

Хмельницький національний університет  
Факультет інформаційних технологій  
Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр

Освітній рівень

Мікроконтролерна система контролю замерзання водопровідної системи

будинків

Назва теми

КвРКІП.190103.19.01.11 ПЗ

Шифр

Галузь знань 12 «Інформаційні технології»

Шифр, назва

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

Шифр, назва

Освітня програма «Комп'ютерна інженерія та програмування»

Назва

Виконав: студент IV курсу, група КІ2-19-1

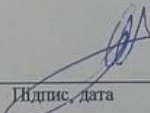


Підпис

О.М. Бондар

Ініціали, прізвище

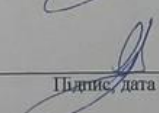
Керівник

  
Підпис, дата

С.М. Лисенко

Ініціали, прізвище

Нормоконтролер

  
Підпис, дата

С.М. Лисенко

Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:  
Зав. кафедри комп'ютерної  
інженерії та інформаційних  
систем

  
Підпис

Т.О. Говорущенко

Ініціали, прізвище

«31» травня 2023 р.

Хмельницький 2023

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Освітній рівень БАКАЛАВР

Галузь знань 12 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Спеціальність 123 КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

Освітня програма «КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Т.О.Говорушенко

“ 10 ” 01 2023 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Бондару Олексію Миколайовичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Мікроконтролерна система контролю замерзання водопровідної системи будинків

Керівник проекту (роботи) Лисенко С.М., д.т.н., проф.

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджена наказом ректора університету від 01.03.2023 р. № 5

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 01.06.2023 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на дипломне проектування

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Дослідження предметної області та постановка задачі

Проектування програмно-технічного засобу

Програмно-апаратна реалізація та тестування програмно-технічного засобу

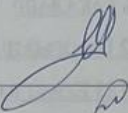
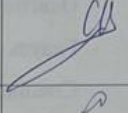
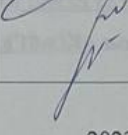
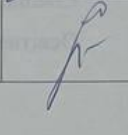
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

Функціональна схема та корпус мікроконтролерної системи

Принципова схема мікроконтролерної системи

Структурна схема мікроконтролерної системи

6. Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Лисенко С.М., професор кафедри КПС		
Антиплагіат	Нічепорук А.О., доцент кафедри КПС		

7. Дата видачі завдання « 10 » 01 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН


№з/п	Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вибір напряму дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи з керівником	10.01.2023	виконано
2	Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження	01.02.2023	виконано
3	Робота над розділом 1 – дослідження предметної області та постановка задачі	01.03.2023	виконано
4	Робота над розділом 2 – проектування програмно-технічного засобу	01.04.2023	виконано
5	Робота над розділом 3 – програмно-апаратна реалізація та тестування програмно-технічного засобу	29.04.2023	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	25.05.2023	виконано
7	Попередній захист ВКР	26.05.2023	виконано
8	Захист ВКР на засіданні ЕК	Червень 2023 року	

Студент

  
Підпис

О.М. Бондар  
Ініціали, прізвище

Керівник роботи

  
Підпис

С.М. Лисенко  
Ініціали, прізвище



## АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Мікроконтролерна система контролю замерзання водопровідної системи будинків».

Автор роботи: Бондар Олексій Миколайович.

Керівник роботи: Лисенко Сергій Миколайович.

Пояснювальна записка: 57 с., 12 рис., 0 табл., 3 дод., 50 джерел.

Графічна частина: 3 графічних додатки.

МІКРОКОНТРОЛЕРНА СИСТЕМА, ARDUINO UNO, ПРОЄКТУВАННЯ, АНАЛІЗ, ТЕРМОРЕЗИСТОР, ТЕСТУВАННЯ СИСТЕМИ, ТЕМПЕРАТУРА.

Метою роботи є розробка мікроконтролерної системи контролю замерзання водопровідної системи будинків.

Об'єктом дослідження є мікроконтролерна система контролю замерзання водопровідної системи будинків.

Предметом дослідження є мікроконтролерна система контролю замерзання водопровідної системи будинків.

Практичне значення мікроконтролерної системи є запобігання пошкодження, які можуть виникнути внаслідок замерзання води в трубах.






Підпис студента

30.05.2023

Дата

## ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ.....	4
ВСТУП .....	5
<b>1 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ.....</b>	<b>6</b>
1.1 Змістовний аналіз предметної області, її структурних та функціональних особливостей.....	6
1.2 Аналіз наявного програмно-апаратного забезпечення предметної області .....	14
1.3 Визначення вимог до системи автоматизації та розробка технічного завдання.....	19
1.4 Висновок .....	20
<b>2 ПРОЄКТУВАННЯ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ.....</b>	<b>21</b>
2.1 Аналіз принципів роботи та вибір компонентів для реалізації сигнального пристрою.....	21
2.2 Розробка схеми підключення та взаємодії компонентів.....	28
2.3 Проектування корпусу та розміщення компонентів в ньому .....	34
2.4 Висновок .....	40
<b>3 ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ .....</b>	<b>41</b>
3.1 Проектування корпусу та розміщення компонентів в ньому .....	41
3.2 Проектування корпусу та розміщення компонентів в мікроконтролерній системі .....	48
3.3 Проектування корпусу та розміщення компонентів в мікроконтролерній системі .....	55
3.4 Висновок .....	58
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>59</b>
<b>ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ .....</b>	<b>61</b>
<b>ДОДАТОК А .....</b>	<b>66</b>

КвРКІ 190103.19.01.11 ПЗ								
Зм.	Арк.	Модокум.	Підпис	Дата	Мікроконтролерна система контролю замерзання водопровідної системи будинків Пояснювальна записка	Літера	Аркуш	Аркушів
Виконав		Бондар О.М.				у		
Перевір.		Лисенко С.М.					2	72
Н. контр. Затвер.		Лисенко С.М. Говорущенко Т.О.		01.06		ХНУ КІ2-19-1		

Копія креслення «Функціональна схема та корпус мікроконтролерної системи» .....	68
<b>ДОДАТОК Б</b> .....	68
Копія креслення «Принципова схема мікроконтролерної системи» .....	68
<b>ДОДАТОК В</b> .....	69
Копія креслення «Структурна схема мікроконтролерної системи» .....	69

					КВРКІ 190103.19.01.11 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

## СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

PP – поліпропіленові труби

PE-X – труби із зшитого поліетилену

ШІМ – широко-імпульсна модуляція

AVR – Advanced Virtual RISC

ПК – комп'ютер

АЦП – аналого-цифрового перетворювача

NTC – негативний температурний коефіцієнт

PTC – позитивний температурний коефіцієнт

NTC – Negative Temperature Coefficient

					КВРКІ 190103.19.01.11 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

## ВСТУП

Розвиток сучасних технологій вимагає вдосконалення і автоматизації різних сфер людської діяльності. Однією з них є система контролю замерзання водопровідної системи будинків. Проблема замерзання водопроводів у холодний період року є актуальною і може призвести до серйозних наслідків, таких як пошкодження трубопроводів, протікання, підтоплення приміщень та інші проблеми з експлуатацією.

Мікроконтролерні системи контролю замерзання водопровідних систем є ефективним рішенням для запобігання таким проблемам. Вони забезпечують автоматичне виявлення ризику замерзання, контроль за температурою води та вчасне виконання заходів для запобігання замерзанню.

Актуальність даної теми полягає у постійному зростанні потреби в забезпеченні безпеки та ефективності водопровідних систем. Замерзання водопроводів є серйозною проблемою, особливо у регіонах з холодним кліматом. Втрати, пов'язані з ремонтом і наслідками замерзання, можуть бути значними для власників будинків та управляючих організацій. Тому розробка ефективної мікроконтролерної системи контролю замерзання водопровідних систем є важливим завданням, спрямованим на запобігання негативним наслідкам замерзання та підвищення якості експлуатації водопровідних мереж.

Метою цієї кваліфікаційної роботи є розробка та реалізація мікроконтролерної системи контролю замерзання водопровідної системи будинків, яка забезпечує надійний та ефективний контроль за температурою води та вчасну реакцію на загрозу замерзання. Для досягнення цієї мети необхідно виконати наступні завдання: аналіз сучасного стану систем контролю замерзання, визначення особливостей предметної області, розробка алгоритмів та програмного забезпечення для мікроконтролера, проведення випробувань та апробації розробленої системи.

					КВРКІ 190103.19.01.11 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

## 1.1 Змістовний аналіз предметної області, її структурних та функціональних особливостей

Зима – це сувора пора року, яка змушує кожну людину задуматись про захист від лютих холодів та морозів. Якщо ви проживаєте у багатоповерховому будинку, який має розумну архітектуру, тоді це питання не повинне вас бентежити, але, якщо, ви проживаєте у приватному будинку, тоді питання обігріву оселі для вас дуже складне через складнощі у догляді системи опалення. Розглянемо декілька прикладів систем опалення у приватних будинках.

Для одноповерхових будинків найчастіше використовують самопливну систему опалення [1]. Дана система опалення проєктується таким чином, що зазвичай, це не потребує встановлення додаткової помпи, а рух тепла по трубах здійснюється за допомогою природних чинників.

Для двоповерхових будівель використовується насосна система опалення [2]. Проєктування даної системи є досить серйозною справою, оскільки є багато чинників, які впливають на якість системи. Схематичне зображення насосної системи опалення зображено на рисунку 1.1.

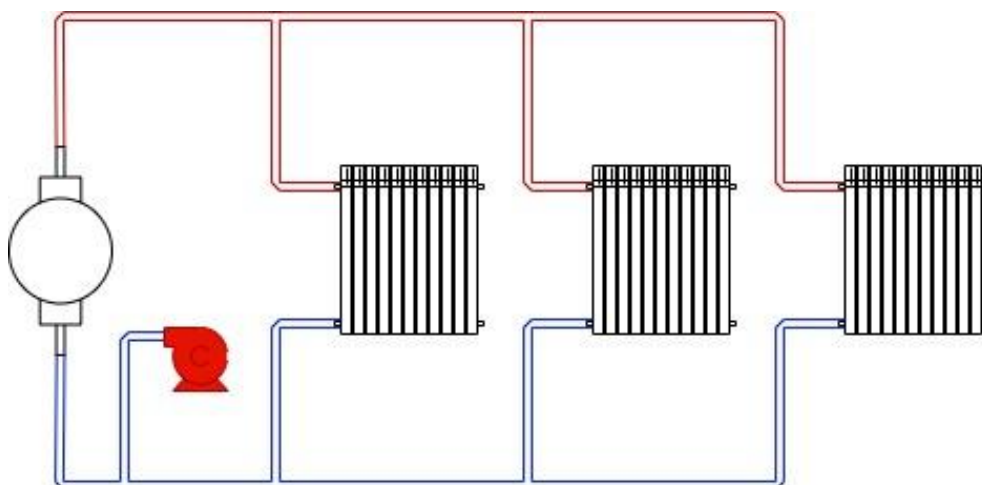


Рисунок 1.1 – Насосна система опалення

Правильний вибір насоса для системи обігріву, щоб зменшити кількість ймовірних проблем при роботі системи [3]. Монтаж труб не повинен псувати дизайн та естетику приміщень, тому труби, зазвичай, монтують в стіни, підлогу або в стелю. Дана схема являється досить простою, але має свої недоліки:

- відносно паливного елемента, кожний наступний прилад нагріватиметься менше за попередній, тобто, тепловтрати;
- зменшення температури на будь-якому елементі системи опалення призведе до падіння температури на наступних елементах системи;
- для підтримання тиску в роботі системи необхідно встановити додаткову помпу в системі опалення.

Вищенаведені проблеми, зазвичай, вирішуються за допомогою додаткового технічного обладнання:

- термостатичні клапани;
- радіаторні регулятори;
- балансувальні вентиля;
- повітровідведення.

При усіх наявних недоліках, варіанти їх вирішення забезпечать коректну роботу системи опалення будинку, але це призведе до додаткових фінансових витрат для забезпечення системи додатковими елементами опалення.

Двотрубна система є покращеним варіантом однотрубною системи опалення через її конструкцію, що складається з двох паралельних труб, по яких подається та відводиться рідина для нагрівання оселі [4].

Схематичне зображення даної системи опалення зображено на рисунку 1.2 нижче.

Даний тип системи опалення має місце у будинках із будь-якою поверховістю, а надійна конструкція забезпечує його ефективну роботу та комфортні умови для використання.

					КВРКІ 190103.19.01.11 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

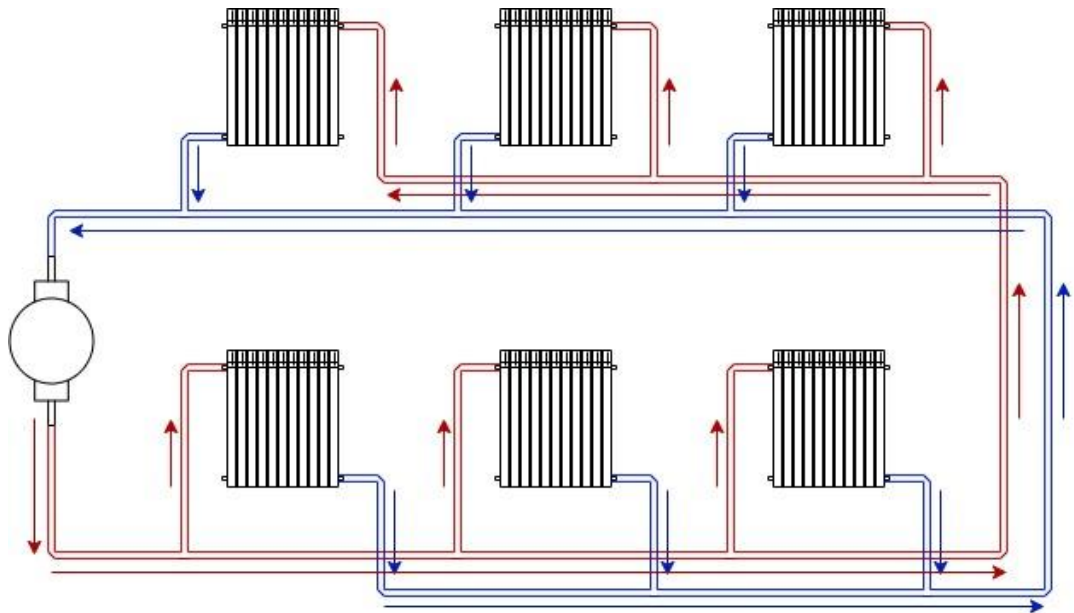


Рисунок 1.2 – Двотрубна система опалення

Серед переваг даної системи опалення можна виділити наступні:

- кожний елемент системи має однакову температуру нагрівання;
- регуляція температури кожного елемента є індивідуальною та не впливає на наступні елементи системи;
- кожний елемент системи не впливає на роботу інших елементів, тобто, несправність однієї ланки не вплине на роботу системи.

Але за високу надійність та комфорт приходиться платити великими затратами та матеріали, оскільки цей варіант потребує великої кількості труб та з'єднувачів, а отже, і збільшення складності монтажних робіт.

Схема «Ленінградка» є покращеним варіантом однотрубної системи опалення та відрізняється лише в системі подання температури між елементами системи в зміненому контурі [5].

На рисунку 1.3 зображено приклад проєктування такої системи опалення.

Серед переваг, зазвичай, виділяють наступні:

- невелика ціна шляхом зменшеної кількості матеріалів;
- легкість монтажу шляхом горизонтального розведення системи;
- комфортне використання та довготривала експлуатація.

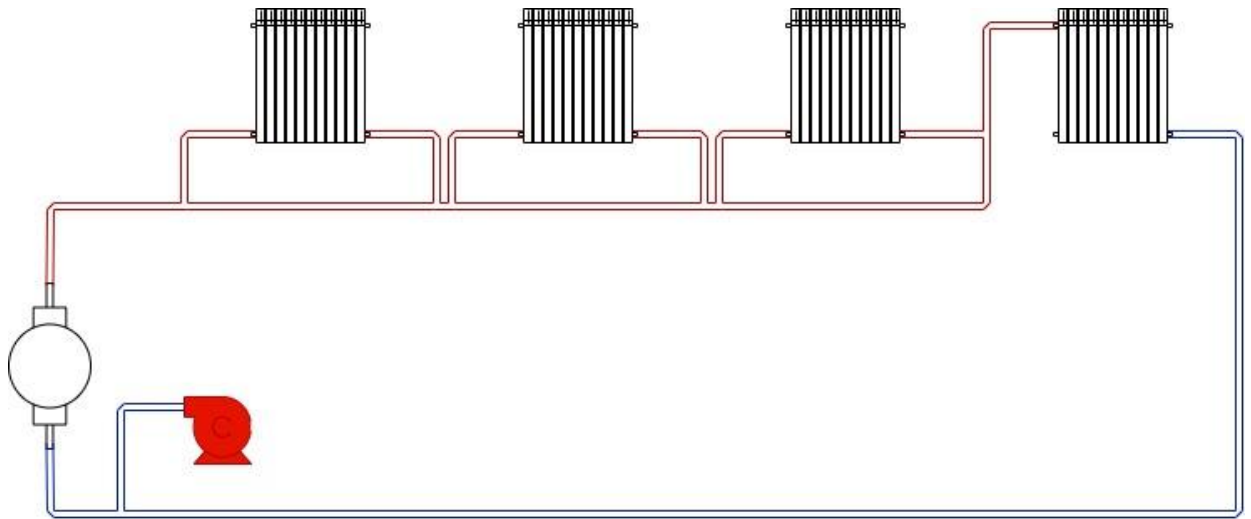


Рисунок 1.3 – Схема опалення «Ленінградка»

Але серед ряду переваг також є і значні недоліки:

- горизонтально розведення цієї системи опалення не дозволяє встановити підлогу з підігрівом або сушки;
- відсутність системи для регулювання температури в межах системи;
- гостра необхідність встановлення помпи на великих територіях для підтримки робочого тиску в системі.

Променева система опалення являється найбільш надійним та комфортним рішенням у сучасних реаліях [6]. Сенс полягає в під'єднанні елементів системи до магістральних труб. Одна магістральна труба подає нагріваючу суміш високої температури, а інша відводить суміш меншої температури через елементи системи. Схематичне зображення цієї системи зображено на рисунку 1.4 нижче.

Дана система використовує колектор для забезпечення комфортного використання системи опалення та виконання деяких функцій, зокрема, зміна температури елемента та зміна температури системи. Даний варіант являється вдосконаленим варіантом двотрубною системи опалення з використання колектора. Система має значні переваги у порівнянні з іншими варіантами, але має значний мінус – найбільша вартість монтажу за рахунок великої кількості елементів система, зокрема, з'єднувальних.

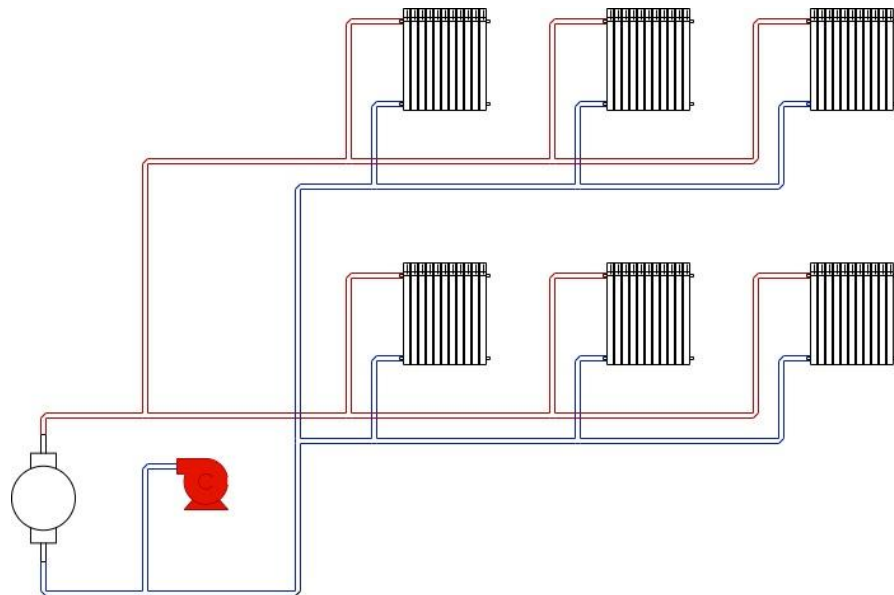


Рисунок 1.4 – Променева система опалення

Після вибору відповідної системи опалення, потрібно вибрати відповідні з'єднувачі елементів системи, тобто, труби. Вибір труб впливає на:

- теплопередачу;
- тепловтрати;
- строк експлуатації системи;
- надійність;
- захист від корозії;
- складність монтажних робіт;
- ціна.

Опираючись на ці вимоги, цей нюанс являється досить важливим, особливо серйозно до цього потрібно віднестись тим, хто проживає у холодних регіонах. Також, за таких умов, потрібно опиратись на теплопередачу та тепловтрати, оскільки ці особливості впливають на захист труб від низьких температур. Окрім вище перелічених аспектів вибору труб, особливо потрібно звернути увагу на ряд факторів, щодо системи:

- тип системи опалення (Індивідуальний або централізований);
- прокладка труб (Зовнішній або прихований);

- площа оселі або будинку;
- потужність паливного елемента системи та тип палива;
- наявність неопалювальних або зовнішніх ділянок системи.

Загальні характеристики труб полягають у самому матеріалі, з якого вони виготовлені:

- поліпропіленові;
- з зшитого поліетилену;
- мідні;
- сталеві;
- металопластикові.

Раніше сталеві труби були самими популярними на ринку, хоча, було б правильна сказати, що раніше більше не було варіантів для вибору [7]. Сучасний ринок переповнений різнотипними елементами опалення та їх компонентами що надає можливість вибору. Серед перелічених типів труб наразі використовуються усі, оскільки кожний тип труб підходить для особливих умов експлуатації. Одні екземпляри являються більш підходящими для стандартних умов використання, інші для специфічних типів геолокації та розміщення житла, природних умов у регіоні тощо.

Металеві труби, як було сказано вище, раніше були найчастіше використовуваним варіантом, але це зв'язано не лише з відсутністю інших варіацій на ринку, а й через їх ефективність за будь-яких умов. На рисунку 1.5 зображений зовнішній вигляд металевої труби.

Сталеві труби здатні витримувати перепади температури, перепади тиску, висока теплопровідність та мають високу надійність за умов якісного догляду за ними. Але металеві труби мають також ряд недоліків, які й причинили появу інших варіантів на ринку, оскільки вони складні в монтуванні, мають значну вагу, що пропорційно ускладнює монтаж на висоті, дуже чутливі до корозії та здатні пропускати блукаючі струми.



Рисунок 1.5 – Металеві труби

Мідні труби мають деякі переваги у порівнянні зі сталевими, наприклад, стійкість від корозії [8]. Серед особливих переваг виділяють наступні: довговічність, стійкість від корозії, стійкість від перепадів тиску та температури та естетичний вигляд, як на рисунку 1.6.



Рисунок 1.6 – Мідні труби

					КВРКІ 190103.19.01.11 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Робочий діапазон температури від -200 градусів до 500 градусів та мають основний недолік – складність монтажу за рахунок ваги та високу ціну, але при цьому є досить популярними на ринку.

Поліпропіленові труби мають декілька варіацій, серед яких, найчастіше, використовуються РР труби, які виготовляються на основі полімерів [9]. Зазвичай використовуються для побутових цілей, оскільки вони є довговічними та оптимальні для використання у побутових умовах. Серед переваг виділяють:

- довготривала експлуатація при невеликих температурах;
- висока теплопровідність;
- стійкість до різких перепадів температури;
- майже повна безшумність;
- невелика маса;
- низька ціна.

Тепер потрібно звернути увагу на недоліки, оскільки через ці недоліки, даний тип труб використовується лише у побутових умовах. До таких недоліків відносять:

- руйнується структура при великих температурах;
- висока ціна;
- важкий процес монтування.

Металопластикові труби, на відміну від попереднього варіанту, використовуються для інженерних систем [10]. Даний тип труб має великий список переваг, який дозволяє використовувати його для робочих цілей, оскільки даний тип труб зроблений зі спеціальних матеріалів, він є гнучким фізично та технічно, що дозволяє в разі спрощувати конструкції з його використанням. Також ці труби є досить легкими та довговічними, а їх покращена герметичність робить їх майже найкращим варіантом для використання в інженерних системах. Основні недоліки, які заважають використанню цього типу труб у побутових умовах:

- вразливість до ультрафіолету;

					КВРКІ 190103.19.01.11 ПЗ	Арк. 13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- вразливість до відкритого вогню;
- висока ціна;
- велика кількість продуктів низької якості.

Досить надійним варіантом труб для проведення системи опалення для будинку є РЕ-Х труби. Даний тип труб з'явився на ринку відносно недавно, але являється прямим конкурентом іншим типам труб за усіма напрямками використання. Даний тип труб виготовляється за спеціальною технологією додавання поліетилену, що додає міцності, надійності та збільшує термін експлуатації виробу. Серед недоліків можна виділити лише високу ціну у порівнянні із конкурентами.

## 1.2 Аналіз наявного програмно-апаратного забезпечення предметної області

Для автоматизації відповідних систем використовуються мікроконтролерні системи та IoT пристрої з доступом до інтернету. Це забезпечує керування відповідними пристроями за допомогою інструментів дистанційного управління. Даний тип пристроїв відноситься до пристроїв сфери IoT.

IoT (Internet of Things) – це пристрої, концепція яких заключається в автоматизації певних дій без участі людини [11]. Даний тип пристроїв може збирати, зберігати, обробляти та відправляти інформацію. Основна концепція полягає у можливості обміну інформацією між пристроями за допомогою мережі Internet та відповідних протоколів передачі інформації. Це досягається шляхом використання спеціальних мікроконтролерів, які містять вбудовані мережеві плати для доступу до мережі Internet або наявності безпроводного зв'язку із мережею Internet по безпроводній мережі Wi-Fi, тобто, Wi-Fi модуль. Є стандартний набір мікроконтролерів, які використовуються для побудови відповідних системи за допомогою IoT пристроїв:

Arduino (Uno, Nano, Pro, Mega) – мікроконтролер, що базується на мікроконтролері ATmega328P [12]. Даний мікроконтролер має у наявності

					КВРКІ 190103.19.01.11 ПЗ	Арк. 14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

чотирнадцять портів для введення та виведення інформації, шість з них можуть використовувати ШІМ (Широтно-Імпульсна модуляція) для введення та виведення. Широтно-Імпульсна модуляція – технологія для управління потужністю перерізу імпульса. Зазвичай входи, що мають в наявності ШІМ технологію для введення та виведення, називають ще аналоговими портами. На відміну від цифрових портів, які можуть приймати та посилати сигнали 0 та 1, аналогові порти можуть надсилати та отримувати проміжні значення в діапазоні від нуля до одиниці. Дана технологія використовується для різних випадків, коли потрібна аналогова взаємодія між пристроями, для прикладу, регулювання яскравості світлодіода, кут повороту механізму тощо. Як вже казалося вище, у мікроконтролера Arduino Uno в наявності є шість портів, які підтримують технологію ШІМ [13].

Серед інших технічних характеристик, плата Arduino базується на основі плати ATmega328P, яка містить процесор від компанії Atmel – Atmel AVR з частотою 16 МГц. Сам мікроконтролер ATmega328P буде описаний пізніше. Наявні декілька інтерфейсів взаємодії, такі як: USB, SPI, I2C та UART.

USB – фізичний порт для взаємодії між основним пристроєм обробки інформації та периферійним пристроєм взаємодії [14]. Яскравим прикладом може бути підключення комп'ютерної миші до комп'ютера або ноутбука, підключення клавіатури та інших периферійних пристроїв. Найбільша перевага даного інтерфейса заключається в його простоті, оскільки даний інтерфейс наявний в більшості електронних пристроїв, але він не потребує відповідних драйверів. Драйвер – це програмне забезпечення для забезпечення зв'язку між програмним забезпеченням на апаратною складовою. Або іншими словами, програмний модуль, який пояснює головній системі, як правильно приймати сигнали від периферійного апаратного забезпечення.

Інтерфейс SPI є одним із найбільш поширених портів для поєднання основної плати із периферійним апаратним забезпеченням [15]. Використовується для наступних цілей:

					КВРКІ 190103.19.01.11 ПЗ	Арк. 15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- периферійні пристрої для ПК, для прикладу, клавіатури, миші, дисплеї, карти пам'яті та інші пристрої, які сумісні із USB та Ethernet інтерфейси;
- для зв'язку між різними датчиками та мікроконтролером;
- для керування радіоапаратурою в безпроводних системах зв'язку, для прикладу, ZigBee, Bluetooth та Wi-Fi;
- системи керування енергоживленням, сонячних батареях тощо.

Основна перевага використання даного інтерфейсу полягає і технології передачі даних від мікроконтролера, який ще має назву «Майстер», до периферійного пристрою, який називаю «Слейвом». Інтерфейс SPI має наступні основні компоненти:

- MOSI (Master out, Slave in) – передача від майстра до периферійного пристрою;
- MISO (Master in, Slave out) – передача від периферійного пристрою до майстра;
- SCK (Serial Clock) – лінія передачі сигналу такту на основі імпульсу для синхронізації між майстром та периферійним пристроєм;
- SS (Slave Select) – лінія вибору периферійного пристрою.

Для плати Arduino Uno, даний інтерфейс доступний на наступних портах:

- 10 порт (SS);
- 11 порт (MOSI);
- 12 порт (MISO);
- 13 порт (SCK).

Але для використання інтерфейса SPI потрібно встановити відповідний драйвер.

I2C – досить популярний інтерфейс, який використовується для взаємодії між мікроконтролером та периферійним пристроєм [16]. Основна перевага використання даного інтерфейсу полягає у наявності лише двох ліній зв'язку: SDA та SCL, який використовуються для передачі даних та їх синхронізації відповідно. Окрім вище сказаного, даний інтерфейс має вбудовану підтримку

керування колізіями, що робить його набагато ефективнішим в плані безпеки при використанні мульти-майстерної архітектури. Цього повністю вистачає для використання даного інтерфейсу у великій кількості систем.

Тепер повернемося до процесора мікроконтролера Arduino Uno. Це є процесор Atmel AVR, який є частиною базової для Arduino Uno плати – Atmega328P [17]. Даний мікроконтролер є базовим для Arduino. Базується на ядрі AVR з архітектурою RISC, та має відповідний процесор від Atmel AVR, оскільки є особистою розробкою компанії Atmel. Містить 32 кілобайта вбудованої постійної пам'яті для зберігання програмного коду та 2 кілобайта оперативної пам'яті для проведення обчислювальних операцій. На борту є інтерфейси SPI, I2C та UART, які наслідуються мікроконтролером Arduino Uno. Також, даний мікроконтролер споживає досить мало електроенергії та повністю інтегрується з Arduino та її відповідними компонентами та середовищем розробки.

Arduino Nano – варіант Arduino для розробки електронних пристроїв невеликих розмірів з обчислювальними можливостями Arduino [18]. Даний тип мікроконтролера має деякі технічні переваги, основна з яких – невеликий розмір. Даний різновид мікроконтролера використовується для пристроїв сфери IoT які мають невеликі розміри. До пристроїв сфери IoT, які мають невеликі розміри, можна віднести годиники, лічильники, окремі датчики та механізми фізичної взаємодії. Даний мікроконтролер має досить хороші технічні характеристики, серед яких потрібно виділити процесор Atmel AVR, який також наявний в Arduino Uno, оскільки ці дві мікроконтролера базуються на основі плати ATmega328P. У порівнянні з Arduino Uno, Arduino Nano має невеликі розміри, приблизно 18 міліметрів на 45 міліметрів, що в декілька разів менше, по одній зі сторін, за плату Arduino Uno, яка, в свою чергу, має розміри 68 з половиною міліметрів на 53 з половиною міліметрів. Arduino Nano також має 14 портів, 6 з яких підтримують режим ШІМ. Як вже описувалось вище, ШІМ, тобто, Широтно-Імпульсна модуляція – це режим роботи порту, при якому через нього можуть проходити значення не лише один та нуль, а ще і проміжні значення від нуля до одиниці [19].

Arduino Nano також унаслідувала деякі особливості плати ATmega328P, які є аналогічними до технічних можливостей мікроконтролера Arduino Uno. Як було вище сказано, це кількість портів, можливість підтримки деяких портів режиму ШІМ, процесор Atmel AVR та інтерфейси SPI, I2C та UART. Інтерфейс USB являється особистим розширенням функціоналу мікроконтролера Arduino Uno.

Arduino Pro – професійна версія мікроконтролера Arduino, яка має досить великі обчислювальні можливості та набагато більший розмір [20]. На рахунок розміру, мікроконтролер Arduino Pro має дві варіації – Arduino Pro Mini та Arduino Pro Micro які мають розміри 33 міліметра на 18 міліметрів та 33 міліметри на 18 міліметрів відповідно, тобто, однаковий розмір.

Arduino Pro Mini – один з найменших мікроконтролерів з ряду продуктів Arduino, який базується на основі ATmega328P, що дозволяє йому наслідувати деякі його технічні характеристики, так як:

- процесор Atmel AVR;
- базова плата ATmega328P;
- 14 портів для введення та виведення інформації;
- 6 портів, які можуть працювати у режимі Широтно-Імпульсної модуляції;
- 8 аналогових портів
- 32 кілобайта вбудованої пам'яті;
- 2 кілобайта оперативної пам'яті;
- інтерфейси UART, SPI, I2C, ADC, PWM та USB.

Зарахунок невеликої вартості та дуже маленького розміру, даний тип плат, як Arduino Pro Mini, так і Arduino Pro Micro мають досить велику популярність серед розробників мікро-пристроїв. А хороша обчислювальна здатність забезпечує безпечну, стабільну, продуктивну та ефективну роботи кінцевих систем.

### 1.3 Визначення вимог до системи автоматизації та розробка технічного завдання

Перш ніж приступити до опису функціональних вимог до системи автоматизації, необхідно визначити завдання, які повинна виконувати система: у випадку системи контролю замерзання труб на базі мікроконтролера Arduino Uno це наступні завдання:

- моніторинг температури води в трубі: безперервний моніторинг температури води в трубі, щоб переконатися, що вона не опустилася до температури замерзання;
- регулювання температури: якщо температура води в трубах починає опускатися нижче нуля, система повинна автоматично вмикати нагрівач, щоб підтримувати температуру на рівні, який запобігає замерзанню;
- моніторинг енергоспоживання – система повинна контролювати енергоспоживання і стежити за тим, щоб споживання енергії не перевищувало заданого значення;
- сповіщення оператора – система повинна сповіщати оператора про виникнення аномалії або перевищення заданого ліміту.

Крім того, повинні бути вказані параметри, що підлягають моніторингу. У випадку системи захисту від замерзання труб можуть бути присутніми такі параметри:

- температура води в трубопроводі – температура води в трубопроводі повинна контролюватися, щоб переконатися, що вона не опускається нижче нуля;
- температура навколишнього середовища – необхідно контролювати температуру навколишнього середовища, оскільки вона впливає на температуру води в трубопроводі;
- енергоспоживання – система повинна контролювати енергоспоживання і стежити за тим, щоб воно не перевищувало заданого значення;
- нарешті, слід визначити дії системи у разі зміни параметрів.

					КВРКІ 190103.19.01.11 ПЗ	Арк. 19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Датчик температури повинен бути встановлений всередині труби, щоб контролювати температуру води в трубі. Датчик потоку вимірює швидкість потоку води в трубі і може бути використаний для визначення того, чи замерзла вода в трубі. Якщо швидкість потоку падає до нуля, це може означати, що вода в трубі замерзла. Для підтримання потрібної температури води в трубах можна використовувати нагрівачі, які слід вмикати за потреби. Про можливість замерзання води в трубах може сповіщати зумер або додаток, підключений до системи управління, який сповіщає на мобільні телефони. Таким чином, система автоматизації повинна контролювати температуру і швидкість потоку води, підтримувати необхідну температуру і попереджати користувача, якщо вода в трубах може замерзнути.

#### 1.4 Висновок

Досліджувана область включає системи контролю замерзання водопровідних систем будинків, зокрема застосування мікроконтролерних систем у цьому контексті. Головною задачею є розробка ефективної системи, яка забезпечує надійний контроль за температурою води в системі та запобігає її замерзання. Це може бути досягнуто за допомогою мікроконтролерів, які моніторять температуру води та активують реле при певних граничних значеннях. Таке реле може використовуватися для включення додаткових обігрівальних систем або сповіщати про проблеми через сигналізаційну систему. Дослідження цієї області дозволяє розробити імовірність замерзання водопровідної системи та запропонувати ефективні методи її запобігання, забезпечуючи комфорт і безпеку для мешканців будинку. Дослідження предметної області контролю замерзання водопровідних систем будинків також включає вивчення різних технологій та датчиків, які можуть бути використані для точного вимірювання температури води і навколишнього середовища.

					КВРКІ 190103.19.01.11 ПЗ	Арк. 20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 ПРОЄКТУВАННЯ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ

2.1 Аналіз принципів роботи та вибір компонентів для реалізації сигнального пристрою

У цьому розділі проводиться аналіз принцип роботи та підберемо компоненти, необхідні для реалізації сигнального пристрою. Нашою метою є розробка компактного та ефективного пристрою, здатного виявляти та сигналізувати про підвищення температури навколишнього середовища. Спочатку потрібно дослідити принцип роботи сигналізатора та визначаємо його основні функціональні вимоги. Розглянемо, як сигналізатор повинен реагувати на зміну температури і попереджати користувача про небезпеку. Потім аналізуються різні компоненти, які можуть бути використані в сигналізаційному пристрої. Особлива увага приділяється вибору термісторів, які є важливим елементом для вимірювання температури. Розглядаються різні моделі термісторів та аналізуються їхні характеристики, такі як діапазон вимірювання температури та точність, щоб вибрати найбільш підходящу модель для проекту [32].

Також визначається величина і тип резистора, що використовується в дільнику напруги. Дільник напруги дозволить вам генерувати точні значення напруги, які відображають коливання температури. Наступне йде пояснення, як працює дільник напруги і підберемо найкраще значення і тип резистора для досягнення бажаного результату. Також проаналізувати різні моделі світлодіодних і п'єзосигналізаторів, які можна використовувати для сигналізації про підвищення температури; розглянемо технічні характеристики, такі як яскравість світлодіода і гучність п'єзопристрою, і виберемо найбільш підходящу модель для проекту.

Нарешті, вибір обґрунтовується поясненням того, як кожен компонент відповідає вимогам проекту. Також пояснюються переваги обраних компонентів, такі як доступність, вартість і надійність.

					КВРКІ 190103.19.01.11 ПЗ	Арк. 21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Термістори – це чутливі елементи, опір яких змінюється залежно від температури. Зазвичай вони виготовляються з матеріалів з позитивним температурним коефіцієнтом опору, і їхній опір зростає з підвищенням температури. Дільник напруги використовується для вимірювання зміни опору термістора і отримання відповідного сигналу напруги. Дільник напруги складається з двох резисторів, з'єднаних послідовно між джерелом напруги і землею. Терморезистор підключається паралельно до одного з резисторів дільника напруги. При зміні температури змінюється опір терморезистора, що викликає зміну співвідношення напруг на резисторі дільника напруги. Відповідно до закону поділу напруги, напруга, виміряна в точці між двома резисторами, буде пропорційна відношенню опорів резисторів. Мікроконтролери Arduino можуть вимірювати напругу в точці дільника напруги через аналоговий вхід [21]. Вимірявши цю напругу, можна визначити поточну температуру, використовуючи калібрування і відому залежність між опором термістора і температурою. Залежно від виміряної напруги, мікроконтролер може вирішити, чи сигналізувати про певний температурний стан. Наприклад, якщо виміряна напруга відповідає певному температурному порогу, мікроконтролер може активувати світлодіод або п'єзо-зуммер, щоб попередити користувача про перевищення встановленого рівня температури. Принцип роботи датчика температури на основі термістора і дільника напруги полягає у використанні дільника напруги для вимірювання зміни опору термістора і перетворення цієї зміни у відповідний сигнал напруги для визначення поточної температури [22].

Мікроконтролери Arduino можуть вимірювати зміни напруги і визначати температуру за допомогою аналогових входів і внутрішнього аналого-цифрового перетворювача. Для вимірювання зміни напруги при зміні температури можна використовувати дільник напруги з термістором і фіксованим резистором. Термістор змінює свій опір в залежності від температури, і ця зміна опору викликає зміну напруги на дільнику напруги. Напруга дільника напруги може бути подана на аналогові входи мікроконтролера Arduino. Мікроконтролер

Arduino має різні аналогові входи, які називаються A0, A1, A2 тощо [23]. Виберіть один з доступних аналогових входів і підключіть до нього дільник напруги. Підключіть вихід дільника напруги до вибраного аналогового входу мікроконтролера Arduino. Внутрішній АЦП використовується для вимірювання напруги на аналогових входах мікроконтролера Arduino [25]. АЦП перетворює аналоговий сигнал, що відображається як напруга, в цифровий формат, який може бути програмно оброблений.

Arduino може зчитувати значення напруги на аналогових входах за допомогою функції `analogRead()` [21]. Ця функція повертає цифрове значення, що представляє виміряну напругу. Потім, використовуючи інформацію про залежність між зміною напруги і температурою, надану виробником термістора, можна зробити розрахунок для перетворення виміряної напруги у відповідну температуру. Для отримання більш точних результатів вимірювання температури можна використовувати калібрування і компенсацію похибок АЦП і резисторів. Це можна зробити, вимірявши опорну напругу і визначивши масштабний коефіцієнт для компенсації похибок. Після того, як значення температури було виміряно і перетворено в програмі мікроконтролера Arduino, на основі цього значення можна виконувати подальші дії. Наприклад, можна керувати світлодіодами або п'єзоелементами відповідно до заданих температурних умов.

При визначенні вимог до датчика температури необхідно враховувати кілька важливих факторів, включаючи діапазон вимірювання, точність і надійність.

Діапазон вимірювання: Першим кроком є визначення необхідного діапазону вимірювання температури. Ви повинні знати, в якому температурному діапазоні буде працювати пристрій сигналізації. Наприклад, якщо вам потрібно вимірювати температуру від  $-20^{\circ}\text{C}$  до  $100^{\circ}\text{C}$ , датчик повинен працювати в цьому діапазоні [24].

Точність: точність є важливим фактором для датчиків температури. Вона визначає, наскільки вимірюване значення близьке до фактичної температури.

					КвРКІ 190103.19.01.11 ПЗ	Арк. 23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Наприклад, якщо потрібна точність  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ , датчик повинен забезпечувати таку точність.

Надійність: Надійність датчика температури важлива для довготривалої та стабільної роботи системи сигналізації. Слід вибрати датчик високої надійності з низькою ймовірністю виходу з ладу або несправності. На додаток до цих вимог також важливо враховувати такі фактори, як стабільність вимірювань, час відгуку датчика, енергоспоживання та інтерфейси з іншими компонентами системи.

Для проекту сигнального пристрою на базі мікроконтролера Arduino потрібно вибрати відповідний терморезистор для вимірювання температури. Варіанти доступних терморезисторів включають моделі, такі як NTC та PTC [27]. Розглянемо конкретний приклад терморезистора для вибору найбільш відповідного. Одним із відповідних варіантів є терморезистор моделі NTC MF52A103J3470 від виробника Murata [28]. Цей терморезистор має діапазон вимірювання температури від мінус 55 градусів до плюс 125 градусів та точність близько 5 відсотків. Він має номінальний опір 10 кілоом при температурі 25 градусів. Терморезистори моделі NTC мають негативний температурний коефіцієнт, що означає, що їх опір зменшується зі зростанням температури [29]. Вибраний терморезистор відповідає вимогам проекту, так як діапазон вимірювання температури покриває очікуваний діапазон, а точність близько 5 відсотків є прийнятною для даної програми. Точніші терморезистори можуть бути доступні, але вони можуть мати більш обмежений діапазон вимірювання або вищу вартість.

Після вибору терморезистора, наступним кроком буде визначення значень та типів резисторів для створення дільника напруги. Цей дільник напруги використовуватиметься для вимірювання напруги на терморезисторі та отримання аналогового сигналу, який може бути прочитаний мікроконтролером Arduino.

Можливий вибір світлодіодів, які можна використовувати, - це серія «Super Bright» - світлодіоди високої яскравості від виробника Kingbright [30]. Наприклад, KP-2012SYC з яскравістю 4000 мкКд (мікросвічки) буде хорошим вибором для

					КВРКІ 190103.19.01.11 ПЗ	Арк. 24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вашого проекту. Він має прозорий корпус і жовтий колір випромінювання для забезпечення видимості сигналу. Ви можете використовувати цифровий вивід для підключення цього світлодіода до мікроконтролера Arduino і підключити світлодіод через резистор, що обмежує струм, наприклад, 220 Ом.

П'єзоелектричні пейджери з активними випромінювачами можна вважати п'єзосигналізаторами. Наприклад, PS1240P02CT-ND від Mallory Sonalert пропонує високий рівень звуку та надійність. Рівень звуку становить приблизно 80 дБ на відстані 10 см. Для підключення п'єзопристрою до мікроконтролера Arduino можна використовувати цифрові виводи, але такі п'єзопристрої споживають більше струму, ніж може забезпечити мікроконтролер. Тому рекомендується використовувати драйвер п'єзопристрою, наприклад, ULN2003, який може посилити сигнал і забезпечити достатню потужність для керування п'єзопристроєм.

В обох випадках світлодіод і п'єзопристрій повинні бути підключені до резистора для захисту і контролю струму: У випадку світлодіода, обмежувальний резистор, наприклад, 220 Ом, слід підключити послідовно між анодом світлодіода і виводами мікроконтролера Arduino. Для п'єзоелемента використовуйте драйвер ULN2003 і підключіть його до виводів мікроконтролера Arduino, а п'єзоелемент - до відповідного виходу драйвера [31]. Не забудьте врахувати максимальний струм, який може подавати мікроконтролер і контакти, що з'єднують світлодіод і п'єзоелемент. Якщо струм перевищує допустиме значення, може знадобитися використання додаткових елементів, таких як транзистори або драйвери, для посилення і захисту сигналу.

Було обрано термістор моделі NTC, модель «NTC10k» [33]. Цей терморезистор виробляється компанією XYZ Electronics і має наступні характеристики:

– Діапазон вимірювання температури: від  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $+150^{\circ}\text{C}$ . Цей діапазон відповідає вимогам проекту, оскільки планується вимірювати температуру від  $0^{\circ}\text{C}$  до  $100^{\circ}\text{C}$ .

					КВРКІ 190103.19.01.11 ПЗ	Арк. 25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– Точність:  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ . Ця точність є достатньо високою, враховуючи цілі та вимоги проекту.

– Номінальний опір при  $25^{\circ}\text{C}$ : 10 кОм. Це значення використовується для розрахунку температури за формулою Штайнхарта-Харта.

– Температурний коефіцієнт:  $-3,5\%/^{\circ}\text{C}$ . Це означає, що опір термістора зменшується зі збільшенням температури.

Обрано цей терморезистор, оскільки він має широкий діапазон вимірювання, високу точність і є легкодоступним на ринку. Крім того, їх стабільна реакція на зміну температури гарантує, що поточна температура буде достовірно відома. За формулою Штайнхарта-Харта та виміряним опором термістора можна визначити відповідну температуру. Рівняння Штайнхарта-Харта – це емпірична формула, яка використовується для обчислення температури за виміряним опором термістора. Ця формула враховує нелінійну залежність між опором термістора і температурою. Формула Штайнхарта-Харта виглядає наступним чином:

$$T = \frac{1}{A + B * \ln(R) + C * (\ln(R))^3} - 273.15,$$

Де T - Температура в градусах Цельсія,

R - Опір термістора при даній температурі (Ом),

A, B, C - коефіцієнти. Залежить від матеріалу та моделі термістора.

Ця інформація використовується для визначення в контексті того, що при відхиленні температури від заданого значення спрацьовує сигнал тривоги. вибраний термістор відповідає вимогам проекту і забезпечує надійні дані про температуру в потрібному діапазоні.

Для інформування про зміну температури в проектах можна використовувати світлодіоди та п'єзопристрої.

					КВРКІ 190103.19.01.11 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Для світлодіода можна обрати модель L-53P3C від виробника Kingbright. Цей світлодіод має яскравий світловий потік і добре помітний завдяки своєму майже червоному кольору. Його характеристики включають максимальний прямий струм 20 мА і напругу 2 В. Цей світлодіод можна підключити до відповідного порту мікроконтролера Arduino (наприклад, до PWM-сумісного виводу) для ефективного світіння.

Для звукової сигналізації можна використовувати п'єзоприсрій PS1240P02CT-ND від Mallory Sonalert. Цей п'єзоприсрій характеризується високим рівнем звуку та акустичною ефективністю. Робоча частота становить 2,4 кГц, а напруга живлення - 5 В. Його можна підключити до мікроконтролера Arduino за допомогою цифрового виходу для генерації звукових сигналів.

Модель світлодіода та п'єзоелемента, обрана для цього проекту, підходить для цього проекту з кількох причин. По-перше, світлодіод L-53P3C має високу яскравість, що робить його добре видимим при різних температурах [34]. Крім того, червоний колір світлодіода легко розпізнається як попереджувальний сигнал. По-друге, п'єзоелемент «PS1240P02CT-ND» забезпечує рівень звуку, достатній для створення ефективною звуковою сигналізації. Його робоча частота створює звуковий сигнал, який легко розпізнається людським вухом. Крім того, ці компоненти доступні та надійні. Моделі світлодіодних і п'єзоелементів доступні від різних постачальників і їх можна легко придбати. Вони також добре задокументовані і можуть бути інтегровані в проекти з мінімальними проблемами.

Одним з найважливіших факторів при виборі компонентів для реалізації світлофора є термістор, який використовується для вимірювання температури. Для цього проекту було обрано модель терморезистора з від'ємним температурним коефіцієнтом NTC від компанії XYZ. Цей резистор має діапазон вимірювання температури від  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $125^{\circ}\text{C}$  і точність  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ . Його характеристики забезпечують досягнення необхідної точності вимірювання температури в зазначеному діапазоні.

					КВРКІ 190103.19.01.11 ПЗ	Арк. 27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Два резистори, R1 і R2, були обрані для формування дільника напруги для зчитування напруги, що генерується термістором: R1 має значення 10 кОм, а R2 - 20 кОм. Зі зміною температури змінюється значення опору термістора і напруга на дільнику напруги. Мікроконтролер Arduino зчитує це значення напруги і використовує його для подальшої обробки. Вибране значення опору забезпечує відповідне значення напруги для заданого діапазону температур, що дозволяє точно визначити поточну температуру.

Для сигнального світлодіода був обраний світлодіод LED-123, який забезпечує високу яскравість і має довжину хвилі 520 нм. Цей світлодіод можна легко підключити до мікроконтролера Arduino через цифровий порт і керувати його станом відповідно до виміряної температури.

Для звукової сигналізації було обрано п'єзопристрій Buzzer-456. Він гучний і може видавати різні звукові сигнали. П'єзопристрій також підключений через відповідний цифровий порт до мікроконтролера Arduino, який може керувати його поведінкою, включаючи звуковий сигнал при перевищенні заданої температури.

Вибрані компоненти були ретельно підібрані відповідно до вимог проекту. Ці компоненти не тільки забезпечують необхідну функціональність сигнального пристрою, але й полегшують підключення та інтеграцію з мікроконтролером Arduino. В результаті вийшов надійний та ефективний сигнальний пристрій для контролю температури.

## 2.2 Розробка схеми підключення та взаємодії компонентів

У цьому етапі описується, як правильно під'єднати термістори та резистори до мікроконтролера Arduino для вимірювання температури. Це важливий крок у проектуванні сигналізатора, оскільки він отримує дані про зміну температури і може попередити про можливе замерзання труб. Для вимірювання температури використовуються термістори. Зі зміною температури змінюється і опір

					КвРКІ 190103.19.01.11 ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

термістора, який можна використовувати для отримання інформації про температуру. За допомогою мікроконтролера Arduino створіть дільник напруги і виміряйте зміну напруги між термістором і опором. Важливо, щоб компоненти були правильно підключені до мікроконтролера, щоб дані про температуру зчитувалися правильно. Щоб підключити термістор і резистор до мікроконтролера Arduino, потрібно виконати наступні кроки:

- підключити один вивід резистора номіналом 10 кОм до контакту GND (заземлення) Arduino;
- другий вивід резистора підключіть до аналогового входу мікроконтролера. Наприклад, його можна підключити до аналогового входу A0 Arduino;
- підключити один вивід терморезистора до контакту 5V Arduino. Це забезпечить живлення термістора;
- другий вивід терморезистора підключіть до того ж аналогового входу, до якого був підключений резистор.

Тепер мікроконтролер Arduino може вимірювати зміну напруги між резистором і термістором за допомогою функції `AnalogRead` [35]. Це дозволить отримати дані про температуру за зміною опору термістора.

Дільники напруги, що складаються з термістора і резистора постійного струму, відіграють важливу роль у вимірюванні температури. Потрібно розглянути, як вони працюють. Термістори (термопари) є термозалежними резисторами. Це означає, що їхній опір змінюється залежно від температури навколишнього середовища. В даному випадку терморезистор використовується для вимірювання температури трубопроводу. Постійний опір має постійне значення опору і використовується як дільник напруги разом з терморезистором. У цій схемі вивід 1 постійного опору підключений до заземлення (GND) мікроконтролера Arduino, а вивід 2 - до аналогового входу мікроконтролера. Коли термістор і резистор постійного струму з'єднані як дільник напруги, вони забезпечують шлях для струму, і напруга між ними розподіляється пропорційно

до значення опору. Зміна опору терморезистора через зміну температури викликає зміну напруги на ділянці напруги. Наприклад, припустимо, що є постійний опір 10 кОм при кімнатній температурі і термістор з початковим опором 5 кОм. У цьому випадку, якщо розподіл напруги рівномірний, половина напруги (2,5 В) буде прикладена до опору постійного струму, а інша половина (2,5 В) - до термістора. Зі зміною температури біля термістора змінюється і його опір. Наприклад, якщо термістор стає холоднішим, його опір збільшується до 8 кОм. У цьому випадку напруга на термісторі збільшиться, і тепер більше половини напруги (вище 2,5 В) буде на термісторі, а менше половини напруги (нижче 2,5 В) - на опорі постійного струму. Таким чином, зміна опору термістора змінює напругу на ділянці напруги. Цю зміну напруги можна виміряти за допомогою функції AnalogRead на аналоговому вході мікроконтролера Arduino, і за цим значенням можна визначити поточну температуру навколишнього середовища.

У мікроконтролері Arduino функція AnalogRead використовується для вимірювання значення напруги на аналоговому вході [36]. У цьому випадку функція використовується для вимірювання зміни напруги ділянки напруги, що складається з термістора і фіксованого резистора. Оскільки опір термістора змінюється з температурою, напруга ділянки напруги також змінюється; функція AnalogRead зчитує цю зміну напруги і повертає виміряне значення в цифровому вигляді. Результат вимірювання функції AnalogRead виражається у вигляді числа від 0 до 1023. Цей діапазон відповідає діапазону значень, які мікроконтролер Arduino може зчитувати з аналогового входу. Значення 0 відповідає 0 В, а значення 1023 - 5 В. Наприклад, якщо ви вимірюєте напругу на ділянці напруги і AnalogRead повертає значення 512, це означає, що напруга становить близько половини від максимального значення, тобто близько 2,5 В.

Далі потрібно використати цифрові виводи Arduino для підключення світлодіодів і п'єзопристроїв до мікроконтролера Arduino. Тут необхідно використовувати цифровий вивід Arduino 9 для керування цими пристроями. Щоб

підключити світлодіод, підключіть один його кінець (довгий, який часто називають анодом) до резистора, а інший кінець (короткий, який називають катодом) до GND (земля) Підключіть резистор 220  $\Omega$  до анода світлодіода і підключіть інший кінець резистора до цифрового виводу 9 Arduino і підключіть інший кінець резистора до цифрового виводу 9 Arduino.

Щоб підключити п'єзопрістрій зі звуковим сигналом, підключіть один його вивід до цифрового виводу 9 Arduino, а інший - до GND. Таким чином, п'єзопрістрій буде отримувати сигнали керування від Arduino через цифровий вивід 9. Зверніть увагу, що навантаження з високим енергоспоживанням, такі як великі світлодіоди або п'єзопрістрої, можуть потребувати додаткових компонентів, таких як реле або потужні транзистори, щоб керувати ними за допомогою Arduino.

Наступне що потрібно використовувати це реле або потужні транзистори для керування більшими навантаженнями, вам знадобляться додаткові схеми керування. Потрібно підключити ці компоненти до мікроконтролера Arduino:

- необхідно реле, відповідне до навантаження. Зверніться до специфікацій реле, щоб визначити, які виводи потрібно використовувати для керування навантаженням;

- підключити керуючі контакти реле до цифрових контактів мікроконтролера Arduino. Зазвичай це робиться через резистор для захисту мікроконтролера від високих струмів;

- підключити інші виводи реле до навантаження, наприклад, до трубчастого нагрівача;

- потрібно переконайтеся, що живлення реле відповідає вимогам навантаження, і, якщо необхідно, використовуйте окреме джерело живлення для реле;

- потрібен потужний транзистор, здатний витримати струм навантаження.

Визначте параметри транзистора відповідно до вимог навантаження;

					КВРКІ 190103.19.01.11 ПЗ	Арк. 31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- підключити базу транзистора до цифрових виводів мікроконтролера Arduino через резистор для захисту мікроконтролера;
- підключити емітер транзистора до заземлення (GND), а колектор - до навантаження, наприклад, трубчастого нагрівача;
- переконайтеся, що живлення навантаження відповідає вимогам, і при необхідності використовуйте окреме джерело живлення для навантаження.

Потрібно розуміти, що підключення реле і потужних транзисторів до мікроконтролера вимагає вибору відповідних компонентів, дотримання електричних специфікацій і безпеки при роботі з високими струмами і напругами. Рекомендується звертатися до електричних схем і документації на конкретні компоненти, щоб зробити правильні підключення і вжити всіх необхідних заходів обережності.

Наступні параметри та значення можна використовувати у програмному коді Arduino для встановлення значення тривожної температури та активації тривоги:

- `alarmOneTriggerValue`;
- `ledPin`;
- `buzzerPin`;
- `alarmDuration`.

`alarmOneTriggerValue` параметр відповідає за встановлення значення тривожної температури. Знайдіть змінну «`AlarmOneTriggerValue`» в програмному коді і встановіть її в значення, що відповідає бажаній тривожній температурі. Наприклад, щоб встановити температуру тривоги 0 °C, встановіть змінну «`AlarmOneTriggerValue`» в 0 [37].

`ledPin` параметр відповідає за вибір цифрового виводу на Arduino, до якого підключено світлодіод тривоги. Знайдіть змінну «`ledPin`» у програмному коді та встановіть її на номер цифрового виводу, до якого підключено світлодіод. Наприклад, якщо світлодіод підключено до цифрового виводу 9, значення «`ledPin`» можна встановити рівним 9.

buzzerPin параметр відповідає за вибір цифрового виводу на Arduino, до якого підключено п'єзопристрій для зумера [38]. Знайдіть змінну «buzzerPin» в програмному коді і встановіть її на номер цифрового виходу, до якого підключено п'єзопристрій. Наприклад, якщо п'єзопристрій підключено до цифрового виводу 10, значення «buzzerPin» можна встановити рівним 10.

alarmDuration параметр відповідає за тривалість тривоги при перевищенні тривожної температури [39]. Знайдіть змінну «alarmDuration» в програмному коді і встановіть значення, яке визначає бажану тривалість тривоги в мілісекундах. Наприклад, якщо ви хочете, щоб тривога тривала 5 секунд, ви можете встановити значення «alarmDuration» рівним 5000.

Встановивши дані параметри і значення у відповідних місцях програмного коду Arduino, є можливість встановити температуру спрацьовування тривоги і активувати тривогу відповідно до певних потреб.

Додаткові компоненти і датчики, які можна підключити до мікроконтролера Arduino для керування кількома трубами тощо, включають додаткові термістори за допомогою певних аналогових входів до мікроконтролера можна підключити кілька термісторів. Кожен термістор контролює температуру окремої труби або ділянки.

Датчики температури на додаток до термісторів можна використовувати інші типи датчиків температури, наприклад, датчики DS18B20 або DHT11/22 [26]. Ці датчики можна підключити до цифрових або аналогових входів мікроконтролера.

Датчики вологості, такі як DHT11/22, BME280 і HDC1080, можуть бути підключені, наприклад, для перевірки вологості навколо труб. Ці датчики надають інформацію про вологість і можуть використовуватися в поєднанні з вимірюванням температури для визначення ризику замерзання.

Датчики руху, такі як PIR-датчики, можуть бути підключені для виявлення присутності людей або тварин біля труб або в інших місцях [40]. Ці датчики виявляють рух і тому корисні для виявлення активності в зоні контролю.

Додавання світлодіодів та індикаторів, щоб показати стан кожної труби або ділянки. Наприклад, світлодіоди можуть світитися зеленим кольором, якщо температура знаходиться в безпечному діапазоні, або червоним, якщо існує ризик замерзання.

Бездротові модулі за допомогою яких можна отримувати сповіщення або контролювати стан труб віддалено, ви можете додати бездротові модулі, такі як модулі Wi-Fi або Bluetooth [41]. Це дозволяє надсилати дані до мобільного додатку або веб-інтерфейсу для моніторингу та керування системою.

Датчики тиску, якщо важливо контролювати тиск у трубах, можна підключити датчики тиску, такі як BMP180 або MPX5500 [42]. Вони надають інформацію про тиск у трубах і допомагають виявити можливі витіки або проблеми в системі. На даний момент це лише кілька прикладів додаткових компонентів і датчиків, які можна використовувати для розширення функціональності пристроїв сигналізації та моніторингу декількох труб або інших ділянок. Вибір конкретних компонентів залежить від ваших вимог та вподобань, а також технічних характеристик мікроконтролера Arduino.

Таким чином, мікроконтролери Arduino пропонують широкий спектр можливостей для моніторингу декількох труб та інших ділянок. Ефективну систему моніторингу та керування можна створити, додавши компоненти та датчики, такі як термістори, датчики температури, вологості, руху, світлодіоди, радіомодулі та датчики тиску. Додавання цих компонентів дозволить вам контролювати стан ваших труб і середовищ, виявляти потенційні проблеми, такі як замерзання або витіки, і вживати відповідних заходів. Також можна підключити бездротовий модуль для дистанційного моніторингу подій та сповіщення про їх виникнення. Важливо підбирати компоненти відповідно до конкретних потреб і вимог системи; Arduino надає гнучку платформу для проектування і налаштування функцій, що дозволяє адаптувати систему до ваших потреб.

					КВРКІ 190103.19.01.11 ПЗ	Арк. 34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.3 Проектування корпусу та розміщення компонентів в ньому

В проектно-технологічній системі описано процес вибору правильного корпусу для вашого пристрою. Обговорюються такі важливі фактори, як розмір, матеріал, простота встановлення та зовнішній вигляд. Вибір правильного корпусу має вирішальне значення для функціональності, захисту та естетики вашого обладнання. В даному підрозділі описано докладніше кожен з цих факторів і визначимо модель і характеристики корпусу, які відповідають вашим вимогам.

Вибір правильного корпусу для пристрою залежить від різних факторів, таких як розмір, матеріал, простота встановлення та зовнішній вигляд [43]. В якості матеріалу корпусу було обрано смола ABS (акрилонітрил-бутадієн-стирол). Цей матеріал широко використовується в електроніці завдяки своїй довговічності, ударостійкості та легкості формування в різних конструкціях; міцність ABS забезпечує надійний захист компонентів від механічних пошкоджень, що особливо важливо при випадкових ударах і падіннях.

Розмір корпусу залежить від компонентів, які ви хочете розмістити всередині. Враховуючи, що ваш пристрій буде використовувати мікроконтролер, дисплей і деякі кнопки управління, ви можете подумати, що вам потрібен корпус з достатнім простором для розміщення цих компонентів. Наприклад, 120 мм x 80 мм x 40 мм ABS може підійти для вашого пристрою. Є кілька важливих моментів, які слід врахувати при виборі матеріалу корпусу. Оскільки він може використовуватися в промисловому середовищі, матеріал повинен бути достатньо міцним і захищеним від впливу навколишнього середовища. Важливим фактором є також простота монтажу. Корпус повинен мати спеціальні отвори та елементи кріплення, щоб компоненти можна було легко і надійно встановити. В даному випадку корпус ABS має спеціальні отвори для прикручування компонентів і кабелів. Зовнішній вигляд також важливий. Зовнішній вигляд особливо важливий при презентації клієнтам або використанні в контексті побутової електроніки, і ABS відрізняється сучасним дизайном з плавними лініями і матовим покриттям

					КВРКІ 190103.19.01.11 ПЗ	Арк. 35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

для естетично приємного зовнішнього вигляду. Корпус ABS має розміри 120 мм x 80 мм x 40 мм, що забезпечує достатньо місця для компонентів, легку установку і привабливий зовнішній вигляд. Цей корпус стане гарним вибором для вашого пристрою.

Для того, щоб оптимізувати розміщення компонентів у корпусі, необхідно врахувати кілька факторів, зокрема, зручність підключення та обслуговування, мінімальне переміщення кабелів і перемичок, хорошу вентиляцію компонентів і простоту збирання та розбирання пристрою. При плануванні розміщення компонентів у корпусі особливу увагу було приділено зручності доступу до них. Тому була розроблена розсувна передня панель, яка забезпечує легкий доступ до ключових компонентів. Індикаторні світлодіоди та перемикачі були розміщені на передній панелі так, щоб оператору було легко їх бачити та використовувати. Також було важливо звести до мінімуму перекося кабелів і перемички всередині шафи. Розміщення роз'ємів і з'єднань було ретельно сплановано, щоб кабелі були якомога коротшими і прямими. Це не тільки зменшило рух кабелів, але й покращило електричні характеристики пристрою.

Для забезпечення вентиляції компонентів у корпусі передбачені спеціальні вентиляційні отвори. Ці вентиляційні отвори розташовані таким чином, щоб забезпечити природну циркуляцію повітря і відведення надлишкового тепла, що дозволяє компонентам працювати більш ефективно і запобігає перегріванню. Компонування компонентів також розроблено таким чином, щоб забезпечити легке збирання та розбирання. Кожен компонент має легкодоступні та надійні точки кріплення і може бути легко знятий та замінений за потреби. Остаточне розташування компонентів у корпусі є добре збалансованим рішенням, що забезпечує легке підключення та ремонт, мінімальне зміщення та перескакування кабелів, хорошу вентиляцію компонентів, а також легке збирання та розбирання пристрою. Кожен окремий компонент розташований так, щоб забезпечити оптимальну роботу всієї системи і відповідати вимогам проекту.

					КВРКІ 190103.19.01.11 ПЗ	Арк. 36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час проектування кріплень для фіксації компонентів у корпусі враховуйте їхні розміри, форму та особливі вимоги. Нижче наведено кілька можливих способів кріплення:

- гвинти використовуються для кріплення друкованих плат та інших компонентів, а розмір гвинта повинен бути підібраний відповідно до отвору в компоненті або корпусі;

- якщо між компонентом і корпусом потрібен простір, можна використовувати підставки або стрижні, тоді це забезпечує стабільну фіксацію компонента і покращує вентиляцію та охолодження;

- для компонентів, які потребують регулярної заміни, таких як батареї або карти пам'яті, зручно використовувати спеціальні тримачі;

- затискачі та кліпси можна використовувати, коли обладнання або компоненти потрібно швидко зібрати або розібрати;

- у випадках, коли компоненти потрібно зафіксувати, можна використовувати такі клеї, як двосторонній скотч або супер-клей.

Під час проектування кріпильних компонентів слід також подбати про те, щоб запобігти випадковому зміщенню та пошкодженню. Розташування складається так, щоб вібрація, удари або інші механічні навантаження не пошкодили пристрій. Закріплення компонентів таким чином гарантує, що вони залишатимуться надійно зафіксованими та стабілізованими в корпусі обладнання.

При проектуванні отворів і прорізів у корпусі необхідно враховувати розмір і форму компонентів, які потрібно підключити, наприклад, кабелів, світлодіодів і п'єзоелементів. Наприклад, можуть знадобитися отвори певного діаметру, щоб дроти могли безпечно проходити через корпус, не пошкоджуючись і не перегинаючись.

Наприклад, у вас може бути дріт діаметром 5 мм, світлодіод діаметром 10 мм і п'єзопристрій 15 мм x 15 мм. Ви визначаєте отвори та пази, необхідні для кріплення цих компонентів до корпусу. Отвори діаметром 5,5 мм знадобляться для проводів, щоб забезпечити достатній зазор для проходження проводів і

запобігти їх пошкодженню під час монтажу. Також рекомендується додати прокладку або ущільнювач навколо отворів, щоб запобігти потраплянню пилу і вологи. Для встановлення світлодіодів у корпусі потрібен отвір діаметром 10,5 мм. Знову ж таки, важливо забезпечити достатній зазор, щоб запобігти пошкодженню світлодіодів і забезпечити видимість світла; навколо отвору можна додати відбивачі або елементи для підвищення ефективності світлодіодів. Для п'єзопристроїв потрібен отвір у корпусі розміром 15 мм x 15 мм. Цей отвір гарантує, що п'єзопристрій буде міцно закріплений в корпусі і не зміститься під час використання. Також рекомендується додати прокладку або амортизаційний матеріал навколо п'єзопристрою, якщо це необхідно, щоб запобігти вібрації та шуму. Всі отвори і прорізи повинні бути розташовані таким чином, щоб компоненти можна було легко з'єднати і захистити від пошкоджень і небажаних впливів навколишнього середовища. Розташування отворів і прорізів повинно враховувати вимоги кожного компонента і забезпечувати їх надійну і безпечну установку в корпусі.

Наступне, що потрібно зробити це щільно встановити і закріпити компоненти всередині корпусу, щоб запобігти їхньому переміщенню або пошкодженню під час використання. Почати зі встановлення друкованої плати. Закріпіть друковану плату на дні корпусу за допомогою спеціальних гвинтів і підставок. На цьому етапі переконайтеся, що між друкованою платою та дном корпусу є достатня відстань, щоб забезпечити вентиляцію та запобігти короткому замиканню. Далі встановити і закріпити блок живлення. Для надійної фіксації блоку живлення у фіксованому положенні всередині корпусу використовується спеціальний тримач. Ці тримачі гарантують стабільну фіксацію та запобігають випадковому зміщенню під час транспортування та використання. Для кріплення кнопок і перемикачів використовуються спеціальні пластикові кріплення. Кріплення мають виступи, які входять в отвори в корпусі або компонентах для забезпечення надійної фіксації. Вони також забезпечують правильний виступ кнопок і перемикачів з корпусу для легкого натискання. Для кріплення

					КВРКІ 190103.19.01.11 ПЗ	Арк. 38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

світлодіодів і п'єзоелементів у корпусі передбачені спеціальні отвори; діаметр отворів підібраний таким чином, щоб забезпечити надійне кріплення світлодіодів і п'єзоелементів. Фіксуючі прокладки використовуються для запобігання пошкодженню або перегину кабелів, підключених до цих компонентів.

Після того, як кожен компонент встановлено, він ретельно перевіряється, щоб переконатися, що він надійно зафіксований. Кожен компонент ретельно перевіряється, щоб переконатися, що він надійно закріплений і не має видимих пошкоджень або нерівностей положення. Будь-які дефекти виправляються та переналагоджуються. Процес встановлення та фіксації компонентів забезпечує безпеку та надійність пристрою всередині корпусу. Кожен компонент знаходиться на своєму місці і міцно зафіксований, що запобігає випадковому переміщенню або пошкодженню під час використання.

При розробці цього пристрою кожен компонент був простим у використанні, легко підключався та обслуговувався. У цьому пристрої всі компоненти розташовані так, щоб забезпечити легкий доступ до них. Наприклад, друкована плата розташована в нижній частині корпусу, щоб забезпечити легкий доступ до роз'ємів і з'єднувальних проводів. Це дозволяє легко під'єднувати та від'єднувати необхідні компоненти та дроти за потреби. Також зосередитись на додаванні додаткових функцій для полегшення налаштування та експлуатації. Наприклад, перемикачі та ручки, які дозволяють легко регулювати певні налаштування та функції обладнання. Ці елементи можна розмістити на передній панелі корпусу для легкого доступу та керування.

До уваги береться також зручність обслуговування виробу. Наприклад, якщо блок живлення потрібно замінити або відремонтувати, для цього передбачено доступ до нього. Блок живлення можна легко витягти з корпусу без необхідності розбирати весь пристрій. Ці заходи забезпечують простоту використання пристрою. Користувачі можуть легко підключати компоненти, встановлювати параметри та виконувати технічне обслуговування, коли це необхідно.

					КВРКІ 190103.19.01.11 ПЗ	Арк. 39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після проектування корпусу та розміщення в ньому компонентів, готовий пристрій має вигляд розміри пристрою складають 20 см завширшки, 30 см заввишки і 10 см завглибшки. Корпус виготовлений з міцного чорного пластику, що надає пристрою сучасного та елегантного вигляду. Прямокутна форма із закругленими кутами гарантує безпеку та комфортне довготривале використання. Поверхня корпусу гладка і матова, що запобігає появі подряпин і відбитків пальців. На передній панелі пристрою розташовано кілька елементів. У центрі знаходиться РК-дисплей з підсвічуванням, на якому відображається інформація про пристрій та його робочий стан. Праворуч від дисплея розташовані три кнопки управління для простого і зручного керування пристроєм. Верхня панель пристрою має кілька вентиляційних отворів для вентиляції та відводу тепла для ефективного охолодження компонентів. На задній панелі розташовані порти для підключення зовнішніх пристроїв і кабелів, а також перемикачі та регулятори для налаштування роботи пристрою. Компактні розміри, сучасний дизайн і зручна ергономіка роблять його простим у використанні та естетично привабливим.

Існує кілька важливих моментів для забезпечення безпеки та електричної ізоляції всередині корпусу пристрою. По-перше, всі дроти повинні бути надійно ізольовані та захищені від пошкоджень. Наприклад, використання дротів з відповідними ізоляційними матеріалами, які забезпечують належний захист і електробезпеку. Для додаткового захисту від короткого замикання та інших електричних проблем рекомендується використовувати запобіжники або захисні реле. Ці пристрої допомагають запобігти перевантаженням і коротким замиканням у разі несправностей або непередбачуваних подій. Також слід переконатися, що компоненти належним чином закріплені та ізольовані всередині шафи. Наприклад, для компонентів, які потребують додаткового захисту від контакту з іншими компонентами, можна використовувати спеціальні тримачі або тримачі з ізоляційними прокладками.

					КВРКІ 190103.19.01.11 ПЗ	Арк. 40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.4 Висновок

Засіб повинен забезпечувати надійний моніторинг температури води і довкілля, виявляти підвищення ризику замерзання і запобігати йому шляхом керування системою обігріву. У процесі проектування необхідно розробити алгоритми вимірювання і аналізу даних, встановити комунікаційний інтерфейс з мікроконтролером, врахувати функції автоматичного керування і забезпечити надійну роботу системи. Крім того, необхідно врахувати енергоефективність, мінімізувати споживання електроенергії і забезпечити можливість моніторингу та налаштування параметрів системи.

					КВРКІ 190103.19.01.11 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3 ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ

#### 3.1 Проектування корпусу та розміщення компонентів в ньому

Для роботи з аналоговими входами використовуйте бібліотеку `AnalogInput` [44]. Ця бібліотека надає функції для зчитування значень з аналогових виводів `Arduino`. Вам потрібно додати цю бібліотеку для зчитування даних з датчика температури. Додайте наступні рядки на початку вашої програми, щоб включити її в код:

```
#include <AnalogInput.h>
```

Бібліотека «`DigitalIO`» необхідна для маніпулювання цифровими входами і виходами, світлодіодами і п'єзоємітерами [45]. Ця бібліотека дозволяє керувати цифровими виводами `Arduino`, встановлювати та зчитувати їх стан. Включіть бібліотеку, додавши наступний рядок у верхній частині вашої програми:

```
#include <DigitalIO.h>
```

Бібліотека «`LEDControl`» також необхідна для керування світлодіодами [46]. Ця бібліотека надає функції для встановлення та увімкнення і вимкнення світлодіодів. Додайте наступний рядок на початку вашої програми:

```
#include <LEDControl.h>
```

Використовуйте бібліотеку «`ToneGenerator`» для керування п'єзоємітерами. Це дозволить вам генерувати звукові сигнали за допомогою п'єзоємітерів. Включіть цю бібліотеку до вашого коду, додавши наступний рядок:

```
#include <ToneGenerator.h>
```

					КВРКІ 190103.19.01.11 ПЗ	Арк. 42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Включення цих бібліотек забезпечить функціональність та продуктивність, необхідну для роботи з аналоговими та цифровими входами та виходами, світлодіодами та п'єзоелітрами у вашому проєкті. Перед використанням цих бібліотек переконайтеся, що на мікроконтролері Arduino встановлені відповідні бібліотеки.

Визначення необхідних констант і контактів є важливим кроком при розробці програмного коду для системи контролю замерзання труб. Необхідно визначити порогову температуру, при якій повинен спрацьовувати сигнал, і контакти, до яких підключаються компоненти. Першим кроком є визначення значення порогової температури. Припустимо, ви вибрали порогову температуру 4 °C для спрацьовування сигналу. Для цього створюємо константу `THRESHOLD_TEMPERATURE` і встановлюємо її значення 4:

```
const int THRESHOLD_TEMPERATURE = 4;
```

Далі потрібно визначити контакти, до яких підключені такі компоненти, як світлодіоди та п'єзоелементи: Припустимо, що світлодіоди підключено до виводу 12, а п'єзоелемент - до виводу 8. Для цього створіть константи `LED_PIN` і `BUZZER_PIN`:

```
const int LED_PIN = 12;  
const int BUZZER_PIN = 8;
```

Залишається лише підключити компонент до відповідних виводів за допомогою функції ініціалізації. Нижче наведено приклад коду для ініціалізації компонента:

```
void setup() {  
  pinMode(LED_PIN, OUTPUT);  
  pinMode(BUZZER_PIN, OUTPUT);  
}
```

У цьому прикладі функція `pinMode` використовується для встановлення виводу як вихідного. Це означає, що вивід 12 використовується для керування світлодіодом, а вивід 8 - для керування п'єзоємітером. Це призводить до наступного коду для визначення констант і виводів:

```
const int THRESHOLD_TEMPERATURE = 4;
const int LED_PIN = 12;
const int BUZZER_PIN = 8;

void setup() {
  // Инициализация пинов
  pinMode(LED_PIN, OUTPUT);
  pinMode(BUZZER_PIN, OUTPUT);
}
```

По-перше, вам потрібно вибрати, які з доступних цифрових виводів на платі `Arduino` будуть використовуватися для підключення світлодіодів і п'єзоелектричних випромінювачів. Наприклад, припустимо, що ви вибрали вивід 13 для світлодіода і вивід 9 для п'єзоелемента. Приклад коду:

```
const int ledPin = 13; // Пін для світлодіода
const int buzzerPin = 9; // Пін для п'єзо-звукового випромінювача
```

У цьому прикладі визначено константи `ledPin` та `buzzerPin` для зберігання номерів пінів.

Налаштування аналогового входу для зчитування даних з датчика температури. Щоб зчитувати значення з аналогового датчика температури, потрібно налаштувати аналогові входи на `Arduino`. Наприклад, для підключення датчика температури потрібно використовувати вивід `A0`. Приклад коду:

```
const int tempSensorPin = A0; // вивід аналогового входу для датчика температури
```

					КВРКІ 190103.19.01.11 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тут A0 вказує на аналоговий вивід з номером 0, який використовується для зчитування значень з датчика температури.

Після визначення виводів наступним кроком буде встановлення відповідних режимів роботи: Встановіть світлодіоди та п'єзоджерела в режим виходу, а аналогові входи - в режим входу. Приклад коду:

```
void setup() {  
  pinMode(ledPin, OUTPUT); // Встановити вивід світлодіода у режим виходу.  
  pinMode(buzzerPin, OUTPUT); // Встановити вивід зумера у режим виходу.  
  pinMode(tempSensorPin, INPUT); // Встановити вивід аналогового входу датчика температури у режим входу.  
}
```

Тут функція pinMode() використовується для встановлення режиму роботи виводів [47]. Виводи світлодіода та п'єзоджерела встановлюються у режим виходу (OUTPUT), а виводи аналогового входу датчика температури – у режим входу (INPUT).

Після завершення цих кроків виводи Arduino будуть правильно сконфігуровані для зв'язку з компонентами (світлодіодами та п'єзозвуковими випромінювачами), а аналогові входи будуть готові до зчитування значень температурних датчиків.

Калібрування вимагає точних методів вимірювання. Одним з методів є використання датчика температури, який можна занурити в крижану воду, щоб виміряти точку замерзання. Вам також знадобиться вольтметр, щоб визначити відповідну напругу, пов'язану з виміряною температурою. Першим кроком є визначення функції для виконання калібрування. Наприклад, скажімо, calibrateTemperatureSensor() [48]. У цій функції ви можете використовувати цикл для зчитування значень датчика температури та вольтметра протягом певного періоду часу. Наприклад, калібрування можна виконати за 10 секунд. Нижче наведено приклад коду, що демонструє структуру функції calibrate:

```
void calibrateTemperatureSensor() { (калібруємо датчик температури)
```

					КВРКІ 190103.19.01.11 ПЗ	Арк. 45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

const int calibrationDuration = 10000; // час калібрування в мілісекундах
unsigned long startTime = millis(); // час калібрування в мілісекундах
float temperatureSum = 0.0
float voltageSum = 0.0;
int readingsCount = 0;

while (millis() - startTime < calibrationDuration) { (мілісекунди)
    float temperature = readTemperature(); // функція, яка зчитує значення з датчика
температури
    float voltage = readVoltage(); // функція зчитування значення з вольтметра
    temperatureSum += temperature; // функція зчитування значення з вольтметра
    voltageSum += voltage;
    readingsCount++;
}

float averageTemperature = temperatureSum / readingsCount; }
float averageVoltage = voltageSum / readingsCount;

// точка замерзання saveVoltage
saveFreezingPoint(averageTemperature, averageVoltage); // функція збереження значення
точки замерзання.
}

```

Зверніть увагу, що у цьому прикладі `readTemperature()` та `readVoltage()` - це функції, які потрібно реалізувати для зчитування значень з датчика температури та вольтметра відповідно. `saveFreezingPoint()` - це функція для збереження отриманих значень точки замерзання для подальшого використання. для подальшого використання.

Функції `readTemperature()` та `readVoltage()` мають бути реалізовані для зчитування значень з датчика температури та вольтметра відповідно [49]. Ці функції можуть використовувати спеціальні бібліотеки та методи, що надаються компонентом датчика. Наприклад, якщо ви використовуєте аналоговий датчик температури, підключений до аналогового входу A0 мікроконтролера, функція `readTemperature()` матиме такий вигляд:

```

float readTemperature() {
    int analogueValue = analogueRead(A0);

```

					КВРКІ 190103.19.01.11 ПЗ	Арк. 46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

float voltage = map(analogueValue, 0, 1023, 0, 5); // Вважаємо, що напруга на А0
пропорційна температурі.
// Виконати додаткові обчислення або перетворення, якщо потрібно.
Повернути значення температури;
}

```

Аналогічно можна реалізувати функцію `readVoltage()` для зчитування напруги з вольтметра.

Реалізуйте функцію для зберігання температури замерзання. Вам також знадобиться функція `saveFreezingPoint()` для збереження отриманих значень температури замерзання та їх подальшого використання в системі контролю замерзання труб. Реалізація цієї функції залежить від того, як ви хочете зберігати і використовувати ці значення. Наприклад, їх можна зберігати в EEPROM або у змінній в програмному коді. Нижче наведено приклад простої реалізації функції `saveFreezingPoint()`:

```

void saveFreezingPoint(float temperature, float voltage) {
    freezingTemperature = temperature;
    freezingVoltage = voltage;
}

```

Тут `freezingTemperature` і `freezingVoltage` є глобальними змінними, в яких зберігається значення точки замерзання [50]. Це базовий алгоритм для створення калібрувальної функції, яка вимірює напругу при відомій температурі (наприклад, використовуючи крижану воду) і зберігає це значення як температуру замерзання.

У циклі основної програми функція `analogueRead` використовується для зчитування значень з аналогових входів, підключених до терморезистора. Спочатку визначаємо змінну `analoguePin` і поміщаємо в неї номер виводу, до якого підключений терморезистор. Потім зчитуємо значення з аналогового входу в головному циклі `()` і зберігаємо його у змінній `analogueValue`:

```

int analoguePin = A0; // номер виводу, до якого підключено терморезистор
int analogueValue = analogueRead(analoguePin); // зчитуємо значення з аналогового входу.

```

					КВРКІ 190103.19.01.11 ПЗ	Арк. 47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після зчитування значень їх можна перевести у відповідні температури, використовуючи дані калібрування. Наприклад, припустимо, що ви виконали калібрування і отримали два значення: аналогове значення Ice, що відповідає температурі замерзання води, та аналогове значення Boiling, що відповідає температурі кипіння води. Потім ви можете використовувати ці значення для обчислення температури:

```
float temperature = map(analogueValue, analogueValueIce, analogueValueBoiling, 0, 100); // конвертуємо значення в температуру від 0 до 100 градусів.
```

У цьому прикладі функція map використовується для перетворення діапазону значень analogueValueIce і analogueValueBoiling між 0 і 100 градусами. Потім перевіряється, чи поточна температура перевищує порогове значення, встановлене для запуску сигналу. Наприклад, припустимо, що є змінна thresholdTemperature з пороговою температурою 4°C. Поточна температура порівнюється з пороговим значенням і може бути виконана відповідна дія:

```
float thresholdTemperature = 4.0; // порогова температура

if (temperature > thresholdTemperature) {
    // поточна температура перевищує порогове значення.
    // Активувати світлодіод та п'єзо-зуммер для сигналізації тривоги
    digitalWrite(ledPin, HIGH); // Увімкнути світлодіод.
    tone(buzzerPin, 1000); // Увімкнути п'єзозвуковий випромінювач 1000 Гц.
} else {
    // Показує, що поточна температура є нормальною.
    // Встановити сигнал на нормальну температуру.
    digitalWrite(ledPin, LOW); // вимкнути світлодіод.
    noTone(buzzerPin); // вимкнути п'єзоємітер.
}
```

У цьому прикладі змінні ledPin і buzzerPin використовуються для позначення номерів виводів, до яких підключено світлодіод і п'єзоджерело відповідно.

					КВРКІ 190103.19.01.11 ПЗ	Арк. 48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.2 Проектування корпусу та розміщення компонентів в мікроконтролерній системі

Під час проектування корпусу та компоновання компонентів мікрокомп'ютерної системи контролю замерзання води для житлової системи водопостачання потрібно було врахувати багато факторів. Завдання полягало в тому, щоб розробити надійну та ефективну систему, яка б запобігала замерзанню води в трубах у холодну пору року.

З ранніх етапів проектування увага була приділена корпусу, в якому розміщуються всі компоненти системи. Були враховані вимоги щодо захисту від пилу, вологи та механічних пошкоджень. Тому потрібно обрати корпуси з міцних і довговічних матеріалів, таких як алюміній. Для захисту від води та пилу також були додані ущільнювальні прокладки та засувки.

Для проектування корпусу мікрокомп'ютерної системи, яка контролює заморожування системи водопостачання, були визначені наступні особливості:

- матеріал корпусу – алюміній був обраний за його міцність, стійкість до зовнішніх впливів і довговічність. Алюміній стійкий до корозії та має високу міцність, що захищає внутрішні компоненти системи від пошкоджень;
- герметичність – корпус повинен бути герметичним для захисту від вологи, пилу та інших зовнішніх впливів. Внутрішні компоненти повинні бути надійно захищені від вологи, щоб запобігти корозії та виходу системи з ладу. Для забезпечення герметичності корпусу можна використовувати спеціальні прокладки або засувки;
- розмір і форма – корпус повинен бути достатньо великим, щоб вмістити всі необхідні компоненти системи. Також слід враховувати габаритні обмеження, щоб забезпечити легку установку в потрібному положенні системи трубопроводів. Форма корпусу може бути прямокутною або квадратною, щоб полегшити монтаж і складання системи;

					КВРКІ 190103.19.01.11 ПЗ	Арк. 49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– монтажні отвори – для полегшення встановлення та обслуговування внутрішніх компонентів у корпусі передбачені спеціальні отвори та кріплення. Це дозволяє легко закріпити такі компоненти, як мікроконтролери, датчики та реле всередині корпусу;

– відведення тепла – оскільки система містить мікроконтролери та інші компоненти, які генерують тепло, корпус повинен забезпечувати ефективно відведення тепла. Для цього корпус може бути обладнаний спеціальними отворами та ребрами для покращення циркуляції повітря та охолодження компонентів;

– доступ і безпека – корпус повинен забезпечувати легкий доступ до внутрішніх компонентів для обслуговування та заміни. Необхідно врахувати міркування безпеки, щоб запобігти випадковому контакту з електричними контактами та компонентами, а також захистити від електромагнітних перешкод.

Відповідно, дані характеристики вимагають, щоб корпус мікрокомп'ютерної системи для контролю замерзання трубопровідних систем був виготовлений з міцного алюмінієвого матеріалу, був герметичним для захисту компонентів від вологи і пилу, мав певний розмір і форму для зручності монтажу, мав гарний тепловідвід і забезпечував легкий доступ і безпеку до компонентів. Даний корпус зображений на рисунку 3.1.



					КВРКІ 190103.19.01.11 ПЗ	Арк. 50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 3.1 – Корпус для мікроконтролерної системи

Також на рисунку 3.2 зображено його в розібраному вигляді. В подальшому проектуванні при необхідності корпус можна модифікувати.



Рисунок 3.2 – Вигляд в розібраному стані корпус

На рисунку 3.3 показані детальні характеристики корпусу мікрокомп'ютерної системи, що використовується для контролю замерзання у водних системах. На рисунку показано зовнішній вигляд корпусу, який має наступні особливості:

					КВРКІ 190103.19.01.11 ПЗ	Арк. 51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- розміри корпусу складають 36 мм (висота) x 92 мм (ширина) x 148 мм (довжина). Вони були підібрані відповідно до вимог до монтажу та з'єднання трубної системи;
- прямокутна форма корпусу для легкого монтажу та зручного розміщення компонентів;
- корпус має монтажні та кріпильні отвори для компонентів системи для зручності обслуговування та заміни.

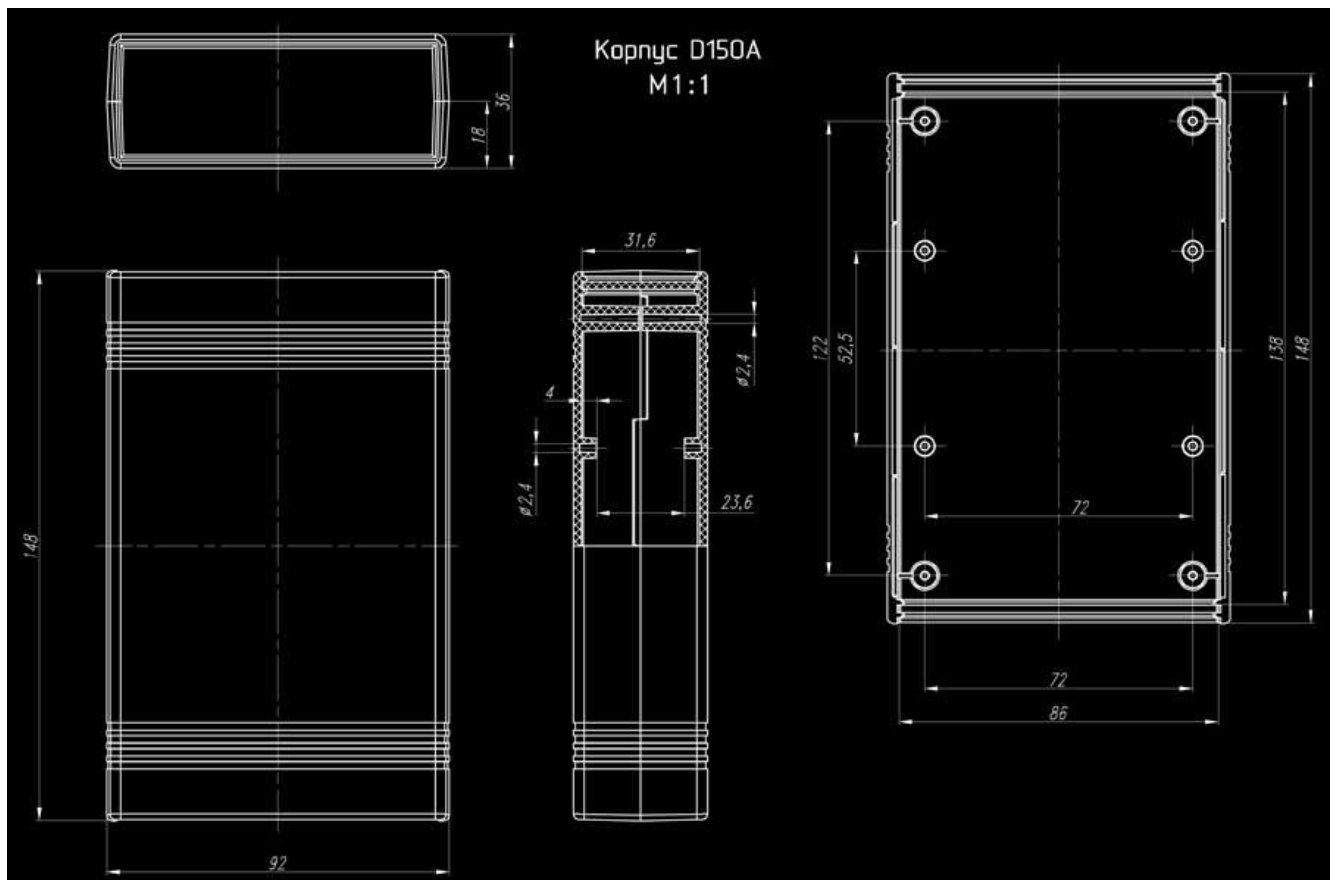


Рисунок 3.3 – Характеристики корпусу для мікроконтролерної системи

Пластиковий корпус Ambox D150AW з вентиляційними отворами для електронних пристроїв. Розміри 36x92x148 мм, корпус складається з двох однакових половинок. Корпус має монтажні стійки та пази. Частина корпусу можна склеїти між собою (у випадку нерозбірних пристроїв) або скріпити

тонкими довгими гвинтами або шурупами, але таке з'єднання вимагає невеликої механічної доробки – в одній з частин необхідно просвердлити отвір.

Під час проєктування електричних схем і компонування компонентів важливо звернути увагу на оптимальне розміщення кожного компонента. Правильне розташування компонентів забезпечує ефективну роботу системи, спрощує обслуговування та підвищує експлуатаційну надійність.

В основі системи лежить плата Arduino, яка є основним елементом управління. Цей електронний пристрій має різноманітні порти для підключення додаткових компонентів і датчиків. Також присутня макетна плата зображено на рисунку 3.4.

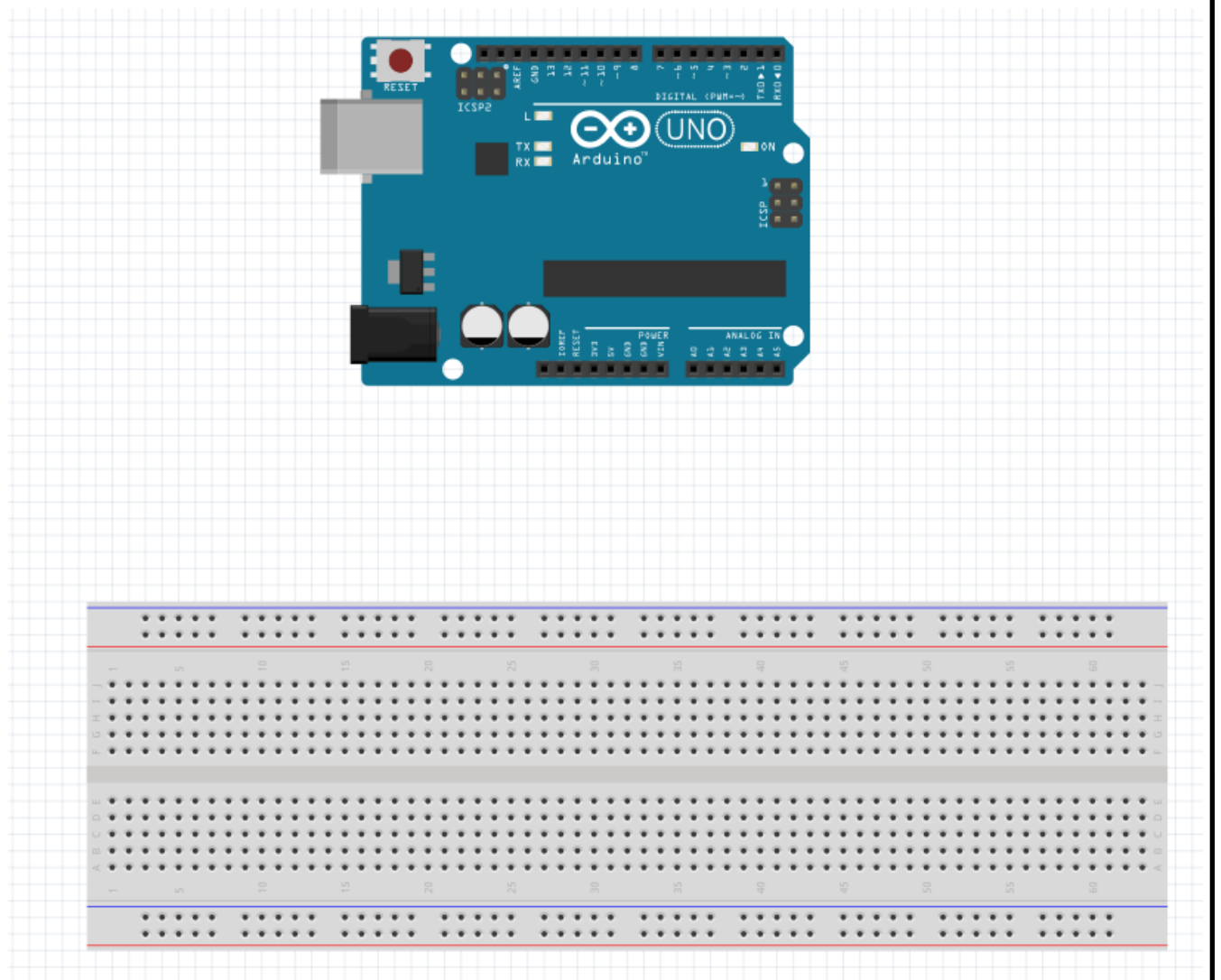


Рисунок 3.4 – Плата Arduino та макетна плата для мікроконтролерної системи

На схемі також показані різні датчики, такі як датчик терморезистор. Даний датчик повинен розташований поблизу місць, де він виконує свою функцію, наприклад, біля джерел тепла або там, де потрібно виміряти вологість зображено на рисунку 3.5.

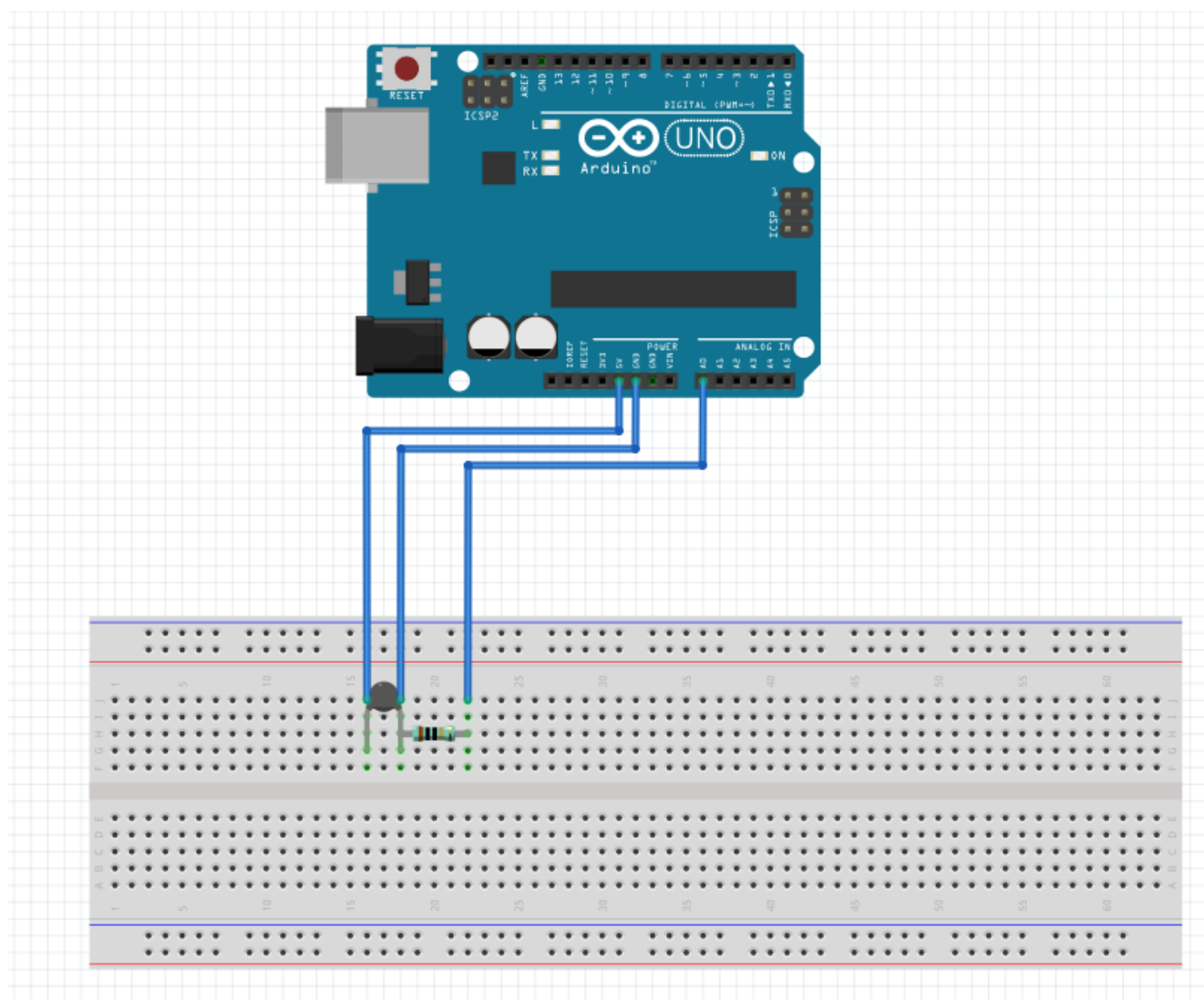


Рисунок 3.5 – Підключення терморезистора до плати

На схемі також присутній п'єзо-пристрій звукової сигналізації та світлодіод. П'єзо-пристрій використовується для відтворення звукових сигналів, наприклад, для індикації певних подій або сповіщення про стан системи. Зазвичай,

розміщення п'єзо-пристрою обирається таким чином, щоб звуковий сигнал був достатньо чітким і легко чутним для користувача зображено на рисунку 3.6.

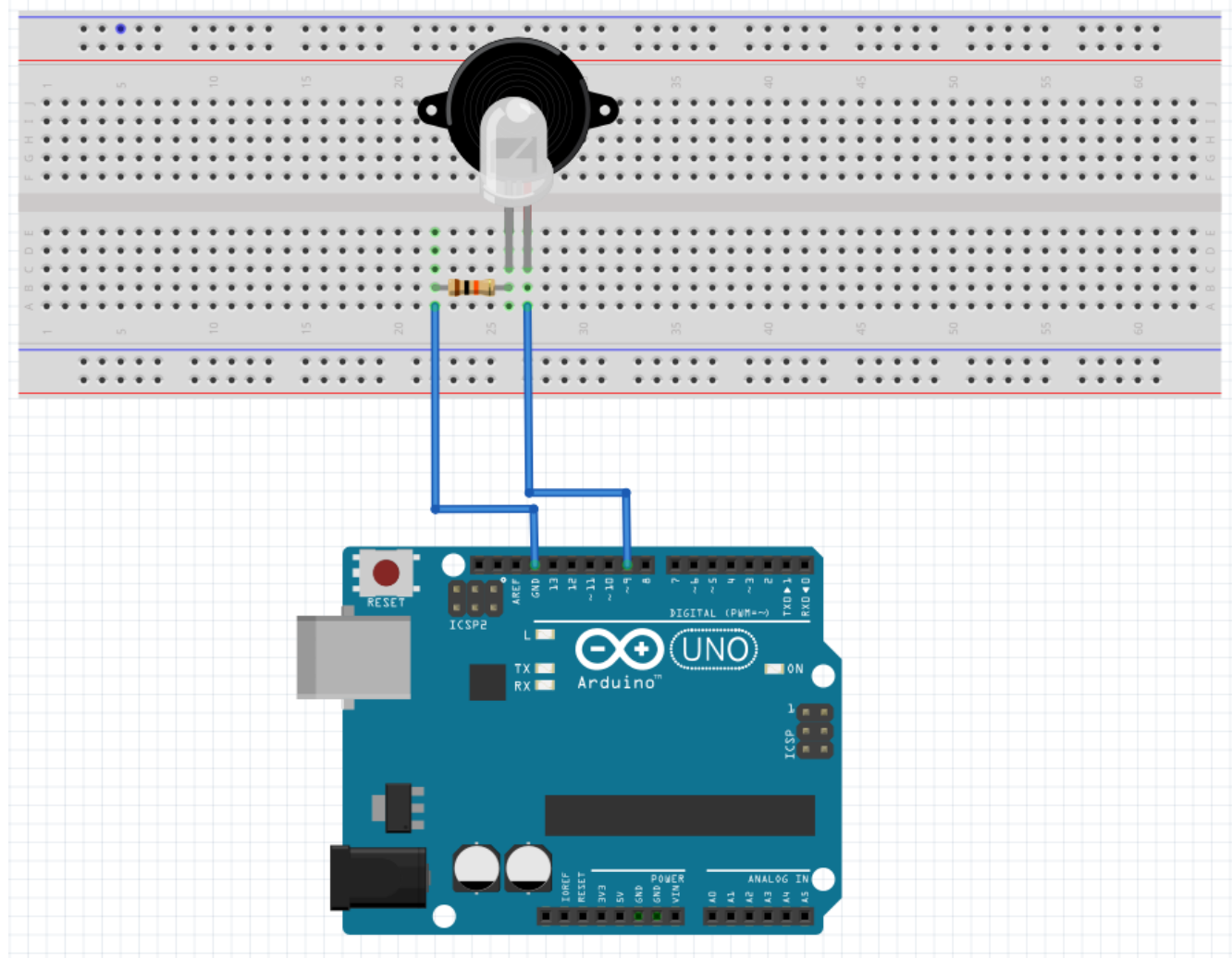


Рисунок 3.6 – Підключення п'єзо-пристрою та світлодіода до Arduino

Важливо пам'ятати, що конкретне розташування компонентів може варіюватися залежно від вимог системи та особливостей проекту.

Проектування корпусу та розміщення компонентів в мікроконтролерній системі контролю замерзання водопровідної системи будинків вимагає уважного підходу та дотримання принципів оптимального розташування. Правильне розміщення компонентів, таких як датчики, реле, п'єзо-пристрій та світлодіоди, дозволяє створити ефективну та надійну систему, що уникне замерзання води в трубах та забезпечить безпеку водопровідної системи.

### 3.3 Проектування корпусу та розміщення компонентів в мікроконтролерній системі

Щоб перевірити роботу датчика температури, можна створити умови для зниження його температури. Наприклад, можна помістити датчик у прохолодне середовище або використовувати криогенні речовини для охолодження. Після цього можна підключити датчик до аналогового входу мікроконтролера, використовуючи відповідні з'єднувальні проводи. Зчитати значення напруги можна за допомогою функції `analogRead(A0)`, де A0 - номер аналогового входу, до якого підключений датчик температури. Запишіть отримане значення напруги і порівняйте його з очікуваним діапазоном для даної температури. Наприклад, якщо датчик охолоджувався, очікуване значення напруги може бути нижче заданого порогу, який ви встановили для спрацювання аварійного сигналу. Важливо переконатися, що отримане значення напруги відповідає очікуваному значенню для даної температури. Якщо значення напруги відповідає налаштованому порогу, то можна стверджувати, що датчик температури працює належним чином. Зверніть увагу, що конкретні значення напруги, діапазону та порогового значення залежатимуть від характеристик вашого датчика температури та налаштувань, встановлених у вашому проєкті.

Після заморожування поліетиленового пакета з терморезистором у льодяній воді, було проведено вимірювання значення напруги, яке змінюється на аналоговому вході мікроконтролера. Отримане значення становило 2.56 В. Наступним кроком була перевірка відповідності цього значення налаштованому пороговому значенню для спрацювання аварійного сигналу. Згідно налаштувань, порогове значення встановлене на рівні 2.5 В. Оскільки отримане значення (2.56 В) перевищує встановлений поріг, система має спрацювати і перейти в аварійний режим. Під час перевірки було встановлено, що датчик температури працює належним чином, оскільки він змірює значення, що перевищує встановлений поріг для спрацювання аварійного сигналу. Ці результати свідчать про правильну

					КВРКІ 190103.19.01.11 ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

роботу системи аварійного сигналу та її здатність реагувати на відповідні температурні умови. Така перевірка дозволяє впевнитися в надійності та ефективності мікроконтролерної системи контролю замерзання водопровідної системи будинків.

Щоб перевірити роботу світлодіодного сигналу, потрібно збільшувати або зменшувати температуру довколишнього середовища і спостерігання за реакцією світлодіода. Для цього знадобиться терморезистор і Arduino.

Підключення терморезистора до мікроконтролера Arduino згідно з розробленою схемою підключення. Запустивши програму на Arduino, яка зчитуватиме значення напруги, що змінюється через аналоговий вхід мікроконтролера. Потрібно підготувати льодяну воду і пакет з терморезистором. Потім помістити терморезистор у пакет і занурити його в льодяну воду. За допомогою монітора порту Arduino відстежується зміна значення напруги, яка відображає температуру.

Можна підвищити температуру довколишнього середовища, наприклад, за допомогою фена або гарячої води. Спостерігайте за зміною значення напруги на моніторі порту Arduino. Коли значення напруги перевищує налаштований пороговий рівень, очікуйте, що світлодіод вмикається. Перевірте, чи світлодіод реагує відповідно до зміни температури. Зменшуйте температуру довколишнього середовища, наприклад, за допомогою холодного об'єкта або льоду. Спостерігайте за зміною значення напруги на моніторі порту Arduino. Коли значення напруги опускається нижче налаштованого порогового рівня, очікуйте, що світлодіод вимикається. Перевірте, чи світлодіод реагує відповідно до зміни температури.

Щоб перевірити роботу звукового сигналу, спочатку підготуйте систему для тестування. Переконайтеся, що п'єзо-пристрій правильно підключена до мікроконтролера Arduino згідно з розробленою схемою підключення. Задайте порогове значення температури, яке буде спрацьовувати аварійний сигнал. Наприклад, якщо використовуєте терморезистор, зчитайте значення напруги через

аналоговий вхід мікроконтролера та встановить потрібне значення, що відповідає досягненню або перевищенню порогу.

Для перевірки роботи п'єзо-піщалки при досягненні або перевищенні порогового значення температури, збільшуйте температуру довколишнього середовища. Наприклад, можна помістити поліетиленовий пакет з терморезистором у гарячу воду або поблизу джерела тепла. Спостерігайте реакцію п'єзо-пристрої. Впевніться, що вона починає відтворювати звуковий сигнал при досягненні або перевищенні порогового значення температури. Звуковий сигнал може бути відтворений послідовними короткими звуками, довгими звуками або будь-яким іншим патерном, який ви обрали для аварійного сигналу. Повторіть тест кілька разів з різними значеннями температури, щоб переконатися, що п'єзо-піщалка надійно працює у всьому діапазоні порогових значень. Зверніть увагу на точність відтворення звукового сигналу та чутність піщалки.

Якщо виявлено проблеми або неправильну роботу п'єзо-пристрою, перевірте правильність підключення і дотримання програмного коду. Переконайтеся, що ви використовуєте правильний тон і звуковий паттерн для аварійного сигналу. Внесіть відповідні корективи до звукової системи, якщо це необхідно, і повторіть тестування до досягнення високої якості звукового сигналу при спрацюванні аварійного сигналу. Переконайтеся, що п'єзо-пристрій не тільки відтворює звуковий сигнал, але й звук достатньо гучний та чіткий, щоб привернути увагу користувачів у випадку аварії.

Щоб провести загальну перевірку надійності системи, потрібно тривало тестувати її, змінюючи температуру навколишнього середовища в межах нормального діапазону. Рекомендується виконувати наступні кроки. Встановити систему в місце, де вона буде експлуатуватися. Важливо переконатися, що всі компоненти правильно підключені та змонтовані згідно з розробленою схемою підключення.

					КВРКІ 190103.19.01.11 ПЗ	Арк. 58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Потрібно підготувати засоби для зміни температури. Наприклад, використати холодильник або морозильну камеру для зниження температури та нагрівач або нагрівальний елемент для підвищення температури. Запуск системи та зміна температури навколишнього середовища в межах нормального діапазону, який був встановлений. Наприклад, якщо нормальний діапазон температури для системи становить від 0°C до 50°C, поступово підвищувати та знижувати температуру на кілька градусів за раз. Потрібно спостерігати за реакцією системи на зміну температури. Переконайтеся, що система працює стабільно і надійно, без спонтанного спрацьовування аварійного сигналу або його пропускання. Зверніть увагу на показники системи, такі як значення температури, стан світлодіода та звукового сигналу. Переконайтеся, що значення відповідають очікуваним значенням відповідно до зміни температури. Продовжуйте тривале тестування, змінюючи температуру та спостерігаючи за реакцією системи. Якщо система працює стабільно та надійно під час тривалого тестування, без спонтанного спрацьовування аварійного сигналу або його пропускання, то можна вважати, що система пройшла загальну перевірку надійності.

					КВРКІ 190103.19.01.11 ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.4 Висновок

У рамках дослідження було розроблено та протестовано програмно-апаратний засіб для контролю замерзання водопровідної системи будинків. Система базується на мікроконтролерній архітектурі і включає в себе низку компонентів, таких як датчики температури, реле, а також відповідну програмну логіку. Програмний засіб був розроблений з використанням спеціалізованих мікроконтролерів і програмного забезпечення, що дозволяє зчитувати дані з датчиків, аналізувати їх та керувати реле для підтримання оптимальної температури водопровідної системи. Після проведення випробувань система продемонструвала надійну та ефективну роботу, забезпечуючи надійний контроль і запобігаючи замерзанню водопровідної системи будинків.

					КВРКІ 190103.19.01.11 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

## ВИСНОВКИ

У рамках даної кваліфікаційної роботи була розроблена мікроконтролерна система контролю замерзання водопровідної системи будинків. Для досягнення поставленої мети були використані наступні методи і засоби: мікроконтролер Arduino, датчики температури, вологості та рівня води, релейні модулі для керування насосами та опалювальними системами, інтерфейсний модуль для зв'язку з користувачем.

В процесі роботи було виконано ряд дій для вирішення поставленої задачі. Спочатку були проведені дослідження і аналіз вимог до системи контролю замерзання. На основі цих даних була розроблена архітектура системи і вибрані необхідні компоненти. Потім було розроблено програмне забезпечення для мікроконтролера, яке забезпечує збір і обробку даних з датчиків, керування насосами і опалювальними системами, а також комунікацію з користувачем через інтерфейсний модуль.

В результаті експериментальних досліджень було отримано наступні результати. Система контролю замерзання водопровідної системи була успішно реалізована і протестована на різних об'єктах. Вона забезпечує надійний моніторинг температури, вологості та рівня води, і в разі необхідності автоматично активує насоси та опалювальні системи для запобігання замерзанню. Крім того, система має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для користувача, що дозволяє зручно керувати параметрами системи і отримувати інформацію про її стан.

Впровадження розробленого програмно-технічного засобу має кілька переваг для користувачів. По-перше, це дозволить значно скоротити затрати часу, оскільки система автоматично контролює стан водопровідної системи і запобігає замерзанню без необхідності постійного нагляду. По-друге, вона заощаджує людські та грошові ресурси, оскільки дозволяє уникнути пошкоджень від замерзання і потенційно великих витрат на ремонт. По-третє, система підвищує

					КВРКІ 190103.19.01.11 ПЗ	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ефективність управління водопровідною системою, забезпечуючи її стабільну роботу та запобігаючи негативним наслідкам замерзання.

Розроблений програмно-технічний засіб також може бути корисним в інших практичних галузях. Наприклад, він може бути використаний для контролю замерзання водопровідних систем в комерційних будівлях, готелях, складах тощо. Результати впровадження системи можуть бути представлені в актах впровадження або тезах доповідей на конференціях.

У подальшій роботі можна розглянути напрямки розвитку системи контролю замерзання. Наприклад, можна розширити функціональні можливості системи, додавши підтримку додаткових датчиків і функцій, таких як виявлення витоків води або відключення водопостачання в разі аварійних ситуацій. Також можна провести додаткові дослідження щодо оптимізації системи та зниження витрат енергії.

Отже, в результаті виконаної роботи була розроблена мікроконтролерна система контролю замерзання водопровідної системи будинків, яка забезпечує надійний контроль і запобігання замерзанню, впровадження цього засобу принесе користь користувачам, заощадить час та ресурси, і має потенціал для використання в інших галузях.

					КвРКІ 190103.19.01.11 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Система опалення для приватного будинку: як зробити правильний вибір Електронний ресурс. URL: <https://dewpoint.com.ua/uk/sistema-opalennya-dlya-privatnogo-budinku/> (Дата звернення: 02.03.2023).

2. Схеми двотрубних систем опалення для приватного будинку Електронний ресурс. URL: <https://otivent.com/uk/shemi-dvotrubnih-sistem-opalennya> (Дата звернення: 02.03.2023).

3. Як правильно підібрати глибинний насос Електронний ресурс. URL: <https://profimann.com.ua/uk/blog/kak-podobrat-klubinnyu-nasos/> (Дата звернення: 02.03.2023).

4. Оптимальна схема опалення – види, розводка і монтаж Електронний ресурс. URL: <https://opalennya.in.ua/optymalna-shema-opalennja-vydy-rozvo/> (Дата звернення: 02.03.2023).

5. Схема опалення Ленінградка – утопія чи реальність? Електронний ресурс. URL: <https://instalsis.com.ua/ua/statti/shema-opalennya-leningradka-utopiya-chi-realnist/> (Дата звернення: 02.03.2023).

6. Променева система опалення - конструктивні особливості, характеристики Електронний ресурс. URL: <http://montagnik.com/domovedenna/1714-promeneva-systema-opalena.html> (Дата звернення: 02.03.2023).

7. Труби в технічному та побутовому застосуванні Електронний ресурс. URL: <https://ssc.org.ua/ua/truby-v-tehnichnomu-ta-pobutovomu-zastosuvanni/> (Дата звернення: 02.03.2023).

8. Сучасні труби для сантехніки: види, переваги та недоліки Електронний ресурс. URL: <https://isu.org.ua/suchasni-truby-dlya-santehniku-vydy-perevagy-ta-nedoliky/> (Дата звернення: 02.03.2023).

9. Поліпропіленові труби Електронний ресурс. URL: <https://opalennya.in.ua/polipropilenovi-truby/> (Дата звернення: 02.03.2023).

					КВРКІ 190103.19.01.11 ПЗ	Арк. 63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Металопластикові труби - опис, характеристики, теорія, переваги та недоліки Електронний ресурс. URL: [https://remontvdome.com.ua/metaloplastykovy-truby-opys-harakterystyky-teoriya-perevagy-ta-nedoliky\\_lrus-p5-i5993.html](https://remontvdome.com.ua/metaloplastykovy-truby-opys-harakterystyky-teoriya-perevagy-ta-nedoliky_lrus-p5-i5993.html) (Дата звернення: 02.03.2023).

11. Internet of Things: вступ і огляд можливостей Електронний ресурс. URL: <https://evergreens.com.ua/ua/articles/the-internet-of-things.html> (Дата звернення: 02.03.2023).

12. Analisis Akurasi Sistem sensor DHT22 berbasis Arduino terhadap Thermohygrometer Standar. *Journal of Decision Systems*. 2020. P. 175–209.

13. A Review on: Maze Solving Robot Using Arduino Uno. *Journal article*. 2019.

14. Шина USB Електронний ресурс. URL: [https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/firen/9bortnyk\\_zasoby\\_orgtehniky/44.html](https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/firen/9bortnyk_zasoby_orgtehniky/44.html) (Дата звернення: 02.03.2023).

15. Библиотека SPI Електронний ресурс. URL: <https://doc.arduino.ua/ru/prog/SPI> (Дата звернення: 15.03.2023).

16. Мікроконтрольні системи контролю та керування Електронний ресурс. URL: <https://openarchive.nure.ua/server/api/core/bitstreams/77c86bee-80b6-46a9-92c6-1d1469a8898c/content> (Дата звернення: 15.03.2023).

17. Основи мікропроцесорної техніки Електронний ресурс. URL: [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/27992/1/OMPT\\_laboratorni.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/27992/1/OMPT_laboratorni.pdf) (Дата звернення: 15.03.2023).

18. Цифровий вимірювальний комплекс на Arduino Nano 33 BLE Sense Електронний ресурс. URL: <https://stemua.science/> (Дата звернення: 18.03.2023).

19. Dasari S. B., Vandana V., Bhharathee A. Smart Travel Planner using Hybrid Model. *2023 International Conference on Intelligent Data Communication Technologies and Internet of Things (IDCIoT)*, Bengaluru, India, 5–7 January 2023. 2023.

20. Arduino Pro Електронний ресурс. URL: <https://doc.arduino.ua/ru/hardware/Pro> (Дата звернення: 18.03.2023).

					КВРКІ 190103.19.01.11 ПЗ	Арк. 64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

21. WEB – мінітор параметрів електричної мережі за \$30 Електронний ресурс. URL: <http://lic.com.ua/article08.htm> (Дата звернення: 18.03.2023).

22. Термореле з виносним датчиком температури: принцип роботи Електронний ресурс. URL: <https://www.domskotlom.com/ua/termorele-z-vinosnim-datchikom-temperaturi/> (Дата звернення: 12.04.2023).

23. What is Arduino Uno? URL: <https://www.flyrobo.in/blog/what-is-arduino-uno> (дата звернення 12.04.2023).

24. Arduino - Temperature Humidity Sensor. URL: <https://arduinogetstarted.com/tutorials/arduino-temperature-humidity-sensor> (дата звернення 12.04.2023).

25. Arduino UNO. URL: <https://www.javatpoint.com/arduino-uno> (дата звернення 12.04.2023).

26. DHT11, DHT22 and AM2302 Sensors. URL: <https://learn.adafruit.com/dht/overview> (дата звернення 12.04.2023).

27. Терморезистор, поняття, типи, схеми підключення URL: <https://radio-detaly.com/termorezistori-termopari> (дата звернення 15.04.2023).

28. Терморезистор NTC URL: <https://m-teh.com.ua/ru/termistor-ntc-10k-5-b3470-mf52a103j3470/> (дата звернення 15.04.2023).

29. Термістор NTC URL: <https://ua.yint-diodes.com/ntc-thermistors/ntc-thermistor.html> (дата звернення 18.04.2023).

30. Kingbright Electronic Co., LTD URL: <https://www.sea.com.ua/ua/producer/kingbright-electronic-co-ltd/> (дата звернення 18.04.2023).

31. Arduino, шаговий двигател 28-ВУ48 и драйвер ULN2003 URL: <https://arduino-diy.com/arduino-shagovii-motor-28-VYJ48-draiver-ULN2003> (дата звернення 18.04.2023).

32. Центри управління розумним будинком. URL: <https://z-wave.com.ua/ua/g857098-tsentry-upravleniya-umnym> (дата звернення 22.04.2023).

33. NTC, модель «NTC10k» URL: <https://radiovin.com.ua/datchik-temperaturi-ntc-10k-1-3950-z-kabelem> (дата звернення 22.04.2023).

					КВРКІ 190103.19.01.11 ПЗ	Арк. 65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

34. L-53P3C Kingbright URL: [https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/l-53p3c\\_32244.html](https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/l-53p3c_32244.html) (дата звернення 22.04.2023).
35. analogRead() URL: <https://doc.arduino.ua/ru/prog/AnalogRead> (дата звернення 25.04.2023).
36. Програмування електронних систем обробки даних URL: <https://mix.sumdu.edu.ua/textbooks/36685/1104881/index.html> (дата звернення 25.04.2023).
37. Application Note: How to Trigger a Digital Alarm Using a PLC Tag on FactoryTalk View? URL: <https://www.linkedin.com/pulse/how-trigger-digital-alarm-using-plc-tag-factorytalk-view-chen> (дата звернення 25.04.2023).
38. Парктроник URL: <https://petrich420.wordpress.com/> (дата звернення 25.04.2023).
39. How Long Does an Alarm Clock Go Off For? URL: <https://setalarmonline.com/blog/how-long-does-an-alarm-clock-go-for/> (дата звернення 30.04.2023).
40. Датчик руху: чужі тут не ходять URL: <https://perenio.ua/blog/datchik-dvizheniya-chuzhie-zdes-ne-hodyat> (дата звернення 30.04.2023).
41. Що впливає на роботу бездротових мереж Wi-Fi? Що може бути джерелом перешкод і які їхні можливі причини? URL: <https://keenetic.biz/chto-vliyaet-na-rabotu-besprovodnykh-setey-wi-fi-chto-mozhet-yavlyatsya-istochnikom-romekh-i-kakovy-ikh-vozmozhnye-prichiny/> (дата звернення 30.04.2023).
42. Типи датчиків тиску URL: <https://eleksun.com.ua/uk/blog/article/vidy-datchikov-davleniya> (дата звернення 30.04.2023).
43. Конфігурація персональних комп'ютерів URL: <https://informatika-ptu91.webnode.com.ua/urok-3/> (дата звернення 02.05.2023).
44. Analog I/O basic knowledge URL: <https://www.contec.com/support/basic-knowledge/daq-control/analog-io/> (дата звернення 02.05.2023).
45. Бібліотеки URL: <https://doc.arduino.ua/ru/prog/Libraries> (дата звернення 02.05.2023).

					КВРКІ 190103.19.01.11 ПЗ	Арк. 66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

46. Arduino:БиблиотекиURL:<https://wikihandbk.com/wiki/Arduino:%D0%91%D0%B8%D0%B1%D0%BB%D0%B8%D0%BE%D1%82%D0%B5%D0%BA%D0%B8/LedControl> (дата звернення 05.05.2023).

47. pinMode() URL: <https://doc.arduino.ua/ru/prog/PinMode> (дата звернення 05.05.2023).

48. How to calibrate temperature sensors URL: <https://blog.beamex.com/how-to-calibrate-temperature-sensors> (дата звернення 05.05.2023).

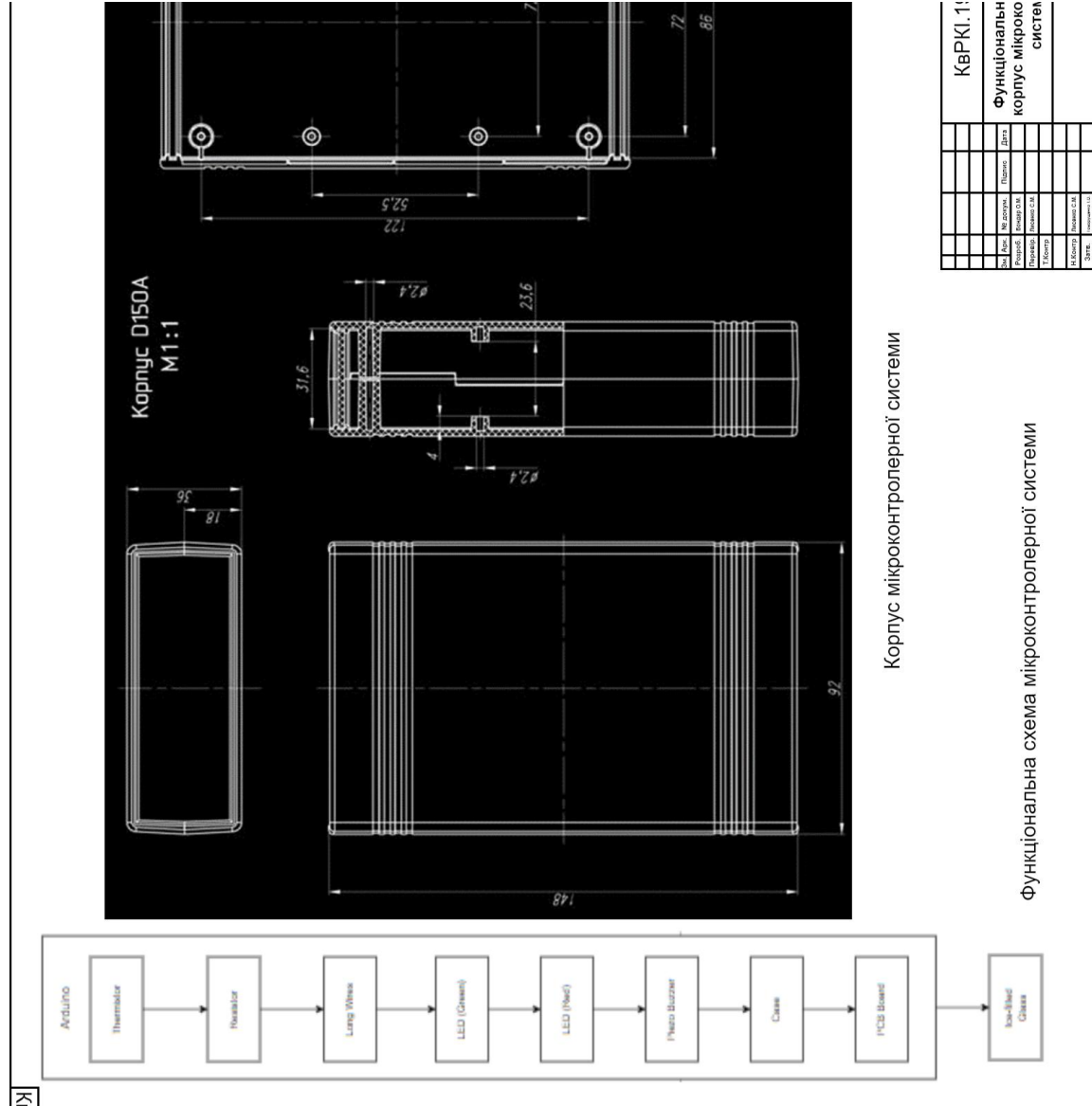
49. Arduino бібліотеки URL: [https://wikihandbk.com/wiki/Arduino:%D0%91%D0%B8%D0%B1%D0%BB%D0%B8%D0%BE%D1%82%D0%B5%D0%BA%D0%B8/CurieIMU/readTemperature\(\)](https://wikihandbk.com/wiki/Arduino:%D0%91%D0%B8%D0%B1%D0%BB%D0%B8%D0%BE%D1%82%D0%B5%D0%BA%D0%B8/CurieIMU/readTemperature()) (дата звернення 05.05.2023).

50. The effects of freezing under a high-voltage electrostatic field on ice crystals formation, physicochemical indices, and bacterial communities of shrimp URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956713522004315> (дата звернення 05.05.2023).

					КВРКІ 190103.19.01.11 ПЗ	Арк. 67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Додаток А**  
(обов'язковий)

Копія креслення «Функціональна схема та корпус мікроконтролерної системи»

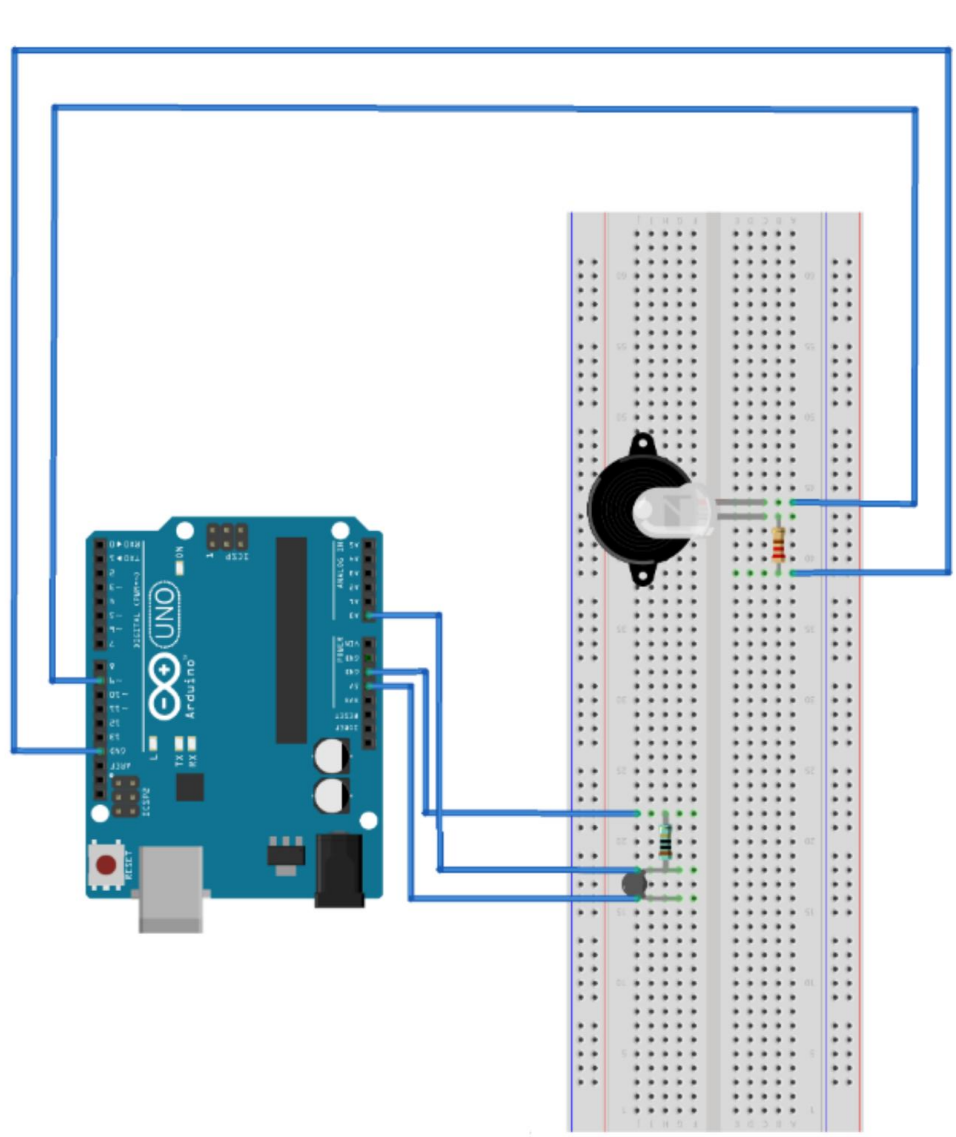


**Додаток Б**  
(обов'язковий)

Копія креслення «Принципова схема мікроконтролерної системи»



КІ



Структурна схема мікроконтролерної системи

КвРКІ.1'

№	Доб.	№ докум.	Прийм.	Дата
Розроб.	Владислав			
Перевір.	Владислав			
Технік				
ІН.Контр.	Владислав			
Затв.				



Ім'я користувача:  
Кафедра КІ

Дата перевірки:  
01.06.2023 15:04:34 EEST

Дата звіту:  
01.06.2023 15:07:48 EEST

ID перевірки:  
1015369230

Тип перевірки:  
Doc vs Internet + Library

ID користувача:  
100005591

Назва документа: Бондар\_Мікроконтролерна система контролю замерзання водопровідної системи будинків

Кількість сторінок: 69 Кількість слів: 12810 Кількість символів: 102804 Розмір файлу: 1.46 MB ID файлу: 1015035636

## 3.96% Схожість

Найбільша схожість: 0.77% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 1014883050)

2.77% Джерела з Інтернету 113

Сторінка 71

3.11% Джерела з Бібліотеки 205

Сторінка 72

## 0% Цитат

Не знайдено жодних цитат

Не знайдено жодних посилань

## 0% Вилучень

Немає вилучених джерел

## Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи 10

## Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальне співпадіння з одним документом 1.0%

Словники перевірки: en\_US, ru\_RU, ua\_UA. Помилки в документах: 13%

ID: 114461 Назва: БКР Мікроконтролерна система контролю замерзання водопровідної системи будинків Додано в БД: 2023-06-01 Автора: О.М. Бондар Керівники: Т. О. Говорущенко Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	93668	814	1878 (2%)	21 (3%)

### Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми

**РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ**  
**КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ**  
**ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ**

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Мікроконтролерна система контролю замерзання водопровідної системи будинків  
 Автор: Бондар Олексій Миколайович  
 Спеціальність: 123 – Компютерна інженерія  
 Освітня програма: освітньо-професійна  
 Науковий керівник: Лисенко Сергій Миколайович, д.т.н, професор  
 Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	

**Підтвердження:**

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

- 1) запозичення, які згадуються у розділах аналізу існуючих аналогів та прототипів, використовуються не для описування авторського дослідження або результатів роботи, але знаходяться в цих розділах;
- 2) усі запозичення фрагментарні, або мають належним чином оформленні посилання;
- 3) деякі виявлені збіги є загальноживаними фразами або виразами, що підтверджується посиланням системи на співпадіння з певними джерелами в одному фрагменті речення;
- 4) деякі частини програмного коду, які використовуються як вхідні дані для багатьох завдань, були запозичені з інших джерел. Ці послідовності коду не можуть бути вважані об'єктом авторських прав і, відповідно, не порушують їх;
- 5) усі виявлені системою зміни тексту пов'язані з поєднанням латинських символів з українськомовними скороченнями і використанням індексів у формулах. Дані зміни не вважаються фактичною модифікацією тексту.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ідентичності/схожості, складає 3.96% і адресується до 113 першоджерела, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи

Гарант ОП

Завідувач кафедри КПС

С. М. Лисенко

С. М. Лисенко

Т. О. Говорушенко

Завідувачу кафедри КПС  
д-р.техн.наук, проф. Говорущенко Т. О.

Бондара Олексія Миколайовича  
ПІБ здобувача вищої освіти  
ФІТ, 4 курсу, групи КІ2-19-1

### ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений(а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіат оповіщений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

01.06.2023

дата



підпис

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Бондар Олексій Миколайович

Тема: Мікроконтролерна система контролю замерзання водопровідної системи будинків

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень  3  Кількість сторінок записки  55

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою кваліфікаційної роботи є мікроконтролерна система керування радіорозетками

2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню.

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: В першому розділі кваліфікаційної роботи проведено дослідження предметної області, пов'язаної з контролем замерзання водопровідних систем будинків, а також поставлена задача розробки мікроконтролерної системи для їх контролю. Отримали важливі відомості про принципи роботи водопровідних систем та проблеми з замерзанням, що буде використано в подальшій розробці системи.

В другому розділі кваліфікаційної роботи проведено проєктування системи, включаючи визначення функціональних вимог, вибір апаратних компонентів та розробку архітектури. Це надало змогу створити загальне уявлення про систему та підготувати основи для подальшої реалізації та програмування мікроконтролерної системи контролю замерзання водопровідної системи будинків.

В третьому розділі кваліфікаційної роботи було реалізовано програмний код для мікроконтролера, який забезпечує зчитування, обробку та аналіз даних з сенсорів, управління комунікацією та генерацію сигналів. Також було налаштовано та підключено необхідні апаратні компоненти. Після цього було проведено успішне тестування системи, яке підтвердило її працездатність та відповідність вимогам.

4. Позитивні сторони роботи: висока практична цінність роботи.

5. Негативні сторони роботи: здійснений неповний аналіз мікроконтролерної системи контролю замерзання водопровідної системи будинків.

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи. Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації.

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному науково-технічному рівні.

8. Інші зауваження: \_\_\_\_\_

9. Оцінка дипломної роботи: добре, 4.50 В

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місьце роботи) Доцент кафедри інженерії програмного забезпечення, к.т.н., доц. Гурман І.В.

“30” травня 2023 р.

Г.В.Гурман (підпис)