

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ

імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Приладобудівний факультет

Кафедра комп'ютерно-інтегрованих оптичних та навігаційних систем

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Надія БУРАУ

«___» _____ 20__ р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньою програмою «Комп'ютерно - інтегровані системи та

технології в приладобудуванні»

спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані

технології»

на тему: «Автоматизована система для визначення мікроклімату в

приміщенні»

Виконала:

студентка IV курсу, групи ПГ-01

Міщенко Дана Павлівна

Керівник:

Доцент кафедри КІОНС, к.т.н., доцент Півторак Д.О.

Рецензент:

Засвідчую, що у цій дипломній роботі
немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2024 року

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

Приладобудівний факультет

Кафедра комп'ютерно-інтегрованих оптичних та навігаційних систем

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня програма - Комп'ютерно - інтегровані системи та технології в приладобудуванні

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Надія БУРАУ

«___» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

**на дипломний проект студенту
Міщенюк Дані Павлівні**

1. Тема проекту «Автоматизована система для визначення мікроклімату у приміщенні», керівник роботи Півторак Діана Олександрівна, к.т.н., доцент, затверджені наказом по університету від «___» _____ 20__ р. № _____
2. Термін подання студентом роботи 5 червня 2024 р.
3. Вихідні дані до проекту автоматизована система визначення показників параметрів мікроклімату (температури, вологості та вмісту пилу)
4. Зміст роботи Огляд і аналіз існуючих систем визначення показників параметрів мікроклімату, розробка функціональної схеми, вибір елементної бази, розробка програмного забезпечення.
5. Перелік ілюстративного матеріалу (із зазначенням плакатів, презентацій тощо) Структурна схеми, електрична, складальне креслення та деталювання, 3D модель, презентація

6. Консультанти розділів проекту*

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

7. Дата видачі завдання 23 квітня 2024 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Огляд і аналіз літератури	7.05.2024 р.	
2.	Розробка структурної схеми	14.05.2024 р.	
3.	Вибір елементної бази прилади	21.05.2024 р.	
4.	Розробка програмного забезпечення	25.05.2024 р.	
5.	Створення прототипу автоматизованої системи визначення мікроклімату у приміщенні. Перевірка працездатності	31.05.2024 р.	
6.	Оформлення пояснювальної записки. Підготовка до захисту	05.06.2024 р.	

Студент

Дана МІЩЕНЮК

Керівник

Діана ПІВТОРАК

* Якщо визначені консультанти. Консультантом не може бути зазначено керівника дипломної роботи.

АНОТАЦІЯ

У даній дипломній роботі було розроблено автоматизовану систему для визначення мікроклімату в приміщенні, яка може використовуватись на хлібопекарських підприємствах, та досліджено оптимальні умови праці на цих підприємствах. Система надає дані про температуру вологість та вміст пилу, що є важливими факторами для працездатності працівників та виготовленню нормальної продукції. Також було розглянуто типи датчиків для вимірювання потрібних параметрів. Було обґрунтовано здійснено вибір компонентів системи та обрано датчик DHT22 для вимірювання температури та вологості і датчик GP2Y1010AU0F для вимірювання вмісту пилу в повітрі. Ці датчики під'єднуються до мікроконтролера Arduino Nano, який в свою чергу запрограмований на виведення потрібних результатів.

Ключові слова: автоматизована система для визначення мікроклімату в приміщенні, хлібопекарські підприємства, датчик температури, датчик вологості, компонентів системи та обрано Arduino.

ABSTRACT

In this diploma work, an automated system was developed for determining the microclimate in the premises, namely at bakery enterprises, and the optimal working conditions at these enterprises were investigated. The system provides data on temperature, humidity, and dust content, which are important factors for the efficiency of workers and the production of normal products. The types of sensors for measuring the required parameters were also considered. The DHT22 sensor for measuring temperature and humidity and the GP2Y1010AU0F sensor for measuring dust content in the air were justified and selected. These sensors are connected to the Arduino Nano microcontroller, which in turn is programmed to output the desired results.

Keywords: automated system for determining indoor microclimate, bakery enterprises, optimal parameters, temperature sensor, humidity sensor, Arduino.

Зміст

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ	1
АНОТАЦІЯ	4
ABSTRACT	5
Зміст	6
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ	8
ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1	10
ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА	10
1.1 Аналіз мікроклімату	10
1.2 Мікроклімат хлібопекарських підприємств	15
1.3 Аналіз засобів для контролю мікроклімату.	18
Розділ 2	25
РОЗРОБЛЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ В ПРИМІЩЕННІ	25
2.1 Розробка структурної схеми автоматизованої системи для визначення мікроклімату в приміщенні	25
2.2. Вибір елементної бази для розробки автоматизованої системи для визначення мікроклімату в приміщенні	26
2.2.1 Вибір мікроконтролерної плати	26
2.2.2 Вибір датчика температури та вологості	28
2.2.3. Вибір датчика пилу	31
2.2.4. Елементна база для розробки автоматизованої системи для визначення мікроклімату в приміщенні	33

2.3. Проектування макету автоматизованої системи для визначення мікроклімату в приміщенні.....	35
2.4 Розроблення програмного забезпечення для макету автоматизованої системи для визначення мікроклімату в приміщенні	37
2.5 Розробка корпусу для макету автоматизованої системи для визначення мікроклімату в приміщенні	39
2.6. Опис конструкції макету автоматизованої системи для визначення мікроклімату в приміщенні	41
2.7. Демонстрація роботи макету автоматизованої системи для визначення мікроклімату в приміщенні	42
Висновки	46
Список літератури	47
Додатки	51

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

ГДК — гранично допустимі концентрації.

ЕРС — електрорушійна сила.

ПК — персональний комп'ютер.

USB (англ. Universal Serial Bus) — послідовний інтерфейс для підключення периферійних пристроїв до обчислювальної техніки.

UART — апаратні серійні порти.

PWM — широтно-імпульсна модуляція.

GND (ground) — Земля.

VCC (Voltage common collector) — загальний колектор напруги.

Vled — живлення випромінювача +.

LED — керування випромінювачем.

Vo — вихід вимірювача.

IDE (англ. Integrated Development Environment) — інтегроване середовище розробки.

ВСТУП

На підприємствах дуже часто не дотримуються безпечних умов праці. Тому забезпечення контролю мікроклімату підприємств є дуже важливим, бо при недотриманні їх знижується працездатність працівників та якість продукції.

Не дивлячись на вдосконалення технологій і автоматизацію виробничих процесів, шкідливий вплив все одно впливає на організм робочих. Особливо не дотримуються умов праці на підприємствах харчової промисловості.

Для забезпечення належних умов потрібно використовувати автоматизовані системи контролю мікроклімату, та в подальшому змінення несприятливих умов праці, якщо такі будуть помічені.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз мікроклімату

Мікроклімат в приміщенні - це сукупність фізичних параметрів внутрішнього середовища, які впливають на теплообмін і здоров'я людини. Він визначається комбінацією факторів, що впливають на людину, таких як температура, вологість, швидкість повітряного потоку та чистота повітря. Якщо мікроклімат не відповідає стандартам, це може призвести до погіршення самопочуття, виникнення відчуття духоти, проблем з диханням, важкості в грудях, головного болю, пітливості, сонливості, а також зниженням розумової та фізичної працездатності [1]. Тому найголовніше треба слідкувати за атмосферою робочих місць. Загалом найголовнішим чинником мікроклімату є повітря, його важливість беззаперечна. Навіть невеликі зміни в температурі чи вологості повітря можуть негативно вплинути на стан людини. Загалом повітря – це суміш газів, які в нормальній концентрації та без лишніх домішок, підтримує життєдіяльність людини.

Повітря в робочій зоні є ключовим компонентом виробничого середовища, стан якого впливає на комфорт і продуктивність працівників. Робоча зона - це визначена область, де знаходяться робочі місця для постійного або не постійного місцезнаходження робітників [2].

Якість повітря в робочій області характеризується мікрокліматичними параметрами та наявністю шкідливих речовин [2]. Загальні джерела забруднення повітря закритих приміщень показано на рис. 1.1 [3].

Шкідливі речовини - це матеріали, які при взаємодії з тілом людини можуть спричинити хвороби або відмінність від нормальних процесів життєдіяльності. Ці відхилення можуть бути виявлені сучасними методами діагностики як під час безпосереднього контакту з цими речовинами, так і через довгий час після контакту, включаючи вплив на наступні покоління [2].

Найчастіше зустрічаються такі види забруднень, як, солі важких металів, пари бензину, метану, оксиди вуглецю, аміак, оксиди азоту та сірки, пил атмосферний, зола, дим тощо [2].



Рис. 1.1 Джерела забруднень повітря закритих приміщень

Повітря характеризується складом та рівнем забруднення шкідливими речовинами вимірюється за масою (мг) на одиницю об'єму повітря (м³), тобто концентрацією (С, мг/м³). Для цієї концентрації, крім основної одиниці вимірювання - мг/м³, можуть використовуватися інші одиниці, такі як %, млн⁻¹ або «ррт» (кількість частинок речовини на мільйон частинок повітря) [2].

Гігієнічне регулювання шкідливих речовин проводиться за допомогою гранично допустимих концентрацій (ГДК, мг/м³). ГДК - це найвища концентрація, яка при щоденній роботі (за винятком вихідних) протягом 8

годин або при іншому терміні, але не перевищуючи 41 годину на тиждень протягом всього періоду трудового стажу (25 років) не може спричинити порушення нормальної життєдіяльності організму або відмінність від нормального стану здоров'я, які можуть бути виявлені сучасними методами дослідження під час роботи або в далекому майбутньому, включаючи вплив на майбутні покоління [2].

Згідно з регулятивними документами: для робочих просторів встановлюється максимально припустима концентрація в робочій області - $ГДК_{рз}$ (ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007 [4]).

Шкідливі речовини, залежно від ступеня їх впливу на організм, класифікуються на чотири види небезпеки [2]:

- 1 клас - надзвичайно небезпечні речовини, що містять $ГДК_{рз}$ менше $0,1 \text{ мг/м}^3$ у повітрі (смертельна концентрація в повітрі менша 500 мг/м^3);
- 2 клас - високо небезпечні речовини, що містять $ГДК_{рз} = 0,1 \dots 1,0 \text{ мг/м}^3$ (смертельна концентрація в повітрі - $500 \dots 5000 \text{ мг/м}^3$);
- 3 клас - помірно небезпечні речовини, що містять $ГДК_{рз} = 1,1 \dots 10,0 \text{ мг/м}^3$ (смертельна концентрація в повітрі $5000 \dots 50000 \text{ мг/м}^3$);
- 4 клас - мало небезпечні речовини, що містять $ГДК_{рз}$ більше $10,0 \text{ мг/м}^3$ (смертельна концентрація в повітрі $> 50000 \text{ мг/м}^3$).

Оптимальні умови мікроклімату - це комбінація кількісних характеристик мікроклімату, які при регулярному впливі на людину допомагають підтримувати нормальний тепловий стан організму без використання механізмів терморегуляції. Вони створюють відчуття теплового комфорту і сприяють високому рівню продуктивності праці [3]. Дуже важливо підтримувати оптимальні умови на будь-яких підприємствах, особливо тих, які більш схильні до відхилень від норми.

Нормування якості повітря на робочих місцях працівників, і до цього охорона працівників, передбачає як дії, спрямовані на підтримку стандартних

факторів мікроклімату, також дії, що забезпечують дотримання встановленої чистоти повітря. Ці заходи включають [2]:

- забезпечення стандартних параметрів планування побудови підприємств, дотримання санітарних норм та введення заходів захисту працівників;
- контроль шкідливих речовин, та заміна на менш шкідливі речовини;
- вдосконалення технологічних процесів та обладнання;
- автоматизація та дистанційне керування технологічними процесами та обладнанням;
- герметизація виробничого обладнання, робота технологічного обладнання під вакуумом, локалізація шкідливих викидів за допомогою місцевої вентиляції та аспіраційних укриттів;
- забезпечення періодичних медоглядів працівників, засобів особистої гігієни на робочому місці та профілактичних заходів;
- контроль за концентрацією шкідливих речовин у повітрі робочої зони;
- використання засобів індивідуального захисту;
- використання систем вентиляції.

Нормальні параметри мікроклімату наведені в табл. 1.1 [3].

Вентиляція виступає одним з найбільш ефективних методів регулювання стану повітряного середовища в робочій зоні, що стосується як чистоти повітря, так і метеорологічних характеристик.

Вентиляція - це контрольований процес обміну повітря, який допомагає видалити повітря, яке містить шкідливі речовини, з приміщення і замінити його на свіжий. Метою вентиляції є підтримка чистоти повітря та встановлених метеорологічних умов у виробничих приміщеннях [2].

Таблиця 1.1.

Допустимі параметри мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура, °С					Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, %	
		Оптимальна	Допустима				Оптимальна	Допустима на робочих місцях постійних і не постійних, не більше ніж	Оптимальна, не більше ніж	Допустима на робочих місцях постійних і не постійних
			Верхня межа		Нижня межа					
			На робочих місцях							
			Постійних	Не постійних	Постійних	Не постійних				
Холодний	Легка - Іа	22-24	25	26	21	18	40-60	75	0,1	
	Легка - Іб	21-23	24	25	20	17	40-60	75	0,1	
	Середньої важкості - Іа	18-20	23	24	17	15	40-60	75	0,2	
	Середньої важкості - Іб	17-19	21	23	15	13	40-60	75	0,2	
	Важка - ІІІ	16-18	19	20	13	12	40-60	75	0,3	
Теплий	Легка - Іа	23-25	28	30	22	20	40-60	55 (при 28°С)	0,1	0,1-0,3
	Легка - Іб	22-24	28	30	21	19	40-60	60 (при 27°С)	0,2	0,1-0,3
	Середньої важкості - Іа	21-23	27	29	18	17	40-60	65 (при 26°С)	0,3	0,2-0,4
	Середньої важкості - Іб	20-22	27	29	16	15	40-60	70 (при 25°С)	0,3	0,2-0,5
	Важка - ІІІ	18-20	26	28	15	13	40-60	75 (при 24°С)	0,4	0,2-0,6

Найкращим методом буде заздалегідь проектувати всі підприємства враховуючи фактори для чого вони будуть використовуватися, додавати всі заходи нормування якості повітря з самого початку.

Наприклад такі системи використовується в розумних будинках, де постійно вимірюються параметри мікроклімату та одразу змінюються на оптимальні, якщо виходять за допустимі межі. Доступ системи до датчиків та систем вентиляції, відкриття вікон тощо допомагає утримувати мікроклімат в оптимальному стані, що дуже допомагає нормальному самопочуттю людини. Це прекрасний приклад автоматизованої системи мікроклімату, яка одразу керує показниками, що виходять за межі. Якщо б на підприємствах одразу було задумано контроль мікроклімату, працівникам було б набагато легше працювати, бо на даний момент на багатьох підприємствах, особливо де працюють безпосередньо з випіканням, в високих температурах, там не забезпечено достатньо провітрювання, загалом достатньо умов, щоб знизити недопустимі показники параметрів мікроклімату.

1.2 Мікроклімат хлібопекарських підприємств

У харчовій промисловості хлібопечення є провідним в галузі, як за значенням, так і за кількістю зайнятих у ньому робітників. На підприємствах харчової промисловості до теперішнього часу не приділяється належної уваги створенню оптимальних умов мікроклімату, безпечних умов праці, охорони праці та створенню належних соціально-побутових умов для працівників [5].

Для хлібопекарських підприємств дуже важливо дотримуватися оптимального мікроклімату, бо під час випікання температура повітря буде підніматися, що в свою чергу буде дуже негативно впливати на працівників. Зміна температури повітря виробничого середовища з 20°C до 35°C призводить до зниження працездатності людини на 50-60%, що неприпустимо на робочому місці [2].

Найважливішими параметрами мікроклімату хлібопекарних виробництв, які мають бути в межах оптимальних норм представлені на рис. 1.2.

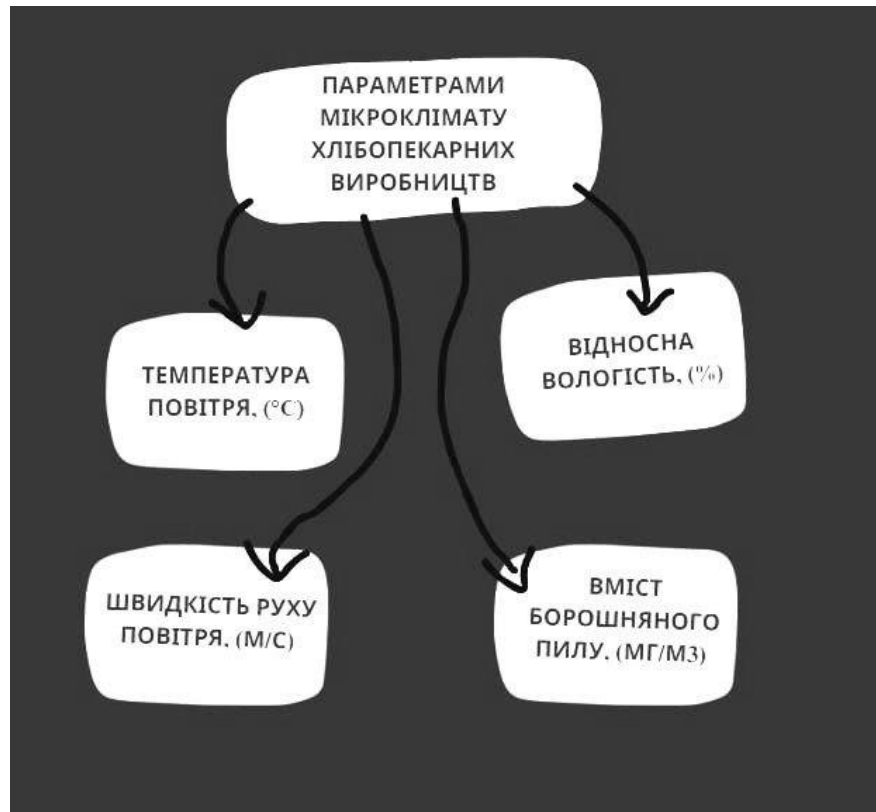


Рис. 1.2. Параметрами мікроклімату хлібопекарних виробництв, які мають бути в межах оптимальних норм

Оптимальні межі цих параметрів встановлює закон України «Про систему громадського здоров'я» [6].

Санітарно-гігієнічне регулювання умов мікроклімату проводиться відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень»[7], які визначають оптимальні та прийнятні параметри мікроклімату, залежно від загальних витрат енергії організму під час виконання робіт і пори року, а також з урахуванням по типу перебування на робочому місці (постійне, непостійне). При контролі умов праці виокремлюють два сезони року - теплий (середньодобова температура зовнішнього середовища $+10^{\circ}\text{C}$ та вище) та холодний (середньодобова температура зовнішнього середовища не перевищує 10°C); і два типи

робочих місць - постійне (працівник перебуває на робочому місці не менше 50% всього робочого часу, або не менше 2 годин безперервно) та непостійне [2]. По цим характеристикам визначаються нормальні санітарно-гігієнічні норми. Так само відрізняють оптимальні умови за типом цеху та відділення, де знаходяться працівники. Наприклад на хлібопекарських підприємствах вирізняють цех з випічки пшеничного хліба та цех з випічки житнього хліба, які в свою чергу поділяються на тістоприготувальне відділення та пекарське відділення.

Оптимальні значення параметрів мікроклімату наведені в табл. 1.2 [5].

Таблиця 1.2

Допустимі параметри мікроклімату хлібопекарських підприємств

Показники параметрів мікроклімату	Параметри			
	Цех з випічки пшеничного хліба		Цех з випічки житнього хліба	
	Тістоприготувальне відділення	Пекарське відділення	Тістоприготувальне відділення	Пекарське відділення
Холодний період року				
Температура повітря, °С	15-22	17-23	15-22	17-23
Відносна вологість, %	15-75	15-75	15-75	15-75
Швидкість руху повітря, м/с	0,2-0,4	0,1-0,3	0,2-0,4	0,1-0,3
Теплий період року				
Температура повітря, °С	21,1-27,0	22,1-27,0	21,1-27,0	22,1-27,0
Відносна вологість, %	15-75	15-75	15-75	15-75
Швидкість руху повітря, м/с	0,2-0,5	0,2-0,4	0,2-0,5	0,2-0,4
Вміст борошняного пилу, мг/м ³	4,0	-	4,0	-

При недотриманні цих значень (див. табл. 1.2.) робітники будуть мати проблеми з нормальним самопочуттям. Висока температура, яка зазвичай притаманна хліборобним підприємствам, викликає такі стани як запаморочення, нудоту та існує ризик отримати тепловий удар. При великому рівні вмісту борошняного пилу будуть проблеми з диханням, що все в сукупності буде призводити до зниження працездатності працівників. І окрім цього, це впливає і на якість виробленої продукції. Вологість та температура виробничих приміщень впливають на реологічні властивості тіста (сукупність показників, яка демонструє стан і поведінку тіста при замісі і протягом всього процесу виготовлення), що може змінити його газоутримуючу здатність та еластичність. Якість повітря впливає на мікробіологічний показник хліба, такі як кількість мікроорганізмів, що може вплинути на термін зберігання та свіжість продукції. Для забезпечення оптимального мікроклімату важливо контролювати температуру та вологість на всіх етапах виробництва, від замішування тіста до зберігання готових виробів. Це допоможе підтримувати високу якість продукції та задовольняти вимоги споживачів.

1.3 Аналіз засобів для контролю мікроклімату.

Дослідження мікроклімату хлібопекарських підприємств полягає в вимірюванні температури, вологості, швидкості руху повітря та вмісту пилу. Для цього буде розглянуто, які датчики можна використовувати для вимірювання цих параметрів. Ці датчики мають відповідати можливим умовам використання, температура в межах від -20°C до 50°C , вологість в межах від 0 до 85 відсотків, та датчик вмісту борошняного пилу має реагувати на частинки борошна від 30 до 400 мкм.

Для дослідження та вимірювання температури існують термістори, термопари, цифрові напівпровідникові датчики та термоперетворювачі опору.

Термістори є сенсорами, які змінюють свій опір в залежності від температури. Чутливі елементи для термісторів виконуються на основі

різноманітних оксидів металів. Вони можуть бути використані для точного контролю температури в печах та інших приміщеннях. Перевагою термісторів є висока чутливість, малий розмір та невелика ціна. Основними недоліками являються нелінійність характеристики, слабка перешкодостійкість, відсутність взаємозамінності. Термістори різної форми зображено на рис. 1.3 [8, 9].

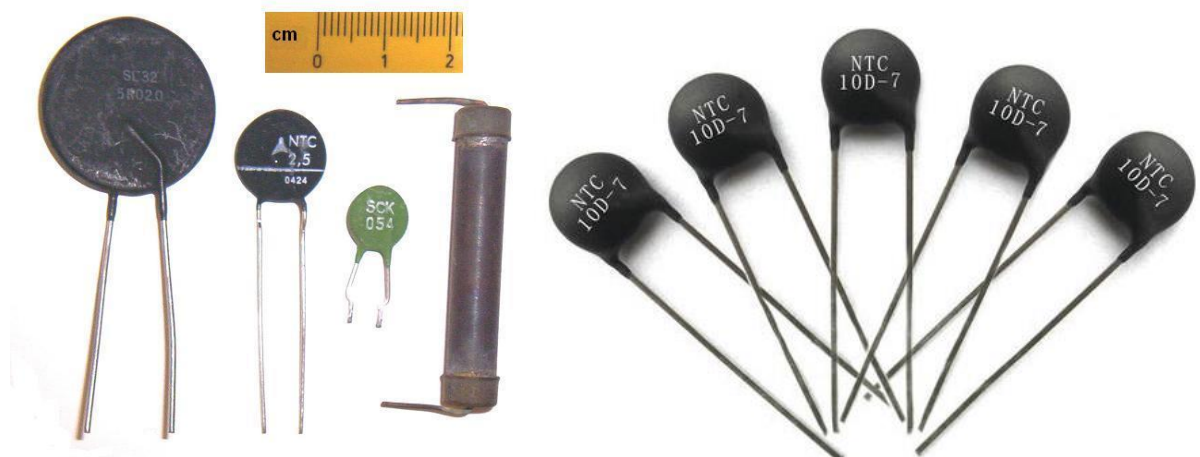


Рис. 1.3 Термістори

Термопари використовують для вимірювання температури, базуючись на електромагнітних характеристиках металів. Основними перевагами термопар є широкий діапазон вимірювання температури від -200°C до 2500°C , простота і надійність конструкції, а також доступна вартість. Основними недоліками термопар є точність вимірювання від 1°C , необхідність компенсації температури холодного спаю (в сучасних приладах вводиться автоматична корекція до вимірюваної ЕРС (електрорушійна сила)), нелінійна залежність вихідної напруги термопари від температури. Термопари зображені на рис. 1.4 [10, 11].

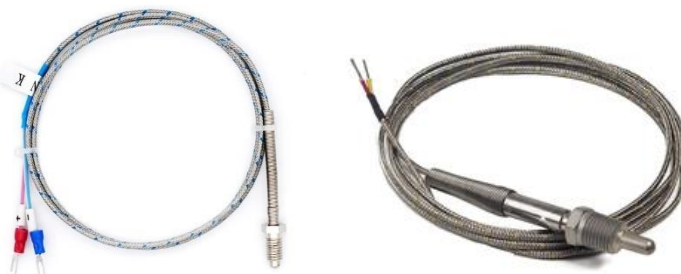


Рис. 1.4. Термопари

У цифрових напівпровідникових датчиках температури, чутливий елемент представляє собою інтегральну мікросхему, яка включає в себе чутливий елемент та перетворювач для перетворення сигналу в цифровий формат. Основні переваги таких датчиків включають зручність підключення (не потрібно прокладати окрему кабельну мережу безпосередньо до кожного датчика, оскільки всі датчики підключаються до однієї спільної мережі), цифровий сигнал, що уникає необхідності використання різних перетворювачів для створення вимірювального ланцюга, та доступність. Однак, такі датчики мають деякі недоліки, такі як низька стійкість до перешкод (датчики можуть давати неправильні показники, якщо поруч розташована силова лінія або працює електродвигун), недостатня точність (лише $0,5^{\circ}\text{C}$) та обмежений робочий діапазон до 125°C . Цифрові напівпровідникові датчики температури представлені на рис. 1.5 [12, 13].

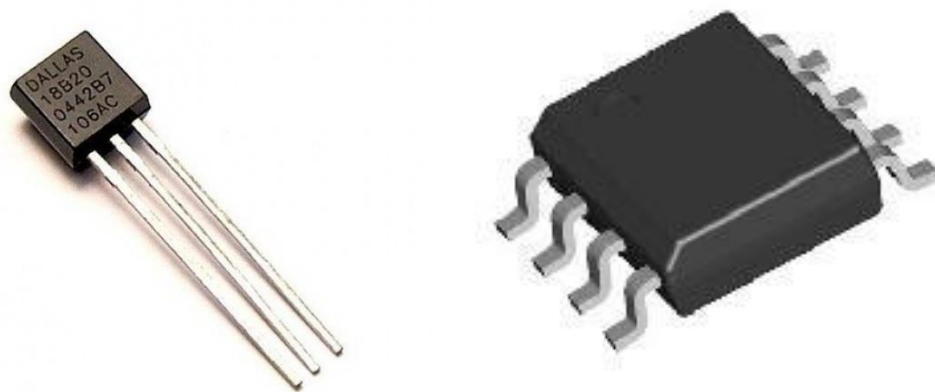


Рис.1.5. Цифрові напівпровідникові датчики температури

Термоперетворювачі опору працюють за тим же принципом, що і термістори, - вони змінюють опір відповідно до температури. Вони характеризуються високою точністю (до $0,1^{\circ}\text{C}$), стабільністю показників, наближеністю характеристик до лінійної залежності та можливістю взаємозаміни. Термоперетворювач опору зображений на рис. 1.6 [14, 15].



Рис. 1.6. Термоперетворювач опору

Датчик вологості - це пристрій, що вимірює відносну вологість атмосфери. Відносна вологість повітря прямо корелює з його температурою, тому такі датчики зазвичай також мають здатність вимірювати температуру. Існують різноманітні типи датчиків вологості, включаючи ємнісні, резистивні та термічні.

Ємнісний датчик вологості вимірює відносну вологість, розташовуючи тонку полосу оксиду металу між двома електродами. Електрична ємність оксиду металу змінюється в залежності від відносної вологості повітря. Ємнісні датчики вологості зображені на рис. 1.7 [16].



Рис. 1.7. Ємнісні датчики вологості

Резистивні датчики вологості використовують іони в солях для вимірювання електричного опору атомів. У міру зміни вологості, змінюється опір електродів по обидві сторони від сольовий середовища. Резистивні датчики вологості зображений на рис. 1.8 [17].



Рис.1.8. Резистивні датчики вологості

Термічні датчики вологості - це один з типів датчиків вологості, які використовуються для вимірювання відносної вологості повітря. Вони використовують термістори, які є нелінійними електронними елементами, у яких опір в великій мірі змінюється при незначній зміні температури. Термічні датчики вологості зображений на рис. 1.9 [18].



Рис. 1.9. Термічні датчики вологості

При аналізі швидкості руху повітря важливо враховувати, що через пульсацію теплового випромінювання, а також через нерівномірне розташування джерел тепла, напрямки повітряних потоків у виробничих

приміщеннях можуть значно змінюватися. Тому, перед вимірюванням швидкості руху повітря, необхідно встановити напрямок повітряних потоків (за відхиленням тонких стрічок паперу) [19].

Без врахування робочих місць та різних секторів всієї робочої зони, швидкість руху повітря також вимірюється у відкритих проходах воріт, дверей, вікон, ліхтарів, а також на різних відстанях від них. Рух повітря вимірюється за допомогою анемометрів і кататермометрів. Для вимірювання швидкості руху повітря використовують крильчаті (0,3–0,5 м/с) та чашкові (1–20 м/с) анемометри, а для визначення низьких швидкостей руху повітря (менше 0,5 м/с) – термоанемометри та кататермометри. Датчики вимірювання швидкості руху повітря зображено на рис. 1.10 [20, 21].



Рис. 1.10. Датчики швидкості руху повітря

Датчики пилу використовуються для вимірювання ступеня запиленості або задимленості повітря. Вони можуть бути корисними для автоматизації систем вентиляції та кондиціонування повітря. Датчики вимірювання пилу поділяються на оптичні та лазерні.

Оптичний датчик пилу та диму, використовується для визначення концентрації пилу у повітрі, принцип роботи заснований на інфрачервоному світлодіоді, вбудованому в датчик, коли пил потрапляє в нього, він заломлюється, зменшуючи інтенсивність інфрачервоних променів через що відбувається зміна напруги. Оптичний датчик пилу та диму зображено на рис. 1.11 [22].



Рис. 1.11. Оптичний та лазерний датчики пилу та диму

Модуль лазерного датчика пилу – це поширений датчик невеликого розміру, який використовує принцип лазерного розсіювання для виявлення частинок пилу в повітрі з хорошою консистенцією та стабільністю. Модуль лазерного датчика пилу зображено на рис. 1.11 [23].

Для забезпечення комфортних умов роботи автоматизованої системи для визначення мікроклімату в приміщенні потрібно вимірювати та контролювати показники мікроклімату (відповідно до табл. 1.2), а саме: температуру, вологість, швидкість повітря, вміст борошняного пилу. Для вирішення даної задачі необхідно розробити автоматизовану систему, яка буде давати можливість вимірювати названі показники.

Розділ 2

РОЗРОБЛЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ В ПРИМІЩЕННІ

2.1 Розробка структурної схеми автоматизованої системи для визначення мікроклімату в приміщенні

Автоматизована система для визнання мікроклімату в приміщенні складається з датчика температури, датчика вологості, датчика пилу та мікроконтролера Arduino. Ця система забезпечує доступ до даних в реальному часі та визначення чи оптимальні ці дані для хлібопекарських підприємств.

Автоматизована система - це сукупність засобів автоматизації, які реалізує систему виконання потрібних функцій. Основна мета систем автоматизації - створення таких систем, які повністю задовольняють результат і є максимально ефективними.

Структурна схема автоматизованої системи для визначення мікроклімату в приміщенні зображена на рис. 2.1.

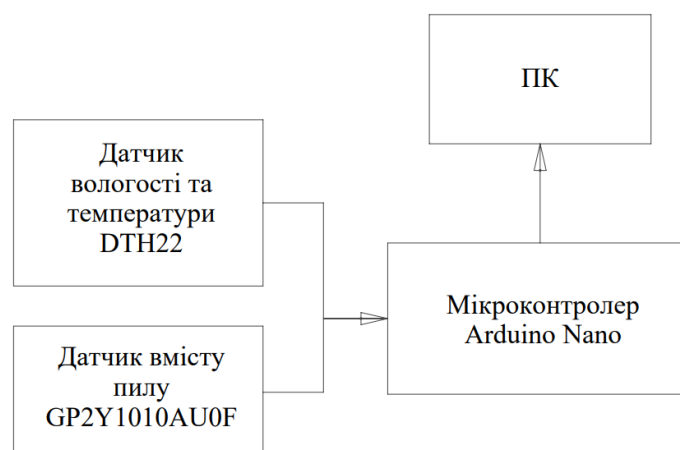


Рис 2.1 Структурна схема автоматизованої системи для визначення мікроклімату в приміщенні

Основа роботи цієї системи (рис. 2.1) заснована на мікроконтролері, який є ключовим елементом структурної схеми і обробляє дані. До мікроконтролера підключаються датчик вологості та температури та датчик вмісту пилу. Система живиться через кабель від персонального комп'ютера (ПК). Для завантаження програмного коду на мікроконтролер використовується ПК, який через USB порт дозволяє підключити мікроконтролер до ПК.

2.2. Вибір елементної бази для розробки автоматизованої системи для визначення мікроклімату в приміщенні

Вибір елементної бази потрібно здійснити так, щоб датчики могли здійснювати вимірювання параметрів температури, вологості та вмісту борошняного пилу допустимих показників, які наведені в табл. 1.2.

2.2.1 Вибір мікроконтролерної плати

Для розробки автоматизованої системи для визначення мікроклімату в приміщенні можуть бути використані Arduino Mega 2560 Arduino Nano, Arduino Uno. Розглянемо характеристики цих плат.

Arduino Nano - це компактна, гнучка до макетної плати мікроконтролерна плата, яка базується на ATmega328p. Вона має 14 цифрових входів/виходів, 8 аналогових входів, 2 порти Reset та 6 живлення. Також має флеш-пам'ять 16 КБ та оперативна пам'ять 1 КБ. Живлення забезпечується за допомогою кабелю від персонального комп'ютера. Для запису програмного коду на мікроконтролер використовується комп'ютер, де за допомогою USB порту можна під'єднати мікроконтролер до ПК [24]. Переваги: компактний розмір, доступність, універсальність, ефективність споживання енергії, легкість використання та можливість інтеграції. Недоліки: відсутність вбудованого з'єднання, обмежена вбудована пам'ять може ускладнити роботу складних програм [25].

Arduino Uno: Arduino Uno - це мікроконтролерна плата, яка базується на ATmega328P2. Вона має 14 цифрових входів/виходів (з яких 6 можуть використовуватися як виходи PWM), 6 аналогових входів, кристалічний резонатор з частотою 16 МГц, USB-з'єднання, роз'єм живлення та кнопку скидання. Також має флеш-пам'ять 32 КБ та оперативна пам'ять 2 КБ. Все необхідне для підтримки мікроконтролера вже є на платі [24]. Переваги: досить низька вартість, не потрібно додаткового програматора або джерела живлення. Недоліки: немає розуміння мікроконтролера AVR, скетчі та щити можуть бути важкими для модифікації [26].

Arduino Mega 2560 - це мікроконтролерна плата, яка базується на ATmega25603. Вона має 54 цифрових входи/виходи, 16 аналогових входів, 4 UART (апаратні серійні порти), кристалічний резонатор з частотою 16 МГц, USB-з'єднання, роз'єм живлення та кнопку скидання. Також має флеш-пам'ять 256 КБ та оперативна пам'ять 8 КБ [24]. Переваги: низьке споживання енергії з швидким запуском, легше використовувати, оскільки 8-бітний мікроконтролер менш складний, ніж версії на 32/64 біт. Недоліки: обмежена кількість циклів запису в Flash-пам'ять обмежує кількість разів, коли зображення можуть бути записані при програмуванні на ПК [27].

Після аналізу характеристик плат, було вибрано Arduino Nano. Ця плата має 14 цифрових і 8 аналогових входів для підключення всіх компонентів системи, а також флеш-пам'ять та оперативну пам'ять для зберігання програмного коду. Хоча плати Arduino Uno та Arduino Mega 2560 мають більше вільної пам'яті, для розробки макету автоматизованої системи для визначення мікроклімату в приміщенні достатньо використати Arduino Nano.

Основні характеристики плати Arduino Nano:

- мікроконтролер: ATmega328P;
- тип корпусу: TQFP-32;
- робоча напруга: 5В;
- вхідна напруга (рекомендована): 7-12В;
- цифрових входів / виходів: 14 Аналогових входів: 8;

- сила струму на входах / виходах: 40 мА;
- сила струму для 3.3В виходу: 50 мА;
- SRAM: 2 кБ;
- EEPROM: 1 кБ;
- частота: 16 МГц

Зовнішній вигляд Arduino Nano показано на рис. 2.2 [28].

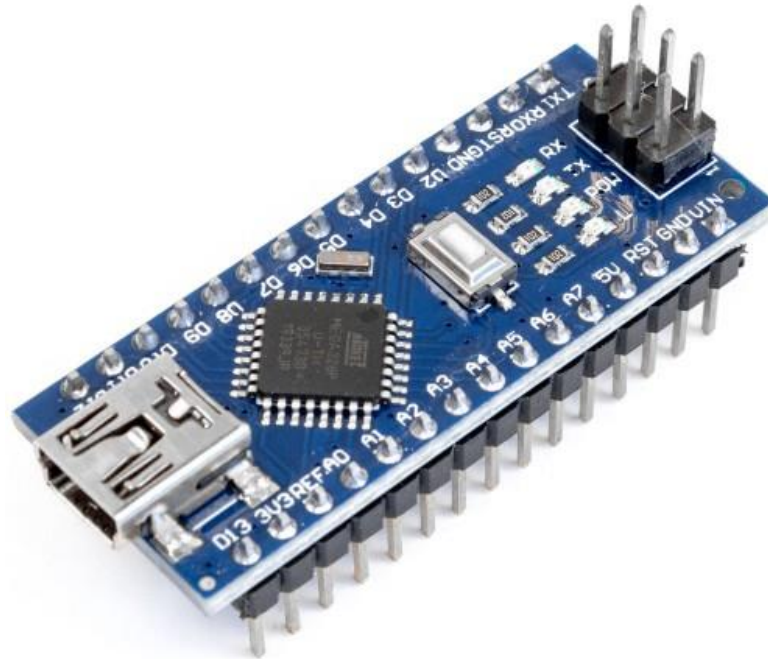


Рис.2.2 Зовнішній вигляд Arduino Nano

2.2.2 Вибір датчика температури та вологості

Для вимірювання температури існує багато різних датчиків. Розглянемо декілька з них, а саме TMP36, DS18B20, DHT22.

TMP36 - це аналоговий датчик температури. Він працює за принципом, коли збільшується температура, то напруга через діод збільшується за відомою швидкістю. Переваги: ці датчики не мають рухомих частин, вони точні, не зношуються, не потребують калібрування, працюють в багатьох умовах навколишнього середовища і є стабільними між датчиками та

вимірами. Недоліки: При додаванні декількох датчиків температура може бути нестабільною, через те, що датчики взаємно перешкоджають один одному при перемиканні аналогового кільця читання з одного піна на інший.

DS18B20 - це цифровий вимірювач температури з роздільною здатністю 9-12 біт. Переваги: головною перевагою DS18B20 є його розмір, він настільки малий і компактний, що його можна використовувати майже скрізь. Недоліки: єдиним недоліком датчика є те, що коли він ламається, то в ньому немає замінних частин. Вам доведеться змінити датчик в цілому.

DHT22 — це цифровий датчик температури та вологості. Він використовує ємнісний датчик вологості та термістор для вимірювання навколишнього повітря та видає цифровий сигнал на контакт даних (аналогові входи не потрібні). Він досить простий у використанні, але вимагає ретельного визначення часу для отримання даних. Єдиним справжнім недоліком цього датчика є те, що користувач можете отримувати нові дані з нього лише кожні 2 секунди, тому під час використання нашої бібліотеки показання датчика можуть бути давнішими до 2 секунд.

Основні характеристики цих датчиків написані в табл. 2.1

Таблиця 2.1

Характеристики датчиків температури

	DHT22	DS18B20	TMP36
Живлення	3.3-6 В	3-5 В	2.7-5.5В
Діапазон температур	-40-80°C	-55 °C до +125 °C	-40°C..+125°C
Точність	0,5°C	0.5 °C	0.5 °C
Ціна	151 грн	42 грн	46 грн

АМТ1001 - це датчик відносної вологості та температури, який використовує аналоговий вихідний сигнал. Цей датчик має високу точність, високу надійність, хорошу узгодженість та компенсацію температури, що забезпечує довготривалу стабільність. Переваги: низьке споживання енергії,

маленький розмір, компенсація температури, вихідний сигнал однієї шини через вбудований АЦП, що заощаджує ресурси вводу/виводу контролера. Недоліки: якщо є багато датчиків, то датчики взаємно перешкоджають один одному при перемиканні аналогового кільця читання з одного піна на інший.

НІН7121 - це цифровий датчик відносної вологості та температури. Переваги: відмінна стабільність на довготривалий період, низьке споживання енергії, надійність, низька вартість, невеликий розмір. Недоліки: немаленька ціна.

DHT11 - це цифровий датчик відносної вологості та температури. Він використовує датчик вологості та термістор для вимірювання температури. Переваги: широко доступний, низьке споживання енергії, надійна робота, компактний розмір. Недоліки: обмежена точність, повільний час реакції, обмежений діапазон робочих температур від 0°C до 50°C.

Основні характеристики цих датчиків написані в табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Характеристики датчиків вологості та температури

	DHT11	DHT22	НІН7121	АМТ1001
Живлення	3,5-5 В	3.3-6 В	2.3-5.5 В	4,75 - 5,25 В
Діапазон вологості	20-80%, $\pm 5\%$	0-100%, $\pm 2\%$	0-100%, $\pm 3\%$	20- 95 %, $\pm 5\%$
Діапазон температур	0-50 °C ± 2 °C.	-40-80°C $\pm 0,5^\circ\text{C}$	-40-100°C ± 0.5 °C	-
Ціна	46 грн	151 грн	544 грн	271 грн

Саме через точність температури та вологості, було обрано DTH22 для вимірювання і температури і вологості. Так як точність вимірювання температури $\pm 0.5^\circ\text{C}$, як і в більшості датчиків вимірювання температури.

Обрано DTH22 хоч він і дорожчий, але одразу забезпечує точніші виміри як і температури, так і вологості. Діапазон температур підходить для

розроблювальної системи визначається мікроклімату, так як на хлібопекарських підприємствах хоч і виникають високі температури, але діапазон до 80 °С забезпечує наші потреби вимірів. Діапазон вологості повітря безперечно нам підходить, бо він покриває весь існуючий діапазон, тобто від 0 до 100 %. Зовнішній вигляд датчик DTH22 показано на рис. 2.3.



Рис. 2.3 датчик DTH22

2.2.3. Вибір датчика пилу

Розглянемо датчики вимірювання вмісту пилу які можуть задовольняти вимогам до розробляємої системи.

PMS5003 - це оптичний датчик якості повітря, який використовується для виявлення надзвичайно дрібних частинок пилу за допомогою оптичної системи виявлення, такої як джерело світла в повітрі, наприклад дим, сигарета і т.д. Цей датчик також називається оптичним датчиком якості повітря і він зазвичай використовується в системах очищення повітря. Цей датчик компактний. Робоча напруга зазвичай варіюється від 4,5 В до 5,5 В. Споживання струму менше 20 мА. Мінімальний розмір виявлюваного пилу становить 0,5 мкм. Діапазон виявлення щільності пилу до 580 мкг/м³. Час

виявлення менше 1 секунди. Робоча температура варіюється від -10°C до $+65^{\circ}\text{C}$.

GP2Y1010AU0F – це датчик пилу за допомогою оптичної сенсорної системи з інфрачервоним випромінюючим діодом і фототранзистором, які розташовані по діагоналі в цьому пристрої. Він виявляє відбите світло пилу в повітрі. Особливо він ефективний для виявлення дуже дрібних часток, таких як сигаретний дим. Вихід датчика є аналоговою напругою, пропорційною вимірній щільності пилу, з чутливістю $0,5\text{ В}/0,1\text{ мг/м}^3$. В порівнянні з іншими датчиками пилу головною перевагою GP2Y1010AU0F є його доступна ціна та можливість підключення до макету автоматизованої системи з Arduino. Так само в більш дорогих моделях не має підключення до плат Arduino, тому обрано більш дешевший та доступний варіант. Зовнішній вигляд датчика пилу, який використовується в автоматизованій системі для визначення мікроклімату показано на рис. 2.4. Так як розмір часток борошна від 30 до 400 мкм, цей датчик буде підходити для встановлення в хлібопекарському приміщенні.

Обрано датчик GP2Y1010AU0F, тому що він набагато дешевший та доступніший для покупки.

Технічні характеристики датчику пилу GP2Y1010AU0F [29]:

- чутливість: $0,5\text{ В}/(100\text{ мкг/м}^3)$;
- діапазон вимірювання: 500 мкг/м^3 ;
- живлення: $2,5\text{ В}\sim 5,5\text{ В}$;
- робочий струм: 20 мА (макс.);
- робоча температура: $-10^{\circ}\text{C}\sim 65^{\circ}\text{C}$;
- температура зберігання: $-20^{\circ}\text{C}\sim 80^{\circ}\text{C}$;
- розміри: $63,2\text{ мм} \times 41,3\text{ мм} \times 21,1\text{ мм}$;
- розмір монтажних отворів: $2,0\text{ мм}$;
- розмір повітряного отвору: $9,0\text{ мм}$;



Рис. 2.4 Датчик пилю GP2Y1010AU0F

GP2Y1010AU0F має 6 виходів. Розподілення виходів датчику пилю наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Розподілення виходів датчику пилю

Вихід датчика	Arduino Pin
V-LED (живлення випромінювача +)	5 V
LED-GND(живлення випромінювача -)	GND
LED(керування випромінювачем)	Цифровий контакт 2 (D2)
S-GND(живлення вимірювача -)	GND
Vo(вихід вимірювача)	Аналоговий контакт 0 (A0)
VCC(живлення вимірювача +)	5V

2.2.4. Елементна база для розробки автоматизованої системи для визначення мікроклімату в приміщенні

Для розробки автоматизованої системи для визначення мікроклімату в приміщенні було обрано такі елементи:

- Датчик температури й вологості DHT22;
- Датчик пилу GP2Y1014AU;
- Arduino Nano V3.

Для автоматизованої системи для спрощення під'єднання датчиків було вирішено використовувати макетну плату. Приклад вигляду макетної плати та як вона влаштована показано на рис. 2.5 [28, 30]. Макетна плата використовується для простішого підключення плат Arduino до датчиків та деталей. Принцип роботи макетної плати буде простий та зручний – розроблену систему не потрібно паяти, так як в кожному отворі є кліпси, які замикають схему. Кожен рядок позначений числами зв'язані між собою, окрім доріжок плюса та мінуса на які подається живлення, які позначені червоною та блакитною лінією відповідно. На одному рядку можна підключити до 5 елементів, які будуть пов'язані один з одним. В наш час макетні плати це дуже зручний варіант збирання систем, перевіряти схеми, елементи, дуже швидко, бо плата не потребує спайки. Хоча вони і мають так само свої недоліки такі як ненадійність під'єднання в порівнянні з припоєм та потреба в корпусі для схем зібраних за допомогою макетних плат.

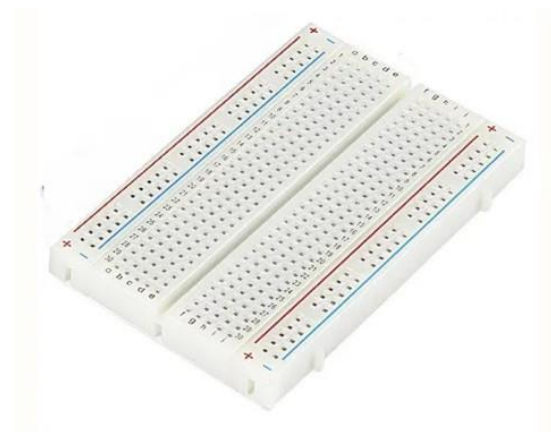


Рис. 2.5 Макетна плата

2.3. Проектування макету автоматизованої системи для визначення мікроклімату в приміщенні

Датчик DHT22 підключається першим контактом ліворуч до джерела живлення 3-5 В, другим контактом – до входу даних, а крайній правий – до землі. Схема підключення зображена на рис. 2.6 [31]. Вже підключений датчик до макетної плати до Arduino Nano показано на рис. 2.7.

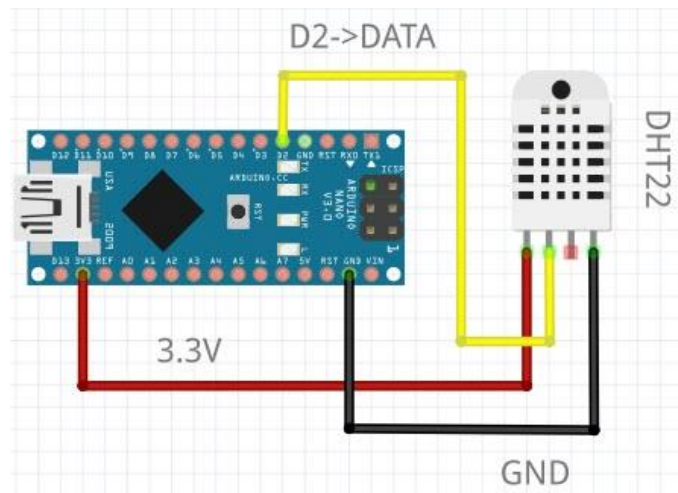


Рис. 2.6. Схема підключення датчика DHT22

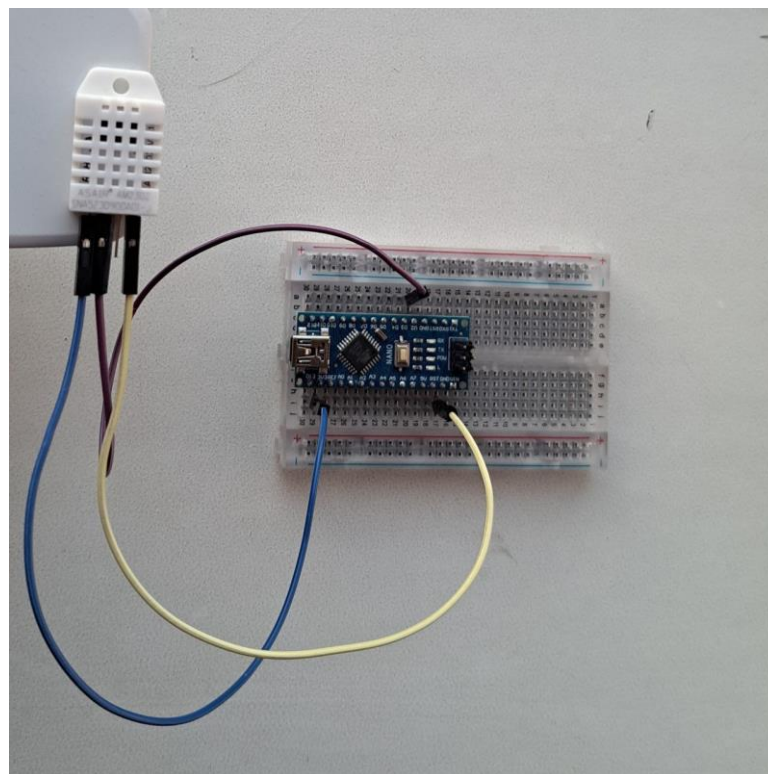


Рис. 2.7. Підключений датчик DHT22 до макетної плати до Arduino Nano

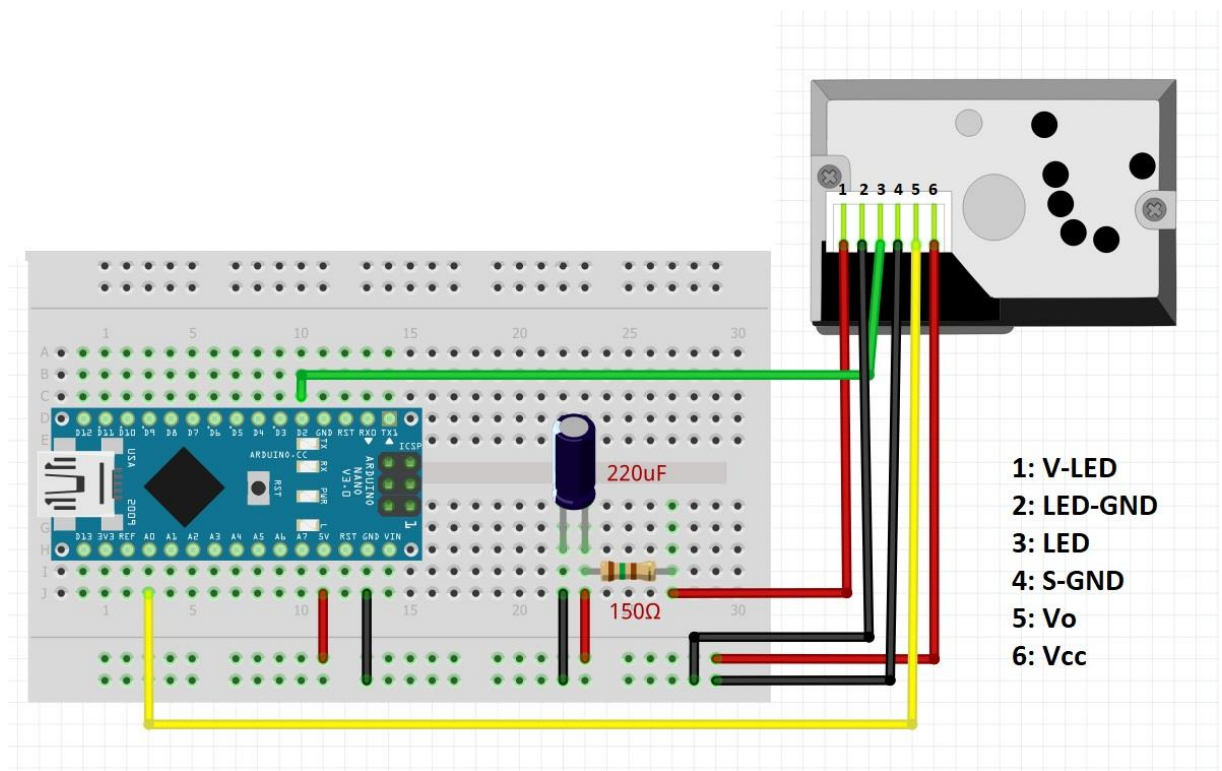


Рис 2.8. Підключення датчика пилю GP2Y1014AU до плати Arduino Nano

Підключення датчика пилю GP2Y1014AU до плати Arduino Nano виконується таким чином рис. 2.8 [32]: живлення вимірювача (вихід 6) під'єднується до резистора, потім з макетної плати до основної плати Arduino Nano на контакт живлення 5 В. Потім вихід вимірювача (вихід 5) подається на контакт живлення A0, далі контакт S-GND (вихід 4) датчика підключається до конденсатора та до плати Arduino Nano на контакт GND. Контакт керування випромінювачем (вихід 3) під'єднується цифровий контакт 2 плати Arduino Nano. Контакт LED-GND(вихід 2) під'єднується до пакетної плати до конденсатора та до макетної плати до контакту GND на платі Arduino Nano. Живлення випромінювання (вихід 1) під'єднується до резистора, конденсатора. Вже підключений датчик пилю до плати Arduino показано на рис. 2.9.

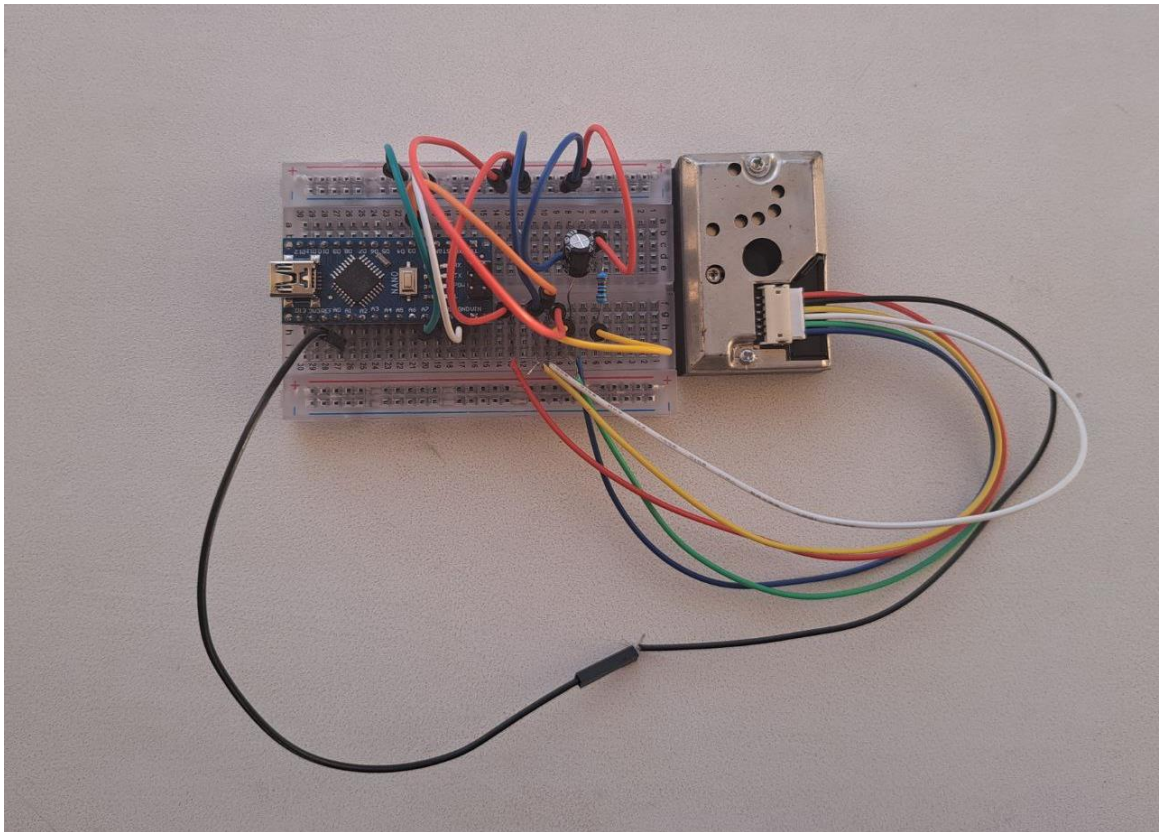


Рис. 2.9 Підключений датчик GP2Y1014AU до макетної плати до Arduino Nano

2.4 Розроблення програмного забезпечення для макету автоматизованої системи для визначення мікроклімату в приміщенні

Після того як макет автоматизованої системи зібрана на макетній платі, наступним кроком буде програмування мікроконтролера Arduino Nano. Таким чином по-перше перевіряється працездатність всіх датчиків, та по-друге пишеться код для автоматизованої системи. В цьому проекті необхідно зібрати дані про температуру, вологість та пил. Датчик пилу GP2Y1010AU0F під'єднаний до виходів: аналогового - A0, цифрового - D2. Датчик температури та вологості DTH22 під'єднаний до цифрового виходу D3. Підключення датчиків показано на рис. 2.10.

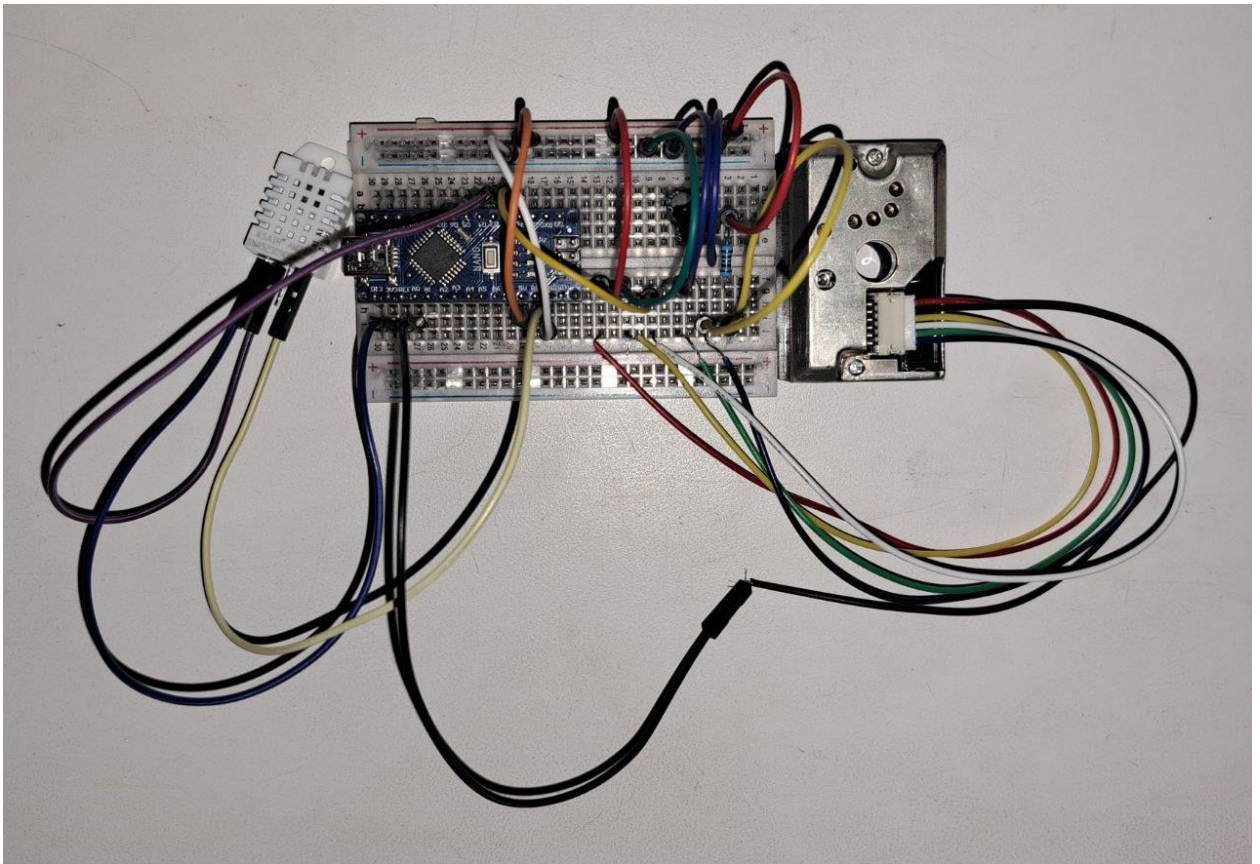


Рис. 2.10. Підключені датчики DHT22 та GP2Y1014AU до макетної плати до Arduino Nano

Середовище програмування мікроконтролера вибрано Arduino IDE. Arduino IDE (Інтегроване середовище розробки Arduino) — це просте програмне забезпечення для кодування і програмування плат сімейства Arduino. Простий та зрозумілий в користуванні інтерфейс для роботи. Також доступність цього програмного забезпечення, так як його можна безкоштовно завантажити з офіційного сайту і одразу починати працювати. Тому враховуючи усі переваги було обрано середовище розробки Arduino IDE.

Після перевірки простим кодом всі датчики показують адекватні показники параметрів, що збігаються з реальними. Далі представлено код для всіх датчиків.

Для того щоб з датчику температури та вологості DHT22 можна було отримати результати потрібно завантажити та під'єднати `#include <DHT.h>`

Так як всі оптимальні межі параметрів поділяються на літній період та зимовий, тому представлено бульові змінні Warm та Cold, щоб в залежності від періоду можна було отримувати чітку інформацію. Оптимальні показники вологості та пилу не змінюються впродовж жаркого чи холодного періоду, тому вони представлені завжди однаково.

Також постійно виводиться температура для цеху з випічки пшеничного та житнього хліба тістоприготувального відділення, так як в них однакові допустимі параметри та для цеху з випічки пшеничного та житнього хліба пекарського відділення (табл. 1.2.).

На випадок якщо датчики втрачають живлення то на екрані монітора буде з'являтися помилка. Якщо будуть показники поза межами допустимих значень, то програма одразу дасть про це знати. На підприємстві потрібно аналізувати ці дані, щоб зробити висновки чи сприятливе середовище для працівників. Так само забезпечити всі можливості дії для запобігання повторення несприятливих умов, якщо такі виникнуть.

Після запуску коду на екран виводяться дані про температуру повітря, вологість, вміст борошняного пилу у приміщенні (рис. 2.11).

```
Відносна вологість знаходиться в межах норми: 62.80 %
Температура повітря знаходиться в межах норми: 25.70 °C
для тістоприготувального відділення цехів випічки пшеничного та житнього хліба
Температура повітря знаходиться в межах норми: 25.70 °C
для пекарського відділення цехів випічки пшеничного та житнього хліба
Вміст борошняного пилу знаходиться в межах норми: 0.11 мг/м3
```

Рис. 2.11. Результати роботи системи

2.5 Розробка корпусу для макету автоматизованої системи для визначення мікроклімату в приміщенні

Для автоматизованої системи для визначення мікроклімату в приміщенні використовується корпус, 3Д модель якого показана на рис. 2.12.

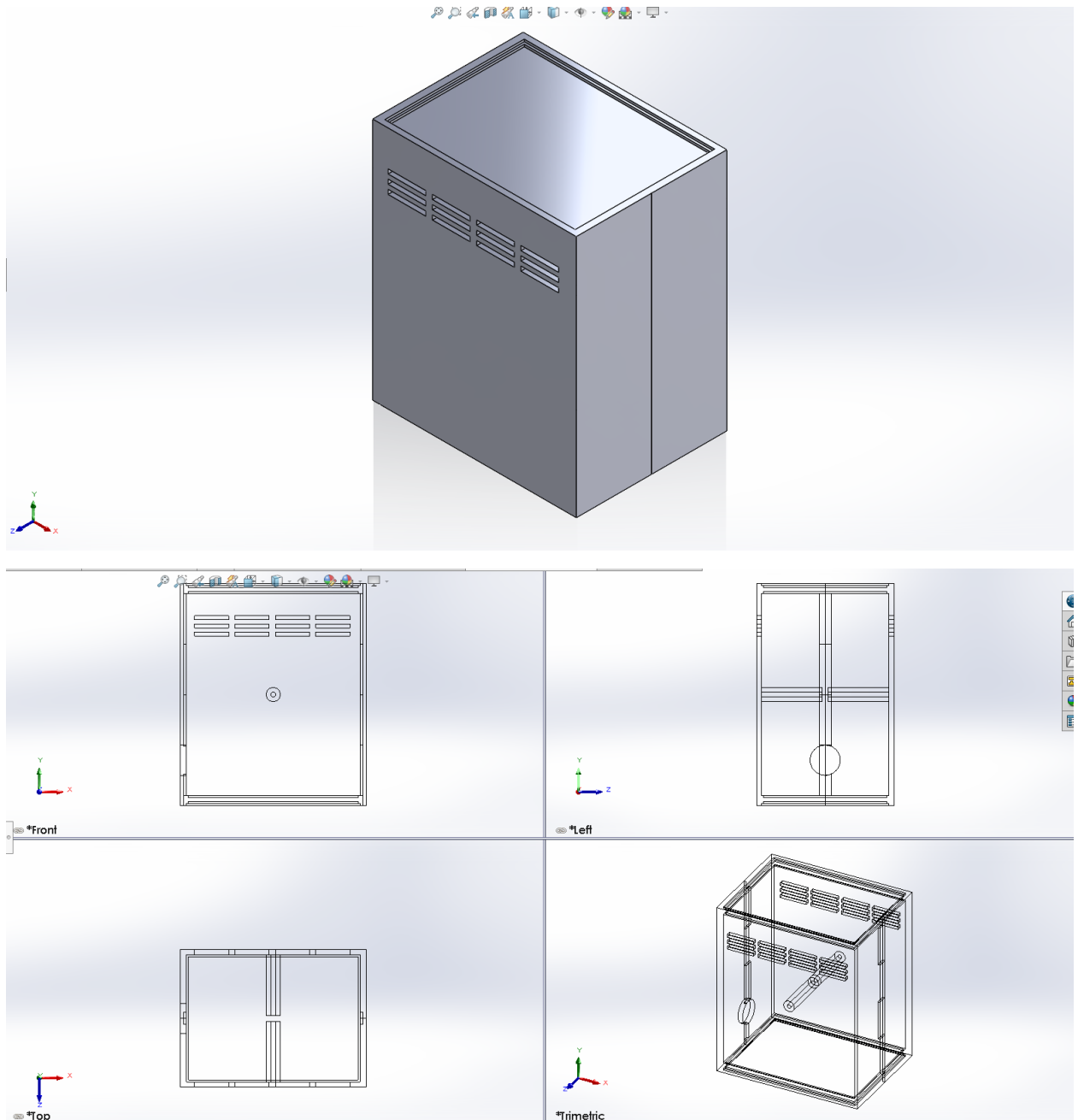


Рис. 2.12. 3Д модель корпусу

Корпус виготовлено з пластику, який забезпечує захист від механічних пошкоджень та зовнішніх впливів на систему. Плюсом в цьому виборі є доступність такого корпусу та невелика ціна матеріалу. Також дані будуть чіткішими завдяки пластику, так як він менше нагрівається на відміну від заліза.

Габаритні розміри корпусу: висота 68мм; ширина 92мм; довжина 110 мм.

Універсальний корпус з вентиляцією. Складається з двох частин, які збираються за допомогою вставок і одного шурупа $\varnothing 3,5 \times 50$ мм (рис. 2.13). У верхній і нижній площині корпусу прорізані вентиляційні отвори.



Рис 2.13. Зовнішній вигляд корпусу

2.6. Опис конструкції макету автоматизованої системи для визначення мікроклімату в приміщенні

Після складання та запрограмування мікроконтролера, поміщаємо зібрану плату з підключеними датчиками систему в корпус. Зображення системи в корпусі рис. 2.16.

Датчик пилу поміщаємо до вентиляційних отворів, щоб були точніші дані про вміст борошняного пилу. Датчик температури та вологості поміщаємо під вентиляційними отворами, щоб заходило повітря.

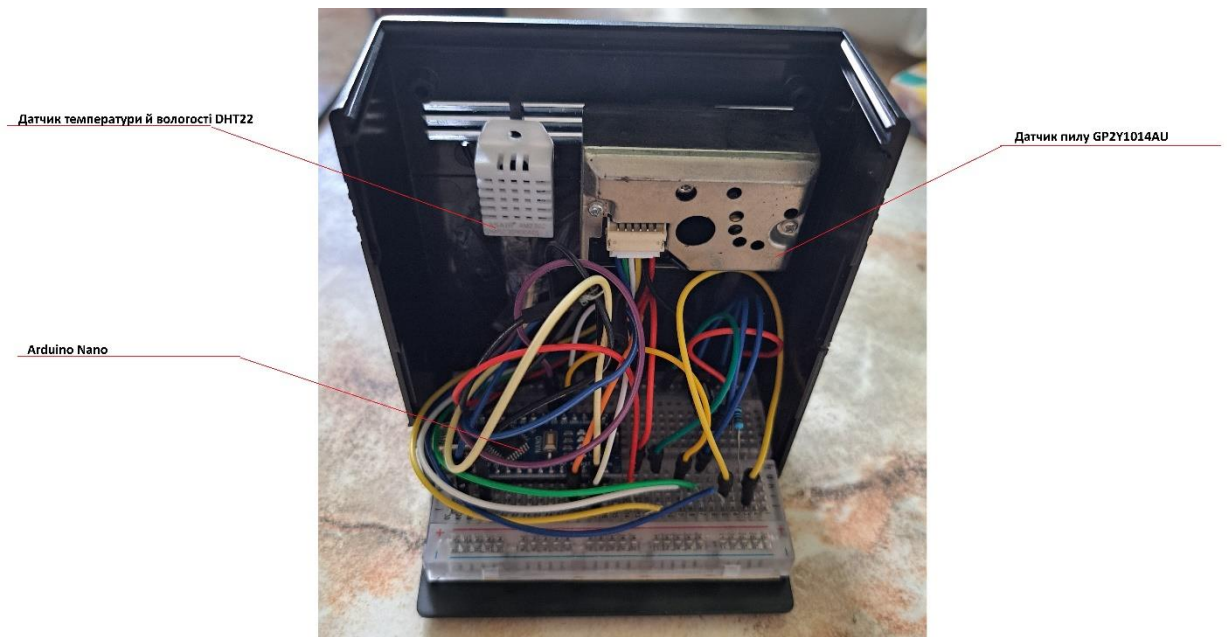


Рис. 2.16. Зібрана плата з підключеними датчиками в корпусі

Розроблений макет автоматизованої системи для визначення мікроклімату в приміщенні є прототипом, для того щоб продемонструвати, як можуть бути розміщені датчики у хлібопекарському цеху.

2.7. Демонстрація роботи макету автоматизованої системи для визначення мікроклімату в приміщенні

Розроблена та працююча автоматизована система для визначення мікроклімату в приміщенні показано на рис. 2.17.

Для перевірки працездатності створеної системи отримані виміри температури, вологості та вмісту борошняного пилу при різних погодних умовах, які приведені на рис. 2.18-2.19. З показників видно, що при перевищенні температури з'являється сповіщення про те що показник не в межах норми: «Температура повітря не знаходиться в межах норми!!! Приміть міри!».

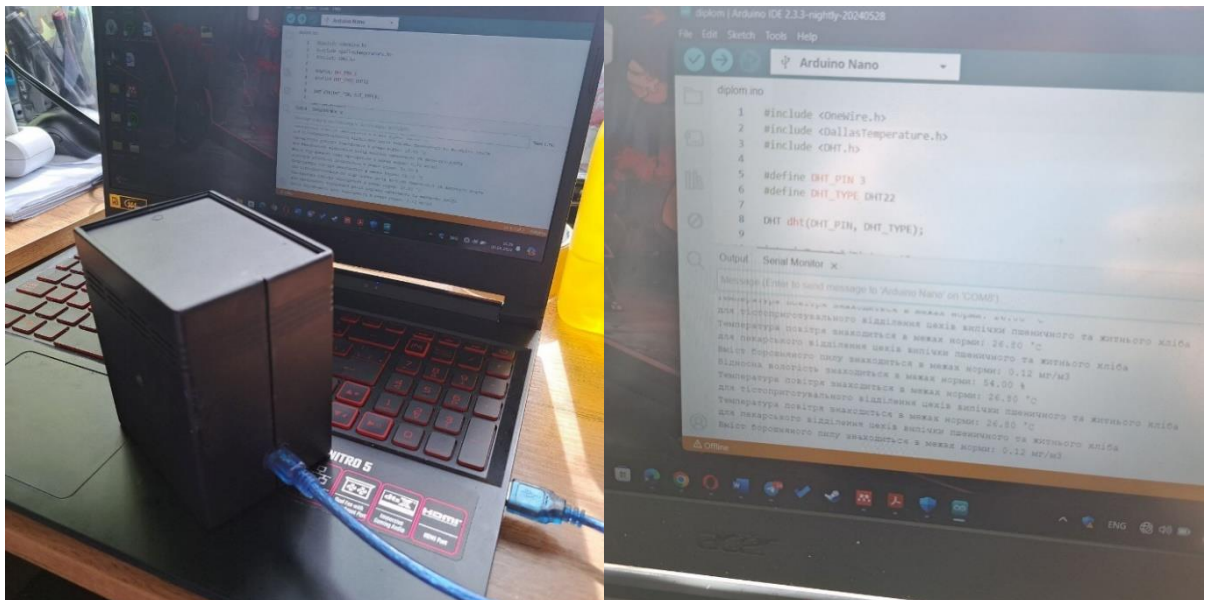


Рис. 2.17. Автоматизована система для визначення мікроклімату в приміщенні

```

Відносна вологість знаходиться в межах норми: 68.60 %
Температура повітря знаходиться в межах норми: 26.30 °C
для тістоприготувального відділення цехів випічки пшеничного та житнього хліба
Температура повітря знаходиться в межах норми: 26.30 °C
для пекарського відділення цехів випічки пшеничного та житнього хліба
Вміст борошняного пилу знаходиться в межах норми: 0.11 мг/м3
Відносна вологість знаходиться в межах норми: 70.50 %
Температура повітря не знаходиться в межах норми!!! Прийміть міри! 27.00 °C
Температура повітря не знаходиться в межах норми!!! Прийміть міри! 27.00 °C
Вміст борошняного пилу знаходиться в межах норми: 0.08 мг/м3

```

Рис. 2.18 Виміри температури, вологості та вмісту борошняного пилу

```

Відносна вологість знаходиться в межах норми: 57.40 %
Температура повітря знаходиться в межах норми: 24.00 °C
для тістоприготувального відділення цехів випічки пшеничного та житнього хліба
Температура повітря знаходиться в межах норми: 24.00 °C
для пекарського відділення цехів випічки пшеничного та житнього хліба
Вміст борошняного пилу знаходиться в межах норми: 0.09 мг/м3
Відносна вологість знаходиться в межах норми: 57.30 %
Температура повітря знаходиться в межах норми: 24.00 °C
для тістоприготувального відділення цехів випічки пшеничного та житнього хліба
Температура повітря знаходиться в межах норми: 24.00 °C
для пекарського відділення цехів випічки пшеничного та житнього хліба
Вміст борошняного пилу знаходиться в межах норми: 0.10 мг/м3

```

Рис. 2.19 Виміри температури, вологості та вмісту борошняного пилу

Для перевірки працездатності створеної системи приведено порівняння з іншою системою рис. 2.20-2.21. Бачимо незначні відмінності, що є в межах норми.

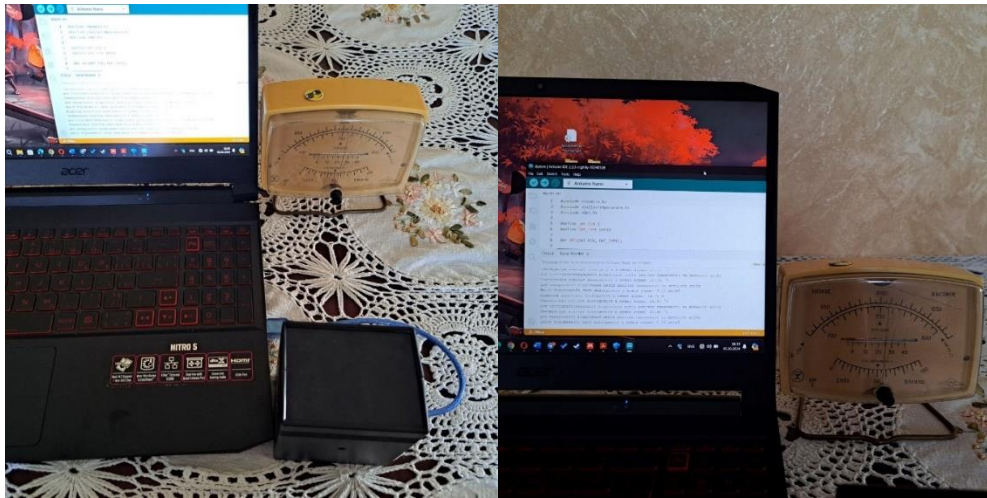
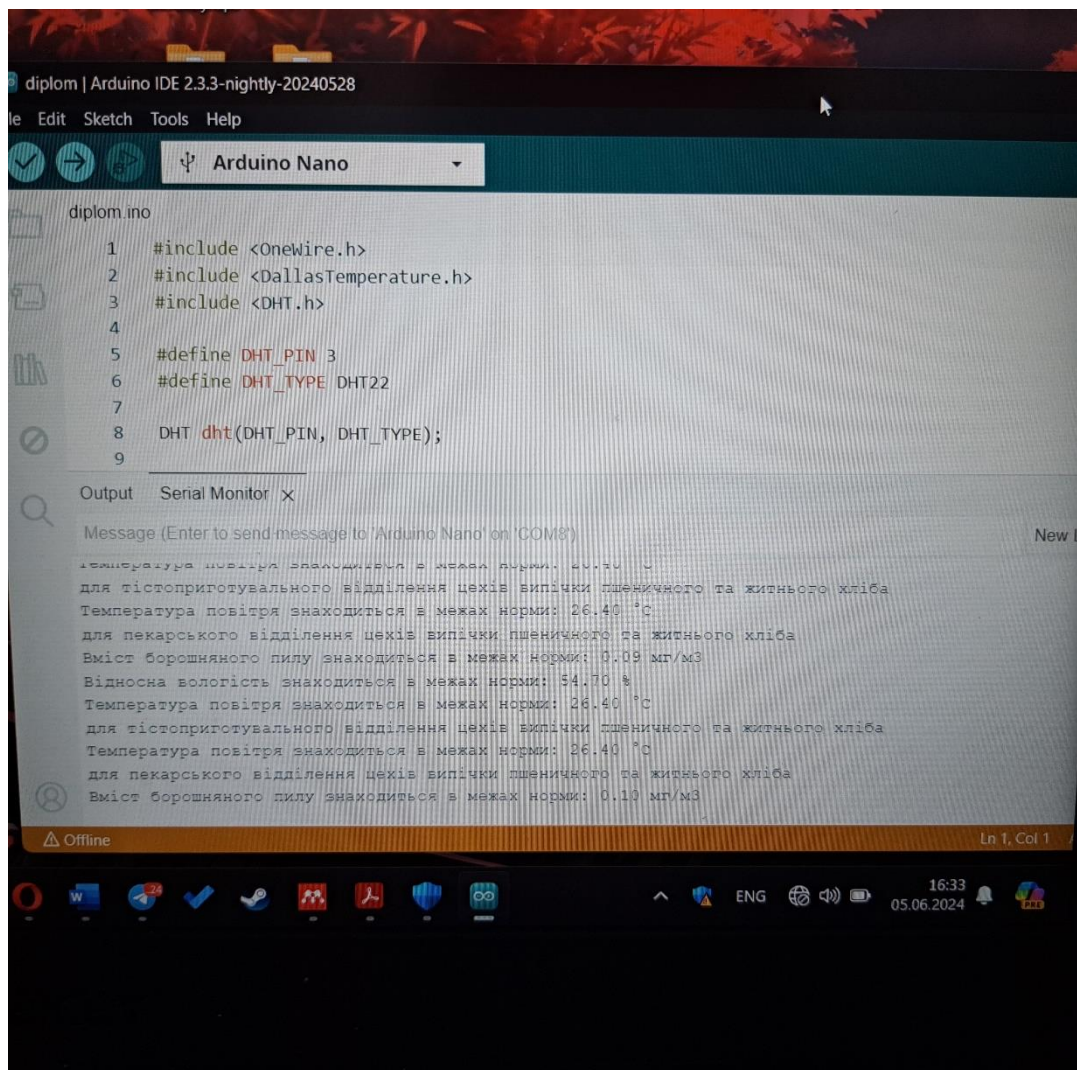


Рис. 2.20. Перевірка працездатності створеної системи





2.21. Перевірка працездатності створеної системи

Висновки

У дипломному проекті розроблено систему автоматизованої системи для визначення мікроклімату приміщення. Система дозволяє вимірювати мікроклімат в приміщення, а саме: хлібопекарських підприємств.

В першому розділі детально розглянуто оптимальні умови мікроклімату для підприємств, вказані допустимі параметри мікроклімату хлібопекарських підприємств. Описані негативні наслідки для працівників через не дотримання санітарних норм. (ДСН 3.3.6.042-99) при роботі в хлібопекарському цеху.

Створено структурну схему автоматизованої системи для визначення мікроклімату приміщення. На основі проведеного огляду існуючих датчиків обрано елементну базу та обґрунтовано вибір: датчики вологості, температури та пилу. Датчик температури та вологості DHT22 був обраний на основі допустимих норм табл. 1.2, датчик пилу GP2Y1014AU – невелику ціну та задовільнення вимог до розміру частинок пилу. Для розроблення макету було обрано плату Arduino Nano на основі 8-ядерного мікроконтролера ATmega328P.

Після підключення всіх датчиків до мікроконтролера, було розроблено програмне забезпечення, яке дозволяє визначати параметри мікроклімату в приміщенні. Програма розроблена програмному середовищі Arduino IDE.

Для захисту від зовнішніх механічних пошкоджень система зібрана в корпусі.

Для демонстрації роботи розробленого макету було проведено заміри температури, вологості та вмісту пилу. Розроблений макет автоматизованої системи для визначення мікроклімату в приміщенні є прототипом автоматизованої системи, яка може встановлюватись у приміщення хлібопекарського цеху.

Список літератури

- 1 О. Л. Коренівська, В. Б. Бенедицький, і Т. М. Нікітчук, «Аспекти побудови систем моніторингу параметрів мікроклімату в навчальних аудиторіях», *Технічна інженерія*, вип. 2(90), с. 136–143, Груд 2022, doi: 10.26642/ten-2022-2(90)-136-143.
- 2 О. Г. Левченко, О. І. Полукаров, В. В. Зацарний, Ю. О. Полукаров, і О.В. Землянська, *ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ*. 2019.
- 3 П. С. Атаманчук, В. В. Мендерецький, О. П. Панчук, і Р. М. Білик, *Охорона праці в галузі*. 2017.
- 4 «Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використанні в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва: Настанова від 01.12.2007 станом на 22 травня. 2024 р. URL: <https://ohoronapraci.com.ua/norm/76413-dstu-nastanova-schodo-viznachennya-nebezpechnikh-i-shkidlivikh-faktoriv-ta-zakhistu-vid>».
- 5 Василенко Ольга Олександрівна і Семерня Олена Володимирівна, «САНІТАРНО-ГІГІЄНІЧНІ УМОВИ ОРГАНІЗАЦІЇ ПРАЦІ НА ХЛІБОПЕКАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВАХ СУМСЬКОЇ ОБЛАСТІ», *Вісник Сумського національного аграрного університету*, 2020, doi: 10.32845/msnau.2020.3.3.
- 6 «Про систему громадського здоров'я: Закон України від 06.09.2022 р. № 2573-IX: станом на 22 травня. 2024 р. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/view/t22573?an=1>».
- 7 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень: Постанова від 01.12.1999 р. №42: станом на 22 травня. 2024 р. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=14283».
- 8 «Mike's Electro Shack. Термістор [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://lagacemichel.com/tag/thermistor/>».

- 9 «Fmuser. Термістор [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://uk.fmuser.net/content/?21131.html>».
- 10 «Ten 24. Термопары [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://ten24.com.ua/ua/catalog/raskhodnye-materialy/termopary/>»
- 11 «ІНТМАКС Термопары тип К, J [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://intmax.com.ua/komplektuyuchi-materiali/termopari-tip-k-j/termopara-tzhk-tipa-j.html>».
- 12 «Mini-Tech. Датчик температуры [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.mini-tech.com.ua/ua/datchik-temperature-ds18b20>»
- 13 «МАКСВЕЛ. Датчики температуры [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.maksvel.com.ua/index.php/statti/79-datchyky-temperature>».
- 14 «Стандорт-М. Термоперетворювачі опору [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://standart-m.com.ua/kipia/termopreobrazovateli/termopreobrazovateli-soprotivleniya/termopreobrazovateli-soprotivleniya--tspm-1187/?mova=uk.mova=uk>».
- 15 «agrobiz. Термоперетворювачі опору [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://agrobiz.net/ua/termoperetvoryuvachi-oporu-pt-500.html>».
- 16 «Arduino.ua. Ємнісний датчик вологості ґрунту [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://arduino.ua/prod2755-emkostnii-datchik-vlajnosti-rochvi>»
- 17 «МікроАмпер. Датчик температуры й вологості [Електронний ресурс]. - Режим доступу: [https://uamper.com/%D0%94%D0%B0%D1%82%D1%87%D0%B8%D0%BA-%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D1%8B-%D0%B8-%D0%B2%D0%BB%D0%B0%D0%B6%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8-DHT22-\(AM2302\)](https://uamper.com/%D0%94%D0%B0%D1%82%D1%87%D0%B8%D0%BA-%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D1%8B-%D0%B8-%D0%B2%D0%BB%D0%B0%D0%B6%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8-DHT22-(AM2302))»

- 18 «ЕЛЕКТРОЛОГІСТИК. Датчики вологості та температури ДВТ, ДВТц [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://elektrologistik.com.ua/ua/p1322157228-datchiki-vlazhnosti-temperature.html>.»
- 19 «Дослідження параметрів мікроклімату».
- 20 «СВ АЛЬТЕРА. Датчики швидкості потоку повітря [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.svaltera.ua/catalog/986/7891.php>.»
- 21 «Е+Е. Датчики вимірювання швидкості повітря [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.epluse.com.ua/products/air-velocity/transmitters-for-air-velocity.html>.»
- 22 «Arduino.ua. Оптичний датчик пилу та диму [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://arduino.ua/prod1351-opticheskii-datchik-pili-i-dima-gp2y1010au0f>.»
- 23 «Winson. Лазерний датчик пилу [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.winsen-sensor.com/sensors/dust-sensor/zh06-ii.html>.»
- 24 «Arduino Documentation [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://docs.arduino.cc/>.»
- 25 «PCB HERO. Arduino Nano [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.pcb-hero.com/blogs/lickys-column/arduino-nano-a-comprehensive-guide-to-features-uses-and-comparisons>.»
- 26 «Kanda.com Arduino [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.kanda.com/what-is-arduino.php>.»
- 27 «seees studio. ATmega2560 [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.seeedstudio.com/blog/2019/11/13/atmega2560-features-comparisons-and-arduino-mega-review/>.»
- 28 «МікроАмпер. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://uamper.com/index.php?route=common/home>.»
- 29 «Waveshare. Датчик пилу [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://www.waveshare.com/wiki/Dust_Sensor.»

- 30 «BitKit. Макетна плата [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://bitkit.com.ua/maketna-plata-shho-ne-potrebuye-pajki-princip-roboti-vidi-zastosuvannya>».
- 31 «DEV. DHT22. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://dev.to/shilleh/how-to-connect-the-dht22-and-arduino-nano-f6d>».
- 32 «Nhat Tung. Датчик пилу [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://dientunhattung.com/san-pham/cam-bien-bui-pm2-5-gp2y1010au0f/>».

Додатки

```
#include <DHT.h>

#define DHT_PIN 3
#define DHT_TYPE DHT22

DHT dht(DHT_PIN, DHT_TYPE);

int minTempColdTisto = 15;
int maxTempColdTisto = 22;
int minTempColdPekar = 17;
int maxTempColdPekar = 23;
int minTempWarmTisto = 21.1;
int maxTempWarmTisto = 27;
int minTempWarmPekar = 22.1;
int maxTempWarmPekar = 27;

bool Warm = true;
bool Cold = false;

int measurePin = 0;
int ledPower = 2;

int samplingTime = 280;
int deltaTime = 40;
int sleepTime = 9680;

float voMeasured = 0;
float calcVoltage = 0;
float dustDensity = 0;

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    dht.begin();
    pinMode(ledPower, OUTPUT);
}

void loop() {
    delay(2000);

    float temperature = dht.readTemperature();
    float humidity = dht.readHumidity();

    if (isnan(temperature) || isnan(humidity)) {
        Serial.println("Failed to read data from DHT sensor!");
        return;
    }

    digitalWrite(ledPower, LOW);
```

```

delayMicroseconds(samplingTime);
voMeasured = analogRead(measurePin);
delayMicroseconds(deltaTime);
digitalWrite(ledPower, HIGH);
delayMicroseconds(sleepTime);

calcVoltage = voMeasured * (5.0 / 1024.0);
dustDensity = 0.17 * calcVoltage - 0.1;

if (dustDensity < 0) {
    dustDensity = 0.00;
}

if ((humidity < 75) && (humidity > 15)) {
    Serial.print("Відносна вологість знаходиться в межах норми: ");
    Serial.print(humidity);
    Serial.println(" % ");
} else {
    Serial.println("Відносна вологість не знаходиться в межах норми!!! Прийміть
міри! ");
}

if (Warm = true) {
    if ((temperature < maxTempWarmTisto) && (temperature > minTempWarmTisto)) {
        Serial.print("Температура повітря знаходиться в межах норми: ");
        Serial.print(temperature);
        Serial.println(" °C ");
        Serial.println("для тістоприготувального відділення цехів випічки
пшеничного та житнього хліба");
    }

    else {
        Serial.print("Температура повітря не знаходиться в межах норми!!! Прийміть
міри! ");
        Serial.print(temperature);
        Serial.println(" °C ");
    }
} else if (Cold = true) {
    if ((temperature < maxTempColdTisto) && (temperature > minTempColdTisto)) {
        Serial.print("Температура повітря знаходиться в межах норми: ");
        Serial.print(temperature);
        Serial.println(" °C ");
        Serial.println("для тістоприготувального відділення цехів випічки
пшеничного та житнього хліба");
    } else {
        Serial.print("Температура повітря не знаходиться в межах норми!!! Прийміть
міри! ");
        Serial.print(temperature);
        Serial.println(" °C ");
    }
}
}

```

```

if (Warm = true) {
    if ((temperature < maxTempWarmPekar) && (temperature > minTempWarmPekar)) {
        Serial.print("Температура повітря знаходиться в межах норми: ");
        Serial.print(temperature);
        Serial.println(" °C ");
        Serial.println("для пекарського відділення цехів випічки пшеничного та
житнього хліба");
    }

    else {
        Serial.print("Температура повітря не знаходиться в межах норми!!! Прийміть
міри! ");
        Serial.print(temperature);
        Serial.println(" °C ");
    }
} else if (Cold = true) {
    if ((temperature < maxTempWarmPekar) && (temperature > minTempWarmPekar)) {
        Serial.print("Температура повітря знаходиться в межах норми: ");
        Serial.print(temperature);
        Serial.println(" °C ");
        Serial.println("для пекарського відділення цехів випічки пшеничного та
житнього хліба");
    }

    else {
        Serial.print("Температура повітря не знаходиться в межах норми!!! Прийміть
міри! ");
        Serial.print(temperature);
        Serial.println(" °C ");
    }
}

if (dustDensity < 4) {
    Serial.print("Вміст борошняного пилу знаходиться в межах норми: ");
    Serial.print(dustDensity);
    Serial.println(" мг/м3 ");
} else {
    Serial.println("Вміст борошняного пилу не знаходиться в межах норми!!!
Прийміть міри");
}

delay(1000);
}

```