

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних систем та мереж
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: *Комп'ютеризована система керування інфрачервоним
нагрівачем для локального обігріву*

Виконав: студент 4 курсу, групи СІ-41
спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Пристапа Р.Ф.
(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Лецишин Ю.З.
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Тини Є.В.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Осухівська Г.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Петрик М.Р.

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2025

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних систем та мереж
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Осухівська Г.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)
«27» січня 2025 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»
(шифр і назва спеціальності)

студента _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Комп'ютеризована система керування інфрачервоним нагрівачем для локального обігріву

Керівник роботи к.т.н., доцент кафедри КС Лецишин Юрій Зіновійович
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 27 » січня 2025 року № 4/7-53

2. Термін подання студентом завершеної роботи 19.06.2025

3. Вихідні дані до роботи Технічне завдання

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1. Аналіз технічного завдання

2. Проєктна частина

3. Практична частина

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Структурна схема системи

2. Схема електрична-принципова

3. Схема макетна

4. Блок-схема алгоритму

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>			

7. Дата видачі завдання 27.01.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Розробка технічного завдання</i>	<i>27.01 – 02.02</i>	<i>Викон.</i>
2.	<i>Аналіз технічного завдання</i>	<i>11.02.2025р. – 24.03.2025р.</i>	<i>Викон.</i>
3.	<i>Проекта частина</i>	<i>04.04.2025р. – 01.05.2025р.</i>	<i>Викон.</i>
4.	<i>Практична частина</i>	<i>06.05.2025р. – 29.05.2025р.</i>	<i>Викон.</i>
5.	<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>30.05.2025р. – 02.06.2025р.</i>	<i>Викон.</i>
6.	<i>Оформлення пояснювальної записки і графічного матеріалу</i>	<i>03.06.2025р. – 08.06.2025р.</i>	<i>Викон.</i>
7.	<i>Перевірка на академічний плагіат, перевірка керівником та консультантами</i>	<i>9.06 – 15.06</i>	
8.	<i>Попередній захист кваліфікаційної роботи бакалавра</i>	<i>16.06 – 22.06</i>	<i>Викон.</i>
9.	<i>Захист кваліфікаційної роботи бакалавра</i>	<i>26.06.2025</i>	<i>Викон.</i>

Студент

(підпис)

Пристапа Р.Ф.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Лецишин Ю.З.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Приступа Р.Ф. Назва кваліфікаційної роботи: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавра: спец. 123 — комп'ютерна інженерія. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2025.

Ключові слова: комп'ютеризована система керування інфрачервоним нагрівачем для локального обігріву, інфрачервоний нагрівач, тепловізійна камера, мікроконтролер.

В кваліфікаційній роботі бакалавра розроблено комп'ютеризовану систему керування інфрачервоним нагрівачем для локального обігріву на базі мікроконтролера STM32.

Кваліфікаційна робота складається з чотирьох розділів та присвяче настворенню комп'ютеризованої системи керування інфрачервоним нагрівачем для локального обігріву.

Перший розділ присвячений аналізу технічного завдання та перегляду можливих вирішень завдання.

Другий розділ описує розробку системи та вибір інструментів для її реалізації.

Третій розділ включає тестування створеного ПЗ, а також етапи його розробки та реалізації проєктних рішень.

Четвертий розділ описує безпеку життєдіяльності та основи охорони праці.

ANNOTATION

Prystupa R.F. Computerized system for controlling an infrared heater for localized heating: Bachelor's Graduation Thesis: speciality 123 — computer engineering. Ternopil: Ternopil Ivan Puluj National Technical University, 2025.

Keywords: computerized infrared control system Keywords: computerized heater control system for, infrared heater, thermal imaging camera, microcontroller.

In the qualification work of the bachelor, a computerized control system for the infrared heater for local heating based on the STM32 microcontroller was developed.

Qualification thesis consists of four sections.

The first section is devoted to the analysis of the technical assignment and review of possible solutions to the problem.

The second section describes the development of the system and the choice of tools for its implementation.

The third section includes testing the created software, as well as the stages of its development and implementation of project solutions.

The fourth section describes the safety of life and the basics of labor protection

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ	10
1.1 Аналіз вимог комп'ютеризованої системи керування інфрачервоним нагрівачем для локального обігріву	10
1.2 Огляд пристроїв з ІЧ нагріванням.....	11
1.2.1 Способи обігріву великих об'єктів	12
1.2.2 Альтернативи ІЧ-нагрівачам для локального обігріву	13
1.3 Обґрунтування вибору ключових елементів системи	16
РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА.....	18
2.1 Опис функцій та блоків структурної схеми комп'ютеризованої системи керування інфрачервоним нагрівачем для локального обігріву	18
2.2 Побудова схеми електричної принципової.....	19
2.3 Побудова та опис макетної схеми системи	20
2.4 Обґрунтування вибору апаратного забезпечення системи	22
2.5 Опис інтерфейсів передачі даних використаних у системі.....	24
РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА.....	27
3.1 Опис блок-схеми алгоритму комп'ютеризованої системи.....	27
3.2 Реалізація основних алгоритмів роботи системи	29
3.3 Третій підрозділ	32
3.4 Процес компіляції, усунення помилок та тестування системи	33
РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ..	37

					КС КРБ 123.231.00.00 ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Пристапа Р.Ф.			Комп'ютеризована система керування інфрачервоним нагрівачем для локального обігріву			Літ.		Арк.	Аркушів	
Перевір.		Лецишин Ю.З.								6		
Реценз.		Петрик М.Р.						ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-42				
Н. Контр.		Тиш Є.В.										
Затверд.		Осухівська Г.М.										

4.1	Долікарська допомога при кровотечах	37
4.2	Техніка безпеки при використанні інфрачервоних нагрівачів.....	40
	ВИСНОВКИ.....	43
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	45
	Додаток А Технічне завдання	
	Додаток Б Лістинг коду прогарми	

					КС КРБ 123.231.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

I2C – Inter-Integrated Circuit

GPIO – General-Purpose Input/Output

PWM – Широтно-імпульсна модуляція

ІЧ – Інфрачервоний

					КС КРБ 123.231.00.00 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Комп'ютеризована система керування інфрачервоним нагрівачем для локального обігріву повинна стати чудовим рішенням для заощадження ресурсів у сучасних реаліях. Саме тому сучасні технології все частіше звертаються до локального обігріву, що дозволяє подавати тепло тільки туди, де воно дійсно необхідне.

Інфрачервоні нагрівачі стають одним із найперспективніших рішень для забезпечення локального тепла. Вони швидко і цілеспрямовано обігрівають певну зону, не витрачаючи енергію на нагрівання повітря в усьому приміщенні. Автоматизація процесу управління такими системами дозволить зробити їх ще ефективнішими, зручними та безпечними.

Комп'ютеризована система керування інфрачервоним нагрівачем — це крок у майбутнє, де людська участь зведена до мінімуму, а економія енергії стає максимальною. Завдяки використанню сучасних камер, сенсорів та алгоритмів обробки даних, система здатна самостійно визначати присутність людини в зоні обігріву, стежити за її переміщенням та забезпечувати необхідний рівень тепла саме там, де це потрібно, а отже мінімізує витрати електроенергії та не потребує втручання людини.

У цій дипломній роботі розглядається розробка комп'ютеризованої системи керування інфрачервоним нагрівачем для локального обігріву, що дозволить створити сучасне рішення для економного та комфортного тепlopостачання. Система, що здатна працювати в автоматичному режимі, стане корисною як для побутового, так і для промислового застосування, відкриваючи шлях до раціонального використання теплової енергії[1]

					КС КРБ 123.231.00.00 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1 Аналіз вимог комп'ютеризованої системи керування інфрачервоним нагрівачем для локального обігріву

Комп'ютеризована система керування інфрачервоним нагрівачем для локального обігріву буде використовуватись у різних типах об'єктів, наприклад спортивних спорудах, медичних установах та комерційних об'єктах, на яких важливо підтримувати комфортні температурні умови для працівників та відвідувачів, а також приватних та багатоквартирних будинках, у яких важливо забезпечувати ефективне, але в той же час економічно вигідне опалення приміщень. Складські приміщення, ангари та цехи у яких загальне опалення є неефективним, а також інші маловикористовувані приміщення у яких не потрібно завжди підтримувати температуру. Мультимедіа це не тільки спосіб подачі контенту, а й технології. Вони базуються на апаратних та програмних засобах, які також включають різні елементи.

Комп'ютеризована система керування ІЧ нагрівачем для локального обігріву повинна мати наступні характеристики[2]:

- енергоефективність;
- сумісність;
- масштабованість;

Система повинна бути енергоефективною, що сприятиме зниженню витрат на електроенергію.

Система повинна бути сумісною з інфраструктурою у якій вона використовується, а також підтримувати можливість інтеграції у різні типи обладнання. Комп'ютеризована система керування ІЧ-нагрівачем для

					КС КРБ 123.231.00.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Пристапа Р.Ф.			Аналіз технічного завдання	Літ.	Арк.
Перевір.		Лецишин Ю.З.					10
Реценз.		Петрик М.Р.				ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-42	
Н. Контр.		Тиш Є.В.					
Затверд.		Осухівська Г.М.					

локального обігріву повинна легко масштабуватись для підключення до неї додаткових елементів та датчиків за наявної потреби.

Використання комп'ютеризованої системи керування інфрачервоним нагрівачем для локального обігріву повинне забезпечувати такі переваги[3]:

- зниження витрат на електроенергію;
- ефективність обігріву;
- інтеграцію з іншими системами;
- інтуїтивне керування температурним режимом;

Система повинна забезпечувати роботу інфрачервоного нагрівача лише за наявності людини в зоні обігріву, що дозволить знизити витрати на електроенергію.

Система повинна оперативно реагувати на людину та забезпечувати цілеспрямований обігрів лише у потрібних зонах.

Система повинна забезпечувати легке та інтуїтивно зрозуміле керування температурним режимом за потреби людиною змінити температуру нагріву.

Система повинна легко інтегруватись у роботу з іншими елементами автоматизації приміщення.

1.2 Огляд пристроїв з ІЧ нагріванням

Інфрачервоний нагрівач – це прилад, що призначений для локального та зонального обігріву приміщень. Основним завданням приладу є передача теплової енергії безпосередньо на об'єкти, які знаходяться в зоні обігріву при цьому не нагріваючи повітря(рис. 1.1).

ІЧ-нагрівачі працюють за принципом випромінювання теплових хвиль, що створює відчуття природного тепла та дозволяє ефективно обігрівати окремі ділянки або людей лише за необхідності не витрачаючи енергію на опалення вилекої площі приміщення[4].

					КС КРБ 123.231.00.00 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загалом інфрачервоний нагрівач є пристроєм, що складається з нагрівального елемента, котрий випромінює теплову енергію у вигляді інфрачервоних хвиль. ІЧ-нагрівач швидко досягає потрібної температури, що забезпечує миттєвий локальний обігрів без прогрівання цілого приміщення, а кут обігріву складає від 90 до 120 градусів залежно від нагрівача. Завдяки комп'ютеризованому керуванню робота нагрівача автоматизується, а нагрів припиняється одразу після того як людина покинула зону обігріву.



Рисунок 1.1 – Вигляд інфрачервоного нагрівача

1.2.1 Способи обігріву великих об'єктів

Згідно з [5] найкращими варіантами обігріву великих об'єктів є:

- водяний обігрів;
- паровий обігрів;
- повітряний обігрів;
- інфрачервоний обігрів.

Спосіб водяного обігріву включає в себе котел, теплоносій (у цьому випадку вода) та труби. Цей спосіб рівномірно розподіляє тепло та довше його зберігає, але в той же час є досить дорогим у монтажі, повільно нагріває приміщення та може мати тепловтрати через погану теплоізоляцію.

Спосіб парового обігріву включає в себе паровий котел, котрий швидко нагріває воду та перетворює її в пару. Цей спосіб швидко нагріває приміщення та має незначні розміри опалювальних пристроїв, а монтаж такої системи не

					КС КРБ 123.231.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

буде дорогим, але такий спосіб має проблеми з регулюванням температури, обмежений перелік матеріалів котрі підійдуть для системи та призводить до частих гідравлічних ударів.

Спосіб повітряного обігріву базується на використанні теплогенераторів або калориферів для нагрівання повітря та його подачі в приміщення через повітроводи. За допомогою цього способу можна швидко та ефективно прогріти приміщення навіть якщо воно має погану теплоізоляцію, але потребує вентиляційних систем та нерівномірно розподіляє тепло.

Спосіб інфрачервоного обігріву працює завдяки керамічній поверхні, котра може випромінювати цілий спектр хвиль та концентрувати їх в області інфрачервоного випромінювання. Таким способом можна локально обігрівати зони та мінімізувати втрати тепла на великих площах, але цей спосіб не нагріває повітря і потребує точності в розрахунку кутів обігріву.

1.2.2 Альтернативи ІЧ-нагрівачам для локального обігріву

Опираючись на дані з [6] у сучасних реаліях можна виділити такі альтернативи інфрачервоним нагрівачам як:

- електричні конвектори;
- керамічні обігрівачі;
- масляні нагрівачі;
- електричні теплові гармати.

Електричні конвектори(рис 1.2) використовуються як засіб додаткового обігріву та вирізняються високим рівнем захисту, через що їм не страшний вплив вологи та пилу. Мають вбудовану протипожежну систему, термостат для підтримки температури на заданому рівні, безшумні в роботі та мають доступну ціну, але при роботі більша частина повітря піднімається вгору, що є неефективним аспектом враховуючи енергозатрати на використання приладу. Площа обігріву таких пристроїв залежить від

					КС КРБ 123.231.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

конкретної моделі, але у багатьох випадках це 11-15 метрів квадратних при потужності 1500Вт., та 16-20 метрів квадратних при потужності 2000Вт.



Рисунок 1.2 – Вигляд електричного конвектора

Керамічні обігрівачі(рис. 1.3) використовують ІЧ-випромінювачі та примусову конвекцію. Захист нагрівального елемента від пилу та вологи забезпечується об'єднанням багатьох керамічних частин цільною пластиною. Нагрівальний елемент виділяє тепло яке поширюється навколишнім середовищем та забезпечує безшумну роботу пристрою, безпечне використання та комфортний нагрів ділянок у поєднанні з естетичністю, але для досягнення стабільної температури знадобиться досить багато часу. Керамічні обігрівачі можуть обігрівати площу у 12-15 метрів квадратних при потужності 700-750Вт., або 15-20 метрів квадратних при потужності 1000Вт.



Рисунок 1.3 – Вигляд керамічного обігрівача

					КС КРБ 123.231.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Масляні нагрівачі(рис. 1.4) використовують мінеральне масло, що нагрівається всередині нагрівача за допомогою нагрівального елемента, а далі тепло передається на секції нагрівача та виділяється у навколишнє середовище. Такі нагрівачі зручні у переміщенні, мають прийнятну ціну, прості у використанні та оснащені термостатом для контролю обігріву, але варто враховувати, що нагрівачі такого типу повільно нагрівають кімнату, є габаритними та підвищують ризик отримання опіків в зв'язку з швидким нагрівом корпусу до високих температур. Площа роботи таких нагрівачів варіюється між 24/28/32 метрів квадратних при потужності 1200/1500/1800Вт. відповідно.



Рисунок 1.4 – Вигляд масляного нагрівача

Електричні теплові гармати (рис. 1.5) як і керамічні обігрівачі працюють за принципом примусової конвекції для обігріву приміщень. Потужний вентилятор гармати активно проганяє через нагрівальний елемент та забезпечує швидкий та рівномірний розподіл тепла. Висока продуктивність теплової гармати дозволяє обігрівати великі площі, вона проста у транспортуванні та може застосовуватись як у житлових так і в промислових приміщеннях, але варто врахувати, що теплові гармати споживають велику кількість електроенергії, створюють шум, залежать від подачі енергії та рідко

					КС КРБ 123.231.00.00 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

бувають придатними для постійного обігріву. Площа обігріву електричних теплових гармат становить 20-300 метрів квадратних та має потужність від 2 до 30кВт. в залежності від моделі.



Рисунок 1.5 – Вигляд електричної теплової гармати

1.3 Обґрунтування вибору ключових елементів системи

Для реалізації комп'ютеризованої системи керуванням інфрачервоним обігрівачем для локального обігріву було вибрано комбінацію з мікроконтролера STM32F103C8T6 та тепловізійної камери MLX90640, котрі зображені на рисунку 1.6.

Вибір мікроконтролера STM32F103C8T6 був зумовлений низькою вартістю у порівнянні з іншими мікроконтролерами серії STM32, наявністю ядра ARM Cortex M-3 з тактовою частотою до 72МГц та здатністю оперативно обробляти інформацію отриману з датчиків. Також важливо роль у виборі мікроконтролера зіграла наявність портів I2C, UART, SPI та PWM, котрі забезпечують легке підключення більшості доступних модулів. Завдяки популярності даного мікроконтролера можна легко та швидко знайти потрібні бібліотеки та документації для створення комп'ютеризованих систем на його базі[7].

					КС КРБ 123.231.00.00 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тепловізійна камера MLX90640 була обрана для реалізації системи завдяки сенсору 32 на 24 пікселі, котрий забезпечує визначення місцеперебування людини. MLX90640 швидко визначає зміни у зоні контролю та повідомляє про це систему, а також знімає теплові зображення із частотою 64Гц. Підтримка інтерфейсу I2C стала ще однією причиною вибору даної тепловізійної камери, адже саме завдяки цьому її легко інтегрувати у систему з мікроконтролером STM32F103C8T6. Кут огляду у 110 градусів забезпечує огляд цілого приміщення при правильному позиціонуванні камери[8].

Враховуючи вище перелічені якості даних пристроїв у сукупності вони створюють збалансовану, гнучку та просту у реалізації платформу для створення комп'ютеризованої системи керування інфрачервоним нагрівачем для локального обігріву та забезпечують ефективний і енергозберігаючий обігрів[9].



Рисунок 1.6 – Мікроконтролер STM32F103C8T6 та тепловізійна камера MLX90640

РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

2.1 Опис функцій та блоків структурної схеми комп'ютеризованій системи керування інфрачервоним нагрівачем для локального обігріву

Розроблена структурна схема комп'ютеризованій системи керування інфрачервоним нагрівачем для локального обігріву наведена на рисунку 2.1. та демонструє взаємодію між елементами системи [10]

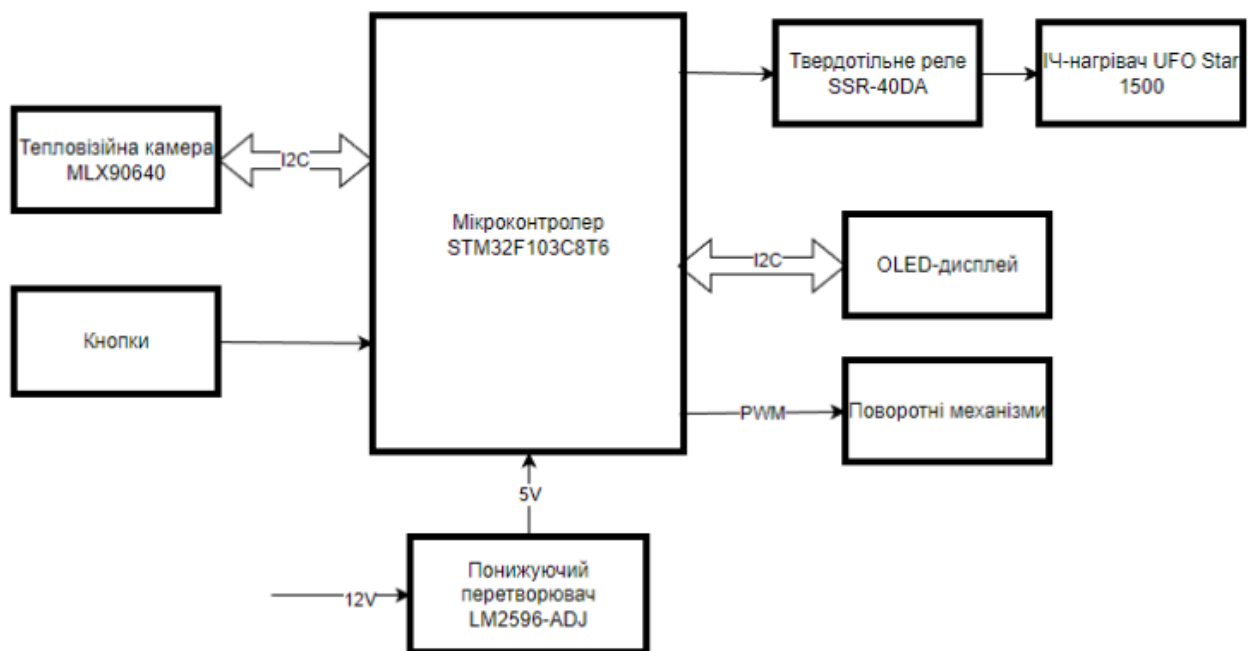


Рисунок 2.1 – Структурна схема системи керування ІЧ нагрівачем

Основними елементами системи є мікроконтролер STM32F103C8T6 котрий відповідає за обробку даних та тепловізійна камера MLX90640 котра сканує приміщення на наявність людини та при виявленні надсилає сигнал на керуючий мікроконтролер.

Процес роботи системи обігріву з ІЧ-нагрівачем починається з живлення мікроконтролера STM32F103C8T6, який отримує стабілізовану напругу 5 В

					КС КРБ 123.231.00.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Пристапа Р.Ф.			Проектна частина	Літ.	Арк.
Перевір.		Лецишин Ю.З.					18
Реценз.		Петрик М.Р.				ТНТУ, каф. КС, гр. CI-42	
Н. Контр.		Тиш Є.В.					
Затверд.		Осухівська Г.М.					

від понижуючого еретворювача LM2596-ADJ, підключеного до джерела постійної напруги 12 В. Після ініціалізації мікроконтролер починає опитувати підключену тепловізійну камеру MLX90640 через інтерфейс I2C, отримуючи теплове зображення.

При виявленні присутності людини у зоні обігріву тепловізійна камера надсилає сигнал на STM32, котрий генерує керуючий сигнал для твердотільного реле, котре вмикає інфрачервоний нагрівач.

Якщо людина покидає зону обігріву мікроконтролер подає сигнал на поворотні механізми для зміни напрямку нагріву. Передача керуючих сигналів до поворотного механізму здійснюється за допомогою PWM-сигналів, що забезпечує точне регулювання положення нагрівача.

Для зручності користувача система оснащена OLED-дисплеєм, з яким мікроконтролер обмінюється даними через шину I2C та відображає поточну температуру обігріву, котру можна налаштовувати за допомогою фізичних кнопок, котрі підключені до мікроконтролера.

Завдяки комплексній взаємодії тепловізійної камери, реле, поворотного механізму та мікроконтролера система забезпечує ефективний, енергоощадний та цілеспрямований обігрів лише тих зон, де знаходиться людина, мінімізуючи втрати тепла та підвищуючи комфорт використання системи[11].

2.2 Побудова схеми електричної принципової

Схемотехнічне проектування є основним етапом розробки, адже саме на цьому етапі створюються всі умови для взаємодії апаратних елементів. У представлений системі, поєднані тепловізійне сканування, управління сервоприводами та локальний користувацький інтерфейс, але особливої уваги потребувала інтеграція ключового елемента — мікроконтролера STM32F103C8T6, а також його взаємодія з периферійними пристроями,

					КС КРБ 123.231.00.00 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

такими як тепловізійна камера MLX90640, OLED-дисплей, твердотільне реле та поворотні механізми. Мікроконтролер STM32F103C8T6 виконує функцію центрального вузла, який обробляє вхідні тепловізійні дані, формує сигнали керування для реле та сервомеханізмів, а також забезпечує зчитування команд з кнопок та виведення інформації на дисплей. У структурі мікроконтролера активно задіяні такі периферійні інтерфейси, як I2C — для обміну даними з тепловізором і дисплеєм, а також PWM — для керування поворотними механізмами.

На рисунку 2.2 представлено схему електрично принципову комп'ютеризованої системи керування інфрачервоним нагрівачем для локального обігріву.

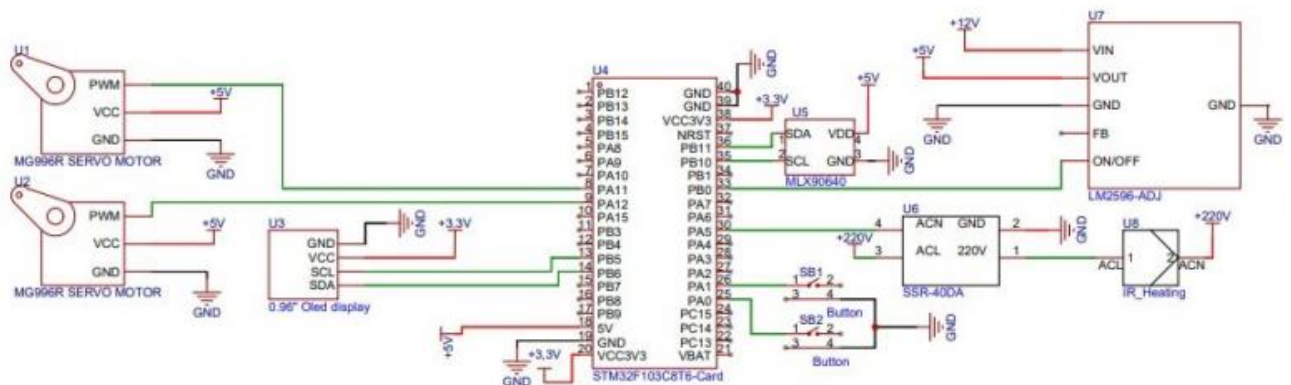


Рисунок 2.2 – Схема електрична принципова системи

2.3 Побудова та опис макетної схеми системи

Макетна схема комп'ютеризованої системи керування інфрачервоним обігрівачем (рис 2.3) включає такі компоненти як:.

- мікроконтролер STM32F103C8T6;
- OLED-дисплей; – два сервомотори MG996R;
- твердотільне реле SSR-40 DA;
- перетворювач напруг LM2596-ADJ;

- дві кнопки керування;
- нагрівальний елемент, що виступає у ролі ІЧ нагрівача;
- тепловізійна камера MLX90640.

Основним компонентом схеми є мікроконтролер STM32F103C8T6, який відповідає за виконання всіх логічних операцій – обробку даних про температуру, керування елементами системи, взаємодію з користувачем та реалізацію основного алгоритму роботи системи.

Живлення надходить від адаптера на 12 В, який підключено до перетворювача напруг на LM2596-ADJ, котрий знижує напругу до стабільного рівня 5 В, що подається на мікроконтролер та інші компоненти. Для живлення OLED-дисплея використовуються стабілізовані 3.3 В, отримані за допомогою вбудованого регулятора на платі.

Сервоприводи, які відповідають за позиціонування ІЧ-нагрівача, підключені до PWM-виходів STM32 та забезпечують повороти по горизонталі та вертикалі. Управління здійснюється за допомогою PWM-сигналів з таймера TIM2, налаштованого відповідним чином у програмному коді.

OLED-дисплей з діагоналлю 0.96 дюйма підключений по I2C-шині до виводів мікроконтролера (PB6 - SCL та PB7 - SDA). На дисплей виводиться задана температура обігріву, а також інша актуальна інформація про стан системи.

Дві кнопки підключені до портів PA0 та PA1 і використовуються для ручного регулювання температури: одна збільшує значення, інша зменшує.

Для керування інфрачервоним нагрівачем, використовується твердотільне реле SSR-40DA. Воно активується, коли на його керуючий вхід подається сигнал про виявлення людини в зоні обігріву, що дозволяє безпечно використовувати змінну напругу 220 В для живлення нагрівача.

Температурна інформація зчитується з тепловізійної камери MLX90640, котра підключен за допомогою інтерфейсу I2C як і OLED-дисплей. Камера дозволяє визначати присутність людини в полі зору та її положення,

					КС КРБ 123.231.00.00 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

орієнтуючись за найвищим температурним значенням у приміщенні.

Сукупність описаних з'єднань утворює апаратну основу автоматизованої системи, компоненти якої є взаємосумісними за напругою живлення та логічними рівнями, що забезпечує стабільну роботу навіть під час тривалого використання.

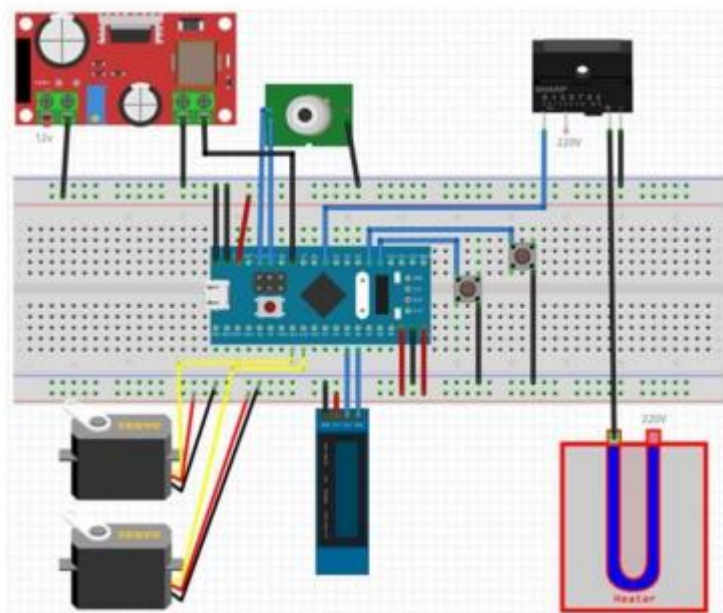


Рисунок 2.3 – Макетна схема системи

2.4 Обґрунтування вибору апаратного забезпечення системи

Під час створення комп'ютеризованої системи керування інфрачервоним нагрівачем для локального обігріву особливу увагу було приділено підбору компонентів котрі відповідають технічним вимогам, є доступними на ринку та підтримують можливість інтеграції з мікроконтролером STM32F103C8T6.

Для реалізації поворотного механізму, що забезпечує орієнтацію обігрівача у напрямку присутності людини, використано серводвигуни моделі MG996R. Цей сервомотор має високий обертовий момент до 11 кг·см, працює з живленням 5–6 В та підтримує PWM-керування, яке легко реалізується за

допомогою таймера STM32. Додатковими перевагами вибору стали металеві шестерні, які забезпечують довговічність, а також широка поширеність та підтримка в програмному забезпеченні.

Для виведення інформації про температуру обігріву було обрано OLED-дисплей з діагоналлю 0.96 дюйма. Для роботи даний дисплей використовує інтерфейсом передачі даних I2C, що дозволяє зменшити кількість необхідних з'єднань, залишаючи вільними інші виводи мікроконтролера для підключення датчиків і керувальних пристроїв. OLED-дисплей має високу контрастність, добре читається при будь-якому освітленні, а також споживає дуже малу кількість енергії. Завдяки підтримці бібліотеки SSD1306 для STM32, реалізація виведення даних на екран значно спрощується, без необхідності писати низькорівневий код обробки I2C-даних.

Для керування живленням інфрачервоного нагрівача, який працює від змінної напруги 220 В, у схемі використано твердотільне реле типу SSR-40DA. На відміну від класичних електромеханічних реле, воно забезпечує безконтактне перемикання та не має рухомих елементів, що дозволяє уникнути зношування й іскріння контактів. Вбудований оптопаратор забезпечує електричну розв'язку між силовою та логічною частинами схеми, що значно підвищує безпеку. Максимальний струм навантаження становить 40 А, що дозволяє з великим запасом комутувати типові ПЧ-нагрівачі потужністю до кількох кіловат.

Для живлення всієї низьковольтної логіки, включаючи мікроконтролер, OLED-дисплей, сервомотори та датчики, було обрано понижуючий перетворювач напруги LM2596-ADJ. Він дозволяє знизити напругу з джерела живлення 12 В до необхідних 5 В або 3.3 В з високим коефіцієнтом корисної дії. На відміну від лінійних стабілізаторів, імпульсна схема LM2596 майже не нагрівається при роботі, що важливо для компактних систем, які не мають активного охолодження. Крім того, модуль має зручне гвинтове підключення, що пришвидшує збирання прототипу.

					КС КРБ 123.231.00.00 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Регулювання температури здійснюється за допомогою двох кнопок, одна з яких збільшує задану температуру обігріву, а інша — зменшує. Вони підключаються до цифрових входів мікроконтролера та опитуються в основному циклі програми. Такий підхід дозволяє користувачу оперативно коригувати бажаний температурний режим у залежності від особистих вподобань або зовнішніх умов. Обрані кнопки є простими, надійними в експлуатації та доступними для придбання.

Таким чином, усі обрані компоненти — від сервоприводів до стабілізатора напруги — повністю задовольняють вимоги до функціональності, енергоефективності та сумісності з мікроконтролером STM32F103C8T6, забезпечуючи стабільну й безпечну роботу системи локального обігріву з автоматичним наведенням.

2.5 Опис інтерфейсів передачі даних використаних у системі

Під час створення комп'ютеризованої системи керування інфрачервоним нагрівачем було використано такі інтерфейси передачі даних як I2C та GPIO.

I2C (Inter-Integrated Circuit) — це один з найпоширеніших серійних інтерфейсів, що використовується для з'єднання мікроконтролера з різноманітними цифровими пристроями[12]. Інтерфейс I2C забезпечує передачу даних по шині, котра складається з проводу даних(SDA) та проводу тактування(SCL). Шина працює за принципом Master/Slave, котрий зображений на рисунку 2.4. У комп'ютеризованій системі керування інфрачервоним нагрівачем для локального обігріву в ролі головного пристрою (Master) виступає керуючий мікроконтролер STM32F103C8T6, а підлеглими пристроями вважаються тепловізійна камера MLX90640 та OLED-дисплей.

					КС КРБ 123.231.00.00 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

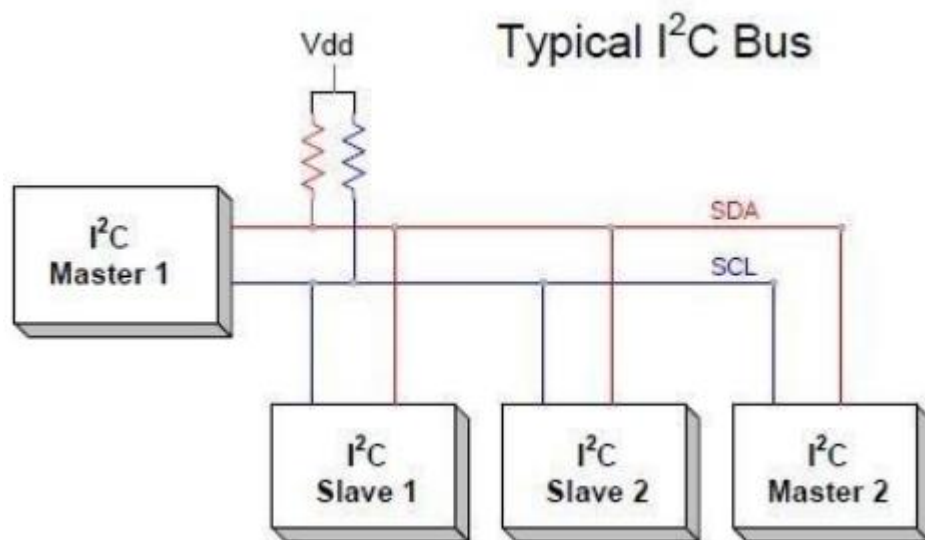


Рисунок 2.4 – Схема підключення пристроїв при використанні протоколу I2C

У спроектованій системі шина I2C застосовується для підключення тепловізійної камери MLX90640 та OLED-дисплея котрі мають вбудовану підтримку інтерфейсу I2C і можуть працювати на одній шині з мікроконтролером STM32F103C8T6. Використання шини I2C забезпечує можливість розширення функціональності системи та дозволяє за потреби додавати нові сенсори без змін апаратної частини проекту.

Інтерфейс GPIO (General Purpose Input/Output) є універсальним засобом для організації вводу/виводу сигналів із мікроконтролера. GPIO-виводи можуть працювати як вхідні та вихідні залежно від конфігурації. У системі керування інфрачервоним нагрівачем GPIO використовується для кількох задач: керування сервоприводами, активації нагрівача.

Сервоприводи, які забезпечують обертання нагрівача у напрямку виявленого теплового об'єкта, керуються за допомогою PWM-сигналів, що генеруються мікроконтролером через GPIO-виводи. Широтно-імпульсна модуляція дозволяє змінювати кут повороту сервомотора в залежності від отриманої температурної інформації. Таким чином забезпечується точне позиціонування нагрівального елементу відповідно до місця знаходження теплової цілі.

Окрім цього, один із GPIO-виводів мікроконтролера конфігурується як цифровий вихід для подачі керуючого сигналу на твердотільне реле. Цей вихід забезпечує подачу логічної одиниці або нуля, відповідно до стану ввімкнення або вимкнення інфрачервоного нагрівача, що забезпечує подачу змінного струму на інфрачервоний нагрівач.

У випадку розширення системи GPIO-входи можуть бути використані для підключення кнопок, сенсорів присутності або датчиків руху, що дозволить автоматизувати більшу кількість функцій без зміни основної архітектури пристрою.

Інтерфейси I2C та GPIO є критично важливими компонентами у розробленій системі та забезпечують ефективний обмін даними між елементами системи та організацію керування твердотільним реле і сервоприводами.

					КС КРБ 123.231.00.00 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

3.1 Опис блок-схеми алгоритму комп'ютеризованої системи

Реалізація програми комп'ютеризованої системи керування інфрачервоним обігрівачем для локального обігріву розроблена на послідовному виконанні таких логічних етапів як:

- ініціалізація роботи системи;
- обробка даних з тепловізійної камери;
- управління роботою нагрівача та сервоприводів;
- відображення інформації на дисплеї.

Робота системи починається на етапі ініціалізації системи, котрий зображений на рисунку 3.1. Після включення живлення система починає з етапу ініціалізації. В цей момент налаштовуються всі необхідні компоненти, зокрема мікроконтролер, тепловізійна камера, OLED-дисплей, сервомотори, кнопки керування та твердотільне реле. Також конфігуруються таймери та обмін даними між компонентами. Після завершення початкового налаштування система зчитує інформацію з тепловізійної камери MLX90640, котра формує теплову картину простору у зоні огляду, а система аналізує отримані дані, щоб знайти об'єкт, який має температурні характеристики, подібні до людського тіла. Після цього система обробляє інформацію з тепловізора і визначає, чи знаходиться людина у зоні обігріву. Якщо людина присутня у зоні, система вмикає обігрівач за допомогою твердотільного реле, яке подає живлення на нагрівач. Після цього система робить паузу, яка триває десять секунд при цьому не припиняючи обігріву. Після затримки тепловізійна камера знову зчитує інформацію для перевірки, чи змінила людина своє місце розташування. Якщо людина перемістилася, система продовжує роботу і

					КС КРБ 123.231.00.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Пристапа Р.Ф.			Практична частина		
Перевір.		Лецишин Ю.З.					
Реценз.		Петрик М.Р.					
Н. Контр.		Тиш Є.В.					
Затверд.		Осухівська Г.М.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						27	
					ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-42		

коригує напрямок обігріву. Якщо людина залишилась на місці, обігрівач продовжує працювати у поточному режимі.

Якщо людина не перебуває у зоні обігріву, система керує сервомоторами, котрі повертають інфрачервоний обігрівач в іншому напрямку після чого система робить затримку на десять секунд, щоб уникнути надмірного навантаження на приводи, а потім знову запускає зчитування з камери і аналіз простору. Весь описаний процес повторюється безперервно, поки система залишається увімкненою, що дозволяє пристрою постійно контролювати положення людини та забезпечувати локальний обігрів тільки у разі необхідності. Таким чином, система забезпечує комфортне перебування у приміщенні та енергозбереження[13].

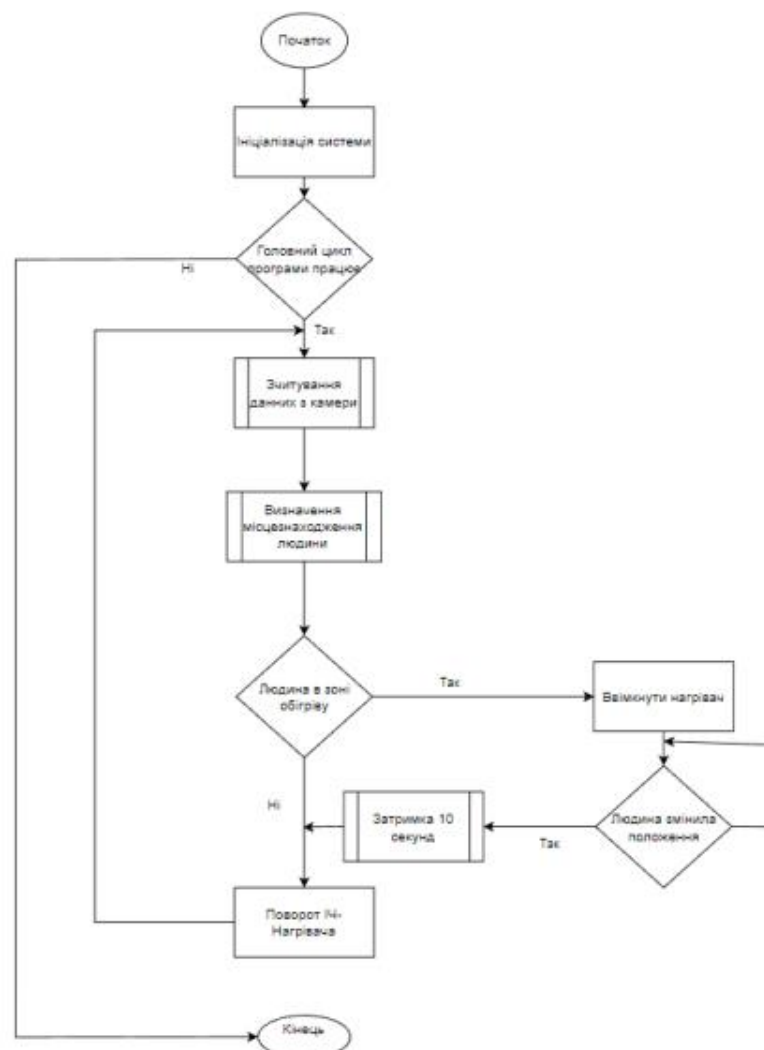


Рисунок 3.1 – Блок-схема алгоритму роботи системи

3.2 Реалізація основних алгоритмів роботи системи

Для забезпечення роботи програми комп'ютеризованої системи керування інфрачервоним обігрівачем основна структура коду поділяється на декілька функціональних блоків, кожен з яких відповідає за окрему частину роботи пристрою.

Основним блоком програмного коду є головний цикл програми зображений у Лістингу 3.1. В цьому циклі відбувається обробка інформації з кнопок, виведення температури обігріву на дисплей, зчитування даних з тепловізійної камери та керування ІЧ-нагрівачем та сервоприводами.

Лістинг 3.1 – Головний цикл програми

```
while (1)
{
    check_buttons();
    display_temperature();
    float frame[768];
    MLX90640_GetFrameData(frame);
    detected_temp = MLX90640_GetMaxTemperature(frame);
    if (detected_temp >= temperature)
    {
        RELAY_ON;
        HAL_Delay(10000); // затримка 10 секунд
        MLX90640_GetFrameData(frame);
        float new_temp = MLX90640_GetMaxTemperature(frame);
        if (new_temp < temperature)
        {
            RELAY_OFF;
        }
    }
    else
    {
        rotate_heater();
        HAL_Delay(10000);
    }
}
```

Зчитування даних з тепловізійної камери (Лістинг 3.2) відбувається після ініціалізації системи. Функція MLX90640_GetFrameData(frame); зчитує поточні температурні дані після чого функція detected_temp = MLX90640_GetMaxTemperature(frame); визначає максимальне значення температури, котре використовується для виявлення людини в зоні обігріву.

Лістинг 3.2 – Код зчитування даних з тепловізійної камери

```
float frame[768];  
MLX90640_GetFrameData(frame);  
detected_temp = MLX90640_GetMaxTemperature(frame);
```

Визначення наявності людини (Лістинг 3.3) проводиться за допомогою порівняння максимальної зафіксованої температури з заданою температурою обігріву. Якщо температура перевищує встановлене значення, система вважає що людина присутня в зоні обігріву.

Лістинг 3.3 – Визначення наявності людини в зоні обігріву

```
if (detected_temp >= temperature)  
{  
    RELAY_ON;  
    HAL_Delay(10000); // затримка 10 секунд  
    MLX90640_GetFrameData(frame);  
    float new_temp = MLX90640_GetMaxTemperature(frame);  
    if (new_temp < temperature)  
    {  
        RELAY_OFF;  
    }  
}
```

Система керує ввімкненням та вимкненням обігрівача за допомогою твердотільного реле, котре підключено до керуючого мікроконтролера. Включення та вимкнення реле реалізовано через макроси Relay_on та Relay_off, котрі продемонстровані у лістингу 3.3.

Система забезпечує просту зміну температури обігріву за допомогою двох кнопок одна з котрих підвищує температуру обігріву, а інша знижує її. Код даного блоку зображений у лістингу 3.4.

Лістинг 3.4 – Обробка натискань кнопок

```
void check_buttons(void)  
{  
    if (BUTTON_INC == GPIO_PIN_RESET)  
    {  
        temperature++;  
        HAL_Delay(200);  
    }  
    if (BUTTON_DEC == GPIO_PIN_RESET)  
    {  
        temperature--;  
        HAL_Delay(200);  
    }  
}
```

					КС КРБ 123.231.00.00 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Керування двома сервоприводами MG996R за допомогою широтноімпульсної модуляції (PWM) для зміни напрямку обігріву реалізовано за допомогою функції `rotate_heater`, котра змінює сигнали на PWM-каналах для повороту нагрівача[14]. Код функції зображений у лістингу 3.5.

Лістинг 3.5 – Функція `rotate_heater`

```
void rotate_heater(void)
{
    __HAL_TIM_SET_COMPARE(SERVO_PWM, 50);
    __HAL_TIM_SET_COMPARE(SERVO_PWM2, 150);
    HAL_Delay(500);
    __HAL_TIM_SET_COMPARE(SERVO_PWM, 150);
    __HAL_TIM_SET_COMPARE(SERVO_PWM2, 50);
}
```

Виведення інформації про температуру обігріву реалізований за допомогою бібліотеки SSD1306, котра забезпечує вивід інформації на дисплей за допомогою інтерфейсу I2C, оновлює екран після вводу нових даних та дозволяє очищувати дисплей[15]. Код, що відповідає за вивід інформації на дисплей зображений у лістингу 3.6.

Лістинг 3.6 – Вивід інформації на дисплей

```
void display_temperature(void)
{
    char buffer[16];
    sprintf(buffer, "Temp: %.1fC", temperature);
    SSD1306_Fill(SSD1306_COLOR_BLACK);
    SSD1306_GotoXY(10, 20);
    SSD1306_Puts(buffer, &Font_7x10, SSD1306_COLOR_WHITE);
    SSD1306_UpdateScreen();
}
```

`Char buffer[16];` створює масив, котрий зберігає сформований рядок з температурою. Функція `sprintf` формує текстовий рядок, де підставляється поточне значення температури з точністю до одного знаку після коми. Наступні частини коду відповідають за очищення дисплею, відображення позиції з якої почнеться вивід тексту, вивід рядка з поточною температурою обігріву та оновлення дисплею.

3.3 Третій підрозділ

У комп'ютеризованій системі керування інфрачервоним обігрівачем для локального обігріву ключову роль відіграє організація основного програмного циклу. У запропонованій реалізації система не використовує апаратних переривань для обробки подій. Усі функціональні блоки працюють на основі послідовного опитування периферійних пристроїв, а прийняття рішень здійснюється безпосередньо в основному циклі програми. Такий підхід дозволяє значно спростити програмну структуру та полегшує налагодження системи.

Основний цикл є нескінченним та постійно виконує обхід всіх необхідних етапів роботи системи. Послідовність обробки подій побудована так, щоб забезпечити безперервний моніторинг температурного стану об'єкта, контроль стану кнопок для коригування температури обігріву, виведення поточних параметрів на OLED дисплей та управління обігрівачем через твердотільне реле.

На першому етапі кожної ітерації основного циклу виконується опитування кнопок керування температурою. Якщо зафіксовано натискання кнопки збільшення температури, встановлене порогове значення обігріву підвищується на один градус. Якщо натиснуто кнопку зменшення, порогова температура відповідно знижується. Для запобігання багаторазовому зчитуванню під час одного натискання в алгоритмі передбачено коротку затримку, яка реалізована за допомогою функції HAL_Delay.

Наступним етапом є виведення інформації на OLED дисплей. Програма формує текстовий рядок з поточним значенням температури обігріву, очищує дисплей і оновлює екран з новими даними. Таким чином, користувач у реальному часі бачить актуальну встановлену температуру.

Далі система переходить до обробки даних з тепловізійної камери MLX90640. Зображення температурного поля зчитується у вигляді масиву даних, після чого обчислюється максимальна температура в межах поля зору

					КС КРБ 123.231.00.00 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

камери. Якщо зафіксована максимальна температура перевищує або дорівнює встановленому пороговому значенню, система інтерпретує це як наявність людини у зоні обігріву[8]. У такому випадку через керування вихідним піном мікроконтролера активується реле, яке вмикає інфрачервоний обігрівач. Після цього програмою передбачена затримка, яка забезпечує стабільну подачу тепла протягом певного часу. Після закінчення цього періоду система знову зчитує нові дані з тепловізійної камери для перевірки, чи залишилась людина в зоні дії. Якщо нова зафіксована температура нижча за встановлений поріг, реле вимикається, припиняючи обігрів.

У разі, якщо температура об'єкта нижча за порогову, система автоматично активує функцію повороту обігрівача за допомогою сервоприводів, забезпечуючи пошук нової потенційної зони обігріву. Поворот здійснюється в обидві сторони з контрольованою затримкою, що дозволяє обігрівачу поступово охопити велику площу.

Завдяки використанню саме послідовного опитування у головному циклі забезпечується повний контроль над кожним етапом роботи, стабільність процесів і передбачуваність поведінки системи. Така структура не потребує складного налаштування обробки переривань, дозволяючи зосередити увагу на правильному формуванні логіки роботи та взаємодії програмних блоків.

Використаний підхід є оптимальним для задач такого рівня складності, де швидкість реакції системи не є критичною, а основну роль відіграє стабільність і простота реалізації.

3.4 Процес компіляції, усунення помилок та тестування системи

Завершальним етапом створення комп'ютеризованої системи локального інфрачервоного обігріву стало складання (компіляція) програмного коду, завантаження прошивки до мікроконтролера, налагодження роботи пристрою та проведення комплексного тестування розробленої системи в реальних умовах.

					КС КРБ 123.231.00.00 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Програмне забезпечення було розроблено у середовищі STM32CubeIDE[16], яке забезпечує зручне програмування та налагодження для мікроконтролерів серії STM32. Під час компіляції перевірявся коректний синтаксис, правильність підключення всіх необхідних бібліотек для роботи з тепловізійною камерою MLX90640, OLED-дисплеєм SSD1306, а також для реалізації керування обігрівачем, кнопками та сервоприводами. Особливу увагу приділяли правильності оголошення змінних, відповідності назв пінів у програмі до схемотехнічних рішень, а також коректній роботі апаратних таймерів для керування сервоприводами.

Успішна компіляція коду дозволила згенерувати бінарний файл, який був записаний у мікроконтролер STM32F103C8T6 за допомогою вбудованого програматора ST-Link. Програмування здійснювалось через стандартний USB-інтерфейс. Після завантаження прошивки розпочався етап поетапного налагодження роботи системи.

Спочатку була перевірена правильність ініціалізації периферійних пристроїв. Це включало перевірку запуску PWM-сигналів для сервоприводів, правильне функціонування кнопок підвищення та зниження температури, а також перевірку коректного відображення даних на OLED-дисплеї. Окремо тестувалась функція оновлення дисплея для оперативного відображення актуальної температури обігріву. Була підтверджена правильна реакція дисплея на зміну значення температури при натисканні відповідних кнопок.

Особливо важливим етапом стало тестування тепловізійної камери MLX90640. Була проведена перевірка на здатність тепловізора виявляти об'єкти з підвищеною температурою у полі зору. Тестування проводилося з використанням теплих предметів і моделюванням присутності людини. Система успішно ідентифікувала об'єкти, максимальна температура яких перевищувала встановлене порогове значення. При досягненні цього порогу програма активувала твердотільне реле, що включало інфрачервоний обігрівач.

					КС КРБ 123.231.00.00 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після включення обігрівача перевірялась стабільність його роботи. Система підтримувала обігрів доти, поки у полі зору тепловізора перебував об'єкт з температурою, що перевищувала задану. У випадку, коли температура об'єкта знижувалась або об'єкт залишав зону обігріву, система автоматично вимикала реле, припиняючи подачу живлення на обігрівач.

Під час тестування системи також перевірялась коректність роботи сервоприводів, які відповідають за поворот обігрівача. Система успішно змінювала положення обігрівача для пошуку теплової мішені у разі її відсутності. Було підтверджено, що алгоритм обертання сервоприводів реалізовано коректно, а команда зміни положення подається на відповідні PWM-канали в необхідний момент.

Окрему увагу було приділено стабільності роботи кнопок. В ході випробувань було підтверджено, що натискання кнопок надійно реєструється мікроконтролером, та відбувається миттєва зміна заданої температури, що відразу відображається на OLED-дисплеї.

У процесі налагодження були виявлені незначні неточності у налаштуваннях таймерів для сервоприводів, які призводили до неправильного кута обертання обігрівача. Після корекції параметрів PWM-сигналів ця проблема була повністю усунена. Також під час початкових випробувань спостерігалася затримка оновлення даних на дисплеї, яка була усунена шляхом оптимізації частоти оновлення екрана.

Тривалі тестові сесії підтвердили стабільну роботу розробленої комп'ютеризованої системи. При багаторазовому вмиканні та вимиканні живлення, при зміні заданої температури, а також при тривалому функціонуванні не було виявлено збоїв або втрати керування.

За результатами компіляції, налагодження та тестування було підтверджено працездатність всієї системи локального інфрачервоного обігріву. Розроблена система успішно виконує всі поставлені перед нею завдання:

- виявлення об'єкта з температурою, що перевищує заданий поріг;

					КС КРБ 123.231.00.00 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- автоматичне увімкнення та вимкнення обігрівача залежно від температури об'єкта;
- зміна заданої температури обігріву за допомогою кнопок;
- виведення актуальної інформації на OLED-дисплей;
- поворот обігрівача для пошуку нової теплової мішені.

Таким чином, комп'ютеризована система локального обігріву на базі мікроконтролера STM32F103C8T6 та тепловізійної камери MLX90640 успішно реалізована та повністю готова до подальшої експлуатації.

					КС КРБ 123.231.00.00 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Долікарська допомога при кровотечах

Кровотеча може виникнути в будь-якої людини навіть при роботі за ПК під час виконання поставлених завдань розробникам. Зазвичай це капілярна кровотеча але може виникнути і масивніший крововилив. Необхідно знати базову допомогу при таких випадках оскільки це може врятувати чиєсь життя або своє власне. Кровотеча виникає через порушення цілісності кровоносних судин. Загальний обсяг циркуляційної крові у дорослої людини – близько п'ять літрів. Водночас загрозою для життя є втрата понад 30 % цього обсягу, особливо в короткі терміни. Кров зазвичай втрачається через рану. Раною називається пошкодження шкіри, слизової оболонки чи глибоких тканин, що супроводжується болем та кровотечею і має вигляд зяючого отвору [20].

Мікроби потрапляють до рани разом із предметом, яким заподіяно рану, а також із землею, шматками одягу, повітрям і при дотиках до рани руками. Найнебезпечнішими є мікроорганізми, що розвиваються у рані за умови відсутності повітря і спричиняють газову гангрену. Небезпечним ускладненням ран є зараження їх збудником правця. Рани можуть бути поверхневими або проникаючими у порожнину черепа, грудну клітину, черевну порожнину. Проникаючі рани – найнебезпечніші. Профілактика зараження рани – найшвидше накладення на неї асептичної пов'язки, для запобігання доступу мікробів.

Причини кровотечі — пошкодження цілості кровоносних судин внаслідок механічного або патологічного порушення. За формою прояву кровотечі бувають:

— зовнішні – коли видно місце, звідки тече кров;

					КС КРБ 123.231.00.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Пристапа Р.Ф.			Безпека життєдіяльності, основи охорони праці		
Перевірив		Лещишин Ю.З.					
Консульт.		Гурик О.Я.					
Н. Контр.		Тиш Є.В.					
Затверд.		Осухівська Г.М.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						37	
					ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-42		

– внутрішні – коли кров виливається у внутрішні порожнини чи тканини. Залежно від виду пошкоджених кровоносних судин кровотечі бувають артеріальні, венозні та капілярні.

Артеріальна кровотеча характеризується яскраво-червоним кольором крові, кров б'є сильним струменем, поштовхами. Венозна кров має темно червоне забарвлення, витікає з рани безперервно і повільно. При капілярній кровотечі кров виділяється краплями або сочиться з усієї поверхні рани.

Кровотечу необхідно якнайшвидше зупинити. Капілярна кровотеча добре зупиняється стисною пов'язкою, перед чим шкіру навколо рани обробляють розчином йоду, спирту, горілки, одеколону. Якщо з рани виступає сторонній предмет, його треба локалізувати і закріпити, для цього необхідно зробити у пов'язці отвір, інакше цей предмет може ще глибше проникнути всередину і викликати ускладнення. Венозну кровотечу теж зупинити не дуже важко [21].

Іноді досить підняти кінцівку, максимально зігнути її у суглобі обробити шкіру навколо рани, накласти стисну пов'язку і забинтувати. Для тимчасової зупинки артеріальної кровотечі здійснюють притискування артерії до кістки вище від місця поранення. Притискування здійснюють в тих місцях, де артерія знаходиться неглибоко, декількома пальцями однієї чи обох рук, а іноді навіть кулаком.

Скроневу артерію притискають попереду мочки вуха до виличної кістки. При кровотечі з головної шийної (сонної) артерії рану, по можливості, стискають пальцем, після чого набивають великою кількістю марлі, тобто роблять тампонування.

Для тимчасової зупинки кровотечі при пораненні передпліччя використовують різке згинання руки в ліктьовому суглобі, а у випадках пошкодження судин на нозі нижче коліна — різке згинання ноги у колінному суглобі, підклавши в ліктьову чи підколінну ямку пакунок чи згорток з марлі, вати.

Найнадійнішим методом тимчасової зупинки артеріальної кровотечі з пораних кінцівок є накладення гумового джгута. Кінцівку в місці накладання джгута обгортають марлею, рушником чи іншою тканиною, підіймають, джгут розтягують і роблять ним 2-3 оберти навколо кінцівки. Кінці джгута скріплюють за допомогою ланцюжка з крічком, а в разі їх відсутності — зв'язують. Якщо джгут накладено правильно, пульс нижче місця накладання зникає [20].

Тривалість використання джгута обмежується двома годинами, а взимку — однією годиною, у протилежному випадку кінцівка мертває. Необхідно залишити записку із зазначенням точного часу накладання джгута, щоб медичні працівники могли правильно оцінити ситуацію та вчасно надати необхідну допомогу. Якщо протягом цього часу немає можливості забезпечити додаткову допомогу, то через 1,5-2,0 години джгут на кілька хвилин відпускають (до почервоніння шкіри), кровотечу при цьому зменшують іншими методами (тампоном), а потім знову затягують джгут, трохи відступивши від попереднього місця його накладання.

У разі відсутності джгута накладають закрутку з пояса, рушника, хустки або іншого матеріалу, який не туго зав'язують навколо кінцівки. В петлю вставляють палицю і закручують. Для того щоб не пошкодити шкіру, під закрутку необхідно підкласти бинт чи іншу тканину. Після накладання джгута чи закрутки потерпілого потрібно якомога швидше доставити в медичний заклад.

Часто кровотечі виникають через пошкодження м'яких тканин внаслідок удару і є однією з ознак цього виду травми. Іншими ознаками удару м'яких тканин є болі в місці удару, розлита припухлість (крововилив), обмежена рухомість ушкодженої частини тіла.

Перша допомога у випадку пошкодження м'яких тканин за умови відсутності в цьому місці перелому чи вивиху — холод на місце удару (рушник, змочений холодною водою, пузир з льодом чи снігом) та туга пов'язка на місце крововиливу і спокій ушкодженій частині тіла [25].

					КС КРБ 123.231.00.00 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Травми легень супроводжуються відхаркуванням яскраво-червоної спіненої крові. При цьому дихання утруднене. Для надання допомоги хворого кладуть у напівлежаче положення, під спину підкладають валик, на груди кладуть холодний компрес. Потерпілому забороняється говорити і рухатись, необхідна госпіталізація.

Пошкодження органів черевної порожнини супроводжується значними болями, блюванням. У разі пошкодження печінки чи нирок з'являється внутрішня кровотеча. Кровотеча з травного тракту характеризується блюванням темно-червоною кров'ю, що зіслася. Для надання допомоги положення потерпілому забезпечується те саме, що й при кровотечі з легень, але ноги згинаються в колінах. Потерпілого потрібно негайно відправити до лікарні.

В разі пошкодження м'яких тканин голови, спостерігаються припухлість, крововиливи (гематома) та болі в місці удару. Сильні удари здатні викликати і закриті пошкодження головного мозку. Поранення м'яких тканин на голові супроводжується сильними і тривалими кровотечами. Для надання допомоги потрібно прикласти холод на місце удару, а в разі сильної кровотечі потрібно накласти бинт навколо голови.

4.2 Техніка безпеки при використанні інфрачервоних нагрівачів

Використання інфрачервоних нагрівачів у системах опалення має свої особливості з точки зору безпеки. Оскільки ІЧ-нагрівачі працюють шляхом випромінювання тепла, важливо дотримуватися вимог для забезпечення їхньої безпечної експлуатації. Основні заходи безпеки при використанні ІЧнагрівачів включають:

– ІЧ нагрівачі повинні встановлюватися відповідно до вимог виробника з дотриманням мінімальних відстаней до горючих матеріалів, стін, меблів та інших предметів.

– Підключення ІЧ нагрівача повинно здійснюватися через справну

					КС КРБ 123.231.00.00 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електромережу із захисним заземленням. Використання пошкоджених проводів або роз'ємів категорично заборонене.

– Нагрівачі повинні працювати під постійним наглядом, особливо у промислових або побутових умовах з підвищеною пожежонебезпекою. Заборонено залишати ввімкнені нагрівачі без нагляду.

– Системи з ІЧ нагрівачами повинні бути обладнані датчиками контролю температури, які вимикають нагрів у разі перевищення допустимих значень.

– ІЧ нагрівачі не можна використовувати у приміщеннях з високою вологістю або на вулиці без відповідного захисту. Потрапляння води на нагрівач може призвести до короткого замикання або ураження електричним струмом.

– Регулярна перевірка технічного стану обладнання, контактів, ізоляції та кріплень є обов'язковою для забезпечення безпечної роботи.

– При обслуговуванні та чищенні нагрівачів необхідно попередньо знеструмити пристрій. Забороняється торкатися до нагрівального елемента під час роботи пристрою

В КРБ застосовуються автоматичні вимикачі, аварійні системи охолодження та сигналізації для швидкого реагування на позаштатні ситуації.

Комп'ютеризовані системи керування, які інтегрують ІЧ-нагрівачі, мають вбудовані алгоритми безпеки, які забезпечують автоматичне відключення нагрівача у разі виявлення небезпечних параметрів. Це включає перевищення температури, наявність диму або газів, що свідчать про можливий початок пожежі. Також впроваджуються системи діагностики, котрі дозволяють своєчасно виявити несправності в роботі нагрівачів та проводити їх профілактичне обслуговування.

Враховано ергономічні та інженерно-психологічні аспекти розміщення ІЧ нагрівачів. При проектуванні робочих місць забезпечено комфортні умови праці, мінімізовано надмірний тепловий вплив на працівників та передбачено зручне керування системою опалення.

					КС КРБ 123.231.00.00 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згідно з [18] основними видами вогнегасників з вогнегасною речовиною яка не проводить струм є:

- вуглекислотні вогнегасники типу ВВК-2;
- порошкові вогнегасники типу ВП-5;
- аерозольні генератори типу АГС-8/2.

Використання води або водних розчинів при незнеструмленому обладнанні заборонено, адже це може спричинити ураження електричним струмом та коротке замикання [21]. Згідно з рекомендаціями [19] та [20], у разі виникнення пожежі в електроустановках слід:

- знеструмити електрообладнання;
- повідомити про пожежу відповідну службу за номером 103;
- почати гасіння за допомогою дозволених засобів;
- при наявності задимлення евакуювати людей;
- здійснювати гасіння тільки з безпечної відстані, використовуючи первинні засоби пожежегасіння.

Особливої уваги потребує гасіння обладнання, що працює на високій напрузі. Відповідно до [21], зону гасіння необхідно обмежити, допускати тільки підготовлений персонал у діелектричних засобах захисту.

					КС КРБ 123.231.00.00 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи було розроблено та протестовано комп'ютеризовану систему керування інфрачервоним нагрівачем з тепловізійною камерою та поворотним механізмом. Основною метою розробки було створення ефективного, адаптивного пристрою, здатного автоматично спрямовувати потік тепла у напрямку виявленої людини, що дозволяє забезпечити енергозбереження та підвищення комфорту користувача.

Обґрунтовано вибір архітектури системи, яка базується на мікроконтролері STM32F103C8T6, що відповідає за збирання, обробку та аналіз даних з тепловізійного сенсора MLX90640, а також за управління поворотним механізмом. Завдяки достатній обчислювальній потужності та наявності необхідних апаратних інтерфейсів, STM32 став оптимальним рішенням для реалізації цієї задачі.

Програмне забезпечення було розроблено у середовищі STM32CubeIDE з використанням бібліотек HAL та функцій обробки масивів температур. Алгоритм обробки полягає у побудові температурної карти, виявленні області з найбільшою температурою котра відповідає людині, розрахунку її місцезнаходження та подальшому керуванні поворотними сервомоторами MG996R, які змінюють напрям нагрівача.

У систему також інтегровано OLED-дисплей для виводу даних візуалізації температурного розподілу, що полегшує контроль за її станом. Для комутації інфрачервоного нагрівача UFO STAR 1500 використано твердотільне реле SSR-40DA, яке забезпечує надійне і безпечне вмикання/вимикання приладу.

Комунікація між модулями системи здійснюється через стандартні протоколи передачі даних, передбачені у середовищі мікроконтролера. Особливу увагу було приділено забезпеченню стабільної роботи при змінних умовах навколишнього середовища та дотриманню принципів пожежної

					КС КРБ 123.231.00.00 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

безпеки відповідно до чинних нормативів.

Результати тестування підтвердили правильність обраної конструкції та алгоритмів. Система демонструє стабільну роботу, швидко реагує на появу об'єкта, точно обирає напрямок нагріву, а також забезпечує якісне та безпечне керування нагрівачем. З урахуванням сучасних вимог до енергоефективності та автоматизації опалення, розроблений пристрій має високу практичну цінність.

Таким чином, створено завершену програмно-апаратну систему, яка поєднує тепловізійну аналітику, механічне позиціонування та безпечне електронне керування. Отримані результати можуть бути застосовані як у побутовій сфері, так і у виробничих або громадських приміщеннях, де необхідне зональне опалення з урахуванням присутності людей.

					КС КРБ 123.231.00.00 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Жаровський Р.О., Луцик Н.С., Осухівська Г.М., Паламар А.М., Тиш Є.В. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія» усіх форм навчання. Тернопіль: ТНТУ, 2024. 39 с.

2. Паламар М.І., Стрембіцький М.О., Паламар А.М. Проектування комп'ютеризованих вимірювальних систем і комплексів. Навчальний посібник. Тернопіль: ТНТУ. 2019. 150 с.

3. Погребенник В. Д., Клим Г. І., Бордун І. М., Пташник В. В., Паламар А. М. Системи оперативного контролю інтегральних параметрів водного середовища. Т. 2. Елементи комп'ютерних систем оперативного контролю: колективна монографія. Житомир: Видавничий дім «Бук-Друк», 2021. 180 с

4. Infrared Heater Datasheet. URL: https://www.heraeus.com/media/media/hng/doc_hng/products_and_solutions_1/infrared_technology/ceramic_emitters/ceramic_emitters_datasheet.pdf

5. Рейтинг обігрівачів: кращі види для вашого дому. URL: <https://vencon.ua/ua/articles/rejting-obogrevateley-luchshie-vidy> (дата звернення: 27.04.2025).

6. Найкращі варіанти обігріву великих приміщень. URL: <https://bnclimate.com/najkrashhi-varianty-obigrivu-velykyh-primishhen/>

7. STM32F103C8T6, STMicroelectronics. Datasheet. URL: <https://www.st.com/resource/en/datasheet/stm32f103c8.pdf>

8. MLX90640, Melexis. Datasheet. URL: <https://www.melexis.com/en/documents/documentation/datasheets/datasheetmlx90640>

9. Оконський М.В., Лупенко С.А., Паламар А.М. Інформаційновимірювальна система для контролю метеорологічних параметрів на основі Інтернету речей. Матеріали ІХ науково-технічної конференції "Інформаційні моделі, системи та технології" Тернопільського

					КС КРБ 123.231.00.00 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

національного технічного університету імені Івана Пулюя (Тернопіль, 8–9 грудня 2021 року), Тернопіль: ТНТУ, 2021. С. 118.

10. Лупенко С.А., Пасічник В.В., Тиш Є.В. Комп'ютерна логіка. Навчальний посібник. Львів: Видавництво «Магнолія 2006», 2024. 354 с.

11. Романов Д.В., Осухівська Г.М., Паламар А.М. Система управління зовнішнім освітленням на основі Інтернету речей. Актуальні задачі сучасних технологій : збірник тез доповідей X міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів (Тернопіль, 24-25 листопада 2021 року), Тернопіль: ТНТУ, 2021. С. 120.

12. IT Master, I2C інтерфейс. URL: <https://itmaster.biz.ua/directory/standarts/i2c.html>

13. Оконський М.В., Лупенко С.А., Паламар А.М. Комп'ютерна система для моніторингу метеорологічних параметрів на основі IoT. Актуальні задачі сучасних технологій : збірник тез доповідей X міжнародної науковопрактичної конференції молодих учених та студентів (Тернопіль, 24–25 листопада 2021 року), Тернопіль: ТНТУ, 2021. С. 112.

14. . STM32 HAL Library Documentation. URL: <https://www.st.com/en/embedded-software/stm32cubehal.html>

15. SSD1306 OLED Display Library (Adafruit). URL: https://github.com/adafruit/Adafruit_SSD1306

16. STM32CubeIDE, Integrated Development Environment for STM32. URL: <https://www.st.com/en/development-tools/stm32cubeide.html>

17. Жарський В.Я., Гринь Л.І. Пожежна безпека електроустановок. Навчальний посібник – Львів: Видавництво Львівської політехніки 2010 – 180с.

18. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Системи протипожежного захисту. Основні положення. Загальні технічні вимоги.

19. Пістун І.П. Основи охорони праці: навчальний посібник. — Київ: К.Каравела, 2020. — 416 с.

					КС КРБ 123.231.00.00 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

20. Запорожець О.І. Безпека життєдіяльності. Підручник, 2-е видання, Центр учбової літератури, 2020. 448 с. 36.

21. Желібо Є.П. Безпека життєдіяльності : підручник / В. В. Зацарний. Київ : Каравела, 2023. 344 с.

					КС КРБ 123.231.00.00 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток А

Технічне завдання

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії

Кафедра комп'ютерних систем та мереж

“Затверджую”

Завідувач кафедри КС

_____ Осухівська Г.М.

“ ____ ” _____ 2025 р

Комп'ютеризована система керування інфрачервоним нагрівачем для локального обігріву

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на 9 листках

Вид робіт:

Кваліфікаційна робота

На здобуття освітнього ступеня «Бакалавр»

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

«УЗГОДЖЕНО»

«ВИКОНАВЕЦЬ»

Керівник кваліфікаційної роботи

Студент групи СІ-42

_____ к.т.н., доц. Лещишин Ю.З.

_____ Приступа Р.Ф.

« ____ » _____ 2025 р.

« ____ » _____ 2025 р.

Тернопіль 2025

1 Загальні відомості

1.1 Повна назва та її умовне позначення

Повна назва теми кваліфікаційної роботи: «Комп'ютеризована система керування інфрачервоним нагрівачем для локального обігріву».

Умовне позначення кваліфікаційної роботи: КС КРБ 123.231.00.00

1.2 Виконавець

Студент групи СІ-42, факультету комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедри комп'ютерних систем та мереж, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, Приступа Р.Ф.

1.3 Підстава для виконання роботи

Підставою для виконання кваліфікаційної роботи є наказ по університету (№4/7-53 від 27.01.2025 р.)

1.4 Планові терміни початку та завершення роботи

Плановий термін початку виконання кваліфікаційної роботи – 27.01.2025 р.

Плановий термін завершення виконання кваліфікаційної роботи – 26.06.2025 р.

1.5 Порядок оформлення та пред'явлення результатів роботи

Порядок оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу здійснюється у відповідності до чинних норм та правил ISO, ЕСКД, ЕСПД та ДСТУ.

Пред'явлення проміжних результатів роботи з виконання кваліфікаційної роботи здійснюється у відповідності до графіку, затвердженого керівником роботи. Попередній захист кваліфікаційної роботи відбувається при готовності роботи – наявності пояснювальної записки та графічного матеріалу.

Пред'явлення результатів кваліфікаційної роботи відбувається шляхом захисту на відповідному засіданні ЕК, ілюстрацією основних досягнень за допомогою графічного матеріалу.

2 Призначення і цілі створення системи

2.1 Призначення системи

Розроблена комп'ютеризована система призначена для автоматизованого керування інфрачервоним нагрівачем, орієнтованого на локальний обігрів людини в зоні дії пристрою. Завдяки використанню тепловізійної камери система ідентифікує наявність людини в приміщенні, визначає її координати та за допомогою поворотного механізму спрямовує нагрівач у відповідному напрямку. Це дозволяє значно зменшити витрати енергії, забезпечити цільовий комфорт та підвищити ефективність локального обігріву.

2.2 Мета створення системи

Метою створення комп'ютеризованої системи є розробка енергоефективного, адаптивного та автоматизованого рішення для локального обігріву людини в закритих приміщеннях.

2.3 Характеристика об'єкту

Об'єктом автоматизованого керування є інфрачервоний нагрівач, змонтований на поворотному механізмі, який забезпечує локалізований обігрів людини у визначеному середовищі.

3 Вимоги до системи

3.1 Вимоги до системи в цілому

3.1.1 Вимоги до структури та функціонування системи

Мультимедійний сервер повинен складатись з:

- Програмного додатку.
- Системи адміністрування.

3.1.2 Вимоги до способів та засобів зв'язку між компонентами системи

Основна вимога, яка ставиться до способів та засобів інформаційного обміну – це їх узгодженість.

3.1.3 Вимоги до режимів функціонування системи

Для системи визначено два режими функціонування:

- нормальний режим функціонування;
- аварійний режим функціонування.

Основним режимом функціонування є нормальний режим.

Для забезпечення нормального режиму функціонування системи необхідно виконувати вимоги і дотримуватись умов експлуатації програмного забезпечення і комплексу технічних засобів системи, вказані у відповідних технічних документах (технічна документація, інструкції з експлуатації і т. д.).

Аварійний режим функціонування системи характеризується відмовою одного або декількох компонент програмного і (або) технічного забезпечення. При цьому функції роботи системи продовжують підтримувати роботу системи моніторингу в межах базових налаштувань.

3.1.4 Вимоги по діагностуванню системи

Система повинна забезпечувати базові засоби діагностики, які дозволяють оперативно виявляти несправності в роботі ключових

компонентів. Для цього передбачено використання OLED-дисплея, що відображає стан системи.

3.1.5 Перспективи розвитку, проектування системи

Дана система може бути розширена завдяки використанню додаткових програмних компонентів таких як:

- модуль ESP32;
- датчиків вологості та освітлення;
- створення веб-інтерфейсу для керування нагрівачем.

3.2 Показники призначення

Система призначена для автоматичного керування напрямком дії інфрачервоного нагрівача з метою забезпечення локального обігріву людини. Основна функція — виявлення людини за допомогою тепловізора, аналіз її координат і орієнтація нагрівача відповідно до положення об'єкта. Система повинна мати час відгуку не більше 10 секунд та забезпечувати точність наведення не гірше $\pm 10^\circ$.

3.2.1 Вимоги до надійності

Система повинна забезпечувати працездатність та відновлення своїх функцій при виникненні наступних ситуацій:

- при збоях в системі електропостачання апаратної частини;
- при помилках в роботі апаратних засобів;
- при помилках, пов'язаних з програмним забезпеченням (ОС і драйвери пристроїв).

Для захисту апаратури від стрибків напруги і комутаційних завад повинні застосовуватися мережні фільтри.

3.3 Вимоги до безпеки

Усі елементи, що працюють під напругою, повинні бути захищені від випадкового контакту. Під час проєктування системи повинні використовуватись сертифіковані модулі (наприклад, плати на базі STM32, перевірені модулі реле SSR тощо). Поворотний механізм не повинен б створювати небезпеки для користувача під час роботи, тому необхідно передбачити обмеження по кутах повороту та механічні стопори. Корпус системи має виконуватись з вогнестійких матеріалів.

3.3.1 Вимоги до експлуатації, технічного обслуговування, ремонту і зберігання компонентів системи

Система повинна експлуатуватися в опалюваних приміщеннях з температурним режимом від $+10^{\circ}\text{C}$ до $+35^{\circ}\text{C}$ та відносною вологістю не більше 80%. Обслуговування включає періодичне очищення тепловізійної камери, перевірку надійності електроз'єднань, оновлення прошивки мікроконтролера та профілактику механічних вузлів. У разі виходу з ладу окремих модулів, їх заміна має бути модульною. Зберігати систему потрібно в сухому середовищі при температурі від 0°C до $+30^{\circ}\text{C}$.

3.4 Вимоги до захисту інформації від несанкціонованого доступу

У випадку реалізації мережевого інтерфейсу, доступ до системи повинен бути захищений паролем. Передбачено ідентифікацію користувача та розмежування прав доступу в адміністраторській панелі. Комунікація між мікроконтролером та додатковими модулями має здійснюватися через внутрішні дротові інтерфейси, що мінімізує ризик зовнішнього втручання. Конфігурація системи повинна зберігатися у флеш-пам'яті тільки після авторизованих змін.

3.4.1 Вимоги по збереженню інформації при аваріях

При аварійному завершенні роботи (наприклад, при зникненні живлення) останнє положення поворотного механізму та стан нагрівача не

обов'язково зберігається, але система повинна повертатись у безпечний початковий стан при наступному запуску. У майбутньому можливе впровадження збереження налаштувань з EEPROM або картки пам'яті.

3.4.2 Вимоги по стандартизації і уніфікації

В системі використовуються стандартні інтерфейси зв'язку: I2C (для камери і дисплея), GPIO (для керування реле). Програмне забезпечення базується на HAL-бібліотеці STM32, що відповідає вимогам STM32CubeIDE. Усі компоненти повинні мати документацію та відкриті специфікації, що спрощує інтеграцію та модернізацію системи.

3.4.3 Вимоги до функцій (завдань), що виконуються системою:

- забезпечення виявлення людини;
- визначення місцезнаходження людини;
- керування поворотними механізмами;
- ввімкнення/вимкнення інфрачервоного нагрівача.

4 Вимоги до документації

Документація повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ

Комплект документації повинен складатись з:

- пояснювальної записки;
- графічного матеріалу:
 - а) Структурна схема.
 - б) Блок схема роботи комп'ютеризованої системи.
 - в) Схема електрична принципова.
 - г) Схема електрична монтажна (з'єднань).

*Примітка: У комплект документації можуть вноситися зміни та доповнення в процесі розробки.

5 Стадії та етапи проектування

Таблиця 1 – Стадії та етапи виконання кваліфікаційної роботи
бакалавра

№ етапу	Назва етапу виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання
1	Розробка технічного завдання.	27.01.2025р. – 02.02.2025р.
2	Аналіз технічного завдання	11.02.2025р. – 24.03.2025р.
3	Проектна частина	11.02.2025р. – 24.03.2025р.
4	Практична частина	06.05.2025р. – 29.05.2025р.
5	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	30.05.2025р. – 02.06.2025р.
6	Оформлення пояснювальної записки і графічного матеріалу	03.06.2025р. – 08.06.2025р.
7	Перевірка на академічний плагіат, перевірка керівником та консультантами	9.06.2025р. – 15.06.2025р.
8	Попередній захист кваліфікаційної роботи бакалавра	16.06.2025р. – 22.06.2025р.
9	Захист кваліфікаційної роботи бакалавра	26.06.2025р.

6 Додаткові умови виконання кваліфікаційної роботи

Під час виконання кваліфікаційної роботи у дане технічне завдання можуть вноситися зміни та доповнення.

Додаток Б

Лістинг коду програми

```
#include "main.h"
#include "i2c.h"
#include "gpio.h"
#include "tim.h"
#include "ssd1306.h"
#include "mlx90640_api.h"
#include "mlx90640_driver.h"
#include "string.h"

#define RELAY_ON      HAL_GPIO_WritePin(GPIOB, GPIO_PIN_12,
GPIO_PIN_SET)
#define RELAY_OFF     HAL_GPIO_WritePin(GPIOB, GPIO_PIN_12,
GPIO_PIN_RESET)

#define BUTTON_INC    HAL_GPIO_ReadPin(GPIOA, GPIO_PIN_0)
#define BUTTON_DEC    HAL_GPIO_ReadPin(GPIOA, GPIO_PIN_1)

#define SERVO_PWM      &htim2, TIM_CHANNEL_1
#define SERVO_PWM2     &htim2, TIM_CHANNEL_2

float temperature = 25.0;
float detected_temp = 0.0;
uint8_t person_detected = 0;

void SystemClock_Config(void);
void check_buttons(void);
void display_temperature(void);
void rotate_heater(void);

int main(void)
{
    HAL_Init();
    SystemClock_Config();
    MX_GPIO_Init();
    MX_I2C1_Init();
    MX_TIM2_Init();

    SSD1306_Init();
    SSD1306_Fill(SSD1306_COLOR_BLACK);
    SSD1306_UpdateScreen();

    HAL_TIM_PWM_Start(SERVO_PWM);
    HAL_TIM_PWM_Start(SERVO_PWM2);

    while (1)
    {
        check_buttons();
        display_temperature();
    }
}
```

```

float frame[768];
MLX90640_GetFrameData(frame);
detected_temp = MLX90640_GetMaxTemperature(frame);

if (detected_temp >= temperature)
{
    RELAY_ON;
    HAL_Delay(10000); // затримка 10 секунд

    MLX90640_GetFrameData(frame);
    float new_temp = MLX90640_GetMaxTemperature(frame);

    if (new_temp < temperature)
    {
        RELAY_OFF;
    }
}
else
{
    rotate_heater();
    HAL_Delay(10000);
}
}

void check_buttons(void)
{
    if (BUTTON_INC == GPIO_PIN_RESET)
    {
        temperature++;
        HAL_Delay(200);
    }
    if (BUTTON_DEC == GPIO_PIN_RESET)
    {
        temperature--;
        HAL_Delay(200);
    }
}

void display_temperature(void)
{
    char buffer[16];
    sprintf(buffer, "Temp: %.1fC", temperature);

    SSD1306_Fill(SSD1306_COLOR_BLACK);
    SSD1306_GotoXY(10, 20);
    SSD1306_Puts(buffer, &Font_7x10, SSD1306_COLOR_WHITE);
    SSD1306_UpdateScreen();
}

void rotate_heater(void)
{
    // Імітація повороту обігрівача (серводвигун)

```

```

    __HAL_TIM_SET_COMPARE(SERVO_PWM, 50);
    __HAL_TIM_SET_COMPARE(SERVO_PWM2, 150);
    HAL_Delay(500);
    __HAL_TIM_SET_COMPARE(SERVO_PWM, 150);
    __HAL_TIM_SET_COMPARE(SERVO_PWM2, 50);
}

void SystemClock_Config(void)
{
    RCC_OscInitTypeDef RCC_OscInitStruct = {0};
    RCC_ClkInitTypeDef RCC_ClkInitStruct = {0};

    RCC_OscInitStruct.OscillatorType = RCC_OSCILLATORTYPE_HSE;
    RCC_OscInitStruct.HSEState = RCC_HSE_ON;
    RCC_OscInitStruct.HSEPredivValue = RCC_HSE_PREDIV_DIV1;
    RCC_OscInitStruct.PLL.PLLState = RCC_PLL_ON;
    RCC_OscInitStruct.PLL.PLLSource = RCC_PLLSOURCE_HSE;
    RCC_OscInitStruct.PLL.PLLMUL = RCC_PLL_MUL9;
    HAL_RCC_OscConfig(&RCC_OscInitStruct);

    RCC_ClkInitStruct.ClockType = RCC_CLOCKTYPE_HCLK |
                                   RCC_CLOCKTYPE_SYSCLK |
                                   RCC_CLOCKTYPE_PCLK1 |
                                   RCC_CLOCKTYPE_PCLK2;
    RCC_ClkInitStruct.SYSCLKSource = RCC_SYSCLKSOURCE_PLLCLK;
    RCC_ClkInitStruct.AHBCLKDivider = RCC_SYSCLK_DIV1;
    RCC_ClkInitStruct.APB1CLKDivider = RCC_HCLK_DIV2;
    RCC_ClkInitStruct.APB2CLKDivider = RCC_HCLK_DIV1;

    HAL_RCC_ClockConfig(&RCC_ClkInitStruct, FLASH_LATENCY_2);
}

```