдн-81П.151.03.ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Недоліками є висока трудомісткість виготовлення, складність отримання високої точності друкованого рисунку та суміщення шарів, низька ремонтпридатність. Для реалізації друкованого вузла пристрою, що розробляється, доцільно використовувати ДДП, оскільки вона дасть можливість забезпечити малі розміри друкованого вузла при невеликій вартості виготовлення. ОДП збільшить результуючі габаритні розміри друкованого вузла. Використання БДП не є раціональним, оскільки нема потреби в великій кількості друкованих провідників.

Для створення пристрою, принципова схема якого наведена в додатку, створимо друковані плати, які забезпечать необхідне електричне з'єднання компонентів та дозволять створити стабільні умови для функціонування окремих модулів.

ГОСТ 23751-86 передбачає п'ять класів точності (табл. 4.2). Виходячи з наведених в таблиці 4.3 геометричних розмірів та параметрів виводів мікросхем, необхідно виготовляти плату четвертого класу точності, оскільки для правильного розміщення всіх мікросхем та інших елементів необхідним є крок координатної сітки 0,2 мм.

Табл. 3.4. Класи точності друкованих плат

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

СУдн-81П.151.03.ПЗ

Лрл.

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

отвору до товщини ДП						
----------------------	--	--	--	--	--	--

Табл. 3.5. Розміри виводів конструктивних елементів

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

Для створення друкованої плати пристрою контролю системи вентиляції наведемо основні габаритні розміри елементів, що використовуються.

Габаритні розміри друкованої плати Arduino Uno наведені на рис. 3.10.

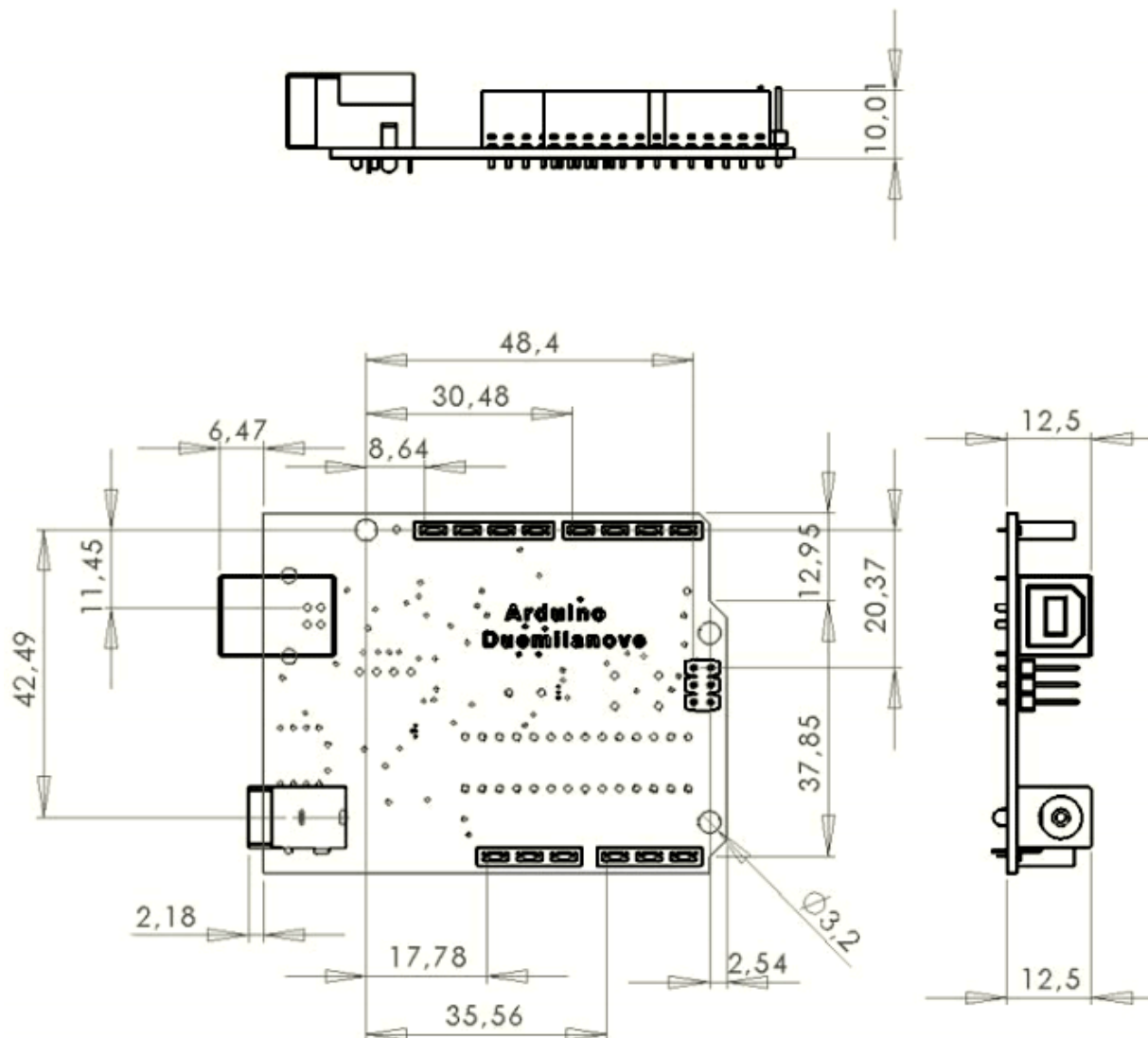


Рис. 3.10. Габаритні розміри друкованої плати Arduino Uno. [10]

Відстань між контактами відповідає стандарту 2.54 мм, однак відстань між 7 і 8 контактами становить 4 мм. Відповідно до габаритних розмірів та кроку розміщення контактів необхідно виконати розробку друкованої плати.

Для індикації стану використовуються адресні світлодіоди. Рисунок конструкції та габаритні розміри показані на рис. 3.11.

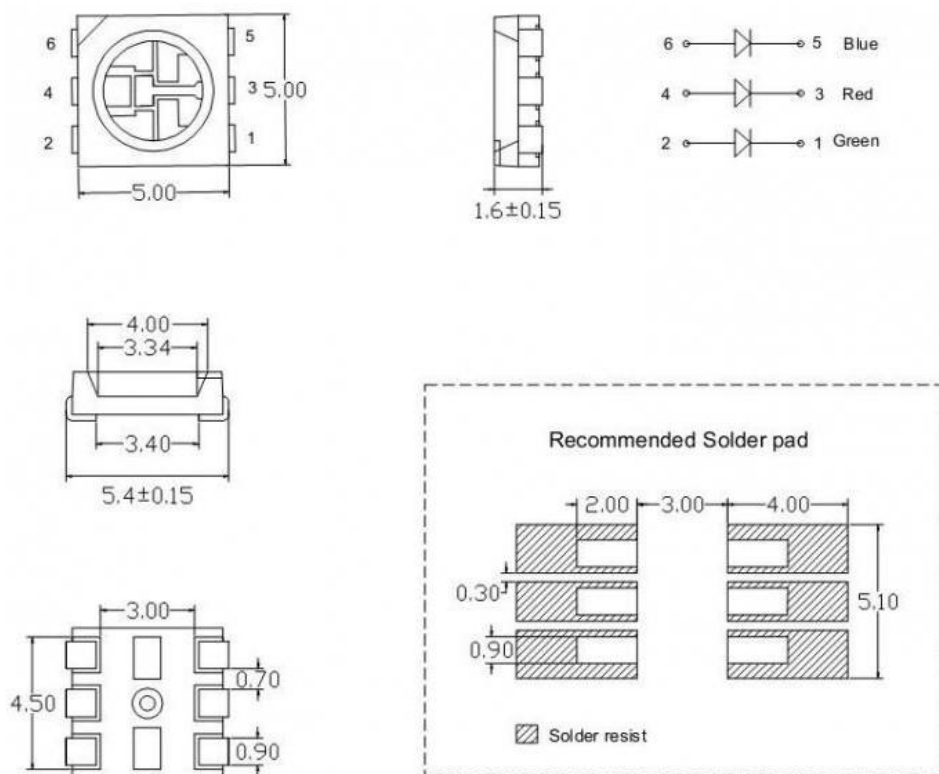


Рис. 3.11. Геометричні параметри індексного світлодіоду.

Світлодіод являється SMD компонентом, призначеним для поверхневого монтажу. SMD (Surface Mount Device) - це компонент або пристрій, що монтується на поверхню.

Переваги поверхневого монтажу електронних компонентів:

- зникає потреба в свердлінні отворів під виводи компонентів;
- є можливість монтажу електронних компонентів з двох сторін друкованої плати;
- висока щільність монтажу і як наслідок, економія матеріалів і зменшення габаритів готових виробів;
- SMD-компоненти дешевше звичайних, мають менші габарити і вагу;
- Можливість більш глибокої автоматизації виробництва, в порівнянні з технологією монтажу компонентів в отвори.

Для зручного налаштування оператором параметрів мікроклімату складського приміщення передбачено графічний OLED дисплей. Габаритні параметри наведені на рис. 3.12.

					<i>СУдн-81П.151.03.ПЗ</i>	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

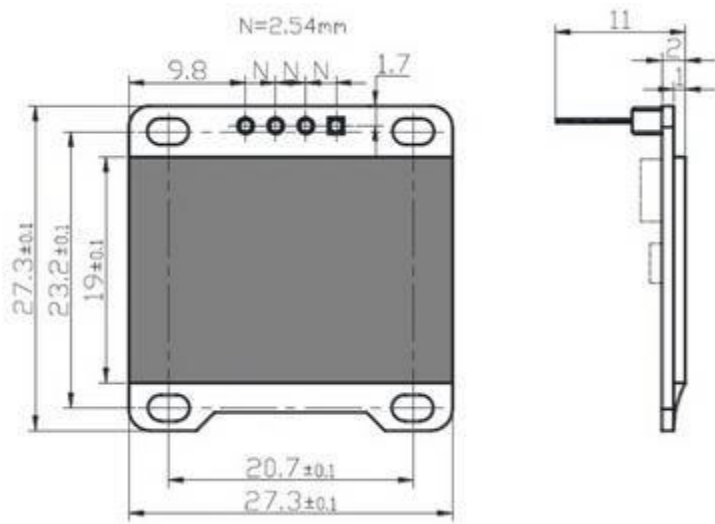


Рис. 3.12.[11] Геометричні параметри дисплею.

Відстань між контактами відповідає стандарту 2.54 мм.

Габарити стандартних тактових кнопок, які будуть використовуватися для монтажу на друкованій платі, наведені на рис. 3.13.

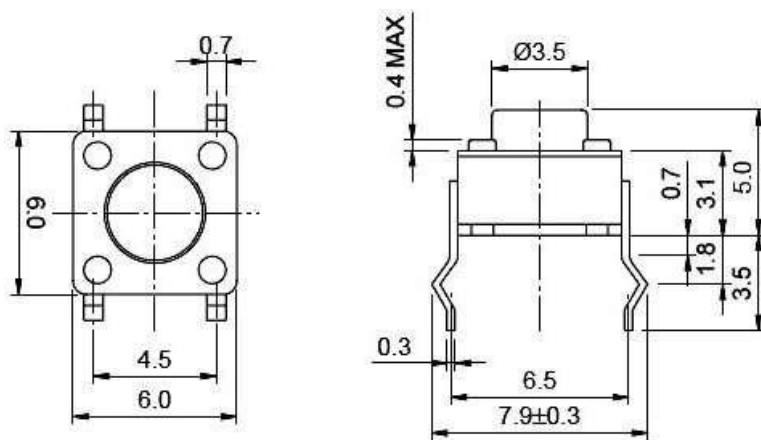
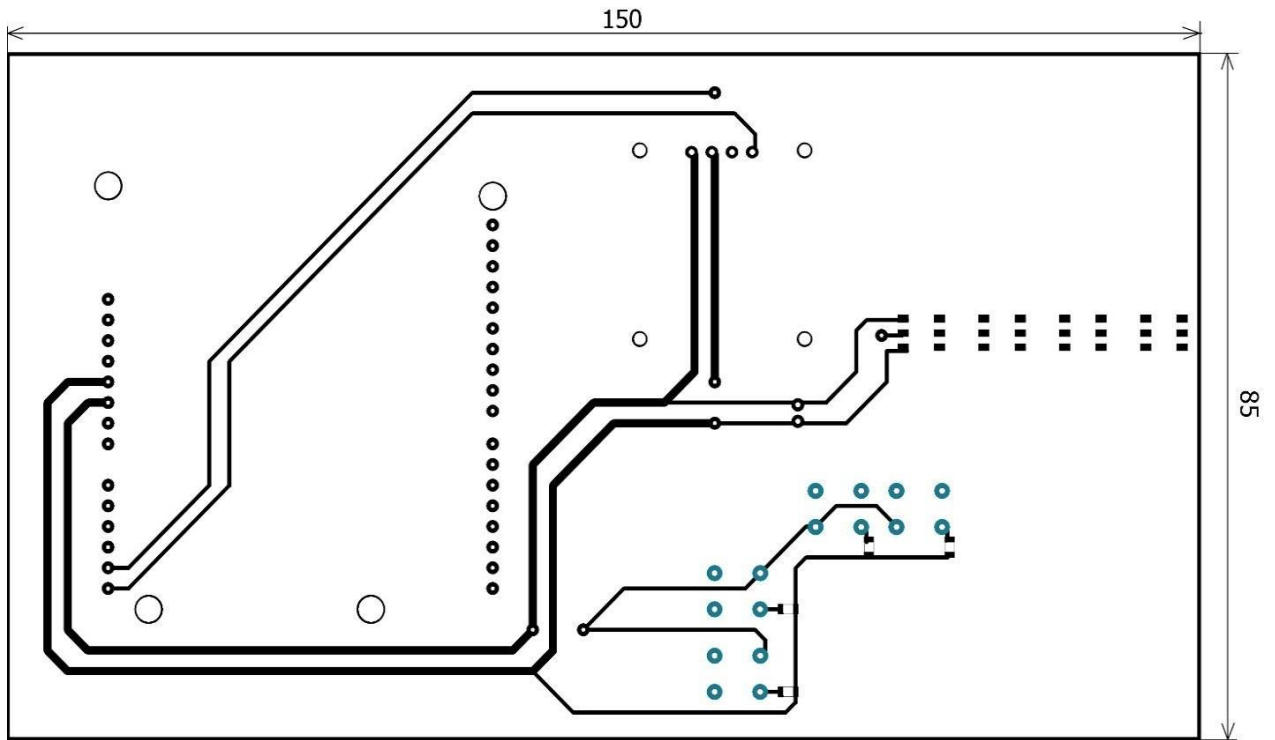


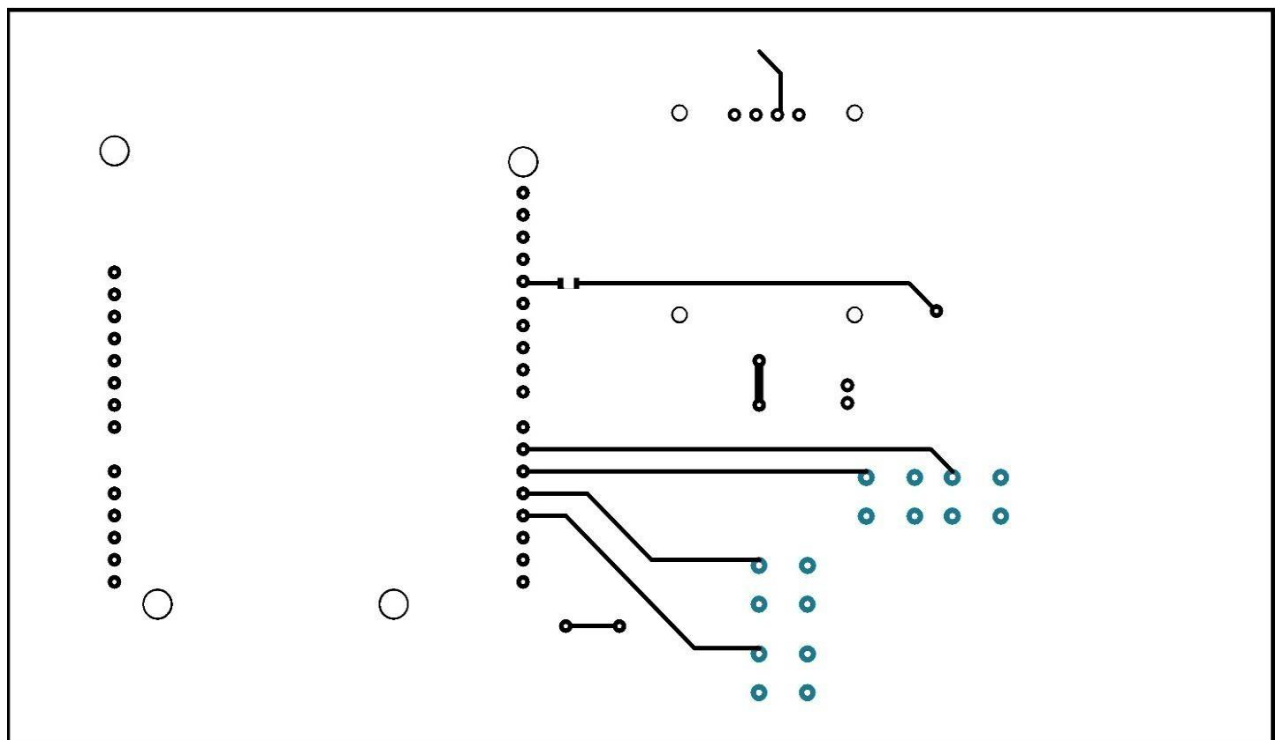
Рис. 3.13. Габаритні розміри тактових кнопок.

Враховуючи вище наведені габаритні розміри та особливості монтажу, була розроблена друкована плата зображена. Друкована плата наведена на рис. 3.14(а, б).

					<i>СУдн-81П.151.03.ПЗ</i>	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



а)



б)

Рис. 3.14. Друкованої плати (а – верхній шар, б – нижній шар).

Елементи друкованої плати необхідно розміщувати на платі так, як зображено на складальному кресленні на рис. 3.15. відповідно до специфікації принципової схеми.

					<i>СУдн-81П.151.03.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

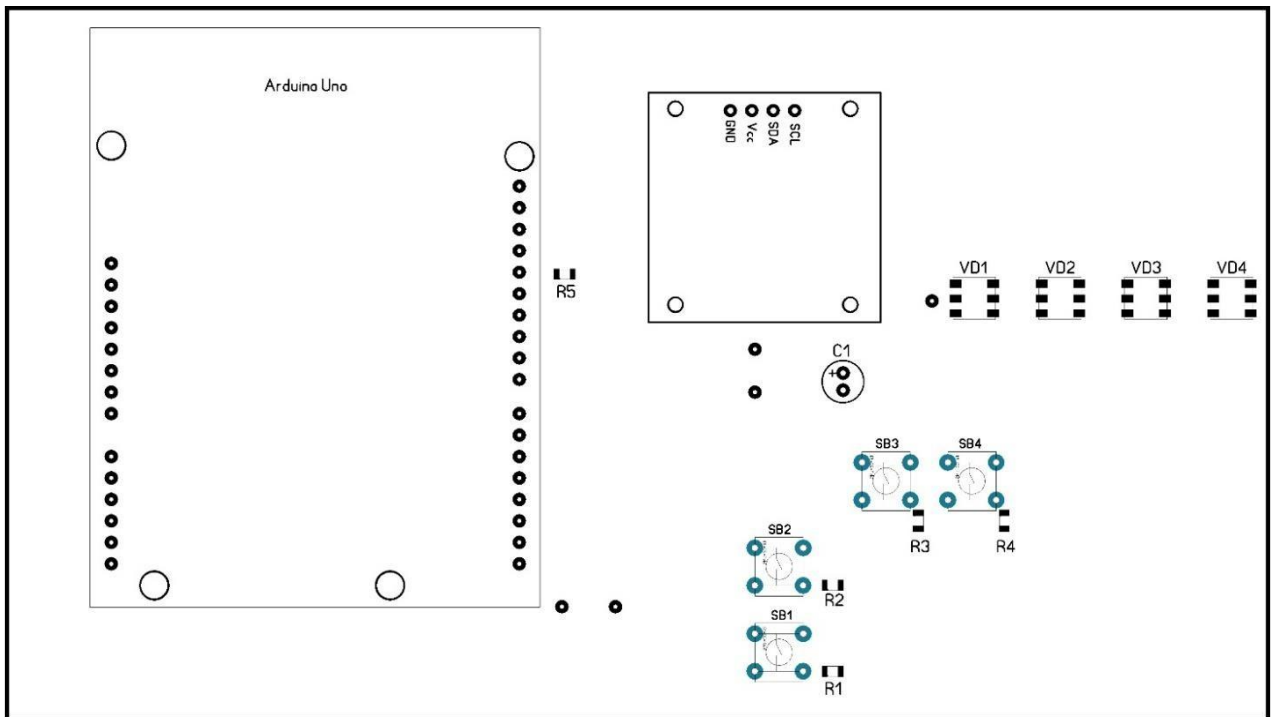


Рис. 3.15 Складальне креслення.

Висновки

1. Було розроблено структурну схему системи керування мікрокліматом плодовоовочевого сховища. Це дало можливість якісно підійти до питання вибору обчислювального пристрою та створення електричної принципової схеми приладу.
2. На основі поставлених вимог до системи в попередньому розділі було проаналізовано елементу базу, що використовуватиметься в системі контролю мікроклімату складського приміщення.
3. Розроблена структурна схема блоку управління мікрокліматом та зв'язок з модулем моніторингу. Завдяки чому розробляється електрична принципова схема.
4. Розроблена електрична принципова схема блоку управління системою. На основі електричної принципової схеми було розроблено конструкторські схеми, а саме: друковану плату та складальне креслення.

4. ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗРОБЛЕНОГО ПРИБРОЮ.

Для створення презентаційного прототипу було прийнято рішення замінити функціональні вузли більш простішими компонентами за для зменшення ціни прототипу. Та змоги виконати експериментальну установку з меншими затратами. Для створення експериментального прототипу використовується макетна плата рис. 4.1. Макетна плата - багатоцільова плата призначена для складання та моделювання тестових пристроїв, прототипів та презентаційних електронних пристроїв. Існує два типи макетних плат: для монтажу за допомогою пайки і без пайки. В нашому випадку використовується макетна плата без пайки. Замість пайки використовуються провідники-конектори.

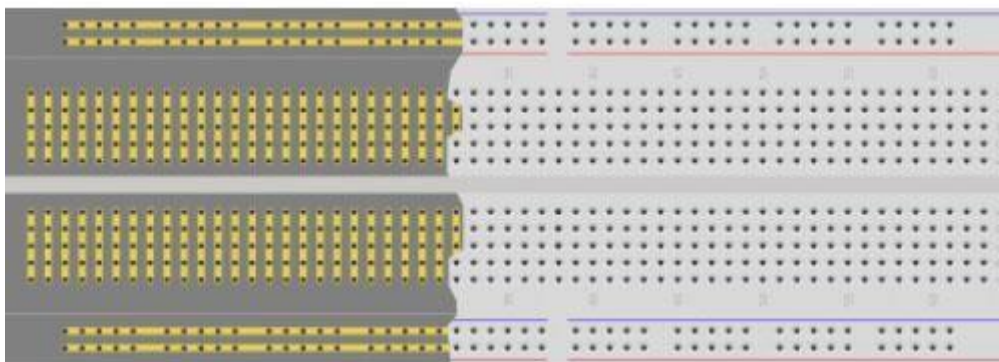


Рис. 4.1. Макетна плата та її структура.

Є декілька причин використання макетних плат при створенні прототипів електронних пристроїв:

- плату необхідно конструювати і виготовляти, а при помилці в схемі, необхідно, переробляти;
- для створення єдиного примірника макетного пристрої часто друковану плату робити не вигідно;
- Якщо схеми на аналогових елементах і мікросхемах низького ступеня інтеграції є можливість робити навісним монтажем, мікропроцесорні пристрої виконувати таким чином складно.

					СУдн-81П.151.03.ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Датчик температури та вологості замінено з DHT22 на DHT11.
Характеристики датчика DHT11 приведені в таблиці 4.1.

Табл. 4.1. Параметри датчика температури та вологості DHT11.

Тип параметру	Значення
Напруга живлення, В	3 - 5
Відносна вологість, %	20 – 90
Температура, °С	0 – 50
Частота опитування, Гц	< 1

Корпус та контакти повністю відповідають датчику DHT22.

Типова схема підключення датчика DHT11 приведена на рис. 4.2.

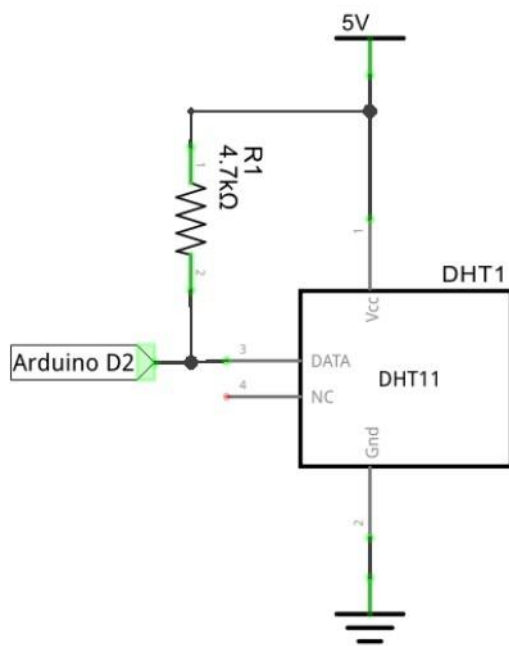


Рис. 4.2. Схема підключення датчика температури та вологості DHT11.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Оскільки операторська є приміщенням з підвищеною небезпекою поразки людини електричним струмом, то при розгляді питань техніки безпеки обмежимося розглядом електробезпеки.

Передбачені наступні заходи електробезпеки:

- конструктивні заходи електробезпеки;
- схемно-конструктивні заходи електробезпеки;
- експлуатаційні заходи електробезпеки.

Конструктивні заходи безпеки направлені на запобігання можливості дотику людини до токоведущим частин.

Для усунення можливості дотику оператора до токоведущим частин, всі рубильники встановлені в закритих корпусах. Застосовується блоковий монтаж.

Ступінь захисту устаткування відповідає IP44 (де 4 - захист від твердих тіл розміром більше 1 мм; 4 - захист від бризок) згідно ПУЕ-87 і ГОСТ 14254-80.

Згідно ГОСТ 12.2.007.0-75* приймаємо I клас захисту від поразки електричним струмом обслуговуючого персоналу.

Забезпечують безпеку дотику людини до металевих нетоковедущим частин електричних апаратів при випадковому пробіі їх ізоляції і виникнення електричного потенціалу на них.

Живлення устаткування здійснюється від мережі із заземленою нейтраллю напругою 220 В і частотою 50 Гц.

					<i>СУдн-81П.151.03.ПЗ</i>	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оскільки напруга менше 1000 В, але більше 42 В, то згідно Госту 12.1.030-81 в цілях захисту від поразки електричним струмом застосовуємо занулення, оскільки можливий одночасний дотик людини до тих, що мають з'єднання із землею металоконструкціями будівель і тому подібне з одного боку, і до металевих корпусів електронного устаткування - з іншого боку.

Занулення – навмисне електричне з'єднання з нульовим захисним провідником металевих нетоковедущих частин, які можуть опинитися під напругою.

За способом захисту від поразки електричним струмом проектована система відноситься до I класу відповідно до Госту 12.2.007.0-75.

У електроустановках, за наявності напруги від 24В до 380В змінного струму і при роботі в умовах з підвищеною небезпекою, застосовується повторне захисне заземлення (ізольована нейтраль). Повторне захисне заземлення забезпечує захист людини від поразки електричним струмом при зіткненні з металевими нетоковедущими частями, які можуть опинитися під напругою в результаті пошкодження ізоляції.

Первинним джерелом живлення в приміщенні є однофазна мережа змінного струму напругою 220В, з глухо-заземленою нейтраллю, частотою 50 Гц, потужністю 2 кВт. Електроживлення здійснюється від електроустановки (трансформатора) з регульованою напругою під навантаженням. Напруга мережі подається в розподільну шафу.

У приміщеннях організації прокладена шина повторного захисного заземлення (заземляючий провідник) виконана відповідно до ГОСТ 12.1.030-81, яка металеві з'єднується із заземленою нейтраллю електроустановки.

Опір заземляючого пристрою, до якого приєднана нейтраль, не більше 0,6 Ом. Шина повторного захисного заземлителя доступна для огляду.

					<i>СУдн-81П.151.03.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Для роботи з пристроями під високою напругою необхідні наступні запобіжні засоби.

1. Не підключати і не відключати роз'єми кабелів при включеній напрузі мережі.

2. Технічне обслуговування і ремонтні роботи допускається проводити тільки при вимкненому живленні мережі.

3. Не розкривати кожухи при включеній напрузі

4. До роботи допускаються особи, навчені групи допуску, що мають, до роботи відповідно до ПУЕ-87.

					<i>СУдн-81П.151.03.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		51

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. В.Н. Богословский «Внутренние санитарно-технические устройства», ч. 1. Отопление/ Под ред. Староверова. М.: Стройиздат, 2019
2. <https://sitmag.ru/article/9977-mikroklimat-pomeshcheniy>
3. N. V. P. R. Durga Prasad, T. Lakshminarayana, et al., “Automatic Control and Management of lectrostatic Precipitator”, IEEE Transactions on Industry Applications, pp. 561-567, Vol. 35, No. 3, May/June, 1999.
4. Ralf Joost and Ralf Salomon. “Advantages of fpga-based multiprocessor systems in industrial applications”. In 31st Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON 2005). IEEE-I ECONF, November 2018.
5. «Мікроклімат. Електронні системи забезпечення». Тігранян Р.Е. Радіософт, 2018.
6. «Мікроконтролери AVR. Ввідний курс». Джон Мортон. Москва 2018
7. Randell, Brian. The Origins of Digital Computers: Selected Papers.. — 2003.
8. Human, Anthony. Charles Babbage, pioneer of the computer. — Oxford University Press, 2014.
9. Анісімов А.В. Інформаційні системи та бази даних: Навчальний посібник для студентів факультету комп’ютерних наук та кібернетики. / Анісімов А.В., Кулябко П.П. – Київ. – 2017. – 110 с.
10. Антоненко В. М. Сучасні інформаційні системи і технології: управління знаннями : навч. посібник / В. М. Антоненко, С. Д. Мамченко, Ю. В. Рогушина. – Ірпінь : Нац. університет ДПС України, 2016. – 212 с.
11. Воронін А. М. Інформаційні системи прийняття рішень: навчальний посібник. / Воронін А. М., Зіатдінов Ю. К., Климова А. С. – К. : НАУ-друк, 2009. – 136с.
12. Долін П. А. Основи техніка безпеки в електроустановках. – К.: Енергоатоміздат, 2018.

					<i>СУдн-81П.151.03.ПЗ</i>	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

