

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних наук

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри КН

_____ Довбиш А. С.

_____ 2020р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

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

на тему: «Автоматизація обладнання для підтримання мікроклімату в
складі для зберігання овочевої продукції»

(Дипломний проект)

Керівник проекту:

Панич А.О.

асистент кафедри комп'ютерних наук, секція КСУ

Дипломник:

студент групи СУ-61

Фесенко Б.Р.

Ном.поз	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	№ екз.	Примітки
			<u>Документація загальна</u>			
			<u>Застосована</u>			
1			Завдання кафедри	2		
			<u>Новорозроблена</u>			
2		ТЗ	Технічне завдання	2		
3			Реферат	3		
4		СУ-61.6.151.17.ПЗ	Пояснювальна записка	56		
			<u>Документація конструкторська</u>			
			<u>Новорозроблена</u>			
5	A4	СУ-61.6.151.17.A1	Функціональна схема автоматизації	1		
6	A4	СУ-61.6.151.17.ПЕ1	Специфікація до функціональної схеми автоматизації	1		
7	A3	СУ-61.6.151.17.E2	Схема інформаційно-матеріальних потоків	1		
8	A4	СУ-61.6.151.17.ПЕ2	Специфікація до принципової електричної схеми	1		

					СУ-61.6.151.17.ДП		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Фесенко Б.Р.			Лім.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Панич А.О.				2	2
Реценз.					СумДУ, СУ-61		
Н. Контр.							
Затверд.		Дрозденко					
					Автоматизація обладнання для підтримання мікроклімату в складі для зберігання овочевої продукції. Відомість проекту		

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних наук

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. Кафедри
_____Довбиш А.С.
_____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ
на дипломний проект студенту
Фесенку Богдану Романовичу

1 Тема проекту: Автоматизація обладнання для підтримання мікроклімату в складі для зберігання овочевої продукції.

Затверджено наказом ректора університету. №0543.ІІІ від “21” квітня 2020р.

2 Термін здавання студентом закінченого проекту “23” травня 2020р.

3 Вихідні дані до проекту: звіт з переддипломної практики, наукові публікації, статті, технічна документація.

4 Зміст пояснювальної записки:

4.1 Технологічна характеристика обладнання для підтримання мікроклімату в складі для зберігання овочевої продукції

4.2 Апаратна частина системи автоматизації обладнання для підтримання мікроклімату в складі для зберігання овочевої продукції

4.3 Алгоритм роботи системи автоматизації обладнання для підтримання мікроклімату в складі для зберігання овочевої продукції

5 Перелік графічних матеріалів: 32 рисунки, 1 таблиця, 5 додатків.

6 Календарний план проектування

Номер етапу	Зміст етапу проектування	Термін виконання
1	Аналіз завдання кафедри. Складання технічного завдання. Підбір та аналіз літератури і першоджерел.	22.04.2020 – 25.04.2020
2	Розгляд обладнання для підтримання мікроклімату в складі для зберігання овочевої продукції.	26.04.2020 – 01.05.2020
3	Розробка автоматизованої системи для підтримання мікроклімату в складі для зберігання овочевої продукції	02.04.2020 – 15.05.2020
4	Розробка основних схем автоматизації.	16.05.2020 – 19.05.2020
5	Оформлення дипломного проекту та супровідної документації	20.05.2020 – 23.05.2020

1. Дата видачі завдання “10” квітня 2020р.

Керівник проекту:
Асистент

Панич А.О.

До виконання прийняв:
Студент-дипломник
групи СУ-61

Фесенко Б.Р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на проектування системи автоматизації обладнання для підтримання мікроклімату в складі для зберігання овочевої продукції

Розробник:
студент групи СУ-61

Фесенко Б.Р.

Погоджено:
асистент

Панич А.О.

Суми – 2020

1. *Назва і галузь застосування:* автоматизація обладнання для підтримання мікроклімату в складі для зберігання овочевої продукції; аграрна промисловість.

2. *Підстави для проектування:* Наказ ректора Сумського державного університету № 0543.ІІ від 21.04.2020;

3. *Мета і призначення проекту:* Проаналізувати існуючі системи автоматизації та розробити основні схеми автоматизації; Створити систему автоматизації обладнання для підтримання мікроклімату в складі для зберігання овочевої продукції.

4. *Джерела розроблення:* конструкторська документація отримана під час проходження переддипломної практики, результати аналізу існуючих систем автоматизації обладнання для підтримання мікроклімату в складі для зберігання овочевої продукції.

5. *Режим роботи об'єкта:* режим роботи за графіком, з щоденними технічними роботами та регулярним плановим технічним обслуговуванням.

6. *Умови експлуатації СК:* живлення блоку живлення для шафи управління – 220В; частота – 50 Гц; живлення пристрою керування – 6-20В; 16 МГц. Ступінь захисту складових частин обладнання автоматизації – не нижче ІР 20.

7. *Технічні вимоги:* ДСТУ 21.404 – 85 Автоматизація технічних процесів; ДСТУ 12.2.016 – 81 Система стандартів безпеки праці. Загальні вимоги безпеки.

8. Стадії та етапи проектування:

Номер етапу	Зміст етапу проектування	Термін виконання
1	Аналіз завдання кафедри. Складання технічного завдання. Підбір та аналіз літератури і першоджерел.	22.04.2020 – 25.04.2020
2	Розгляд систем автоматизації обладнання для підтримання мікроклімату в складі для зберігання овочевої продукції.	26.04.2020 – 01.05.2020
3	Розробка системи автоматизації обладнання для підтримання мікроклімату в складі для зберігання овочевої продукції	02.04.2020 – 15.05.2020
4	Розробка основних схем автоматизації.	16.05.2020 – 19.05.2020
5	Оформлення дипломного проекту та супровідної документації	20.05.2020 – 23.05.2020

РЕФЕРАТ

Фесенко Богдан Романович. Автоматизація обладнання для підтримання мікроклімату в складі для зберігання овочевої продукції. Бакалаврський дипломний проект. Сумський державний університет. Суми, 2020 р.

Дипломний проект містить 56 аркушів пояснювальної записки, 32 рисунки, 1 таблицю; конструкторську документацію, що містить 2 креслення, 2 специфікації.

Наведені матеріали патентних досліджень. Розроблена система автоматизації контролю мікроклімату складського приміщення на базі Arduino Uno. Розроблений алгоритм керування. Складені фрагменти керуючої програми.

Ключові слова: система керування мікрокліматом, автоматизована система вентиляції, Arduino Uno, датчик, мікроконтролер, схема, програма, скетч.

РЕФЕРАТ

Фесенко Богдан Романович. Автоматизация оборудования для поддержания микроклимата в складе для хранения овощной продукции. Бакалаврский дипломный проект. Сумской государственный университет. Сумы, 2020 г.

Дипломный проект содержит 56 листов пояснительной записки, 32 рисунка, 1 таблица; конструкторскую документацию, содержащую 2 чертежа, 2 спецификации.

Приведены материалы патентных исследований. Разработана система автоматизации контроля микроклимата складского помещения на базе Arduino Uno. Разработан алгоритм управления. Составлены фрагменты управляющей программы.

Ключевые слова: система управления микроклиматом, автоматизированная система вентиляции, Arduino Uno, датчик, микроконтроллер, схема, программа, скетч.

ABSTRACT

Fesenko Bogdan Romanovich. Equipment automation for maintaining microclimate in vegetable product storage. Bachelor's thesis project. Sumy State University. Sumy, 2020

Thesis project contains 56 sheets of explanatory note, 32 drawings, 1 tablet; design documentation containing 2 drawings, 2 specifications.

Materials of patent researches are resulted. The automation control system of a microclimate in warehouse on the basis of the Arduino Uno is developed. The control algorithm is developed. The fragments of the control program are made.

Key words: microclimate control system, automated ventilation system, Arduino Uno, sensor, microcontroller, circuit, program, sketch.

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних наук

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту

Автоматизація обладнання для підтримання мікроклімату в складі для зберігання овочевої продукції

Керівник проекту:
асистент

Панич А.О.

Виконав:
студент групи СУ-61

Фесенко Б.Р.

Суми – 2020

ЗМІСТ

ОСНОВНІ СКОРОЧЕННЯ.....	4
ВСТУП.....	5
1 ПРИНЦИПИ ТА ЗАСОБИ ПІДТРИМАННЯ МІКРОКЛІМАТУ В СКЛАДСЬКИХ ПРИМІЩЕННЯХ.....	7
1.1 Класифікація систем вентиляції складських приміщень.....	8
1.2 Припливно-витяжна система вентиляції.....	9
1.3 Запатентовані системи керування параметрами мікроклімату.....	13
1.4 Стандарти для зберігання плодовоовочів в якісному стані.....	16
1.5 Призначення та головні задачі, які повинна виконувати система контролю вентиляції.....	18
1.5.1 Призначення автоматизованої системи контролю параметрів мікроклімату.....	18
1.5.2 Основні задачі, які виконуються системою контролю вентиляції.....	19
2 АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ПАРАМЕТРІВ ПІДТРИМАННЯ МІКРОКЛІМАТУ СКЛАДСЬКОГО ПРИМІЩЕННЯ.....	20
2.1 Вимоги, що пред'являються до пристрою та основні параметри.....	20
2.2 Алгоритм функціонування автоматизованої системи контролю вентиляції...	21
2.3 Структурна схема системи контролю мікроклімату складського приміщення.....	22
2.4 Обчислювальний блок пристрою.....	24
2.5 Аналіз популярних пристроїв для забезпечення контролю параметрів мікроклімату.....	28
2.6 Функціональна схема системи контролю параметрів вентиляції у складському приміщенні.....	34

					СУ-61.151.17 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Фесенко Б.Р.</i>			Автоматизація обладнання для підтримання мікроклімату в складі для зберігання овочевої продукції. Пояснювальна записка	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Панич А.О.</i>				2	56	
<i>Реценз.</i>						СумДУ, СУ-61		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Дрозденко</i>						

2.7 Електрична принципова схема пристрою контролю параметрів мікроклімату.....	35
2.7.1 Вибір елементної бази для блоку моніторингу та передачі даних.....	35
2.7.2 Вибір елементної бази для блоку вводу інформації та блоку управління.....	40
3 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ.....	46
3.1 Середовище програмування Arduino IDE.....	46
3.2 Програма для роботи датчика температури DS18B20.....	47
3.3 Програма для роботи датчика температури та вологості DHT22 та вивід даних на дисплей OLED SPI SSD1331.....	48
3.4 Програма для роботи датчика газу MQ-9.....	50
3.5 Створення Web-серверу за допомогою Wi-fi модуля ESP8266.....	50
ВИСНОВКИ.....	52
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	53
ДОДАТОК А (Алгоритм роботи АСУ вентиляції).....	55

ОСНОВНІ СКОРОЧЕННЯ

ДВЗ – двигун внутрішнього згорання

СУ – система управління

ККД – коефіцієнт корисної дії

ТЕН – трубчастий електричний нагрівач

АСУ – автоматизована система управління

АЦП – аналого-цифровий перетворювач

СО₂ – вуглекислий газ

Al₂O₃ – оксид алюмінію

ШІМ – широтно-імпульсний модулятор

					СУ-61.151.17 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Автоматизація підтримання необхідного мікроклімату в складських приміщеннях є перспективним напрямком інженерних та наукових розробок, особливо в нашій державі, хоча б тому, що Україна займає лідерські позиції в Європі та світі з виробництва багатьох зернових та плодоовочевих культур. З недавнього часу Україна також взяла курс на перехід від експорту продуктів сільського господарства до переробки сировини на вітчизняних заводах. Господарський комплекс України має зазнати глибоких змін, пов'язаних з переорієнтацією технологій на галузі, які необхідні для повного задоволення потреб населення, розширення експорту та раціонального використання сировинної бази. Тому пріоритетним у структурі сільськогосподарської промисловості має бути виробництво продуктів харчування, первинна їх обробка і навіть доведення продукції до кінцевого споживача[1].

Наша країна знаходиться на передових позиціях у Європі та у світі по вирощенню зернових та плодоовочевих культур. Експорт сільськогосподарської продукції є ключовим для економіки країни, одним з найважливіших джерел наповнення держбюджету, а також припливу валюти. За період травень 2018 року – квітень 2019 року, Україна увійшла в трійку найбільших експортерів сільськогосподарської продукції в Європейський Союз, продавши йому аграрної продукції на 6,3 млрд. Євро[2]. Зважаючи на це, не дивно, що зростає попит на обладнання складських приміщень сучасними автоматизованими системами, які дозволять якнайдовше зберігати високу якість сировини.

Основними характеристиками мікроклімату приміщення є температура, відносна вологість, а також рівень кисню та вуглекислого газу в повітрі. Контрольні значення даних параметрів установлюються в залежності від призначення приміщення та від пори року. Для складських приміщень основними є саме ті параметри, від яких залежить зберігання сировини, що там знаходиться.

Ось деякі підсумки 2018 року галузі земельної діяльності [3]:

Оскільки обсяги збору фруктів та овочів є на високому рівні та

					СУ-61.151.17 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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 проводити забір повітря зовні та виводити зсередини приміщення, охолоджувати або підігрівати повітря, визначати швидкість викиду повітряного потоку, підтримувати вологу, видаляти кисень, вуглекислий газ та етилен. Всі ці дії необхідні для збереження плодів свіжими.

Даний дипломний проект присвячений розробці системи автоматизації обладнання для підтримання мікроклімату в складі для зберігання овочевої продукції.

					СУ-61.151.17 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ПРИНЦИПИ ТА ЗАСОБИ ПІДТРИМАННЯ МІКРОКЛІМАТУ ВСКЛАДСЬКИХ ПРИМІЩЕННЯХ

Вентиляційна система складу формує належний мікроклімат, завдяки якому правильно зберігаються матеріали, товари, а також створюються певні умови для роботи людей. Підбір підходящої вентиляційної системи та обладнання залежить від типу складу, обсягу, характеристик і умов зберігання товару, чи є допоміжні механізми, які працюють на ДВЗ, від кількості постійних або тимчасових робочих місць. Незважаючи на це для більшої частини складів вентиляція забезпечується за спрощеною схемою, свіже повітря надходить через отвори і нещільності[4].

Повноцінна система з обігрівом, охолодженням повітря, фільтрацією повітря, що надходить і системами видалення диму використовується в складах, де зберігається продукція, на яку легко впливає мікроклімат, для якої потрібно забезпечити певні умови. До такої продукції ставляться продукти харчування, лакофарбова продукція, медпрепарати та багато іншого. Розраховуючи вентиляційну систему для таких складських приміщень, потрібно враховувати оптимальні умови зберігання, роботу людей. Для цього розрахунки виконуються за всіма параметрами по кратності, за кількістю людей, додатковим вимогам. З отриманих результатів перевага віддається найбільшому значенню. Саме воно буде визначати продуктивність системи вентиляції.

Перед системою управління параметрами мікроклімату постають такі завдання:

- 1) утворення та підтримання у встановлених межах показників мікроклімату у складі згідно з вимогами щодо зберігання певного виду плодоовочевої продукції;
- 2) заощадження енергоресурсів, що витрачаються для утворення та підтримання мікроклімату складського приміщення.

Відповідно до змін параметрів мікроклімату в сховищі, можна виокремити такі завдання аналізу і керування:

- забір повітря ззовні;

									Арк.
									7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

- теплообмін повітряних потків;
- попереднє нагрівання повітря;
- охолодження;
- нагрівання повітря;
- фільтрація повітря;
- подача повітря до приміщення;
- витягування відпрацьованого повітря;
- циркуляція повітряних потоків.

1.1 Класифікація систем вентиляції складських приміщень

Зважаючи на велике різноманіття систем вентиляції, їх прийнято класифікувати за такими основними ознаками:

- за призначенням (витяжні і припливні);
- за конструктивними особливостями (канальні і безканальні);
- за сферою дії (місцеві і загальнообмінні);
- за способом створення перепадів тиску для переміщення повітря (з природним та механічним впливом).

Витяжні системи забезпечують виведення із приміщень забрудненого повітря, припливні ж навпаки призначені для подачі в приміщення очищеного повітря замість виведеного. Повітря, яке поступає у приміщення, за необхідності підлягає спеціальній обробці (нагрівання/охолодження, зволоження/осушення, очищення). У більшому випадку приміщення обладнують і витяжними, і припливними системами, також необхідно враховувати, що їх продуктивність необхідно підтримувати приблизно на одному рівні.

Канальні системи мають розгалужену мережу повітропроводів для переміщення повітря. В безканальних ж канали (повітроводи) попросту відсутні, їх використовують при аерації, установці вентиляторів в стіні, перекриттях і т. д.

Місцеві системи вентиляції так називаються бо приміняються на певних ділянках (місцях) приміщення. Вони, в свою чергу, також бувають витяжними

					СУ-61.151.17 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(застосовуються місцеві відсоси) або припливними (повітряні завіси, повітряний душ, повітряний оазис). Загальнообмінні системи вентиляції (і витяжні, і припливні) застосовуються для вентиляції усього приміщення чи значної його частини. На відміну від місцевої ця система здатна подавати повітря по всьому приміщенні, а також рівномірно виводити з нього забруднене повітря.

В системах природної вентиляції рух повітря відбувається не за рахунок примусових пристроїв, а за природного впливу такого як перепади тиску. У механічних системах застосовуються спеціальні прилади та обладнання (електродвигуни, вентилятори, фільтри, нагрівачі та ін). Це дозволяє переміщувати повітря на необхідну відстань та площу, змінювати його температуру, рівень вологості, газовий вміст, що не в змозі виконати природна вентиляція.

1.2 Припливно-витяжна система вентиляції

Припливно-витяжна вентиляція забезпечує приплив чистого і свіжого повітря в приміщення, а також видаляє шкідливе відпрацьоване повітря з нього, при цьому обидві функції виконуються одночасно. Така система широко застосовується для підтримки мікроклімату в складських приміщеннях. В ній є два потоки повітря: приплив і відтік.

Приплив - це надходження свіжого повітря із зовні. Апарат забирає свіже повітря, потім пропускає його через фільтр, очищає, нагріває і доставляє його до приміщення.

Відтік - це збір та виведення відпрацьованого повітря з приміщення. Апарат збирає забруднене повітря, далі воно проходить через систему рекуперації, де забирає тепло для підігріву вхідного повітря, а потім виводить охолоджене відпрацьоване повітря в атмосферу.

Обидва ці потоки циркулюють в системі одночасно, при цьому ніде не змішуючись. Лише в самій установці вони підходять настільки близько один до одного, що між ними відбувається теплообмін (вже відпрацьоване повітря, перед

					СУ-61.151.17 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тим як система виведе його назовні, охолоджується від вхідного потоку, віддаючи йому приблизно 90% від свого тепла). Тобто майже повністю відпадає необхідність в стандартному підігріві холодного повітря за допомогою батарей чи інших нагрівачів. Схема припливно-витяжної вентиляції наведена на рисунку 1.1.

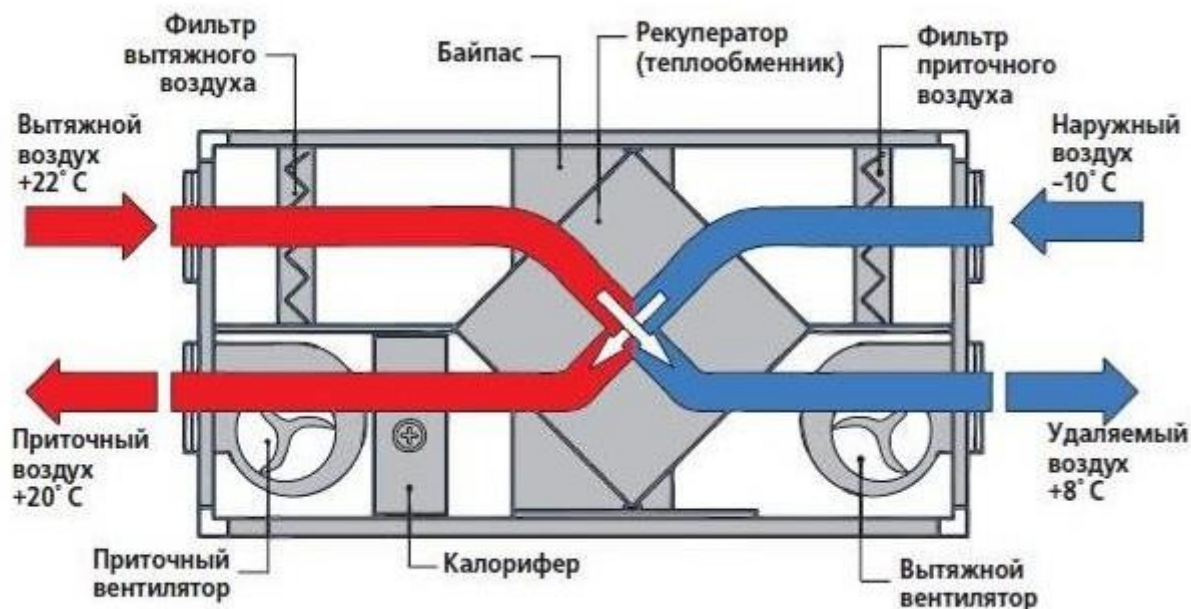


Рисунок 1.1 - Схема припливно-витяжної вентиляції

Елементний склад системи припливно-витяжної вентиляції:

- повітряний клапан – запобігає потраплянню зовнішнього повітря до приміщення, якщо систему вимкнено;
- через повітрозабірну решітку повітря надходить до системи при цьому не дозволяючи стороннім предметам потрапити до установки;
- фільтр – виконує фільтрацію повітря;
- калорифер (повітронагрівач) - нагріває припливне повітря в холодну пору;
- вентилятор - забезпечує подачу повітря до приміщення, а також підтримує необхідний тиск в повітроводах;
- повітроводи - розподіляють повітря по приміщеннях;
- розподілювачі повітря - через них повітря потрапляє безпосередньо в приміщення;

									Арк.
									10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

СУ-61.151.17 ПЗ

- шумопоглинач - зменшує рівень шуму, що йде від установки;
- звуко- та теплоізоляційні панелі - зменшують рівень шуму і підвищують ККД;
- система автоматики і регулювання – необхідна для керування системою.

Переваги припливно-витяжної вентиляції:

- забезпечує постійну циркуляцію повітря у вентильованому приміщенні;
- забезпечує фільтрацію повітря;
- забезпечує нагрів повітря за необхідністю;
- можливість змінювати рівень вологості повітря;
- рекуперація тепла.

Недоліки припливно-витяжної вентиляції:

- утворюється надлишковий шум від вентиляторів;
- не передбачено охолодження повітря, що необхідно в жарку пору;
- необхідно постійно відводити конденсат, що утворюється.

1.3 Запатентовані системи керування параметрами мікроклімату

Патент UA 112127 U наглядно показує спосіб автоматичного регулювання параметрів мікроклімату в приміщенні.

В даній системі передбачене керування зміною параметрів мікроклімату за допомогою мікропроцесорного пристрою, а відслідковування стану параметрів забезпечується датчиками вологості та температури повітря. Також системою передбачено виведення утвореного конденсату.

Недоліком цієї системи є відсутність пристроїв для здійснення контролю газового складу повітря, а також неможливість передавання інформації через інтернет.

					СУ-61.151.17 ПЗ	Арк.
						131
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

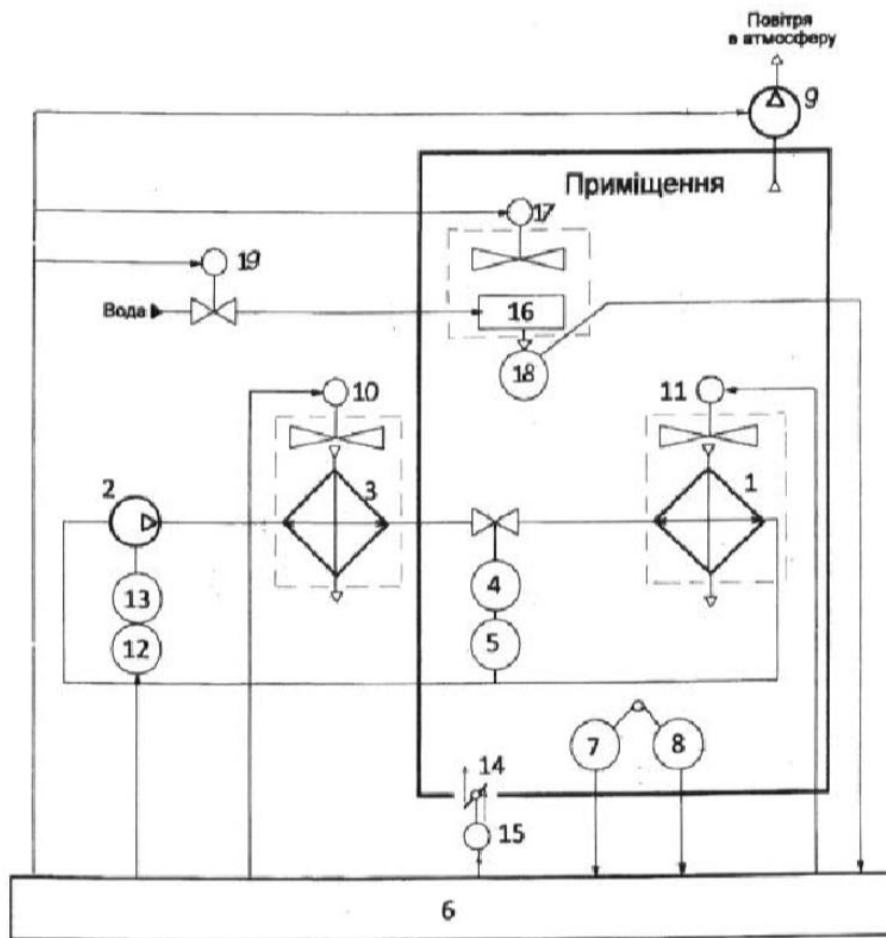


Рисунок 1.2 - Система автоматичного регулювання параметрів мікроклімату в приміщенні, патент UA 112127 U[5]

Дана система складається з таких елементів[5]:

- 1 - випаровувач холодильної машини;
- 2 - холодильний компресор;
- 3 - конденсатор (встановлюється назовні будови);
- 4 - терморегулюючий вентиль;
- 5 - термобалон;
- 6 - мікропроцесорний контролер;
- 7 - датчик температури;
- 8 - датчик вологості повітря;
- 9 - витяжний вентилятор;
- 10 - вентилятор конденсатора;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-61.151.17 ПЗ

Арк.

12

- 11 - випаровувачі;
- 12 - частотний перетворювач;
- 13 - електродвигун холодильного компресора;
- 14 - кватирка припливного повітря;
- 15 - виконавчий механізм кватирки.
- 16 - ультразвукові зволожувачі повітря;
- 17 - електродвигуни вентиляторів;
- 18 - датчик температури повітря на виході зволожувача;
- 19 - клапан подачі води.

У патенті UA 101943 U показаний спосіб автоматизованого управління мікрокліматом в приміщенні в режимі циркадного ритму. Структурна схема наведена на рисунку 1.3.

Дана система призначена для застосування в сільськогосподарській галузі, зокрема в тваринницьких приміщеннях. Система здійснює керування за допомогою мікроконтролера. Вона здатна здійснювати контроль за температурою, відносною вологістю повітря та концентрацією газу і аміаку в примущенні.

Недоліком системи є неможливість регулювати швидкість руху повітря, а також як і в попередньому патенті, непередбачена передача даних через мережу інтернет.

					СУ-61.151.17 ПЗ	Арк.
						153
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

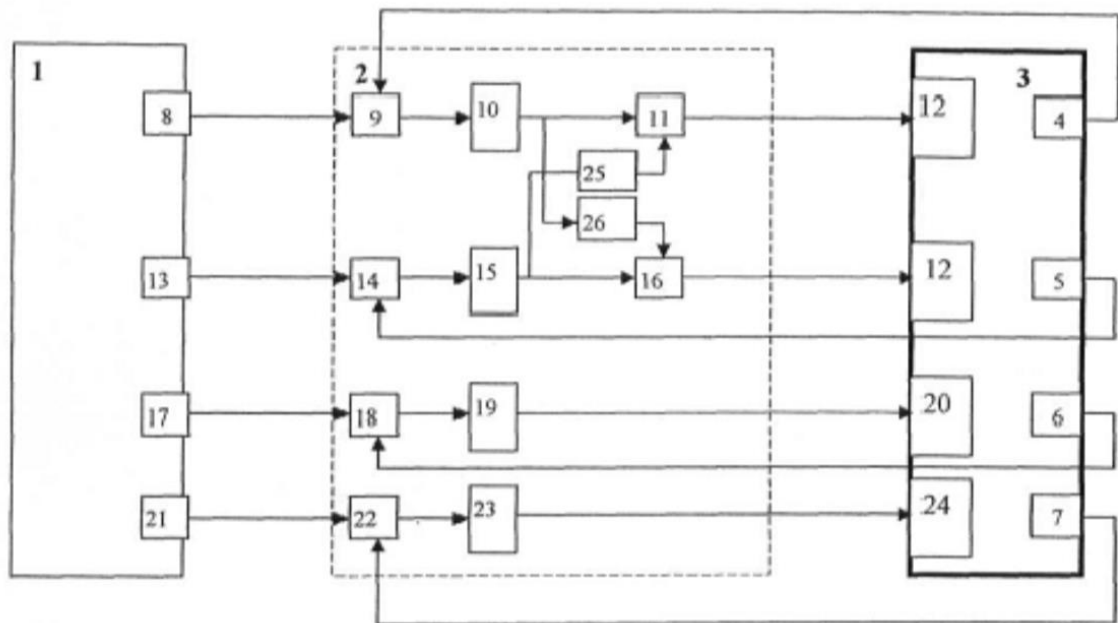


Рисунок 1.3 - Система автоматичного регулювання параметрів мікроклімату в приміщенні, патент UA 101943 U[6]

Складові системи[6]:

- 1 - мікропроцесор;
- 2 - блок аналізу та регулювання параметрів;
- 3 - тваринницьке приміщення;
- 4 - датчик температури повітря;
- 5 - датчик відносної вологості повітря;
- 6 - датчик вмісту газу аміаку;
- 7 - датчик вмісту вуглекислого газу;
- 8 - задавач температури мікропроцесора;
- 9,14,18,22 – блок порівняння (суматор);
- 10,15,19,23 - регулятор;
- 11,16 - коригуючий суматор;
- 12 - виконуючий механізм регулювання температури та відносної вологості;
- 13 - задавач вологості мікропроцесора;
- 17 – задавач допустимого рівня вуглекислого газу мікропроцесора;
- 20 - виконуючий механізм регулювання рівня вуглекислого газу;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

21 – задавач допустимого рівня аміаку мікропроцесора;

24 – виконуючий механізм регуляції аміаку;

25,26 – блок сигналів коригуючого зв'язку.

Патент UA 72565 U показує спосіб автоматичного управління мікрокліматом в приміщенні шляхом зміни витрат теплоносія у секцію нагріву кондиціонера. Дана система призначена для використання в будівництві та при експлуатації будівель та виробничих приміщень.

Як і в попередніх патентах, дана система за допомогою мікропроцесора здійснює контроль параметрів мікроклімату, таких як: температура та вологість повітря. Проте є можливість керувати швидкістю руху повітря.

Недоліком є все та ж відсутність засобів для передачі даних через інтернет.

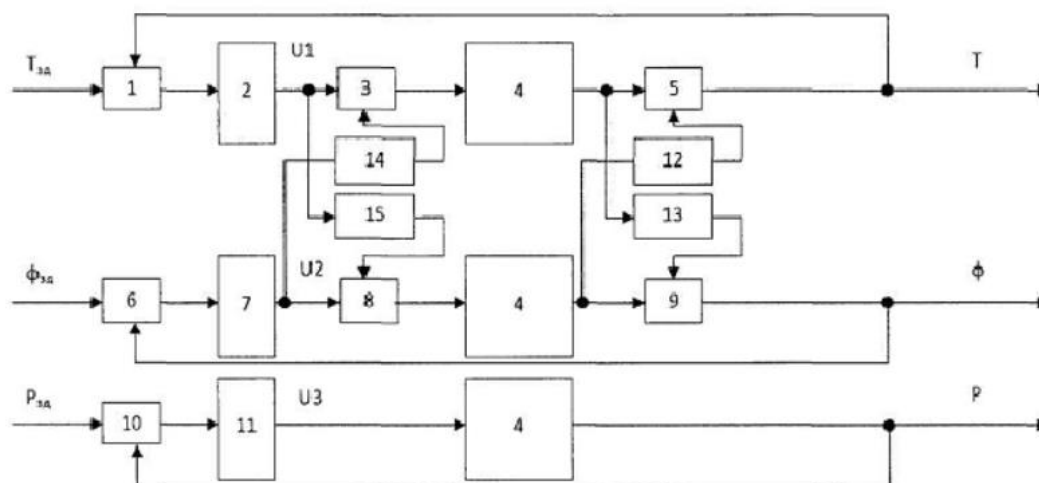


Рисунок 1.4 - Система автоматичного регулювання параметрів мікроклімату в приміщенні патенту UA 72565 U[7]

Дана система містить такі складові[7]:

1,3,5,6,8,9,10 – суматор;

2,7,11 – регулятор;

4 – об'єкт управління;

12,13 – перехресний зв'язок;

14,15 – корегуючий зв'язок;

U1,U2,U3 – керуюча дія [% х.р.о.];

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$T_{зд}$ – задане значення температури;

$\Phi_{зд}$ – задане значення вологості повітря;

$P_{зд}$ - задане значення розрідження повітря;

T – поточне значення температури повітря;

Φ - поточне значення вологості повітря;

P - поточне значення розрідження повітря;

1.4 Стандарти для зберігання плодоовочів в якісному стані

Оскільки кожна культура має свої певні особливості зберігання неможливо виділити якийсь один певний стандарт якості. Тому для кожного окремого виду плодів були визначені необхідні умови зберігання. Для тривалого збереження овочів та фруктів для подальшої переробки, необхідно вимагати забезпечення умов наведених в таблиці 1.1. Беручи до уваги наведену нижче таблицю ми можемо визначити необхідний діапазон температури та відносної вологості повітря, які треба забезпечити системою у складському приміщенні.

Таблиця 1.1 - Умови зберігання свіжих плодоовочів [8]

Найменування	Термін зберігання, діб	Температура, °C	Вологість повітря, %
Баклажани	10-15	+8..+12	85-90
Броколі	10-14	0	90-95
Буряк	30-210	0	90-95
Кабачки	7-14	+5..+10	90-95
Капуста білокачанна	20-210	0..+1	90-95
Буряк	30-210	0	90-95

Продовження таблиці - 1.1

Найменування	Термін зберігання, діб	Температура, °С	Вологість повітря, %
Капуста цвітна	20-30	0..+1	90-95
Буряк	30-210	0	90-95
Капуста цвітна	20-30	0..+1	90-95
Картопля	9-200	+4..+6	95-95
Салат (всі види)	7-21	0..+2	95-100
Цибуля зелена	7-10	0..+1	95-100
Морква	30-240	0	90-95
Огірки	10-15	+10..+11	90-95
Перець солодкий	12-20	+8..+9	95-100
Петрушка	10-25	-0,5..-1	95-100
Помідори	7-14	+8..+11	90-95
Редька	7-21	+1..+2	95-100

З таблиці 1.1 зробимо висновки, про необхідний діапазони температури та відносної вологості повітря, які АСУ вентиляцією має підтримувати в складському приміщенні.

З даних зазначених у таблиці можна побачити що найменша температура для зберігання зазначена у петрушки, вона складає -1°С. Найвища температура зазначена для баклажанів і вона складає 12°С. Відповідно до цих даних для подальшої розробки системи необхідно обрати пристрої з діапазоном

					СУ-61.151.17 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вимірювання температури від -1°C до $+12^{\circ}\text{C}$.

Найменша вологість повітря необхідна для зберігання баклажанів 85%, а найбільша спостерігається у салату (усіх видів), цибулі зеленої, перцю солодкого, петрушки та редьки і вона складає 100%. Отже системою необхідно забезпечувати зміну вологості повітря у межах від 85% до 100%.

Тож, визначивши необхідні вимоги стосовно температури та вологості повітря, які повинна забезпечувати АСУ вентиляції, необхідно розглянути елементну базу, здатну виконувати вимірювання показників в заданих діапазонах.

1.5 Призначення та головні задачі, які повинна виконувати система контролю вентиляції

1.5.1 Призначення автоматизованої системи контролю параметрів мікроклімату

Головне призначення системи контролю параметрів мікроклімату складу для збереження якісного стану плодоовочів полягає у моніторингу параметрів повітря в приміщенні, таких як: температура повітря, концентрація кисню та вуглекислого газу, рівень вологості в приміщенні, а також керування даними параметрами у режимі реального часу.

Новітній СУ параметрів мікроклімату необхідно бути повністю автоматизованою та забезпечувати вентиляцію сховища, керувати охолодженням та нагрівом повітря, а також введенням і виведенням його із приміщень. Керування такою системою може бути здійснено віддалено за допомогою мережі Інтернет або з використанням пульта керування оператором.

Вентиляційна система є основною для забезпечення контролю параметрів мікроклімату будь-якого приміщення. Керування системою здійснює вент. камера, розподіляючи повітря по каналам, які доставляють його до приміщення чи на вулицю (якщо повітря не придатне для використання). З цього виходить, що система контролю параметрів мікроклімату повинна забезпечувати регулювання окремих елементів вентиляційної системи для забезпечення руху повітря по

									Арк.
									18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУ-61.151.17 ПЗ				

каналам, його очищення та зміну температури всередині вент. камери.

З чого можна зробити висновок, що головним призначенням АСУ параметрів мікроклімату є можливість одночасно здійснювати моніторинг у режимі реального часу мікрокліматичних показників приміщення та керувати їх зміною в точності до зазначених умов.

1.5.2 Основні задачі, які виконуються системою контролю вентиляції

Система автоматичного управління вентиляцією дозволяє вирішити такі завдання:

- постійний моніторинг кліматичних показників та нагляд за працездатністю вентиляційного обладнання;
- необхідність зберігання даних про зміну параметрів мікроклімату під час робочого процесу;
- автоматично здійснювати введення/виведення повітря в/із приміщення;
- в залежності від зміни мікрокліматичних умов, вмикати або вимикати обладнання для врегулювання параметрів мікроклімату відповідно до встановлених значень;
- відслідковувати рівень забрудненості повітряних фільтрів, рекуператорів, калориферів та іншого обладнання;
- забезпечити вимикання системи у разі непередбачуваних ситуацій (пожежі, короткі замикання та ін.);
- можливість перейти на ручне керування системою.

					СУ-61.151.17 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

1. Проведений аналіз існуючих систем керування мікрокліматом надав більш широке уявлення про структуру та склад системи. Також було виявлено їх переваги та недоліки.

2. Було визначено необхідні параметри повітряного середовища у складі, що дозволить забезпечити зберігання овочів у належному стані на увесь строк зберігання.

					СУ-61.151.17 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ПАРАМЕТРІВ ПІДТРИМАННЯ

МІКРОКЛІМАТУ СКЛАДСЬКОГО ПРИМІЩЕННЯ

2.1 Вимоги, що пред'являються до пристрою та основні параметри

Основні вимоги, які ставить перед собою АСУ параметрів мікроклімату складського приміщення:

- необхідність пристроїв, що зможуть забезпечити моніторинг системи в реальному часі та передати дані про стан параметрів мікроклімату до модуля керування;
- пристрої моніторингу повинні мати змогу надсилати дані через бездротову мережу і справно працювати навіть на великих відстанях (якщо цього вимагають розміри складського приміщення);
- пристрої моніторингу повинні бути енергоефективними, а також за необхідності мати додаткове живлення від акумуляторних батарей (у разі НС);
- габаритні розміри та конструкція модулю керування повинні дозволяти безперешкодно вмонтувати його безпосередньо до вентиляційної камери, або досить близько до неї;
- модуль керування повинен мати змогу отримувати дані від пристроїв моніторингу через бездротову мережу (якщо цього вимагають розміри складського приміщення);
- для модулю керування необхідно мати змогу передавати дані про роботу системи використовуючи бездротову мережу на ПК або на сервер для того щоб оператор міг віддалено вносити корективи в роботу системи.

Визначивши вимоги до АСУ параметрів мікроклімату, можемо розробити перелік параметрів, які потрібно врахувати під час розробки системи для її коректної роботи:

					СУ-61.151.17 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

- межі вимірювання для датчиків температури повітря;
- межі вимірювання для датчиків вологості повітря;
- межі вимірювання для датчиків газу;
- дальність передачі даних бездротової мережі.

2.2 Алгоритм функціонування автоматизованої системи контролю вентиляції

Алгоритмом функціонування називається сукупність правил, що забезпечують правильне виконання технічного процесу у пристрої або системі.

Для того, щоб правильно спроектувати та розробити систему керування параметрів мікроклімату потрібно знати в яких ситуаціях системі виконувати ту чи іншу дію. Оскільки система розділена на два основних модулі необхідно для кожної з них розробити алгоритм за яким вони будуть працювати.

Етапи алгоритму роботи для керуючого модулю:

- 1) ініціалізація змінних;
- 2) перевірка підключення функціональних вузлів;
- 3) перевірка модулів моніторингу;
- 4) підключення до модулів моніторингу;
- 5) запит на отримання інформації від підключених модулів моніторингу;
- 6) отримання інформації від модулів моніторингу;
- 7) перевірка режимів роботи;
- 8) налаштування режиму роботи вентиляційної камери;
- 9) під'єднання до мережі Інтернет та зв'язок із сервером;
- 10) запит до серверу на оновлення існуючих запрограмованих режимів роботи;
- 11) налаштування пристроїв регулювання на встановлений режим роботи.

Етапи алгоритму для роботи датчиків:

- 1) ініціалізація ПЗ та змінних;
- 2) перевірка стану датчиків;
- 3) запит на отримання даних про стан параметрів мікроклімату;
- 4) підключення за допомогою бездротової мережі до пристрою керування та

											Арк.
											22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

обробки інформації;

5) відправка даних про стан мікроклімату на модуль керування.

Відповідно до заданих режимів роботи, необхідно забезпечити керування елементами системи вентиляції, яке буде здійснювати блок керування, а саме:

- електричними клапанами;
- вентиляторами;
- регулюючим клапаном;
- електричним нагрівачем.

Алгоритм роботи АСУ вентиляції наведений у додатку А.

2.3 Структурна схема системи контролю мікроклімату складського приміщення

Відповідно до вимог, визначених раніше, розроблено структурну схему даної системи.

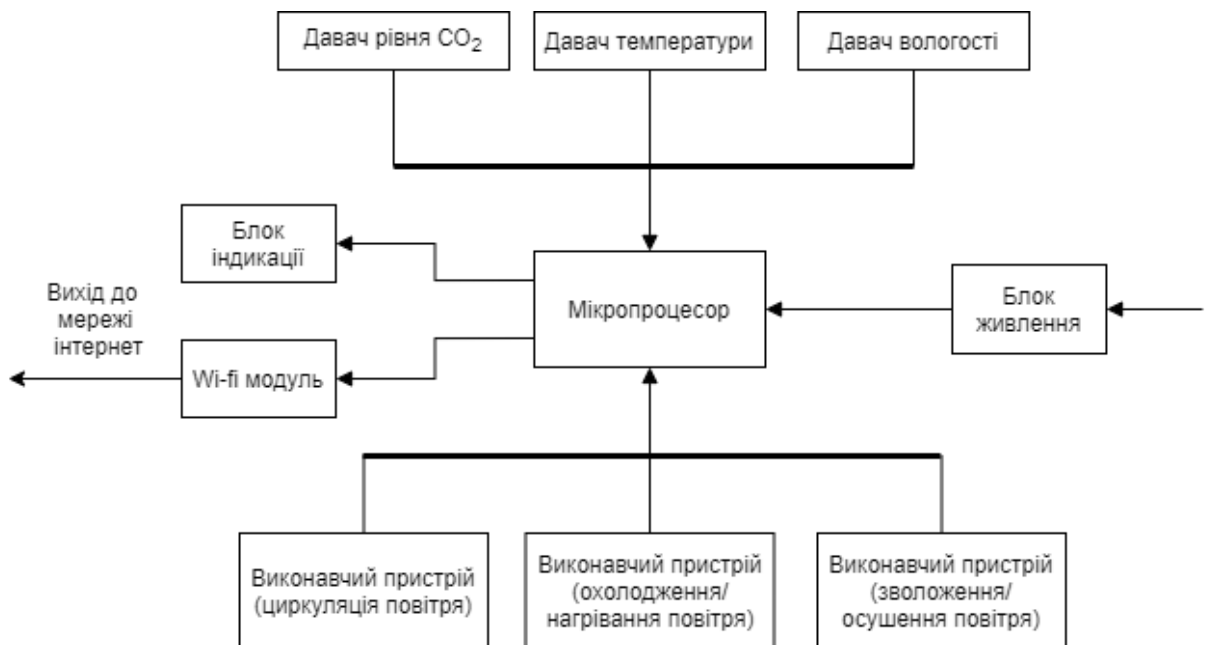


Рисунок 2.1 - Структурна схема АСУ мікроклімату складського приміщення

Система контролю вентиляції складається із модулів моніторингу (давачі температури, вологості, газу) та керування (виконавчі пристрої: клапани, вентилятори, нагрівач).

Опис блоків структурної схеми:

Мікропроцесорний блок – головний елемент системи, який виконує збір та обробку даних з інших елементів системи та керує їх роботою для дотримання вимог, які поставлені перед системою.

Wi-Fi модуль – слугує для передачі даних безпроводною мережею.

Блок живлення –забезпечує всі структурні блоки необхідною для роботи енергією.

Блок індикації – аналізує функціональний стан усіх інших блоків.

Дачач температури – здійснює моніторинг поточної температури приміщення.

Дачач вологості – здійснює моніторинг вологості повітря у приміщенні.

Дачач рівня CO₂ – здійснює моніторинг поточного рівня вуглекислого газу у приміщенні.

Виконавчі пристрої – елементи вентиляційної установки, що забезпечують підтримку параметрів мікроклімату відповідно до заданих умов.

Оператор за допомогою веб-інтерфейсу має змогу віддалено виконувати моніторинг параметрів мікроклімату складу. Його робота відбувається за таким алгоритмом:

- 1) вибрати функціональний вузол в роботу якого необхідно внести корективи;
- 2) документ з необхідними корективами завантажити на сервер;
- 3) використовуючи безпроводну мережу документ відправляється до мікроконтролера;
- 4) мікроконтролер виконує запит до дачачів на отримання даних стосовно мікрокліматичних показників;
- 5) мікроконтролер виконує розрахунки для зміни роботи виконавчих

										Арк.
										24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

СУ-61.151.17 ПЗ

пристроїв;

- б) корективи надсилаються до виконавчих пристроїв, які змінюють свій режим роботи відповідно до отриманих даних.

2.4 Обчислювальний блок пристрою

Щоб забезпечити справну роботу розроблюваної системи, необхідно підібрати такий пристрій керування, який буде здатний виконувати задачі, що були наведені в попередніх розділах, буде виконувати необхідні розрахунки, а також обробляти вхідну інформацію та керувати системою.

Для порівняння можемо розглянути декілька популярних пристроїв керування, а саме: Arduino Uno, ESP8266 та ESP32.

Arduino Uno - це пристрій на основі мікроконтролера ATmega328. Це вже готова плата з усіма необхідними елементами для роботи з мікроконтролером, які містить: 14 цифрових входів/виходів, 6 аналогових входів, кварцовий резонатор на 16 MHz, роз'єм USB, роз'єм живлення, роз'єм для внутрішньо-схемного програмування (ICSP) і кнопку збросу[9].

Основні параметри[9]:

- Мікроконтролер: ATmega328;
- робоча напруга: 5 V;
- Вхідна напруга (рекомендований): 7-12 V;
- Вхідна напруга (гранична): 6-20 V;
- Цифрові Входи / Виходи: 14 (6 з яких можуть використовуватися як виходи ШІМ);
- аналогові входи: 6;
- Постійний струм через вхід / вихід: 40 mA;
- Постійний струм для виведення 3.3 V: 50 mA;
- Флеш пам`ять: 32 KB (ATmega328) з яких 0.5 KB використовуються для завантажувача;
- ОЗУ: 2 KB(ATmega328);

										Арк.
										25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

СУ-61.151.17 ПЗ

- EEPROM: 1 KB (ATmega328);
- Тактова частота: 16 MHz.

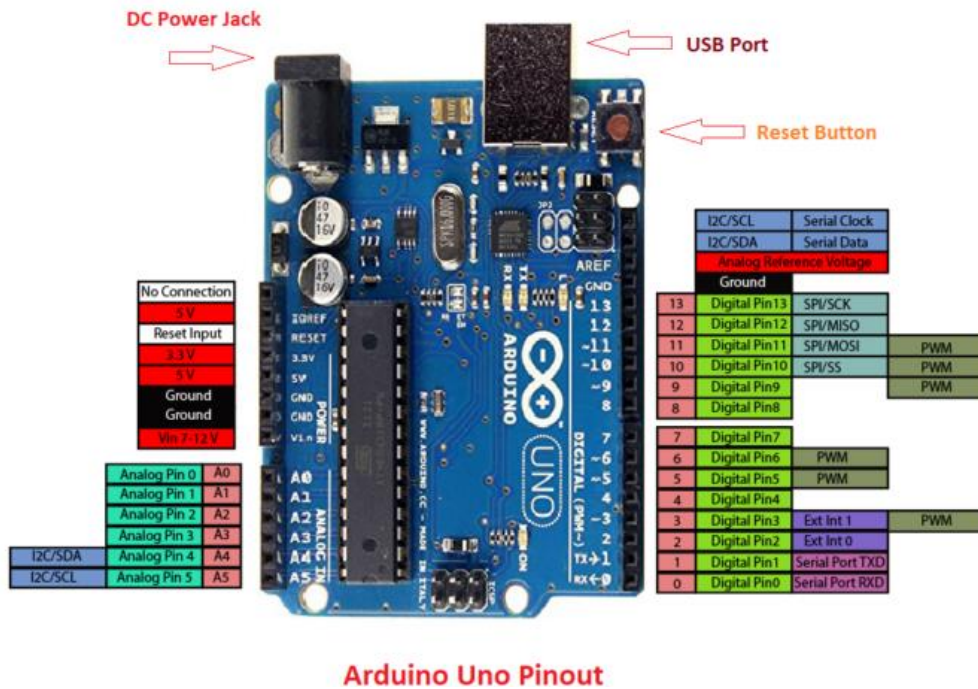


Рисунок 2.2 – Розпіновка Arduino Uno

ATmega328 – мікроконтролер сімейства AVR, як і всі інші має 8-бітний процесор і дозволяє виконувати більшість команд за один такт.

Основні параметри[10]:

- Робоча напруга: 5 V;
- Вхідна напруга (рекомендований): 7-12 V;
- Цифрових входів / виходів: 14 (з яких 6 можуть бути використані як ШІМ);
- Аналогових входів: 6;
- Сила струму на входах / виходах: 40 mA;
- Сила струму для 3.3 V виходу: 50 mA;
- Пам'ять: 32 Kb з яких 2 Kb використовується бутлоадер;
- SRAM: 2048 b;
- EEPROM: 1024 b;
- Частота: 16MHz.

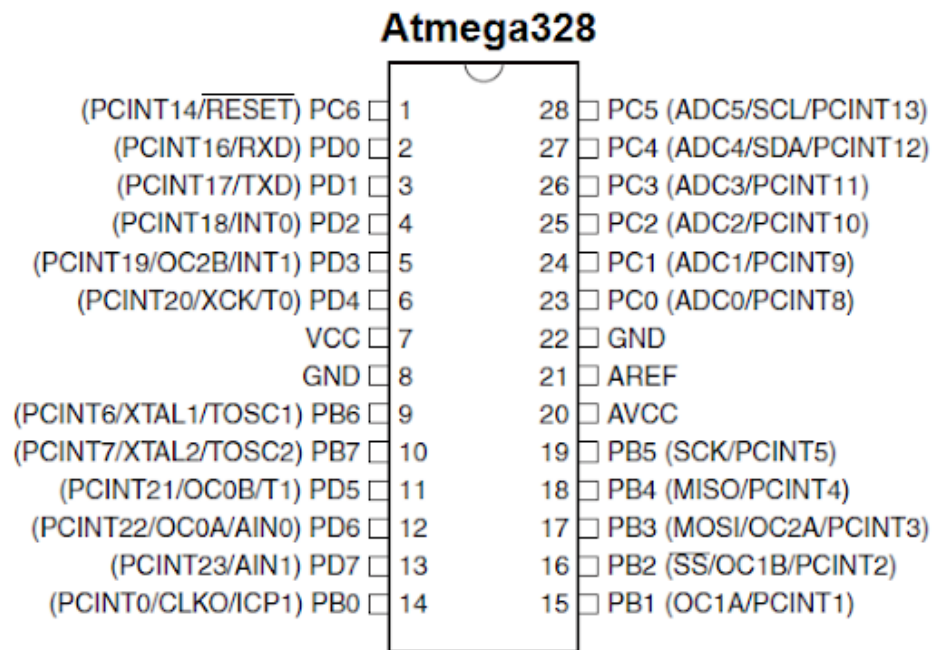


Рисунок 2.3 - Розпіновка мікроконтролера АТmega328

ESP8266 - це мікроконтролер компанії Espressif, який має влаштований Wi-Fi-модуль. Володіє високою швидкістю обробки та передачі даних.

Основні параметри:

- Напруга живлення: 3,3 V;
- Енергоспоживання: 10 мсА ... 170 мА;
- Флеш-пам'ять: до 16 Мб максимум (зазвичай 512 Кб);
- Процесор: Tensilica L106, 32 bit;
- Швидкість процесора: 80 ... 160 МHz;
- ОЗУ: 32 Кб + 80 Кб;
- Порти введення-виведення загального призначення: 17 (мультиплексируємість з іншими функціями);
- АЦП: 1 введення з роздільною здатністю 1024;
- Підтримка 802.11: b / g / n / d / e / i / k / r;
- Максимальне число підключень TCP: 5.

- Стандарт IEEE 802.11 з підтримкою WFA, WPA / WPA2 і WAPI;
- Можливість безпечного завантаження;
- Шифрування флеш диска.

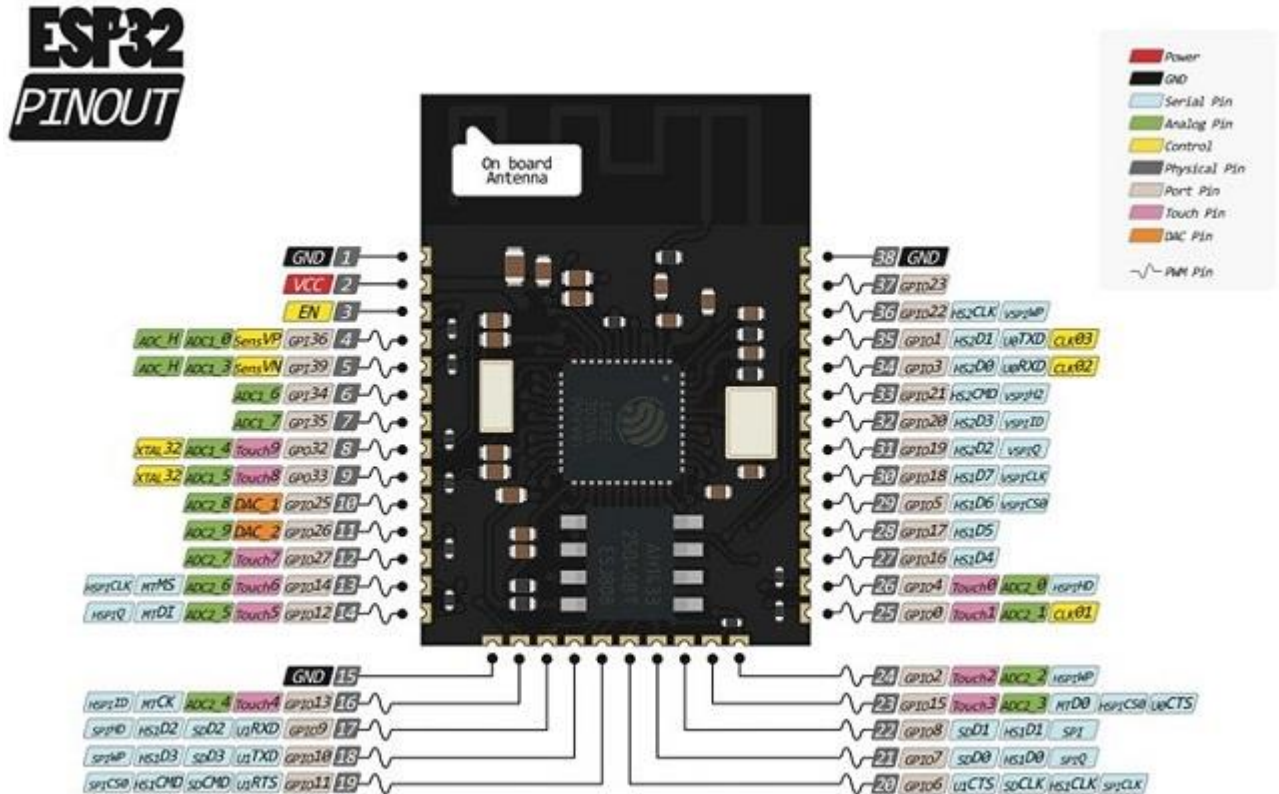


Рисунок 2.5 - Розпіновка мікроконтролера ESP32

Як можна побачити, мікроконтролери ESP володіють високою швидкістю обробки інформації, проте для проектованої системи це не так важливо, оскільки параметри мікроклімату змінюються в часі не миттєво, а поступово. Тож доцільно буде обрати плату Arduino Uno на базі мікропроцесора ATmega328. Вона працює від робочої напруги 5V та 3,3V, що дозволяє розширити вибір елементної бази для розробки системи.

2.5 Аналіз популярних пристроїв для забезпечення контролю параметрів мікроклімату

Відповідно до вимог та поставлених задач вже можна підібрати необхідні давачі для здійснення контролю мікрокліматом.

Для регулювання температури повітря можна обрати найбільш розповсюджений нагрівальний елемент, що приміняють для нагріву припливного повітря у вентиляційній камері - ТЕН (трубчастий електронагрівник). ТЕНом називають циліндричний електричний калориферний прилад, зроблений у вигляді металевої, скляної або керамічної трубки, усередині по центру якої розміщений нагрівач, зазвичай це нитка або спіраль з ніхрому. Його принцип роботи полягає в перетворенні електричної енергії в теплову. Він широко застосовується у промисловості і побуті для нагріву різних рідин та газів, наприклад, у водонагрівачах, радіаторах, чайниках та ін. Ніхромовий нагрівач, має такий опір, що здатний забезпечити відповідну теплову потужність та температуру на поверхні приладу.

Трубчасті електронагрівачі мають деякі переваги, що забезпечили їх популярність і широке використання:

- 1) вони доволі надійні при роботі;
- 2) універсальні та безпечні;
- 3) досить стійкі до вібрації та ударів;
- 4) робоча температура досягає 800°C (це дозволяє використання їх в інфрачервоних обігрівачах);
- 5) велика різноманітність форм дозволяє вбудовувати ТЕНи в різноманітне обладнання.

Недоліками ТЕНів є:

- 1) неможливість відремонтувати нагрівач у разі перегорання спіралі;
- 2) велика металоємність;
- 3) висока вартість.

									Арк.
									30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

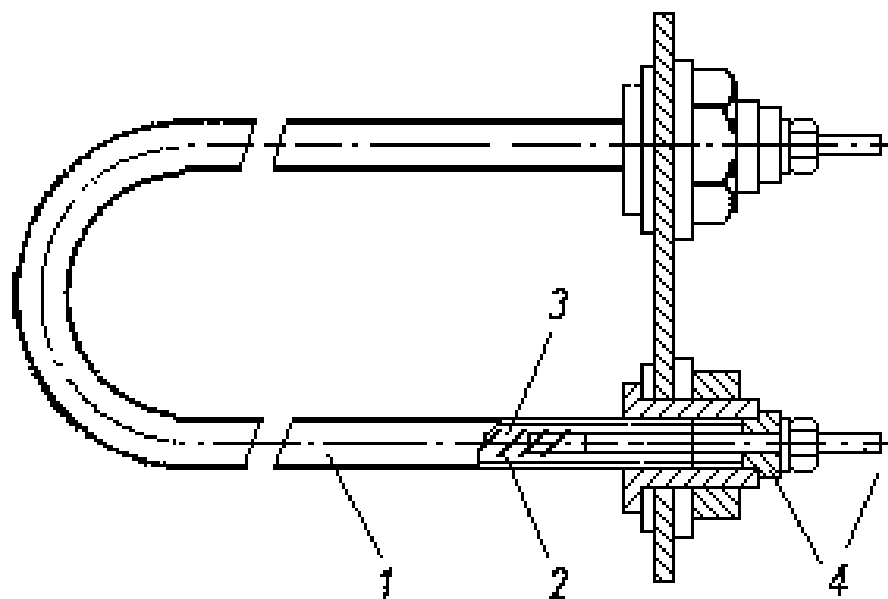


Рисунок 2.6 - ТЕН (трубчастий електронагрівник). Основні частини ТЕНа:
 1 – трубка; 2 - нагрівальний елемент; 3 - ізолюючий шар; 4 – контактна група.

Для вимірювання рівня вологості повітря використовують:

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

В наш час широкого розповсюдження набули давачі вологості НІН-4000-003 (зображений на рисунку 2.7). Це ємнісний давач вологості фірми Honeywell побудований на основі термореактивного полімеру і відрізняється високою надійністю і діапазоном вологості від 0 до 100%. Вихідний сигнал давача знаходиться в лінійній залежності від вимірюваної вологості. Він вимірює відносну вологість повітря в діапазоні від 0 до 100% з точністю не нижче $\pm 2\%$, при цьому розмах вихідної напруги у всьому діапазоні становить 1-4В. Це дозволяє підключати прилад безпосередньо до мікроконтролеру з вбудованим АЦП.

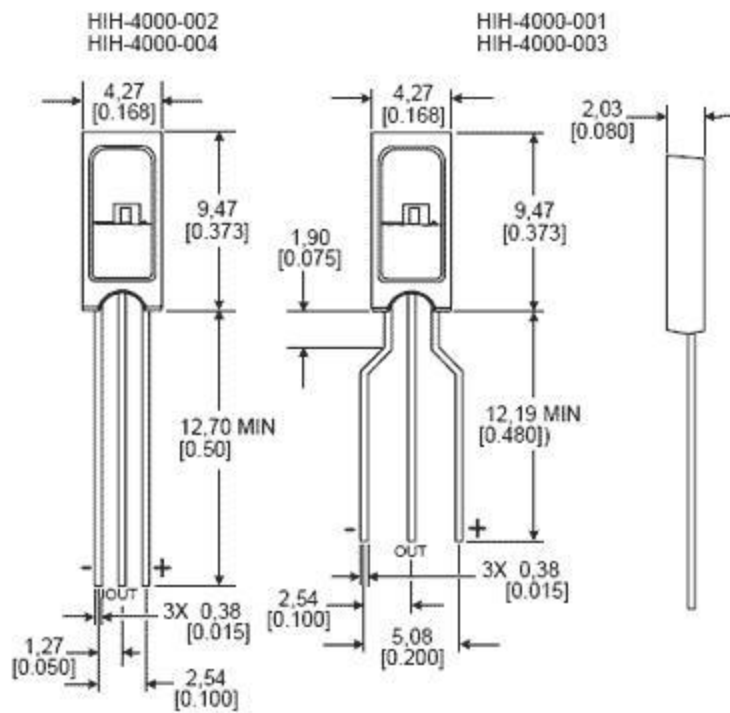


Рисунок 2.7 - Габаритні розміри давача вологості НІН-4000-003

Для створення системи керування мікрокліматом складського приміщення доцільно буде обрати давачі вологості та температури, які мають усі необхідні електричні компоненти для стабільної та точної роботи, а також наявний цифровий або аналоговий вихід. За даними характеристиками можемо обрати GY-21 на базі чіпу NTU 21. Це комбінований давач температури та вологості.

Модуль давача вологості і температури GY21 (зображений на рисунку 2.) на основі давача NTU21 являє собою високоточний модуль для вимірювання температури і вологості. NTU21 - цифровий датчик вологості і температури має високу точність з регульованою розрядністю 8/12-біт або 12/14-біт взаємодіє безпосередньо з мікро контролером, забезпечуючи швидкість передачі даних до 400 кГц і точність вимірювання $\pm 2\%$. Діапазон вимірювання температури становить від -40 до $+125$ ° С, а вологості відповідно від 0 до 100%, при точності $0,4$ ° С. Навіть після 150 годин конденсації, датчику потрібно всього лише 10 секунд, щоб відновити працездатність і відновити роботу в повному обсязі. Струм приладу в сплячому режимі складає всього 0,08 мкА. Потужність приладу не перевищує 2,7 мкВт, завдяки чому датчик може використовуватися навіть в

										Арк.
										32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУ-61.151.17 ПЗ					

пристроях з автономним батарейним живленням.

Вимірювач вологості оснащений чотирма контактами, які повинні бути підключені для початку використання датчика. Один до VCC, один до GND і два до I2C комунікацій для лінії передачі даних. Плата містить 4.7кОм резистори для I2C комунікації. Якщо ви підключаєте кілька пристроїв I2C на одній шині, ви можете відключити ці резистори.

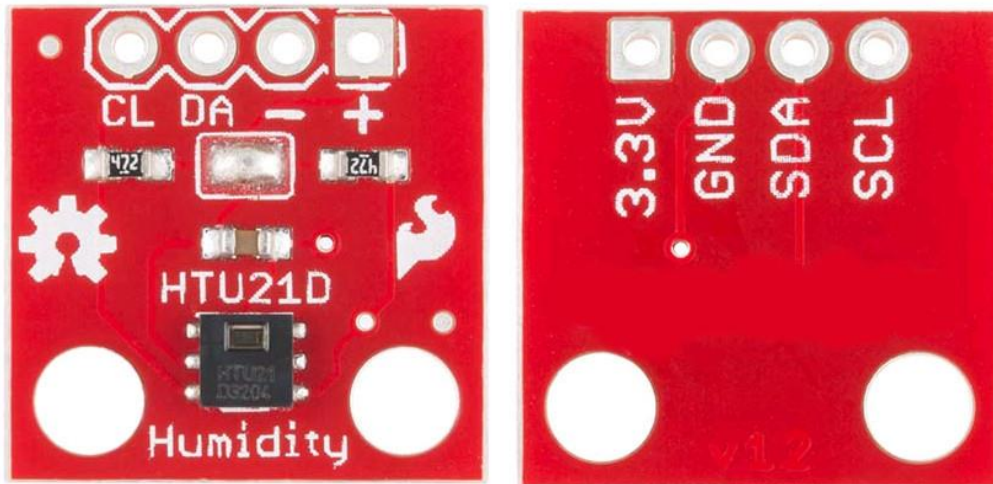


Рисунок 2.8 - Модуль давача вологості та температури GY21.

Технічні характеристики GY-21:

- Давач: HTU21;
- Інтерфейс: I2C;
- Діапазон робочої напруги датчика: 1,9 - 3,6 V;
- Напруга живлення модуля: 5 V;
 - Струм в режимі вимірювання: 300 μ A;
 - Струм в режимі очікування: 0.15 μ A;
- Вологість:
 - Робочий діапазон: від 0 до 100%;
 - Точність вимірювання: $\pm 3\%$ (макс), 0-80%;
- Температура:
 - Робочий діапазон: від -40 до +125 $^{\circ}$ C;
 - Точність вимірювання: $\pm 0,4^{\circ}$ C (макс), від -10 до 85 $^{\circ}$ C;

										Арк.
										33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

- Вбудований детектор розряду батареї (виставляє прапор, якщо напруга живлення опускається нижче 2.25 V);
- Вбудований нагрівач для самодіагностики датчиків.

Призначення виводів:

- VIN - вхід напруги живлення, від +4 V до +6 V (номінально 5 V) постійного струму;
- GND - вхід живлення (загальний);
- SCL - контакт синхронізації інтерфейсу I2C;
- SDA - контакт даних інтерфейсу I2C.

Забезпечувати контроль за рівнем CO₂ повинен спеціальний давач газу. Для того щоб забезпечити точні виміри, потрібно обрати такий давач у якого показники не будуть залежати від вологості повітря.

Відповідно до цих вимог можемо обрати давач газу MQ-5 (зображений на рисунку 2.9). або інші його модифікації: MQ-2, MQ-7, MQ-9. Він відноситься до напівпровідникових приладів. Принцип роботи давача влаштований на зміні опору тонкоплівного шару діоксиду олова SnO₂ при контакті з молекулами визначеного газу. Сприймаючий елемент давача складається із керамічної трубки з покриттям Al₂O₃ і чутливого шару діоксиду олова, що нанесено на неї. Всередині трубки проходить нагрівальний елемент, який нагріває чутливий шар до температури, при якій він починає реагувати на визначений газ. Чутливість до різних газів досягається варіюванням складу домішок в чутливому шарі.



Рисунок 2.9 - Давач газу MQ-5

									Арк.
									34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

У сенсорі передбачено два режими роботи, що перемикаються джампером:

- 1) Нагрівач датчика постійно включений. Таким чином можна обійтися одним трьохпровідним шлейфом;
- 2) Управління нагрівачем програмно.

Діапазон вимірювань:

- Пропан: 200-10000 ppm;
- Ізобутан: 200-10000 ppm;
- Природний газ: 200-10000 ppm;

Характеристики:

- Напруга живлення нагрівача: 5 V;
- Напруга живлення датчика: 3,3-5 V;
- Струм: 150 mA;
- Габарити: 25,4 × 25,4 мм;

2.6 Функціональна схема системи контролю параметрів вентиляції у складському приміщенні

Отже, знаючи які вимоги ставляться до системи та які задачі вона повинна виконувати, на основі розробленої в попередньому підрозділі структурної схеми, можемо розробити функціональну схему системи (див. СУ-61.151.17 А2).

Розроблена система працює на базі мікропроцесорного пристрою, який здійснює контроль за параметрами мікроклімату приміщення. Після запуску системи відкриваються клапани КП1, КП2, КП3 та вмикаються вентилятори В1, В2 і повітря потрапляє до вентиляційної системи де проходить через фільтри Ф1, Ф2. Вимірявши температуру повітря ззовні за допомогою датчика Д4, програмою обирається зимовий або літній режим роботи. Клапан рециркуляції КР в залежності від обраного режиму відкривається на певний кут, щоб забезпечити теплообмін припливного і витяжного повітря. Якщо клапан відкритий повністю, але цього не достатньо щоб нагріти повітря, то вмикається електричний нагрівач ЕК. В обслуговуваному приміщенні встановлені датчики температури, вологості

					СУ-61.151.17 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

повітря та рівня вуглекислого газу, які передають дані про стан повітря всередині до мікроконтролера.

2.7 Електрична принципова схема пристрою контролю параметрів мікроклімату

2.7.1 Вибір елементної бази для блоку моніторингу та передачі даних.

Опираючись на раніше розроблені структурну та функціональну схеми системи, можемо приступити до розробки принципової електричної схеми на базі Arduino Uno (розпіновка наведена на рисунку 2.2).

У якості модулю виведення інформації використаємо OLED SPI дисплей на контролері SSD1331. Зовнішній вигляд даного дисплею наведено на рисунку 2.10.



Рисунок 2.10 - Зовнішній вигляд дисплею OLED SPI SSD1331

Характеристики:

- Розширення екрану: 128x64
- Кут огляду: >160 °
- Контролер: SSD1331
- Інтерфейс: SPI
- Напруга живлення: 3V / 5V DC
- Кількість кольорів: 65000

					СУ-61.151.17 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

- Діапазон робочих температур: -30...+70°C
- Розміри: 31,7x37мм.

Давач DHT 22 поєднує в собі дві функції: вимірювання температури та відносної вологості повітря. Він знайшов широкого використання за свою практичність та дешевизну. Зовнішній вигляд та призначення виводів давача наведено на рисунку 2.11.

Основні характеристики:

- тип: AM2302 цифровий;
- точність: 0.1;
- діапазон вимірювання вологості: 0-100%;
- діапазон виміру температури: -40 ~ 80°C;
- точність вимірювання вологості: ± 2% RH;
- точність вимірювання температури: ± 0.5 °C;
- напруга живлення: 3.6-6 V;
- кількість виводів: 4;

DHT22 pins	
1	VCC
2	DATA
3	NC
4	GND



Рисунок 2.11 – Зовнішній вигляд та призначення виводів давача DHT 22

Призначення виводів давача:

- VDD – плюс живлення, від 3,6 до 6 V;
- GND – мінус живлення;

- DATA – вивід для передачі даних;
- NC – не підключається (not connected).

Типова схема підключення датчика DHT 22 наведена на рисунку 3.3.

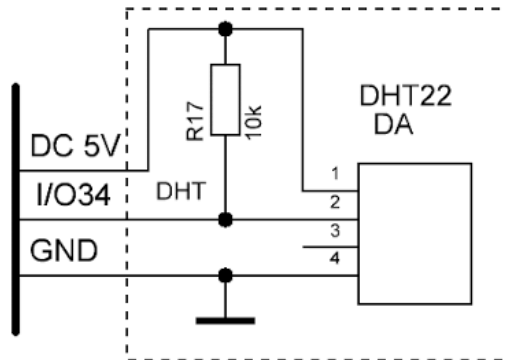


Рисунок 2.12 - Типова схема підключення датчика DHT 22.

Для вимірювання рівня вуглекислого газу в приміщенні використаємо аналоговий датчик газу MQ-9. Зовнішній вигляд датчика та його схема підключення наведені на рисунку 2.13 та рисунку 2.14 відповідно.



Рисунок 2.13 - Зовнішній вигляд датчика MQ-9

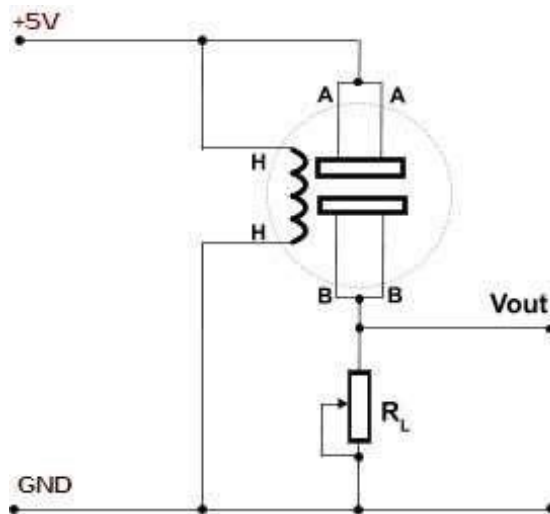


Рисунок 2.14 - Схема підключення датчика MQ-9.

Відповідно до наведених вище розрахунків і пояснень, було створено принципову схему пристрою із такими параметрами:

- напруга живлення: 5 V;
- напруга нагрівника мінімальна: 1,4 V;
- напруга нагрівника максимальна: 5 V;
- опір нагрівника: 33 Ом;
- потужність нагрівника: 340 mW;
- час розігріву: 60-90 с;
- опір датчика: 2-20 кОм.

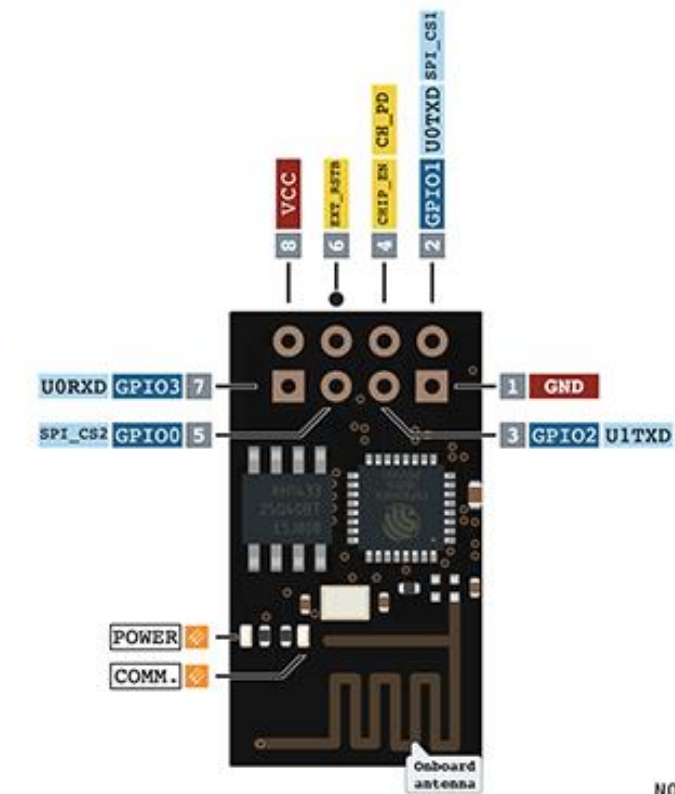
Для передачі даних по мережі інтернет використаємо Wi-fi модуль ESP8266. Він здатний забезпечити високошвидкісну безпроводну передачу даних між різними об'єктами проекту.

Основні параметри:

- підтримка протоколів: 802.11 b / g / n protocol, Wi-Fi Direct (P2P), soft-AP Integrated TCP / IP protocol stack;
- відстань прийому / передачі в ідеальних умовах: 400 м;

										Арк.
										39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУ-61.151.17 ПЗ					

- швидкість UART: 115200 бод / с;
- напруга живлення: 3,3 - 3,6 V



NOTE

Рисунок 2.15 - Розпіновка Wi-fi модуля ESP8266

У якості зовнішнього датчика температури буде використовуватися DS18B20 (зовнішній вигляд зображений на рисунку 2.16). Це повноцінний цифровий термометр, здатний вимірювати температуру в діапазоні від -55°C до $+125^{\circ}\text{C}$ з програмованою точністю 9-12 біт. При виготовленні на виробництві, кожному датчику присвоюється своя унікальна 64-бітова адреса, а обмін інформацією з провідним пристроєм (мікро контролером або платою Arduino) здійснюється по шині 1-wire.

										Арк.
										40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУ-61.151.17 ПЗ					



Рисунок 2.16 – давач температури DS18B20 у вологостійкому корпусі
Основні характеристики давача:

- Напруга живлення: 3V-5.5V;
- Протокол обміну даними: 1-Wire;
- Спосіб підключення: прямий / по одній лінії з паразитних харчуванням;
- Дозвіл перетворення температури: 9 біт - 12 біт;
- Діапазон вимірювання температури: від -55 до +125 °C;
- Період вимірювання температури при максимальній точності 12 біт: 750 мС;
- Тип індексації на лінії 1-Wire: унікальний 64-бітову адресу;
- Є можливість програмування діапазону тривожного сигналу.

2.7.2 Вибір елементної бази для блоку вводу інформації та блоку управління.

Блоком вводу інформації послугує ряд тактових кнопок, які будуть застосовуватися для швидкого вмикання встановлених режимів роботи, або для користування інтерфейсом пристрою. Схема підключення наведена на рисунку

					СУ-61.151.17 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.17.

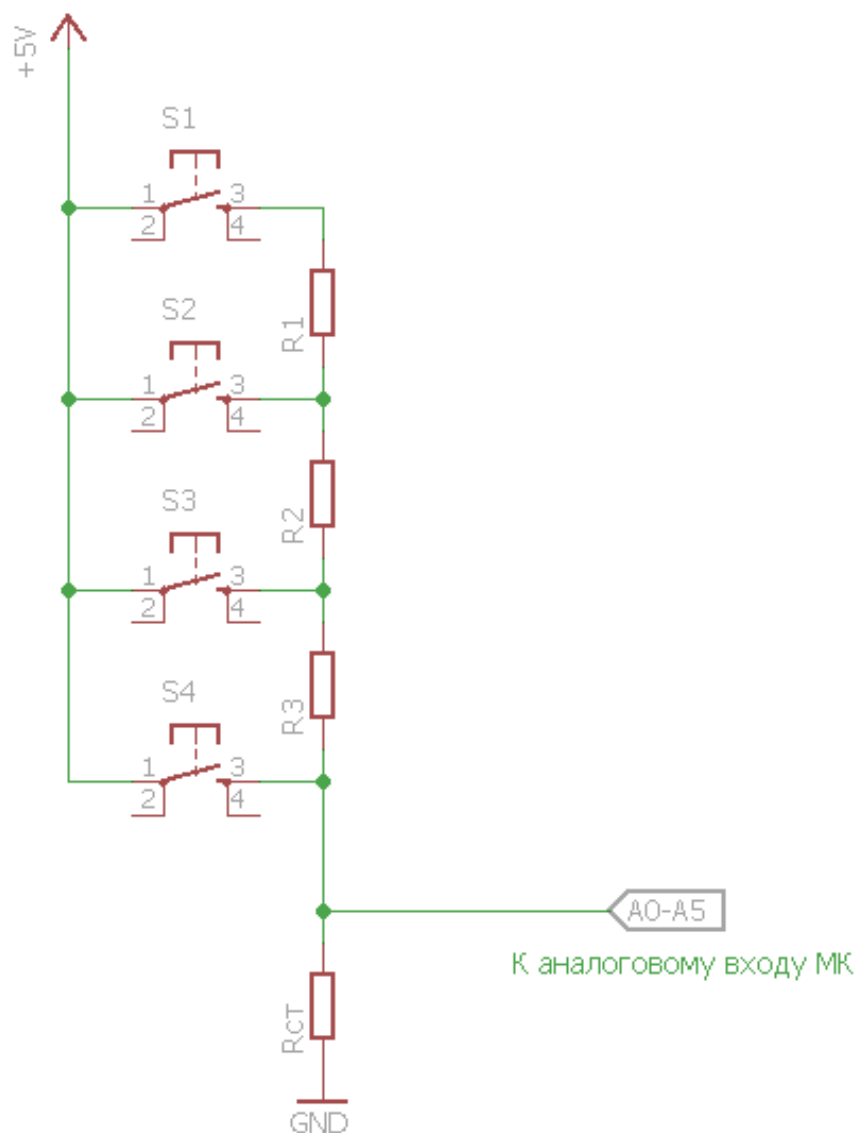


Рисунок 2.17 – схема підключення блоку кнопок

Принцип роботи такого підключення блоку кнопок заснований на зчитуванні та інтерпретації аналого-цифровим перетворювачем мікроконтролера індивідуальної напруги, що формується різними комбінаціями окремих частин схеми. При натисканні на кнопку S4, аналоговий вхід зчитає максимальну напругу 5 V, а кнопка S1 буде видавати мінімальну напругу знижену всіма резисторами в ланцюзі.

Для регулювання повітря у вентиляційній камері будемо використовувати електричні клапани-заслонки моделі 1A5 (зовнішній вигляд показаний на рисунку

					НАЗВА ДОКУМЕНТУ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.9).

Основні характеристики:

- Матеріал: нержавіюча сталь + пластик
- Клапан автоматично відключається в повністю відкритому / закритому

положенні

- Час відкривання / закривання: 8-10 секунд
- Напруга живлення: 220В
- Споживана потужність: 4 Вт
- Діаметр: 4 "



Рисунок 2.18 – Електричний клапан-заслонка моделі 1А5

Для циркуляції повітря по вентиляційним каналам будуть використовуватися вентилятори Hon&Guan HF-75S (зовнішній вигляд наведений на рисунку 2.19).

Основні характеристики Hon&Guan HF-75S:

- Назва моделі: HF-S;
- Розмір патрубків: 75 мм;
- Напруга: 220-240 V;
- Струм: 0,12/0,27 А;
- Споживана потужність: 16/30 W;

					СУ-61.151.17 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

- Частота струму: 50 Hz;
- Рівень шуму: 25-34 dB;
- Частота обертів: 2550/2750 хв-1;
- Максимальна температура переміщуваного повітря: -20 .. +60 °С;



Рисунок 2.19 - Зовнішній вигляд вентилятора Hon&Guan HF-75S

Для нагрівання повітря в холодну пору року буде використовуватися електричний нагрівач ВЕНТС НК 125-2,4-1 (зовнішній вигляд на рисунку 2.20).

Основні характеристики ВЕНТС НК 125-2,4-1:

- Мінімальні витрати повітря: 150 м куб. / год;
- Струм: 7,8 А;
- Напруга: 220 V ;
- Потужність: 2,4 kW;
- Кількість ТЕНів та їх потужність: 3x0.8 kW.

					СУ-61.151.17 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44



Рисунок 2.20 – зовнішній вигляд ВЕНТС НК 125-2,4-1

Отже, визначившись з елементною базою для проєктованої системи та об'єднавши всі функціональні блоки, здійснимо підключення елементів системи та розробимо принципову електричну схему системи контролю параметрів мікроклімату складського приміщення. Схема зображена у додатку Б.

Оскільки деякі виконавчі пристрої системи працюють від напруги 220 В, необхідно забезпечити систему релейними перемикачами аби система не вийшла з ладу. Релейний модуль для Arduino PIC ARM AVR чудово підходить для вирішення цієї задачі.



Рисунок 2.21 – Зовнішній вигляд релейного модуля PIC ARM AVR

Основні характеристики:

- Керування за допомогою: Arduino;

					СУ-61.151.17 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

- Кількість каналів: 1;
- Напруга: 5 V;
- Розміри: 57 x 18 x 20 мм;
- Додаткові характеристики:
 - робочий струм реле: 15 - 20 мА;
 - стандартний інтерфейс, через який можна управляти релейним модулем за допомогою контролерів Arduino, 8051, AVR, PIC, DSP, ARM, ARM, MSP430, TTL logic або з комп'ютера;
 - вага: 17 г.

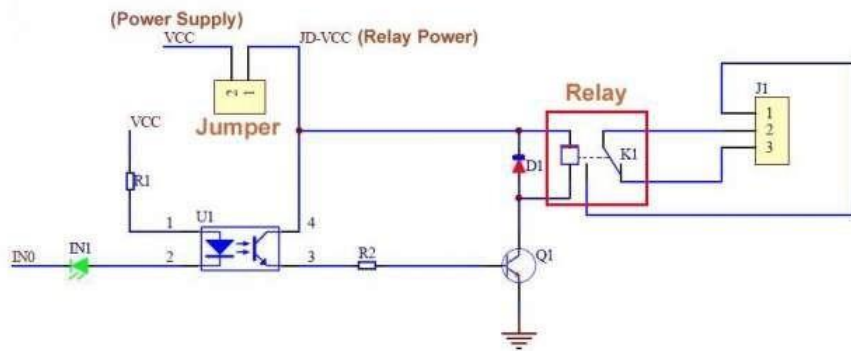


Рисунок 2.22 – Схема підключення релейного модуля PIC ARM AVR

Висновки

1. Був проведений аналіз датчиків, що в подальшому можуть бути застосовані для розробки системи керування мікрокліматом складського приміщення.

2. Відповідно до задач, які повинні виконуватись пристроєм, було розроблено функціональну схему системи вентиляції.

3. Були підібрані необхідні елементи системи для забезпечення її стабільної роботи.

4. На основі структурної та функціональної схем була розроблена загальна принципова електрична схема пристрою для регулювання параметрів мікроклімату в складському приміщенні.

3 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ

3.1 Середовище програмування Arduino IDE

Arduino IDE - це програмне середовище розробки, що використовує C ++ і призначена для програмування всіх плат Arduino. Використовуючи програмне середовище Arduino IDE, можна, ґрунтуючись лише на знаннях C ++, вирішувати найрізноманітніші творчі завдання, пов'язані з програмуванням і моделюванням.

На сьогоднішній день за допомогою Arduino конструюють всілякі інтерактивні, навчальні, експериментальні, розважальні моделі і пристрої.

Інтерфейс порівняно простий в освоєнні, його основою є мова C ++, тому освоїти інструментарій можуть навіть початківці програмісти.

Як і в інших Сі-подібних мовах програмування є ряд правил написання коду. Ось самі базові з них[11]:

- Після кожної інструкції необхідно ставити знак крапки з комою (;);
- Перед оголошенням функції необхідно вказати тип даних, що повертається функцією або void якщо функція не повертає значення;
- Так само необхідно вказувати тип даних перед оголошенням змінної;
- Коментарі позначаються: // Рядковий і / * блоковий * /.

Всі прошивки для Arduino повинні містити мінімум 2 функції. Це setup () і loop ().

Функція setup () виконується на самому початку і тільки 1 раз відразу після включення або перезавантаження вашого пристрою. Зазвичай в цій функції декларують режими пинов, відкривають необхідні протоколи зв'язку, встановлюють з'єднання з додатковими модулями і налаштовують підключення бібліотеки.

Функція loop () виконується після функції setup (). Loop в перекладі з англійської означає «петля». Це говорить про те що функція зациклена, тобто буде виконуватися знову і знову. Наприклад мікроконтролер ATmega328, який

									Арк.
									47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

встановлений в більшості плат Arduino, буде виконувати функцію loop близько 10 000 разів в секунду (якщо не використовуються затримки і складні обчислення). Завдяки цьому у нас є великі можливості.

3.2 Програма для роботи датчика температури DS18B20

Для роботи датчика температури DS18B20 необхідно завантажити бібліотеку OneWire, аби не реалізовувати всі функції вручну.

Основні команди бібліотеки OneWire:

- search (addressArray) - шукає температурний датчик, при знаходженні в масив addressArray записується його код, в іншому випадку - false.
- reset_search () - проводиться пошук на першому приладі.
- reset () - виконання скидання шини перед тим, як зв'язатися з пристроєм.
- select (addressArray) - вибирається пристрій після операції скидання, записується його ROM код.
- write (byte) - проводиться запис байта інформації на пристрій.
- write (byte, 1) - аналогічно write (byte), але в режимі паразитного харчування.
- read () - читання байта інформації з пристрою.
- crc8 (dataArray, length) - обчислення CRC коду.
- dataArray - обраний масив, length - довжина коду.

Алгоритм отримання інформації про температуру в скетчі складається з наступних етапів:

- визначення адреси датчика, перевірка його підключення;
- на датчик подається команда з вимогою прочитати температуру і викласти виміряне значення в регістр;
- подається команда на читання інформації з регістра і відправка отриманого значення в «монітор порту».

Скетч для отримання даних температури з датчика DS18B20 наведений на

									Арк.
									48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

рисунку 3.1.

```
#include <OneWire.h>
/*
 * Опис взаємодії з давачем DS18B20
 * Підключення DS18B20 до Arduino
 */
OneWire ds(8); // Створюємо об'єкт OneWire для шини 1-Wire
void setup(){
  Serial.begin(9600);
}
void loop(){
  // Дізнаємося температуру від давача DS18b20
  byte data[2]; // Місце для значення температури
  ds.reset(); //
  ds.write(0x44); // Задаємо команду давачу DS18b20 виміряти температуру
  delay(1000); // Мікросхема виміряє температуру
  ds.reset(); //
  ds.write(0xBE); // Передаємо значення регістрів зі значенням температури
  data[0] = ds.read(); // Зчитуємо молодший байт значення температури
  data[1] = ds.read(); // Зчитуємо старший байт значення температури
  float temperature = ((data[1] << 8) | data[0]) * 0.0625; // Формуємо кінцеве значення
  // Виводимо отримане значення температури в монітор порта
  Serial.println(temperature);
}
```

Рисунок 3.1 - Скетч для роботи давача DS18B20

3.3 Програма для роботи давача температури та вологості DHT22 та вивід даних на дисплей OLED SPI SSD1331

Для того щоб приступити до написання програми спочатку необхідно завантажити усі необхідні бібліотеки, а саме U8glib – для роботи з дисплеєм OLED SPI SSD1331 та DHT – для роботи з давачем DHT22.

Скетч для отримання даних про стан температур и та вологості повітря та виводу їх значень на екран дисплею наведений на рисунках 3.2 та 3.3.

					СУ-61.151.17 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

#include <Arduino.h>
#include <U8g2lib.h>
#include "DHT.h"
#define DHTPIN 2 // до якого піна ми підключаємо
#define DHTTYPE DHT22
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
#ifdef U8X8_HAVE_HW_SPI
#include <SPI.h>
#endif
#ifdef U8X8_HAVE_HW_I2C
#include <Wire.h>
#endif
U8G2_SSD1306_128X64_NONAME_1_HW_I2C u8g2(U8G2_R0, /* reset=*/ U8X8_PIN_NONE);
void draw(void) {
  // // розміщуємо графічні команди
  float h = dht.readHumidity();
  // зчитуємо температуру в градусах Цельсія
  float t = dht.readTemperature();
  // зчитуємо температуру в Фаренгейтах
  float f = dht.readTemperature(true);
  u8g2.setFont(u8g2_font_helvB10_tf);
  u8g2.setCursor(0, 16);
  u8g2.print("Temp & Humidity");
  u8g2.setFont(u8g2_font_helvB18_tf);
  u8g2.setCursor(0, 42);
  u8g2.print("T= "); u8g2.print(t); u8g2.print(" *C");
  u8g2.setCursor(0, 64);
  u8g2.print("H= "); u8g2.print(h); u8g2.print(" %");
}

```

Рисунок 3.2 – Скетч для роботи з давачем DHT22 та дисплеєм OLED SPI SSD1331 (частина 1)

```

void setup(void) {
  dht.begin();
  u8g2.begin();
}
void loop(void) {
  // чекаємо кілька секунд між вимірюваннями
  delay(2000);
  // Reading temperature or humidity takes about 250 milliseconds!
  // Sensor readings may also be up to 2 seconds 'old' (its a very slow sensor)
  float h = dht.readHumidity();
  // Read temperature as Celsius
  float t = dht.readTemperature();
  u8g2.firstPage();
  do {
    draw();
  } while ( u8g2.nextPage() );
  delay(1000);
}

```

Рисунок 3.3 – Скетч для роботи з давачем DHT22 та дисплеєм OLED SPI SSD1331 (частина 2)

					СУ-61.151.17 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.4 Програма для роботи датчика газу MQ-9

Напишемо скетч для визначення рівня вуглекислого газу в приміщенні за допомогою датчика MQ-9.

```
const int analogSignal = A0; // підключення аналогового сигнального піна
const int digitalSignal = 8; // підключення цифрового сигнального піна
boolean hasGas; // змінна для зберігання значення про наявність газу
int gas = 0; // змінна для зберігання кількості газу
void setup () {
  pinMode (digitalSignal, INPUT); // установка режиму піна
  Serial.begin (9600); // ініціалізація Serial порту
}
void loop () {
  hasGas = digitalRead (digitalSignal); // зчитуємо значення про наявність газу
  gas = analogRead (analogSignal); // і про його кількість
  // виведення повідомлення
  Serial.print ( "Межа");
  if (hasGas) Serial.print ( "не досягнута");
  else Serial.print ( "досягнута");
  Serial.print ( ", рівень газу:");
  Serial.println (gas);
  delay (1000); // затримка 1 с
}
```

Рисунок 3.4 - Скетч для роботи датчика MQ-9

3.5 Створення Web-серверу за допомогою Wi-fi модуля ESP8266

Для роботи з ESP8266 завантажимо бібліотеку UnoWiFiDevEd та розробимо скетч.

```
#include <Wire.h>
#include <UnoWiFiDevEd.h>
void setup () {
  Wifi.begin ();
  Wifi.println ( "Web Server is up"); // Виводимо повідомлення про старт сервера у Wi-fi-консоль
}
void loop () {
  while (Wifi.available ()) {
    process (Wifi);
  }
  delay (50);
}
void process (WifiData client) {
  String command = client.readStringUntil ( '/');
  if (command == "webserver") {
    WebServer (client);
  }
}
```

Рисунок 3.5 - Скетч для Web-серверу (частина 1)

									Арк.
									51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

```

void WebServer (WifiData client) {
  client.println ( "HTTP / 1.1 200 OK");
  client.println ( "Content-Type: text / html");
  client.println ( "Connection: close");
  client.println ( "Refresh: 2"); // Заголовок, який задає період оновлення сторінки в секундах
  client.println ();
  client.println ( "<html>"); // Формуємо сторінку
  client.println ( "<head> <title> UNO WIFI Web-server </ title> </ head>");
  client.print ( "<body> <h2> Приклад виведення значень з аналогових пинов </ h2>");
  client.print ( "<ul>");
  for (int analogChannel = 0; analogChannel <4; analogChannel ++ ) {
    int sensorReading = analogRead (analogChannel);
    client.print ( "<li> на аналоговому вході");
    client.print (analogChannel);
    client.print ( ": <em>");
    client.print (sensorReading);
    client.print ( "</ em> </ li>");
  }
  client.println ( "</ ul> </ body> </ html>");
  client.print (DELIMITER);
}

```

Рисунок 3.6 - Скетч для Web-серверу (частина 2)

					СУ-61.151.17 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

1. Проаналізувавши роботу існуючих систем автоматизації обладнання для підтримання мікроклімату в різних приміщеннях, були визначені основні задачі та вимоги, які повинні виконуватись системою.
2. Було проаналізовано мікрокліматичні показники, які необхідні для зберігання плодовоовочів у якісному стані.
3. На основі визначених завдань та вимог до системи була розроблена та описана структурна схема автоматизації.
4. Розроблено функціональну схему автоматизації, а також алгоритм роботи системи.
5. Було проаналізовано поширені у використанні пристрої для забезпечення підтримки параметрів мікроклімату, та зроблено висновки на основі яких в подальшому була обрана елементна база для розробки системи.
6. Серед популярних мікропроцесорних пристроїв було обрано Arduino Uno на базі контролера ATmega328.
7. Була розроблена принципова електрична схема системи автоматизації обладнання для підтримання мікроклімату.
8. Розроблено програму для роботи елементів системи автоматизації обладнання для підтримання мікроклімату.

					СУ-61.151.17 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. «Основи підприємницької діяльності та агробізнесу». - 2002 - М. М. Ільчук. 398 с.
2. Блог Богдана Данилишина, стаття: «Що нам треба знати про майбутнє, щоб зберегти позитивну динаміку експорту сільгосппродукції?» >> 2020.
3. Мікроклімат приміщень [Електронний ресурс]. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://sitmag.ru/article/9977-mikroklimat-pomeshcheniy>
4. Вентиляція складу та складських приміщень [Електронний ресурс]. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <http://universalpro.com.ua/news/30/>
5. Патент UA 112127 U. Спосіб автоматичного регулювання параметрів мікроклімату в приміщенні. Муратов В. Г., Ананський Д. В. 2016
6. Патент UA 101943 U. Спосіб автоматизованого управління мікрокліматом в приміщенні в режимі циркадного ритму. Зубенко О. В., Бойко О. В., Небилиця М. С. 2015
7. Патент UA 72565 U. Спосіб автоматичного управління мікрокліматом в приміщенні. Гараган Н. Ю., Мазур О. В. 2012
8. Умови зберігання овочів [Електронний ресурс]. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://dovidka.biz.ua/umovi-zberigannya-ovochiv/>
9. Arduino Uno Rev3 / R3 - Характеристики, опис плати [Електронний ресурс]. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://micro-pi.ru/arduino-uno-rev3-r3-%D0%BE%D0%BF%D0%B8%D1%81%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5-%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D1%82%D1%8B/>
10. Налаштування мікроконтролера ATmega328 - опис, характеристики [Електронний ресурс]. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://robolive.ru/mikrokontroller-atmega328-opisanie-xarakteristiki/>
11. Ардуіно для починаючих [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://all-arduino.ru/arduino-dlya-nachinayushhih/>
12. Automatic Control Systems, VENTS Catalog, 2016.
13. Indoor Air Quality, Ventilation and Energy Conservation: Selected Papers from the

					СУ-61.151.17 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

5th International Jacques Cartier Conference, Montreal, Canada, October 7-9, 1992
(Indoor Environment)

14. Climate at home [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу:
http://www.klimatvdomi.com/ventilation/vent_cat_en.html

15. Automatic Control [Електронний ресурс]. – 2003. – Режим доступу до ресурсу:
<https://encyclopedia2.thefreedictionary.com/Automatic+Control>

16. Automatic Control System [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу:
<https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/automatic-control-system>

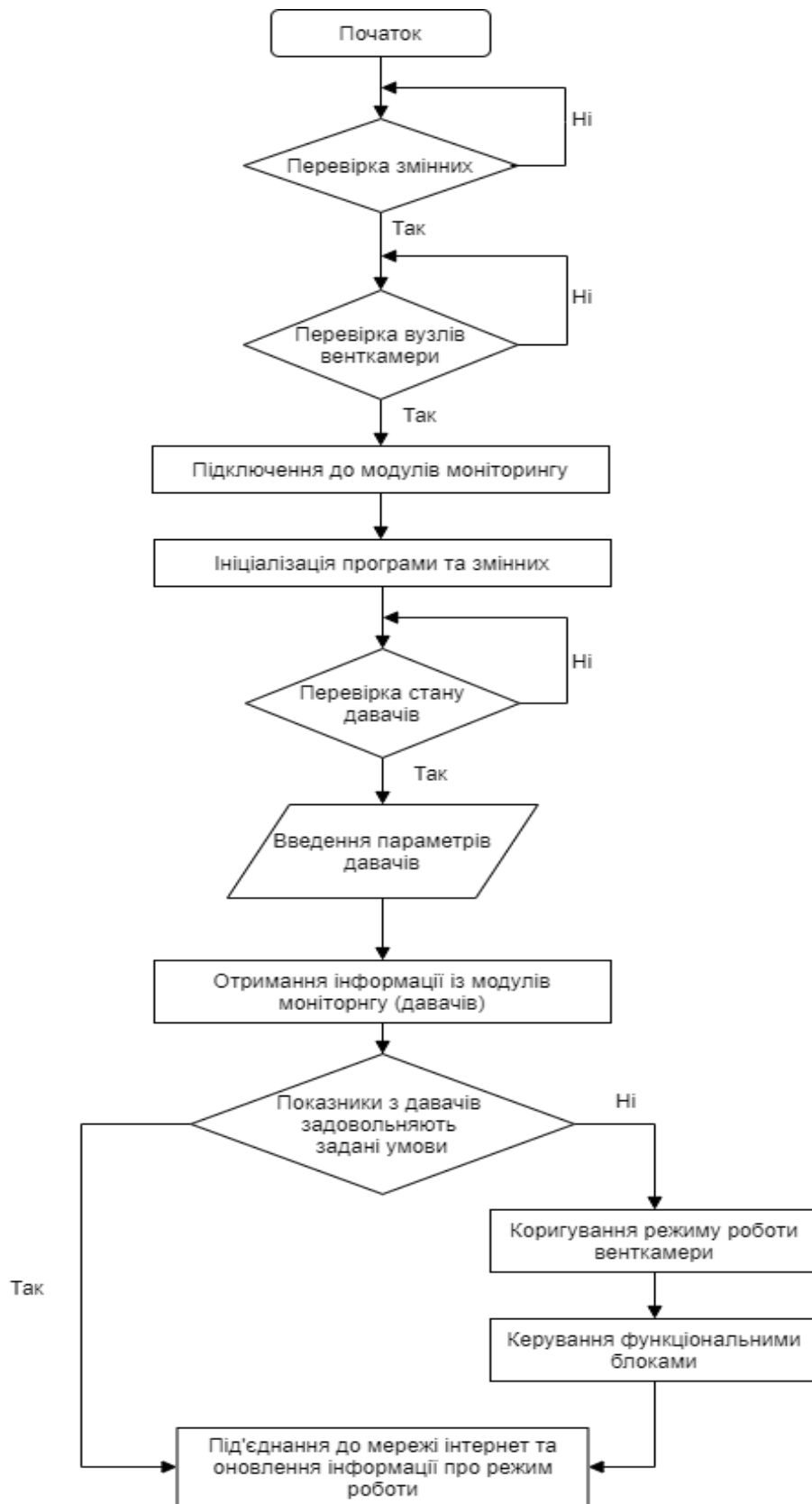
17. Design of Automatic Control System for NDT Device, Liu Bin ,Zhou Min, 2012.

18. Golnaraghi F., Kuo B. Automatic Control Systems, 2017

19. Automatic Control Systems. Victor Iliushko, Sönke Dierks, 2016

					СУ-61.151.17 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

ДОДАТОК А
(алгоритм роботи АСУ вентиляції)



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

