

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри КСУ
_____ Петро ЛЕОНТЬЄВ
_____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня бакалавр

зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
освітньо-професійної програми

«Комп'ютеризовані системи управління та робототехніка»

на тему:

«Автоматизація процесу керування мікрокліматом в фруктосфовищі на 1300 т»

Здобувачки групи СУд-91п

Кардаш Вікторії Олександрівни

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____ Вікторія КАРДАШ
(підпис)

Керівник доцент кафедри КСУ, к.ф.-м.н., В'ячеслав ЖУРБА
(посада, науковий ступінь, вчене звання, ім'я ПРІЗВИЩЕ)

_____ (підпис)

№ поз.	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	№ екз.	Примітка
1			<u>Документація загальна</u>			
2			<u>Застосована</u>			
3	A4		Завдання кафедри	2		
4						
5			<u>Новорозроблена</u>			
6	A4	ТЗ	Технічне завдання	3		
7	A4		Анотація	2		
8	A4	СУД-91П 6.151.01.ПЗ	Пояснювальна записка	53		
9						
10						
11						
12			<u>Документація конструкторська</u>			
13			<u>Новорозроблена</u>			
14	A4	СУД-91П 6.151.01.A1	Структурна схема автоматизованої системи контролю мікроклімату фруктосховища	1		
15	A4	СУД-91П 6.151.01.A2	Функціональна схема системи автоматичного контролю мікроклімату фруктосховища	1		
16	A4	СУД-91П 6.151.01.A3	Блок-схема алгоритму роботи автоматизованої системи керування мікрокліматом фруктосховища	1		
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						

					<i>СУД-91П 6.151.01.ДП</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розробив</i>		<i>Кардаш В. О.</i>					
<i>Керівник</i>		<i>Журба В. О.</i>					
<i>Рецензент</i>							
<i>Н.контроль</i>							
<i>Затвердив</i>		<i>Леонтьєв П.В.</i>					
Автоматизація процесу керування мікрокліматом в фруктосховищі на 1300 т. Відомість проекту					<i>Лім.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
						2	1
					<i>Гр.СУД-91П</i>		

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Завідувач кафедри КСУ
_____ Петро ЛЕОНТЬЄВ
_____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра здобувачу вищої освіти
Кардаш Вікторії Олександрівни

1. Тема кваліфікаційної роботи:

Автоматизація процесу керування мікрокліматом в фруктосховищі на 1300 т

затверджена наказом по університету від “ 31 ” березня 2023 р. №0314-VI

2. Термін здачі студентом закінченої роботи _____ 04.06.2023 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: Завдання кафедри, технічне завдання на проектування, матеріали переддипломної практики.

4. Зміст кваліфікаційної роботи (питання, що підлягають розробленню):

1. СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ У ФРУКТОСХОВИЩІ;

2. АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ

ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ОВОЧЕВОГО ФРУКТОСХОВИЩА;

3. КОНСТРУКЦІЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ

КЕРУВАННЯ ФРУКТОСХОВИЩА;

4. ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗРОБЛЕНОГО ПРИСТРОЮ

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5. Перелік графічних матеріалів

1. Структурна схема автоматизованої системи контролю мікроклімату фруктосховища

2. Функціональна схема системи автоматичного контролю мікроклімату фруктосховища

3. Блок-схема алгоритму роботи автоматизованої системи керування мікрокліматом фруктосховища

6. КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

№ етапу	Зміст етапу виконання роботи	Термін виконання	Приміт.
1	СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ У ФРУКТОСХОВИЩІ	13.05.23–17.05.23	
2	АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ФРУКТОСХОВИЩА	17.05.23–21.05.23	
3	КОНСТРУКЦІЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ФРУКТО СХОВИЩА	21.05.23-22.05.23	
4	ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗРОБЛЕНОГО ПРИСТРОЮ	22.05.23–24.05.23	
5	ОХОРОНА ПРАЦІ	24.05.23–26.05.23	
6	РОЗРОБКА ГРАФІЧНОЇ КОНСТРУКТОРСЬКОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ	26.05.23-28.05.23	
7	ОФОРМЛЕННЯ ПЗ, ГРАФІЧНИЙ КОНСТРУКТОРСЬКІЙ ДОКУМЕНТАЦІЇ	28.05.23-01.06.23	
8	ЗДАЧА РОБОТИ КЕРІВНИКОВІ	01.06.23-03.06.23	
9.	ЗДАЧА РОБОТИ НА РЕЦЕНЗІЮ	03.06.23-04.06.23	

7. Дата видачі завдання

10.04.23р.

Керівник проекту:

доцент кафедри КСУ, к.ф.-м.н.

(науковий ступінь, вчене звання, посада)

В'ячеслав ЖУРБА

(підпис)

(прізвище, ініціали)

Здобувач:

студент гр. СУД-91П

(шифр групи)

Вікторія КАРДАШ

(підпис)

(прізвище, ініціали)

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на проектування

автоматизації процесу керування мікрокліматом в фруктосфовищі на 1300 т

Розробник:
студент групи СУд-91п

Вікторія КАРДАШ

Погоджено:
доцент кафедри КСУ, к.ф.-м.н.

В'ячеслав ЖУРБА

1. Найменування розробки:

Автоматизація процесу керування мікрокліматом в фруктосфовищі на 1300 т

2. Мета і призначення розробки:

Модернізації керування мікрокліматом фруктосфовища, 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, 2020
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 2005.
5. «Мікроклімат. Електронні системи забезпечення». Тігранян Р.Е. Радіософт, 2018.
6. «Мікроконтролери AVR. Ввідний курс». Джон Мортон. Москва 2020
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. – 2020. – 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, 2019. – 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.
12. Долін П. А. Основи техніки безпеки в електроустановках. – К.: Енергоатоміздат, 2021.

4. Стадії та етапи розробки:

- 1. СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ У ФРУКТОСХОВИЩІ.*
- 2. АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ФРУКТОСХОВИЩА.*
- 3. КОНСТРУКЦІЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ФРУКТОСХОВИЩА.*
- 4. ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗРОБЛЕНОГО ПРИСТРОЮ.*
- 5. ОХОРОНА ПРАЦІ.*
- 6. СКЛАДАННЯ ВСТУПУ, АНОТАЦІЇ І ВИСНОВКІВ.*
- 7. ОФОРМЛЕННЯ ПРОЕКТНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ.*

АНОТАЦІЯ

Кардаш Вікторія Олександрівна. Автоматизація процесу керування мікрокліматом в фруктосховищі на 1300 т. Кваліфікаційна робота. Сумський державний університет. Суми, 2023р.

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

Ключові слова: фрукти, контролер.

Пояснювальна записка складається з п'яти розділів. У першому розділі описано системи керування мікрокліматом у фруктосховищі. Другий розділ присвячений автоматизованій системі контролю параметрів мікроклімату фруктосховища. В третьому розділі приведена конструкція автоматизованої системи керування фруктосховища. Четвертий розділ присвячений експериментальному дослідженню розробленого пристрою. П'ятий розділ розглядає охорону праці.

ABSTRACT

Kardash Victoria Oleksandrivna. The automation of the process of control of the microclimate in a 1300 ton fruit warehouse. Qualification work. Sumy State University. Sumy, 2023.

The bachelor's qualification work contains 53 sheets of explanatory notes, including 10 figures and 10 tables; graphic design documentation, including 3 drawings and a presentation.

Keywords: fruit, controller.

The explanatory note consists of five sections. The first chapter describes microclimate control systems in fruit storage. The second section is dedicated to the automated system for controlling microclimate parameters of fruit storage. The third section describes the design of the automated fruit storage management system. The fourth chapter is devoted to experimental research of the developed device. The fifth chapter deals with labor protection.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри КСУ
_____ Петро ЛЕОНТЬЄВ
_____ 2023 р.

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту
зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
освітньо-професійної програми
«Комп'ютеризовані системи управління та робототехніка»
на тему:
«Автоматизація процесу керування мікрокліматом в фруктосфовищі на 1300 т»

Керівник проєкту:
доцент, к.ф.-м.н.

В'ячеслав ЖУРБА

Здобувачка:
студентка групи СУд-91п

Вікторія КАРДАШ

СУМИ 2023

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	4
ВСТУП.....	5
1. СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ У ФРУКТОСХОВИЩІ.....	7
1.1. Існуючі системи регулювання мікроклімату у фруктосховищі.....	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 ФРУКТОСХОВИЩА	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 фруктосховища.....	24
Висновки	25
3. КОНСТРУКЦІЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ У ФРУКТОСХОВИЩІ.....	26
3.1. Вибір елементної бази для реалізації функціональних блоків системи.....	26
3.2. Розробка функціональної схеми пристрою контролю мікроклімату фруктосховища.....	30
3.3. Розробка електричної принципової схеми пристрою контролю мікроклімату фруктосховища	34

					<i>СУд-91П 6.151.01.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб</i>		<i>Кардаш В. О.</i>			<i>Автоматизація процесу керування мікрокліматом в фруктосховищі на 1300 т</i>	<i>Літ.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перев</i>		<i>Журба В. О.</i>				2	53	
<i>Реценз.</i>						<i>Гр. СУд-91П</i>		
<i>Н. Контр.</i>								

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

					<i>СУд-91П 6.151.01.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;

					Суд-91П 6.151.01.ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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.

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 фруктових 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 фруктів і овочів на складах повинна мати повністю автоматизовану систему вентиляції сховищ, бути керованою оператором з пульта, сама проводить забір повітря зовні або зсередини приміщення,

					Суд-91П 6.151.01.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.

					Суд-91П 6.151.01.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ У ФРУКТОСХОВИЩІ

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 продукції;
- економія енергоресурсів, які витрачаються на створення та підтримання мікроклімату в фруктосховищі.

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).

					Суд-91П 6.151.01.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.1. Існуючі системи регулювання мікроклімату фруктосховища

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

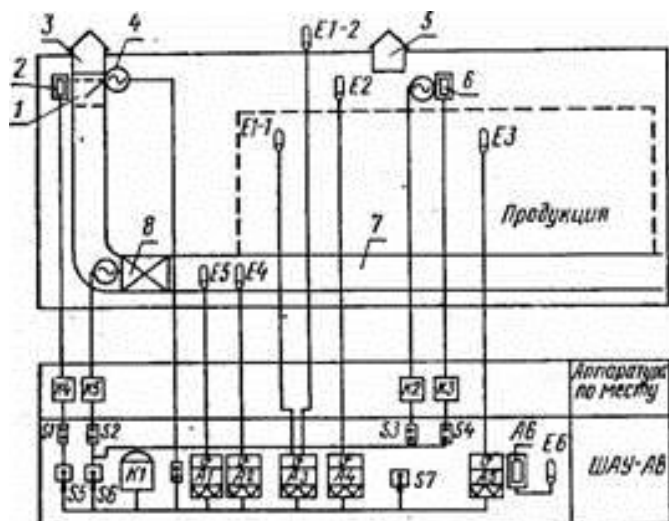


Рис. 1.1. Технологічна схема автоматичного управління температурним режимом в фруктосховищі з обладнанням [3]

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;

					Суд-91П 6.151.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

- K1 - реле часу;
- K2 ... K5 - магнітні пускачі.

Система для управління мікрокліматом в фруктосховищі 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 фруктосховища. УРТС виконує керування тільки температурою, це не забезпечує належних умов для зберігання продукції в задовільному стані.

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

Прикладом сучасної системи контролю мікроклімату є «Місго 2004» - це автоматична система призначена для зберігання овочів та фруктів для застосування в фруктосховищах, 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 фруктосховищі. Данні можуть виводитися у вигляді графіків для більш наочного представлення інформації.

В системі «Місго 2004» використовуються такі пристрої:

1. REMANA-SIN12 - датчик температури

					Суд-91П 6.151.01.ПЗ	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 сировини.

Для кожної окремого типу фруктової 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.

					Суд-91П 6.151.01.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Табл. 1.1. Умови збереження свіжих фруктів[4]

Плодоовочева продукція	Температура продукції, °С	Відносна вологість, %	Орієнтовний час зберігання, доба
Яблука	+7 ... +10	85...90	до 10
Груші	+6 ... +9	85...98	до 21
Сливи	+5 ... +7	85...90	до 60
Вишні	+2 ... +3	85...95	90-270
Абрикоси	+7 ... +13	65...75	30-240

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.

					СУД-91П 6.151.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

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 фрукто 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 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.

					СУД-91П 6.151.01.ПЗ	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 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 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;

					Суд-91П 6.151.01.ПЗ	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

					Суд-91П 6.151.01.ПЗ	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 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.

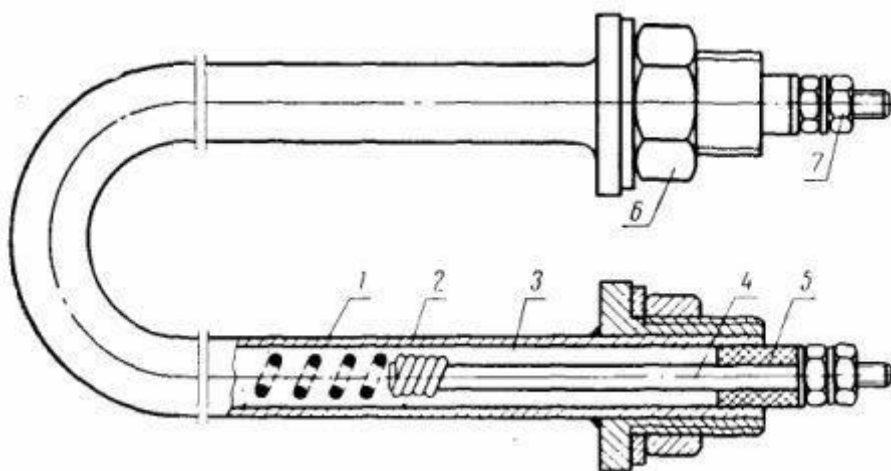


Рис. 1.2. [6] Трубчастий електронагрівач (ТЕН) герметичного виконання: 1 - ніхромовая спіраль, 2 - трубка, 3 - наповнювач, 4 - похідна шпилька, 5 - герметизуюча ущільнювальна втулка, 6 - гайка для кріплення, 7 - виводи.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Суд-91П 6.151.01.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 фруктосховища 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.

					Суд-91П 6.151.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16



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 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.

					СУД-91П 6.151.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

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.

					Суд-91П 6.151.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18



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 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 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.

					Суд-91П 6.151.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

2. АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ФРУКТОСХОВИЩА

2.1. Вимоги до функціональних можливостей системи.

Розроблювана система контролю параметрів мікроклімату фруктосховища 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

					Суд-91П 6.151.01.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;

					Суд-91П 6.151.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

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.

					Суд-91П 6.151.01.ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

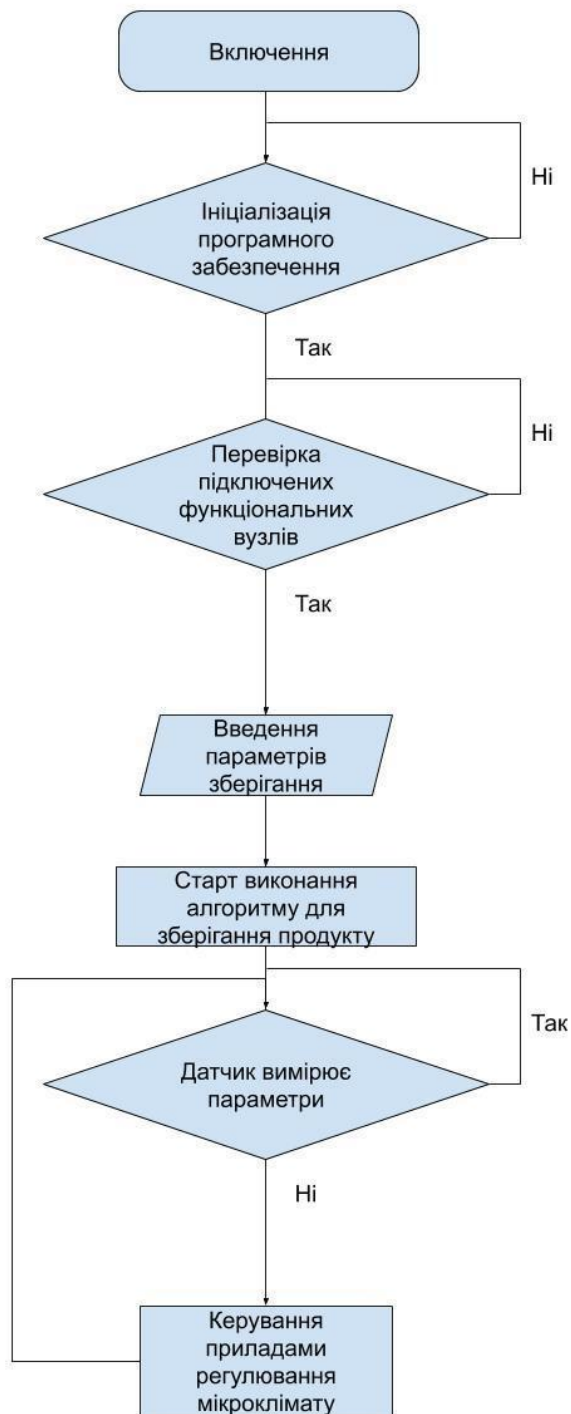


Рис. 2.1. Блок-схема алгоритму роботи автоматизованої системи керування мікрокліматом фруктосховища.

2.3. Розробка структурної схеми пристрою контролю мікроклімату фруктосховища.

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

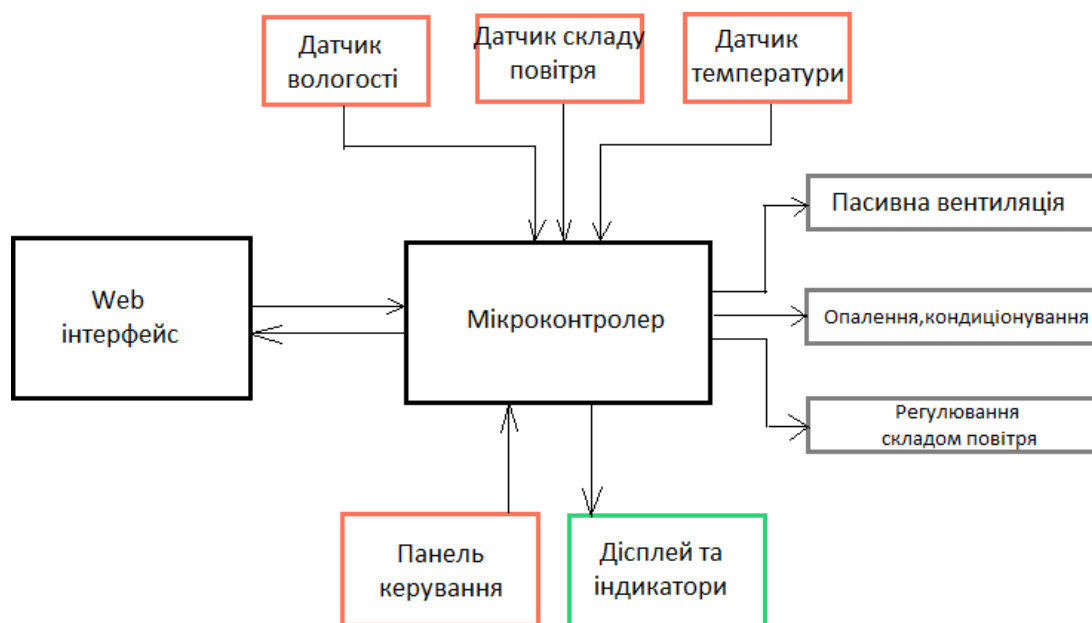


Рис. 2.2. Структурна схема автоматизованої системи контролю мікроклімату

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 фруктосховища. 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.

					Суд-91П 6.151.01.ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. КОНСТРУКЦІЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ФРУКТОСХОВИЩА

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: індустриальні 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.

					Суд-91П 6.151.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Arduino – це сімейство пристроїв на основі мікроконтролерів ATmega. У його склад входять 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.

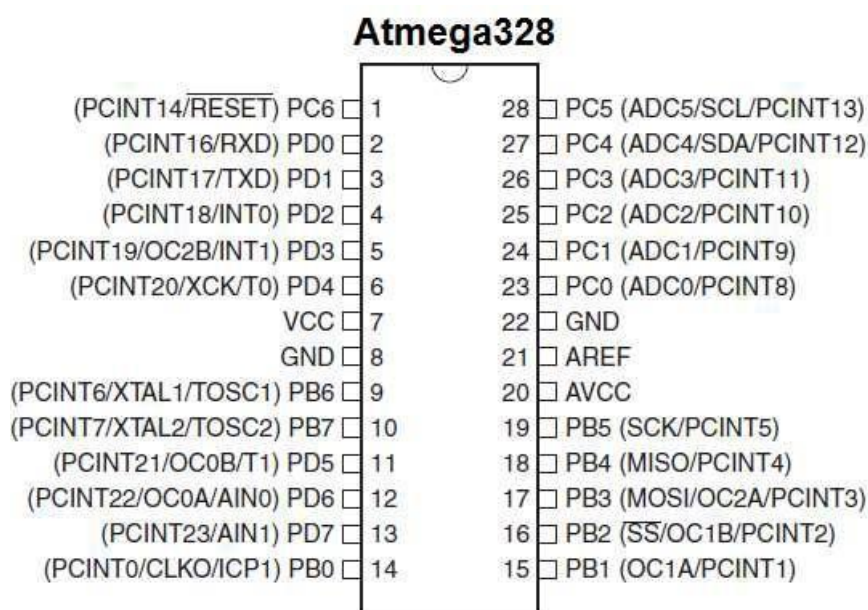


Рис. 3.1. Призначення портів вводу та виводу мікроконтролеру ATmega328.

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.

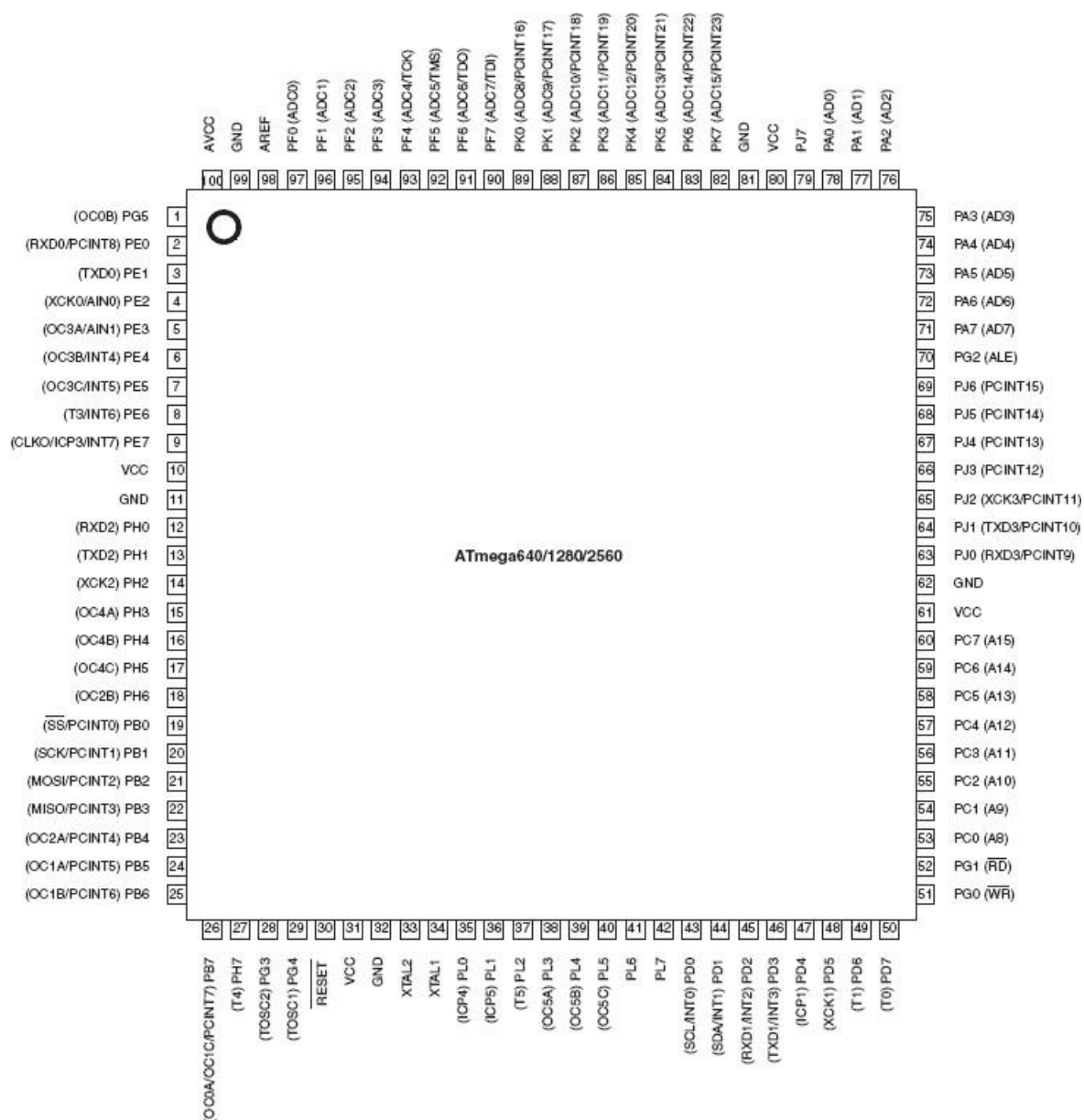


Рис 3.2. Призначення портів вводу та виводу мікроконтролера ATmega2560.

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 фруктосховища

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

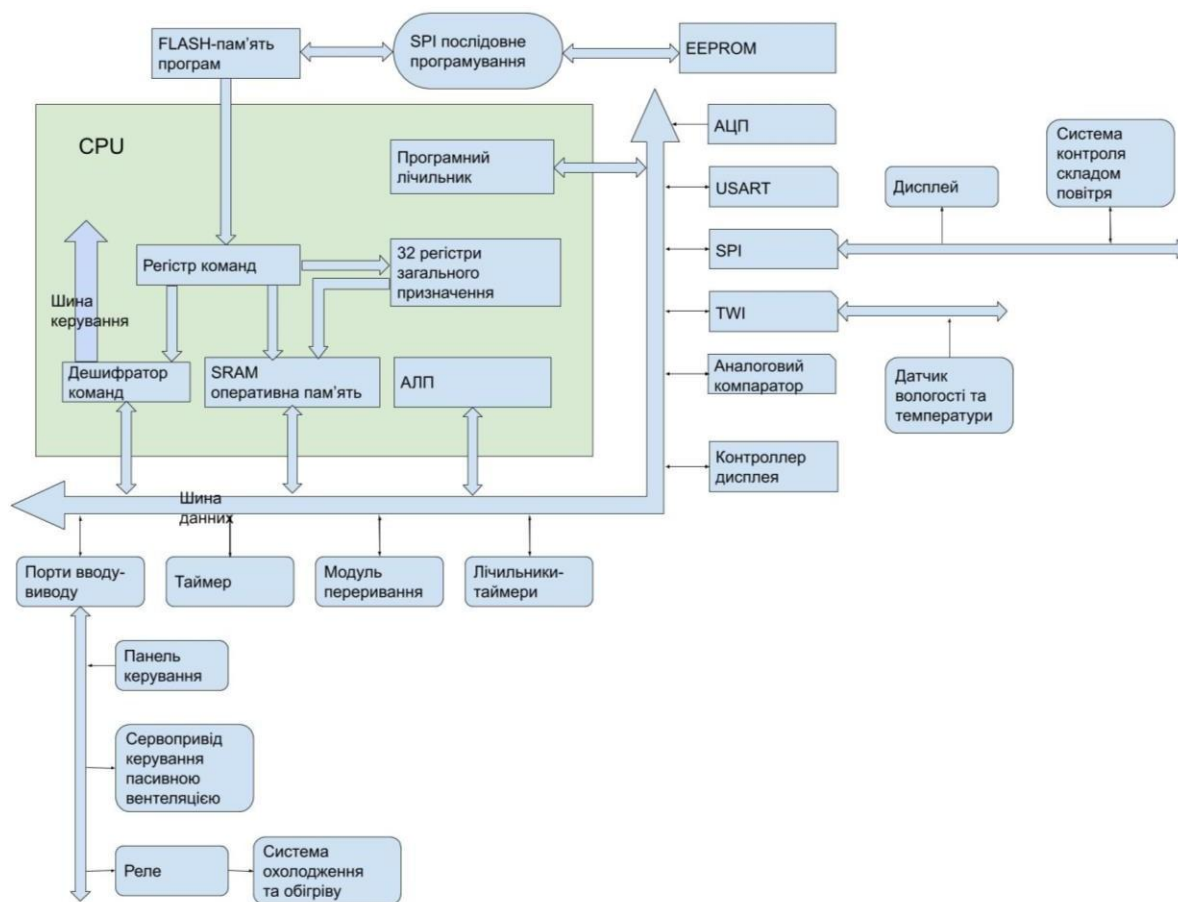


Рис. 3.3. Функціональна схема системи автоматичного контролю мікроклімату фруктосховища.

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 ІС - 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.

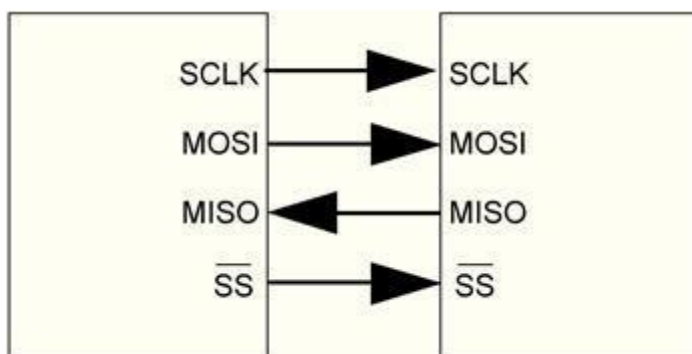


Рис. 3.4. Підключення одного пристрою до шини SPI.

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.

Пристроєм, 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 фруктосховища.

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 фруктосховища наведена на рис. 3.5.

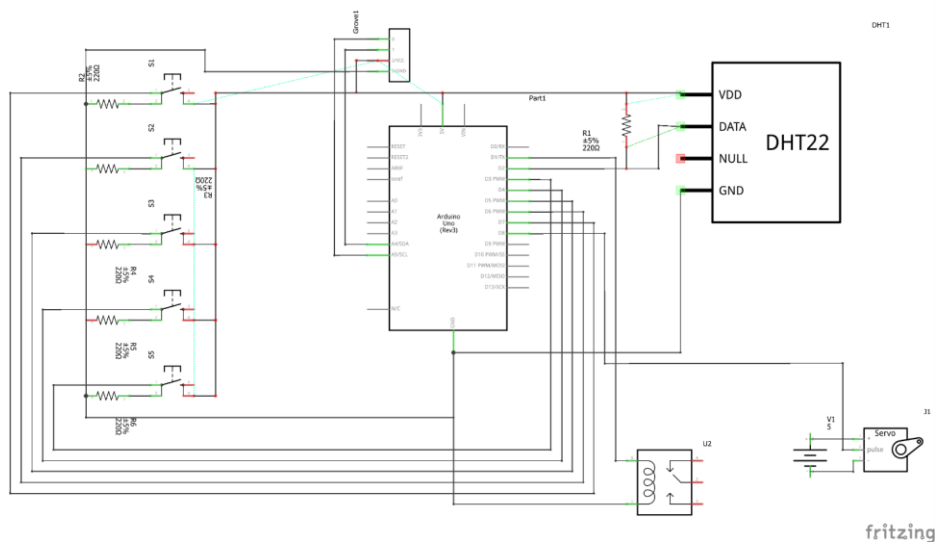


Рис. 3.5. Принципова електрична схема контролю мікроклімату фруктосховища.

Схеми підключення кнопки показана на рис. 3.6.

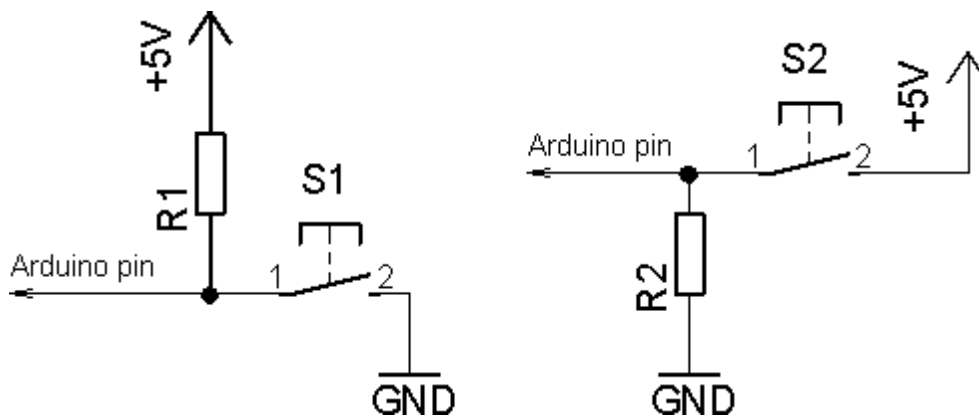


Рис. 3.6. Схеми підключення кнопки.

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.

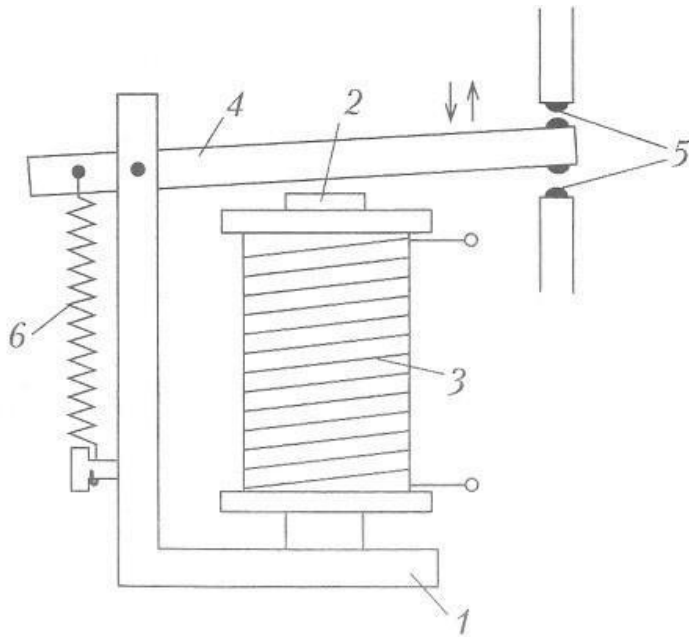


Рис. 3.7. Спрощена конструкція реле.

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.

					Суд-91П 6.151.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

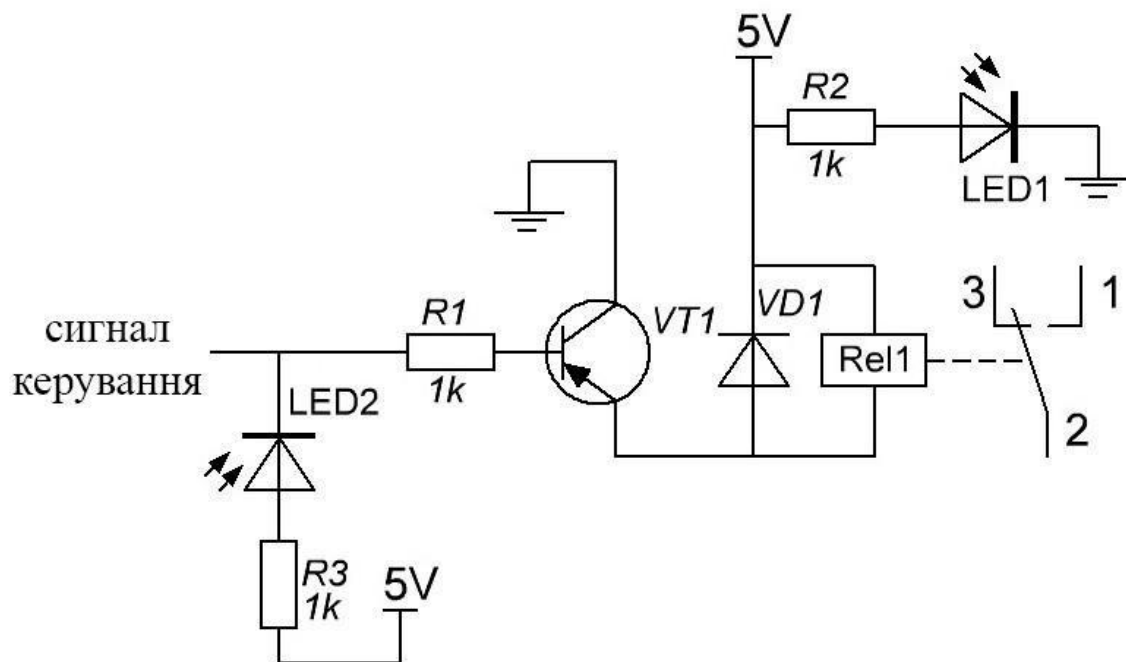


Рис. 3.8. Схема керуючого електричного кола.

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

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.

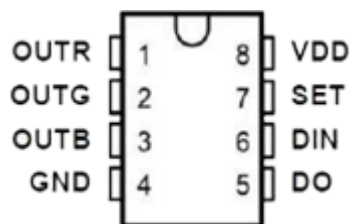


Рис. 3.9.[9] Призначення контактів ШІМ-драйвера WS2811.

3.4. Розробка друкованої плати пристрою контролю та керування мікрокліматом фруктосховища.

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

					Суд-91П 6.151.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

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.

					Суд-91П 6.151.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

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

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.

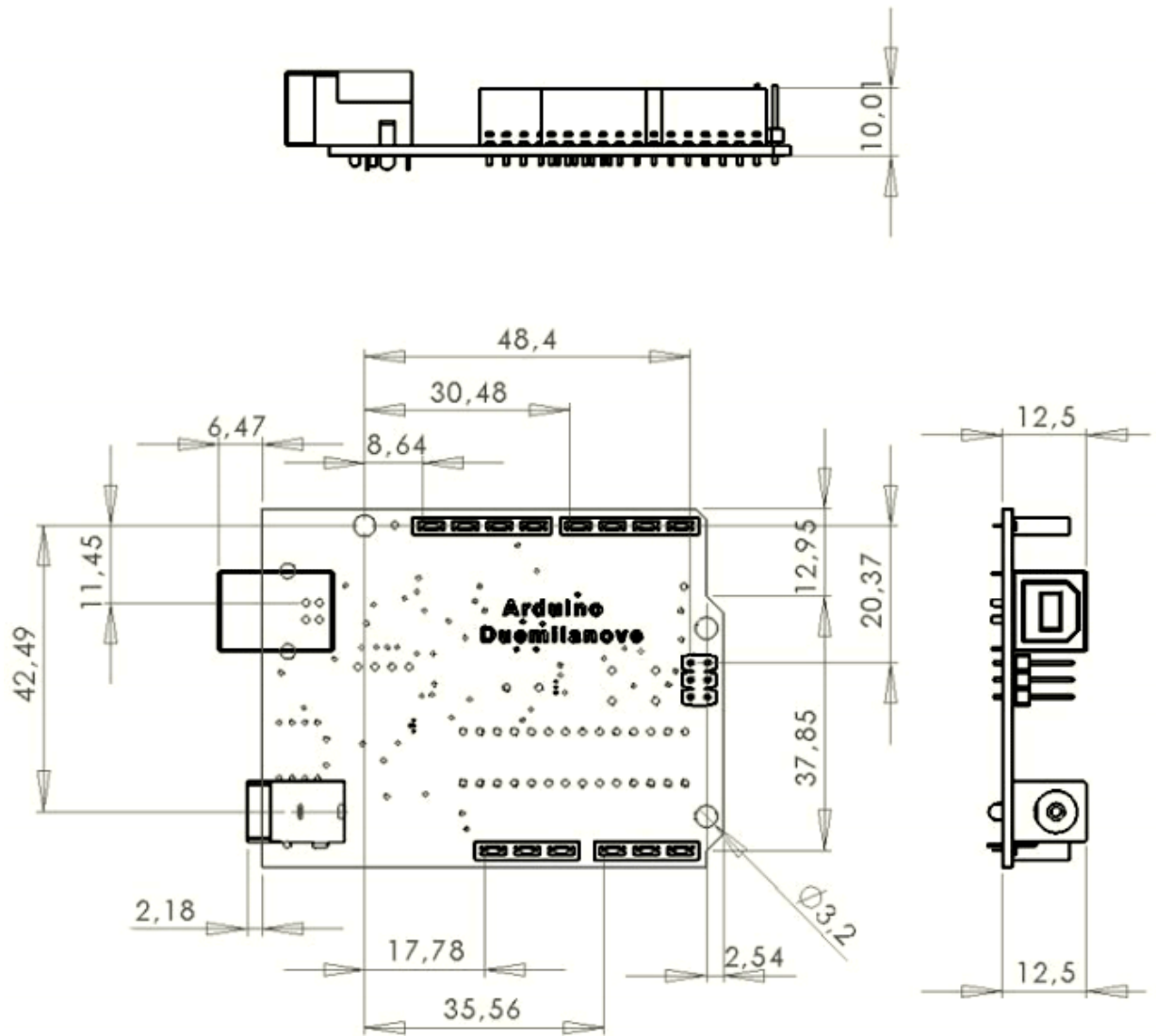


Рис. 3.10. Габаритні розміри друкованої плати Arduino Uno. [10]

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.

					Суд-91П 6.151.01.ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

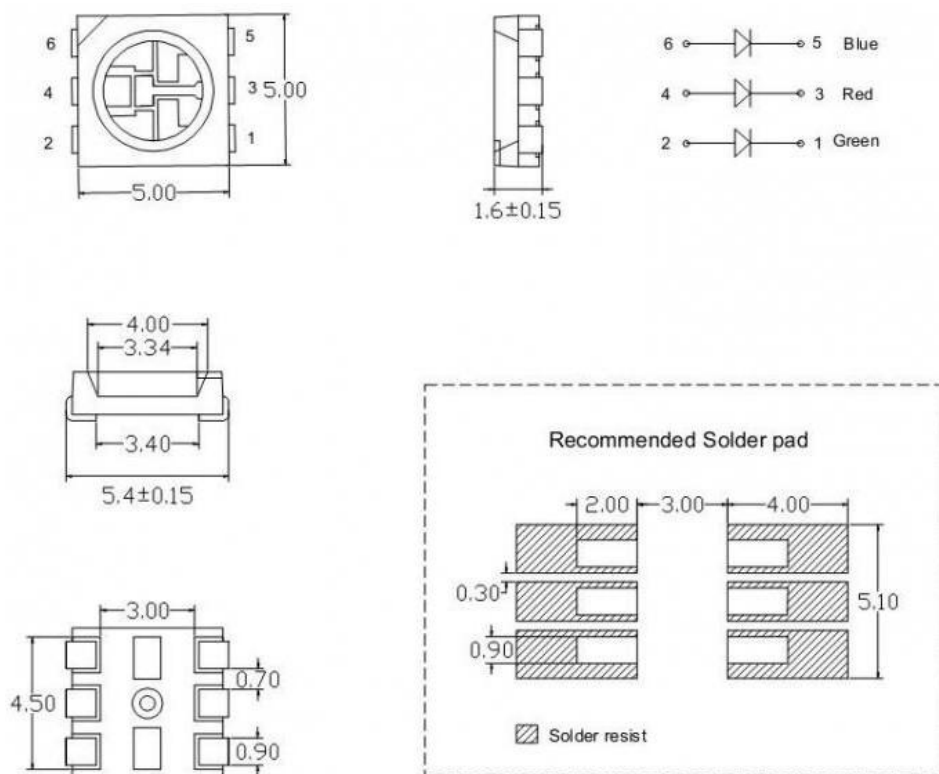


Рис. 3.11. Геометричні параметри індексного світлодіоду.

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.

					Суд-91П 6.151.01.ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

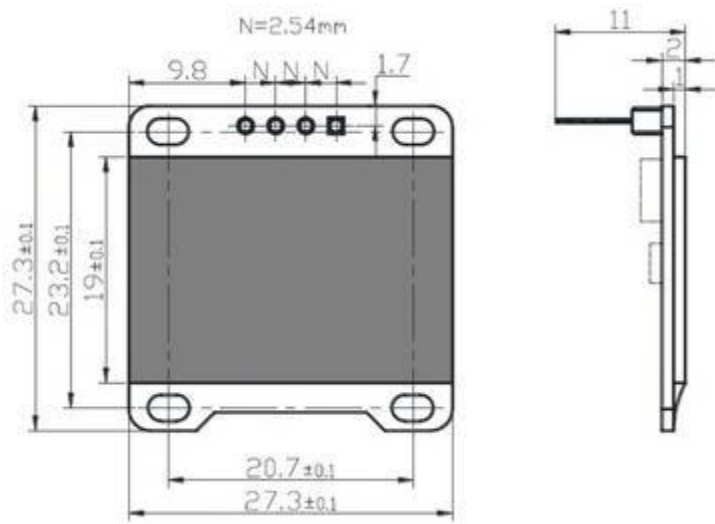


Рис. 3.12.[11] Геометричні параметри дисплею.

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.

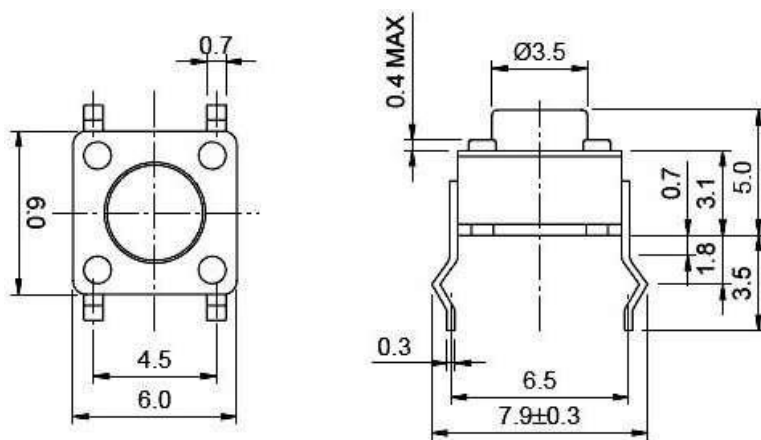
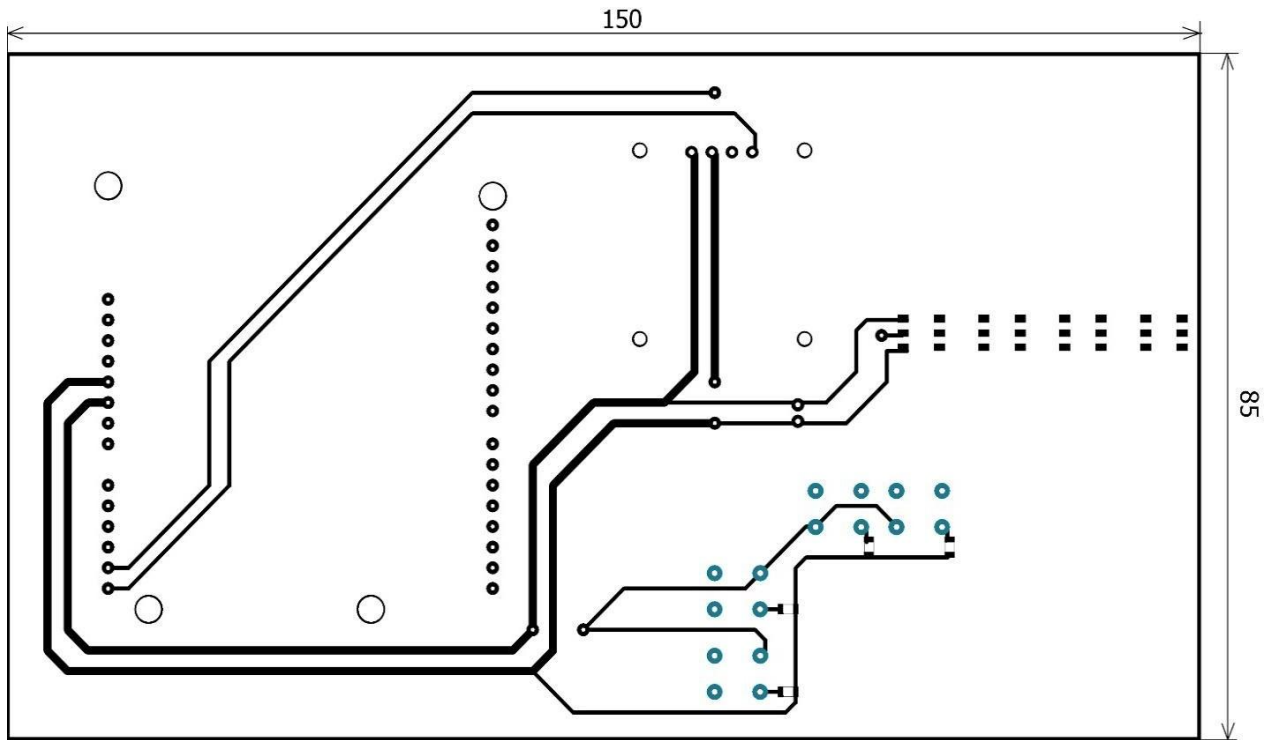


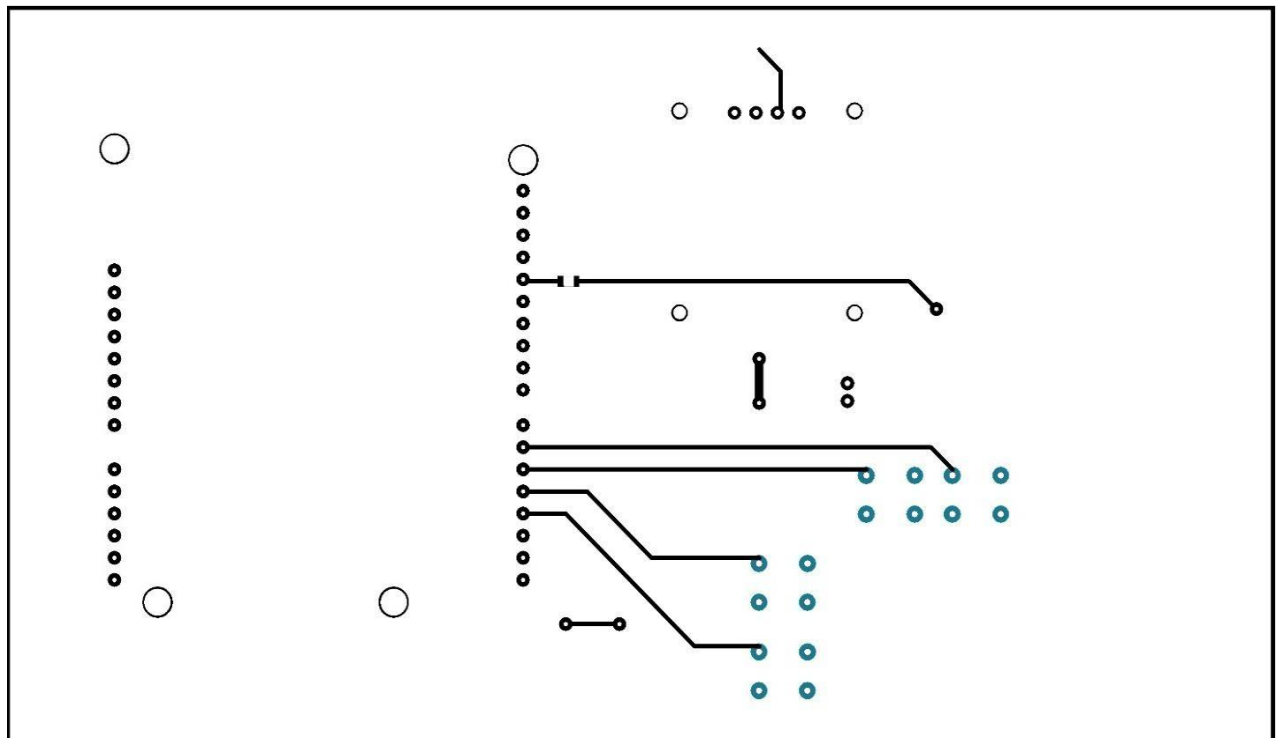
Рис. 3.13. Габаритні розміри тактових кнопок.

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

					Суд-91П 6.151.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44



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.

					Суд-91П 6.151.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

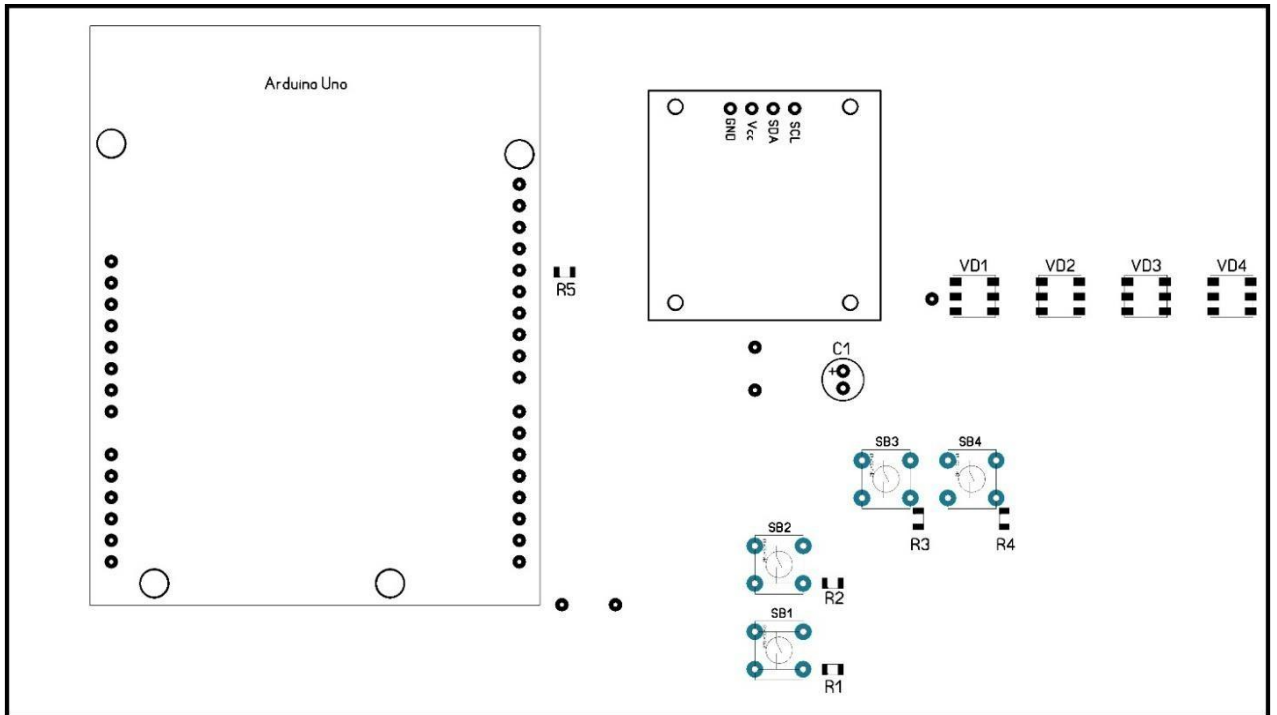


Рис. 3.15 Складальне креслення.

Висновки

1. Було розроблено структурну схему системи керування мікрокліматом фруктосховища. 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 ПРИСТРОЮ.

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.

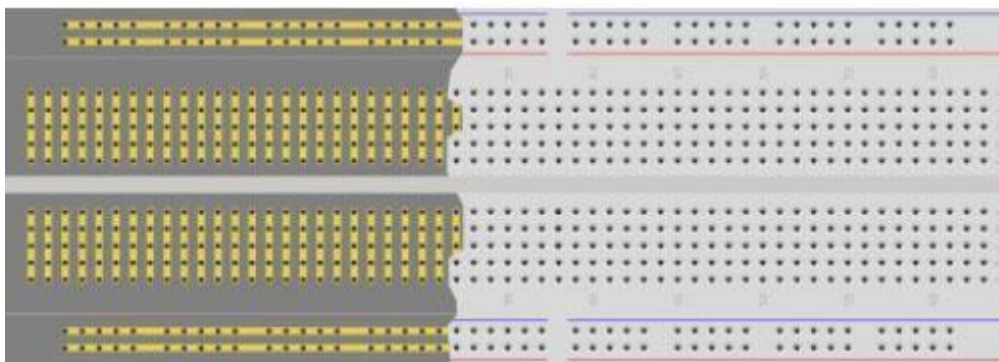


Рис. 4.1. Макетна плата та її структура.

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.

					Суд-91П 6.151.01.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.

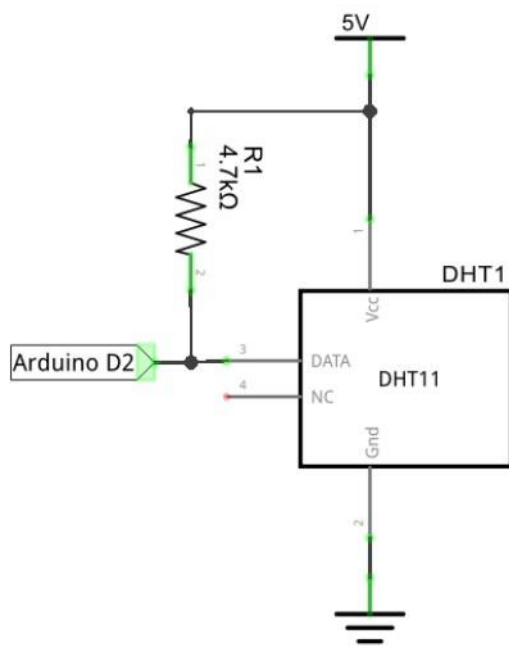


Рис. 4.2. Схема підключення датчика температури та вологості DHT11.

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.

					Суд-91П 6.151.01.ПЗ	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 проектувана 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 металево 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.

					Суд-91П 6.151.01.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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.

					Суд-91П 6.151.01.ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

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

2. Оскільки для створення даної системи необхідна модульність, широкий вибір пристроїв для розширення можливостей та якість бібліотек для використання пристроїв розширення було вирішено використати для розробки Arduino, як обчислювальний пристрій.

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.

					СУД-91П 6.151.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

3. В.Н. Богословский «Внутренние санитарно-технические устройства», ч. 1. Отопление/ Под ред. Староверова. М.: Стройиздат, 2020
4. <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 2020.
5. «Мікроклімат. Електронні системи забезпечення». Тігранян Р.Е. Радіософт, 2 018.
6. «Мікроконтролери AVR. Ввідний курс». Джон Мортон. Москва 2020
7. Randell, Brian. The Origins of Digital Computers: Selected Papers.. — 2003.
- 8.Нyman, 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. – 2020. – 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, 2019. – 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.
12. Долін П. А. Основи техніка безпеки в електроустановках. – К.: Енергоатоміздат, 2021.

					Суд-91П 6.151.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

