

Міністерство освіти і науки України  
 Національний технічний університет  
 «Дніпровська політехніка»  
 Навчально-науковий інститут електроенергетики  
 (інститут)  
 Електротехнічний факультет  
 (факультет)  
 Кафедра кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем  
 (повна назва)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**кваліфікаційної роботи ступеню магістра**

здобувача вищої освіти Руніков Юлій Романович

(П.І.Б.)

академічної групи 151М-22-1

(шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(офіційна назва)

на тему

(назва за наказом ректора)

Консультанти	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинг.	інституційною	
Керівник кваліфікаційної роботи	проф. Бубліков А.В.			
Провідний консультант	проф. Бубліков А.В.			
Теоретичний розділ	проф. Бубліков А.В.			
Дослідження та розробка кіберфізичної системи	проф. Бубліков А.В.			
Експериментальний розділ	проф. Бубліков А.В.			
Економічна частина	ст. викл. Яремчук І.О.			
Охорона праці	проф. Чеберячко Ю.І.			
Нормо контролер	ас. Славінський Д.В.			

**Дніпро**  
**2023**

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**  
завідувачем кафедри  
кіберфізичних та інформаційно-  
вимірювальних систем  
(повна назва)

\_\_\_\_\_ Бубліковим А.В.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 року

**ЗАВДАННЯ**  
на кваліфікаційну роботу  
ступеня магістра

здобувача вищої освіти Руніков Ю.Р. \_\_\_\_\_ академічної групи 151М-22-1  
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

за освітньо-професійною програмою 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології  
(офіційна назва)

на тему \_\_\_\_\_

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_.

Розділ	Зміст	Термін виконання
Стан питання та постановка завдання	Вступ. Опис технологічного процесу для об'єкта автоматизації. Огляд існуючих систем автоматизації. Науково-технічне завдання, конкретизація предмету та методу дослідження.	16.10.2023
Теоретичний розділ	Обґрунтувати теоретичну базу розв'язання наукового завдання, якому присвячено роботу.	23.10.2023
Синтез системи керування	Розробка алгоритму керування та програмного забезпечення з людино-машинним інтерфейсом	30.10.2023
Експериментальний розділ	Підготовка до експерименту, проведення експерименту та його аналіз.	20.11.2023
Економічна частина	Економічне обґрунтування доцільності витрат на створення системи керування	27.11.2023
Охорона праці	Розробка організаційно-технічних заходів, щодо реалізації правил безпеки при експлуатації системи.	29.11.2023

Завдання видано \_\_\_\_\_

(підпис п.конс.)

проф. Бубліков А.В.  
(прізвище, ініціали)

Дата видачі 01.09.2023

Дата подання до атестаційної комісії \_\_\_\_\_

Прийнято до виконання \_\_\_\_\_

(підпис здобувача)

Руніков Ю.Р.  
(прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Обсяг пояснювальної записки склав шістдесят три сторінки, п'ятнадцять рисунків, шість таблиць, двадцять шість джерел.

Об'єктом дослідження є людина, у якої вимірюється температура тіла за допомогою стенду для якого розробляється система зберігання даних і керування ними, та програмне забезпечення.

Мета роботи – дослідження впливу на інфрачервоне зображення різних чинників та факторів, з'ясування точності одержуваних даних інфрачервоною камерою MLX90640 та визначення чи можливе впровадження пристрою з такою камерою на підприємстві.

В роботі були обрані наступні апаратні засоби :

- Інфрачервона камера MLX90640
- Мікроконтролер ESP32
- Екран ili9341

Був розроблений дієвий алгоритм керування та згідно до цього алгоритму розроблено програмне забезпечення.

За допомогою виконаного стенду були проведені дослідження використання камери в інфрачервоному діапазоні при побудові системи контролю температури працівників на прохідній підприємства.

MLX90640, ТЕПЛОВІЗОР, ТЕМПЕРАТУРА, ДОСЛІДЖЕННЯ, СТЕНД, ПРОХІДНА, ESP32, COVID19.

## ЗМІСТ

Вступ.....	8
1. Стан питання та постановка завдання.....	9
1.1 Галузь промисловості.....	9
1.2 Технологічний процес.....	12
1.3 Об'єкт керування.....	13
1.3.1 Загальна характеристика об'єкта керування.....	14
1.3.2 Структура об'єкта керування.....	15
1.4 Формулювання задачі дослідження.....	16
1.5 Висновки по розділу.....	16
2. Теоретичний розділ.....	17
2.1 Вимір температури людини з точки зору медицини.....	17
2.1.1 Рекомендації ВООЗ та визначення норм температури людини .....	17
2.1.2 Виділення тепла людським тілом .....	20
2.2 Правильне використання тепловійних систем .....	20
2.3 Аналіз досліджень виміру температури обличчя інфрачервоною камерою.....	21
2.3.1 Дослідження впливу медичної мас на температуру обличчя.....	22
2.4 Порівняльне дослідження температури чола та внутрішньої температури тіла за різних температур навколишнього середовища.....	23
2.5 Висновки за розділом.....	25
3 Синтез системи керування.....	26
3.1 Загальні дані.....	26
3.2 Розробка програмного забезпечення системи керування....	28
3.3 Розробка програмного забезпечення пристрою керування.....	29

3.4 Розробка програмного забезпечення людино-машинного інтерфейсу.....	31
3.5 Принцип передачі даних з інфрачервоної камери до серверу.....	32
3.6 Юридичні аспекти використання систем температурного скринінгу людей.....	34
3.7 Висновки за розділом.....	35
4 Експериментальний розділ.....	35
4.1 Підготовка до експерименту.....	35
4.2 Опис експерименту.....	36
4.3 Очікувані результати.....	36
4.4 Хід дослідження.....	37
4.4.1 Хід дослідження на етапі «Здорові».....	38
4.4.2 Хід дослідження на етапі «Хворі»... ..	39
4.4.2.1 Загальні дані.....	39
4.4.2.2 Хід дослідження.....	40
4.5 Аналіз результатів.....	41
4.6 Висновки за розділом.....	42
5. Охорона праці.....	43
5.1 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих чинників проєктованого стенду заміру температури людини на прохідній.....	44
5.2 Розробка заходів охорони праці.....	45
5.3 Пожежна профілактика.....	47
5.4 Заходи з ергономіки.....	48
5.5 Висновки за розділом.....	49
6. Економічна частина.....	50
6.1 Розрахунок капітальних витрат.....	51
6.2 Розрахунок експлуатаційних витрат.....	57
6.2.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань.....	57

6.2.2 Розрахунок річного фонду заробітної плати.....	59
6.3. Єдиний соціальний внесок.....	60
6.4 Визначення річних витрат на технічне обслуговування.....	60
6. 5 Розрахунок вартості спожитої електроенергії.....	61
6.6 Висновки за розділом.....	61
7. Висновки.....	62
8. Перелік посилань.....	64

## ВСТУП

Під час пандемії COVID-19 підприємства зіткнулись з великим навантаженням на контрольно пропускних пунктах, постала необхідність у автоматизації процесу виміру температури людей при вході на роботу. Враховуючи значний обсяг роботи яку треба виконати, витрат часу, та загрози для здоров'я, автоматизований замір температури на прохідній може зекономити значні кошти, зберегти час і здоров'я людей. Для автоматизованого скринінгу температури людини на пропускному пункті використовується інфрачервона камера.

Для створення автоматизованої прохідної, необхідно провести дослідження інфрачервоної камери що буде використовуватись. Це робиться з метою проаналізувати, як зміняться значення температури людини, що надає інфрачервона камера та на основі цього аналізу, визначити чи підходить така камера для впровадження на підприємстві. Для початку дослідження був створений стенд, за допомогою якого дослідник матиме змогу отримувати та збирати інформацію для досліджень.

У цій роботі ретельно аналізується технологічний процес вимірювання температури людини на вході в умовах пандемії. Це комплексне рішення вирішує технологічні проблеми точного вимірювання температури людини на вході, що відповідає сучасним вимогам ефективності та безпеки. Основним об'єктом дослідження є людина, а стенд є інструментом для цього дослідження. Для стенду розробляється система управління та зберігання даних.

## **1 Стан питання та постановка завдання**

Більшість сучасних компаній мають автоматизовані системи контролю доступу працівників до місця роботи. В залежності від розміру підприємства, його потреб та економічних можливостей пристрої та засоби можуть відрізнятися. Найпоширенішими є турнікети різних типів, вхід за допомогою особистої ID-картки, системи розпізнавання обличчя або комбінації таких типів.

Пандемія COVID-19 суттєво змінила підходи до безпеки та здоров'я населення, що призвело до широкого впровадження автоматизованих систем вимірювання температури людей у різних сферах життя. Це стало одним із заходів для запобігання поширенню вірусу та забезпечення безпеки в місцях скупчення людей, як то громадські місця, робота, заклади освіти, заклади охорони здоров'я.

### **1.1 Галузь промисловості**

Під час пандемії на контрольно-пропускних пунктах було дуже велике навантаження. Більшість підприємств та установ не мали автоматизованих систем виміру температури людини, а тому використовувались такі менш ефективні пристрої перевірки як ручні інфрачервоні термометри. Така перевірка здійснювалась працівниками підприємств та установ. Цей процес був дуже неефективним з точки зору затрат часу та ресурсів.

Одна з головних проблем такого підходу полягала у часі, який був необхідний для перевірки температури людини, яка приходила на роботу. Це могло займати десятки хвилин, під час котрих працівники повинні були стояти у черзі в очікуванні можливості потрапити до місця роботи. Це вимушене очікування наражало людей на такі загрози як дія погодних умов, якщо люди були вимушені чекати на вулиці, або ризик підхоплення захворювань, які передаються повітряно-крапельним шляхом і т.п.

Тому процес заміру температури вручну є неефективним, неекономічним та небезпечним, таким, що призводить до значних втрат для підприємства. Крім того, такий підхід вимагав відволікання працівників від їхніх основних обов'язків, що також призводило до фінансових втрат та можливих проблем.



Наприклад, охоронці часто виконували цю функцію, проте це перешкоджало їм виконувати їх безпосередні обов'язки та могло становити загрозу для безпеки підприємства та персоналу. Також слід враховувати людський фактор: помилки або відволікання можуть привести до пропуску потенційно хворої людини, що створює загрозу для всього колективу.

Таким чином, автоматизована система контролю, яка автоматично перевіряє температуру людини коли та приходить на роботу, є надзвичайно важливою. Вона дозволяє заощадити час і гроші, виключає можливість людських помилок, зменшує ризики розповсюдження хвороби, та позитивно впливає на емоційний стан робітників яким не треба витратити час у чергах під впливом зовнішніх факторів, а також позитивний психологічний ефект є у тому що вони бачать, що організація приділяє увагу їхньому здоров'ю та безпеці.

Зараз у світі є велика кількість компаній які займаються розробкою та продажем високоякісного обладнання автоматизації прохідної. Серед таких наприклад компанія Orgal, яка спеціалізується на розробці та виробництві продуктів термального зображення [1] для різних секторів та галузей, таких як промисловість, безпека, оборона, медицина. Продукція Orgal використовувала термографічні камери, наприклад, у 2003 році для вимірювання температури тіла людей, які проходили контрольно-пропускні пункти в аеропорту Ben-Gurion у Ізраїлі, під час спалаху вірусу SARS. [2]. Серед провідних у цій галузі є також такі компанії як FLIR Systems, Axis Communications та Seek Thermal [3], [4], [5].

Але у продукції таких компаній є дуже суттєвий недолік. Вона дуже дорого коштує. Одна термальна камера Orgal Therm-App MD вартує приблизно сто п'ятдесят тисяч гривень. А на підприємстві чи великих інфраструктурних об'єктах таких камер потрібно значно більше.

Тому наразі дуже актуальним є питання розробки продуктів, які б змогли ефективно вимірювати температуру людей на прохідній і мали би більш низьку ціну.

В рамках виконання кваліфікаційної роботи був розроблений стенд, що буде використаний при дослідженні використання інфрачервоної камери при

розробці системи температурного скринінгу співробітників на пропускному пункті підприємства будь якої галузі.

Температурний скринінг співробітників при приході на роботу - це захід безпеки та здоров'я, спрямований на виявлення осіб із підвищеною температурою тіла, що може бути ознакою інфекційного захворювання, такого як грип чи COVID-19. Цей захід став популярним в періоди епідемій та пандемій для мінімізації ризику поширення інфекцій на робочих місцях.

Головним у цьому стенді є інфрачервона камера MLX90640. Ця камера має достатньо високу якість зображення, та порівняно дешево коштує, приблизно дві з половиною – три тисячі гривень. Завдяки тому, що вона використовує для своєї роботи протокол передачі даних I2C, ця камера легко інтегрується з великою кількістю мікроконтролерів. Цей пристрій може безперебійно функціонувати в діапазоні температур від -40 до +85 градусів за Цельсієм, а максимальна температура, яку вона може виміряти, становить 300 градусів. Такі показники є більше ніж достатніми для завдань, які покладені в роботі.

Проте, варто зазначити, що у цій камері також є суттєві недоліки. Серед яких, похибка виміру температури до 2 градусів за Цельсієм. Ця похибка тим більша, чим більше років камері. У новому приладі похибка не перебільшує 1 градус за Цельсієм. Але з часом похибка вимірювання може зростати на 0,5 градуса щорічно. Також серед недоліків можемо вважати кут огляду цієї камери. Він змінюється від  $55^{\circ} \times 35^{\circ}$  до  $110^{\circ} \times 75^{\circ}$  в залежності від комплектації. Існують камери з більшим кутом огляду, що робить їх більш універсальними у використанні та налаштуванні.

Незважаючи на це, можливості цієї камери теоретично є достатніми для виконання задач виміру температури на прохідній. Але у цій роботі будуть проведені експериментальні дослідження, щоб підтвердити або спростувати це.

Важливо зазначити, що ця камера абсолютно безпечна у використанні. Навіть у випадку виникнення помилки або короткого замикання, через низький рівень напруги та струму, необхідного для її роботи, вона не стане загрозою для людей чи майна, оскільки не має чому вигорати.

## 1.2 Технологічний процес

У даній роботі буде розглянуто процес виміру температури людини на прохідній, проведена оцінка можливостей інфрачервоної камери MLX90640. Технологічний процес полягає в точному вимірюванні температури людини на проході. Він має відповідати вимогам економічності та охорони праці, має надавати такі можливості:

- Значно збільшити пропускну здатність прохідної, завдяки зменшенню часу який необхідний для виміру, зменшення витрати людських та економічних ресурсів.
- Знизити можливий рівень загроз для персоналу та мати можливість масштабування системи для підприємств різних типів та розмірів.
- Надавати можливість фіксації даних у базі даних або на зовнішніх носіях.

Цього можливо досягти завдяки таким рішенням :

- Використання високоточного тепловізора для точного виміру температури людини в будь-яких умовах довкілля чи одягу.
- Ефективне використання часу, оскільки автоматизована система виконує усі необхідні виміри за декілька секунд, після чого перевіряє та фіксує всіх їх.
- Можливість необмеженого масштабування системи через загальну базу даних та роботу системи за допомогою wi-fi.
- Технологічний процес може бути вдосконалений впровадженням системи ідентифікації працівника за допомогою id картки, або системи розпізнавання обличь.

Технологічний процес виміру температури на проході має наступний вигляд: коли співробітник підходить до місця ідентифікації, він підносить id картку до зчитувального пристрою. Після чого зчитувальний пристрій надсилає отримані дані до мікропроцесора. Мікропроцесор відсилає дані про працівника до бази даних через wi-fi, та разом з тим віддає команду інфрачервоній камері на вимір температури працівника. Інформація про температуру працівника, що була

отримана, відправляється до бази даних, де зберігається. Отримані дані обробляються комп'ютером за заданим алгоритмом, після чого результати цієї обробки надсилаються на пульт керування, за яким стежить черговий. На пульті керування з'являється інформація про працівника та його температуру, цю інформацію бачить черговий і саме він приймає рішення, чи дозволити вхід. Якщо температура нормальна, віддається сигнал на відчинення дверей. Якщо температура підвищена, видається сигнал про заборону входу (це може бути звуковий або світловий сигнал), після чого людина прямує до окремого приміщення. Черговий повідомляє керівництво про можливу хворобу підлеглого. Після того, як інформація була оброблена та надана черговому, пристрій повертається в початковий стан та має змогу повторити цикл.

Дії чергового та потенційного хворого після отримання попередження про можливу небезпеку можуть відрізнитись в залежності від інструкції та механізму дії розробленим і затвердженим керівництвом закладу. Але має важливе значення наявність посадової інструкції, у якій було би зазначено як діяти у надзвичайних обставинах.

### **1.3 Об'єкт керування**

Об'єктом керування є інфрачервона камера, для неї розробляється система керування і зберігання даних з забезпеченням її безперебійної роботи.

Інфрачервона камера використовується для отримання зображень і вимірювань, щоб «бачити» і «вимірювати» інфрачервону енергію, що випромінюється від об'єкта. Інфрачервона енергія — це енергія, яка не видима людським оком, оскільки довжина її хвилі надто велика, щоб наші очі могли її виявити (див рис.1). Це частина електромагнітного спектру, яку ми сприймаємо як тепло. На відміну від видимого світла, в інфрачервоному спектрі все, що має температуру вище абсолютного нуля, випромінює інфрачервону електромагнітну енергію. Навіть холодні предмети, такі як лід, випромінюють інфрачервоне випромінювання. Чим вища температура об'єкта, тим сильніше інфрачервоне випромінювання.

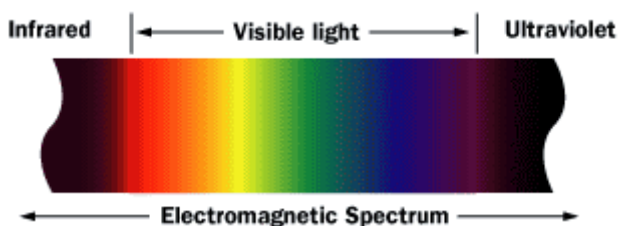


Рисунок 1.1 - Електромагнітний спектр

MLX90640 – це інфрачервона камера розроблена компанією Melexis. У корпусі із чотирма виходами розміщені 768 інфрачервоних датчика, котрі вимірюють температуру зовнішнього середовища. За допомогою інтерполяції можливо отримати зображення на екрані різної якості, я використовую екран 240x320. Інфрачервона камера за командою мікроконтролера зчитує зовнішні дані, у моїй роботі це температуру людини. Камеру треба встановити у заздалегідь підготовленому місці у відповідності із тим, де стоятиме людина. Треба врахувати при розташуванні камери кут її обзору таким чином, аби люди різного зросту та статури однаково сприймалися камерою і в такому разі результати виміру будуть вірними.

Після виміру, отримані дані відправляються до мікропроцесора за I2C протоколом, а далі по wi-fi мережі до бази даних або можливе зберігання на SD-картці, також мають місце обидва варіанти, це залежить від програми що виконується та функції які мають бути виконані.

### 1.3.1 Загальна характеристика об'єкта керування

MLX90640 - Вона розміщується у корпусі TO39 що має 4-виводи.

MLX90640 містить 768 пікселів FIR. Датчики вимірюють температуру навколишнього середовища. Вихідні значення всіх датчиків IR та VDD зберігаються у внутрішній ОЗП і доступні через I2C. Характеристики та переваги:

- невеликий розмір, низька вартість, 32x24 пікселів, ІЧ-масив;
- легко інтегрується;
- стандартний промисловий пакет TO39 на чотири виводи;
- відкалібрований на заводі;

- шумовий еквівалент різниці температур (NETD) 0,1 К RMS при частоті оновлення 1 Гц.

Температура еквіваленту шуму (NET) - це показник чутливості детектора теплового випромінювання у різних ділянках електромагнітного спектру, таких як інфрачервона, терагерцова або мікрохвильова частини. Це значення температури сигналу, що падає, яке потрібно для того, щоб внутрішній шум детектора мав відношення сигнал/шум, що рівне одиниці.

- I2C-сумісний цифровий інтерфейс;
- програмована частота оновлення 0,5 Гц...64 Гц;
- напруга живлення 3,3 В;
- споживання струму менше 23 мА;
- кут огляду 110°x75°;
- робоча температура -40°C ÷ 85°C;
- цільова температура -40°C ÷ 300°C;
- відповідає нормам RoHS.

RoHS - це набір норм ЄС, що забезпечує виконання Директиви ЄС 2002/95, що обмежує використання небезпечних речовин в електричному та електронному обладнанні.

### **1.3.2 Структура об'єкта керування**

Система автоматичного керування повинна забезпечувати виконання наступних функцій:

- отримувати дані температури людини;
- відправляти дані до бази даних, до пульта управління та на SD картку;
- реалізація wi-fi інтерфейсу.

Інфрачервона камера MLX90640 є пристроєм що збирає дані. Мікроконтролер ESP32 керує отриманими даними. Передбачено слот SD карти для зберігання даних на зовнішньому носії. Wi-fi модуль вбудовано в мікроконтролер. Структурну схему системи керування див. на рис.1.2



Рисунок 1.2 - Структурна схема системи керування

#### 1.4 Формулювання задачі дослідження

Головною задачею досліджень є практично визначити можливості камери – як на дані, які вона надає, впливають різні чинники, такі як температура зовнішнього середовища, одяг людини; як відрізняються показники температури у хворої і здорової людини; як медичні маски можуть впливати на отримані результати. Проаналізувавши отримані дані, стане можливо визначити - чи підходить ця камера для впровадження на підприємство, а також на основі цих даних можливо буде знайти рішення щодо мінімізації отриманої похибки.

#### 1.5 Висновки за розділом

Об'єктом дослідження є людина.

Мета дослідження – з'ясувати, які показники надає камера у здорової та хворої людини, наскільки точними є дані, що отримуються інфрачервоною камерою MLX90640.

За результатами дослідження визначити - чи підходить ця камера для впровадження на підприємство.

Система повинна мати гнучкість масштабування, щоб можна було підключати велику кількість камер, з огляду на розмір та/або потреби підприємства

Для проведення дослідження, було розроблено схему електричну принципову[17], робочий інтерфейс, зроблені налаштування інтерфейсів wi-fi та SD картки. В розділі «Програмне забезпечення» написані драйвери для зчитування інформації з SD картки та використання wi-fi модулю. Перед проведенням дослідження необхідно знайти та проаналізувати наукову літературу, розробити план проведення експерименту.

## 2 Теоретичний розділ

### 2.1 Вимір температури людини з точки зору медицини

#### 2.1.1 Рекомендації ВООЗ та визначення норм температури людини.

Перш за все слід визначити, що ж таке підвищення температури тіла. Підвищення температури тіла через хворобу - це фізіологічна реакція організму на інфекційні або запальні процеси. Такий стан відомий як лихоманка або гарячка. Підвищення температури тіла є захисним механізмом, оскільки більшість патогенів і бактерій погіршують свою активність при високих температурах, а імунні клітини можуть працювати більш ефективно.

Яку ж температуру слід називати підвищеною? Національна бібліотека медицини США дає таке визначення норми температурі тіла людини:

«Нормальна температура тіла є індивідуальною для кожної людини і залежить від її віку, активності та часу доби. Середня нормальна температура тіла зазвичай вважається 37°C. Деякі дослідження показали, що «нормальна» температура тіла може мати широкий діапазон від 36,1°C до 37,2°C.»[6]

З огляду на це ми можемо вважати, що у людини немає лихоманки, якщо температура її тіла не перевищує 37,2°C

Хоча температурний скринінг може бути ефективним заходом, слід зауважити, що не всі інфіковані особи мають підвищену температуру, і не всі люди з підвищеною температурою мають інфекцію. Такий скринінг повинен бути частиною комплексної стратегії безпеки та здоров'я на робочих місцях

Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) наводить такі загальні поради щодо температурного контролю людей під час епідемій та пандемій:

- Реалізуйте системи температурного скринінгу на входах у місця масового скупчення, такі як аеропорти, вокзали, торгові центри чи офісні приміщення, для виявлення осіб із підвищеною температурою.

- Використовуйте вискоєфективне обладнання для температурного скринінгу, таке як інфрачервоні термометри чи теплові камери, і розглядайте застосування автоматизованих систем.



- Залучайте працівників та відвідувачів до самооцінки свого стану з точки зору симптомів, таких як підвищена температура, перевірка кашлю чи запаморочення.
- Забезпечуйте належну організацію простору для температурного скринінгу, забезпечуючи ефективність та дотримання соціальної дистанції.
- Забезпечуйте дотримання приватності під час температурного скринінгу та обробки особистих даних.
- Надавайте чітке повідомлення та інструкції для працівників і відвідувачів стосовно процедур температурного контролю та подальших дій.
- Співпрацюйте з місцевими органами здоров'я та дотримуйтеся їхніх рекомендацій та вказівок.

При температурному скринінгу на прохідній слід також розуміти які ж саме фактори впливають на температуру тіла людини.

Температура тіла людини може змінюватися під впливом різноманітних факторів але основні є такі:

- Зовнішнє середовище, температура оточуючого повітря або води може впливати на теплообмін між тілом людини і навколишнім середовищем
- Фізична активність, яка призводить до вироблення тепла в м'язах, що може збільшувати температуру тіла. Під час активності терморегуляційні механізми можуть включати потовиділення для відведення тепла
- Харчування може впливати на метаболічні процеси та вироблення тепла. Також вживання холодних або гарячих напоїв може тимчасово впливати на температуру тіла
- Психічний стан - стрес або напруженість можуть впливати на терморегуляційні процеси та викликати зміни температури [7].
- Інфекції, захворювання, запалення та інші стани здоров'я можуть впливати на температуру тіла. Наприклад, підвищена температура може бути ознакою лихоманки.

- Гормональні зміни - гормони, такі як ті, що виробляються щитовидною залозою, можуть впливати на базовий обмін речовин та температуру тіла

- Температура тіла може варіювати в залежності від віку та статі. Наприклад, діти можуть мати вищу температуру, а жінки можуть відчувати температурні зміни під час менструації.

Ці фактори взаємодіють і можуть викликати як тимчасові, так і тривалі зміни температури тіла. Організм реагує на ці впливи за допомогою терморегуляційних механізмів, спрямованих на підтримання стабільної температури відповідно до фізіологічних потреб.

Терморегуляція — це фізіологічний процес, який забезпечує стабільність температури тіла в оптимальних межах. Цей процес дозволяє тілу вирівнювати внутрішню температуру з оточуючим середовищем та утримувати її на оптимальному рівні для нормального функціонування організму. До основних механізмів терморегуляції людини відносять: потовиділення, розширення та звуження судин, термогенез (це процес вироблення тепла внутрішніми органами тіла), термосенсорна реакція.

Ці механізми є критично важливими для забезпечення оптимальної температури тіла і збереження здоров'я організму.

Тепловізійні системи не слід використовувати для діагностики хвороби, але їх можна розглядати як один із методів початкової оцінки температури, якщо вони є частиною більш широкого підходу до управління ризиками.

### **2.1.2 Виділення тепла людським тілом**

У людському тілі є декілька областей, які більше за все виділяють тепло. Це пов'язано з активністю метаболізму та фізіологією тіла. Серед ключових частин тіла, які виробляють більше тепла можливо виділити наступні: голова - через те що мозок, який є центральною частиною нервової системи, виробляє значну кількість тепла. Груди та живіт - органи, розташовані в грудях і черевній порожнині, такі як серце, легені, печінка та шлунок, активно виробляють тепло.

М'язи - Активність м'язів під час руху або фізичної активності може виробляти значну кількість тепла.

Є місця на людському тілі, де температура залишається досить стабільною і не піддається значним коливанням. Однак навіть в цих областях може бути невелике коливання в межах нормальної температури тіла. Одним із прикладів місць із відносно стабільною температурою є порожнина рота та язик. Однак треба зауважити, що температура язика може змінюватися в залежності від фізіологічних та зовнішніх факторів, таких як харчування, стан здоров'я, споживання гарячих або холодних напоїв тощо

## **2.2 Правильне використання тепловізійних систем**

Агентство з питань продуктів та лікарських засобів (FDA), є федеральним урядовим органом Сполучених Штатів Америки, відповідальним за регулювання безпеки та ефективності медичних продуктів, включаючи ліки, їжу, косметику, деякі вироби, що випромінюють, та інші товари.

FDA виконує широкий спектр функції, між іншим він відповідає за надання інформації про безпеку та ефективність продуктів споживачам та медичним працівникам. [8]

FDA попереджає постачальників медичних послуг та інших користувачів тепловізійних систем, призначених для вимірювання температури тіла людини, що неправильне використання цих систем може дати неточні показання температури. І надає наступні рекомендації що до використання тепловізійних систем [9]:

- Вимірюйте температуру одночасно лише одній людині. На сьогоднішній день ці системи не були доведені як ефективні або точні, коли використовуються для вимірювання температури кільком людям одночасно. Таким чином, вони не повинні використовуватися для «масового скринінгу температури».

Найкращий практики використання тепловізійних систем включають, але не обмежуються такими пунктами:

- Точність тепловізійних систем залежить від ретельного налаштування та експлуатації.

- Ці прилади вимірюють температуру поверхні шкіри, тому шкірі людини потрібен час, щоб адаптуватися до змін навколишнього середовища, наприклад, при вході в будівлю. Деякі з цих факторів навколишнього середовища – температура повітря, вологість, вітер і сонячне світло.

- Місце, де ви використовуватимете тепловізійну систему, має бути в діапазоні 20-24 °С. Температури поза цим діапазоном можуть змінити температуру шкіри, тому вона може не відображати внутрішню температуру тіла людини. Крім того, в кімнаті не повинно бути протягу (руху повітря), оскільки він може змінити температуру шкіри.

- Особа, яку оцінюють, не повинна носити капелюх або окуляри, а волосся має бути відібрано від обличчя. При цьому під час надзвичайної ситуації у сфері охорони здоров'я FDA вважає, що переваги носіння маски на роті та носі під час використання тепловізійних систем переважають будь-який потенційний ризик неточних вимірювань. (Однак, через те, що надзвичайної ситуації у системі охорони здоров'я в Україні на зараз немає, цей пункт можливо виключити)

- Тепловізійні системи не слід використовувати поблизу джерел сильного світла, таких як сонячне світло або яскраве електричне освітлення. Крім того, система не повинна бути спрямована до предметів, які можуть відбивати світло, наприклад до вікон або блискучих поверхонь.

- Показання високої температури слід підтверджувати за допомогою цифрового термометра, наприклад вимірювання під язиком (оральний), під пахвовою (пахвовий) або у вусі (барабанний).

## **2.3 Аналіз досліджень виміру температури обличчя інфрачервоною камерою**

### **2.3.1 Дослідження впливу медичної маски на температуру обличчя**

Людське око може бути одним із можливих місць виміру температури за допомогою інфрачервоної камери.

Дослідження показали, що зміни очної температури можуть бути пов'язані з різними офтальмологічними патологіями, такими як катаракта, пресбіопія та відчуття дискомфорту у пацієнтів із хворобою сухого ока. У літературі є чимало доказів того, що SARS-CoV-2 може передаватися через око або шляхом безпосереднього інфікування клітин на поверхні ока, або через те, що вірус знаходиться на слізній плівці та може переноситися сльозами через око.

Під час пандемії COVID-19 обов'язковим було носіння масок для обличчя, як одного зі способів стримання хвороби. І хоча пандемія вже закінчена, однак маски для обличчя продемонстрували свою ефективність, а тому люди продовжують одягати їх, особливо у періоди найбільшої епідеміологічної загрози у осінньо-зимовий період.

Носіння масок для обличчя створює унікальний потік повітря до поверхні ока та обличчя навколо, що може впливати на нормальний фізіологічний стан очної та навколоочної поверхні. Більшість широко використовуваних масок для обличчя (наприклад, одноразові хірургічні або тканинні маски багаторазового використання) не є повітронепроникними. Така конфігурація призводить до неприродного потоку повітря до обличчя вище верхнього краю маски. Струмені видихуваного повітря, що виходять із верхніх країв лицьової маски в бік очей і навколоочних поверхонь, можуть змінити температуру цих ділянок, оскільки видихуване повітря зазвичай тепліше навколишнього середовища. Через це дуже важливо розуміти як сильно маска на обличчі впливає на показник температури шкіри навколо, та ще це значно звужує місця заміру температури обличчя.

Ізраїльський очний інститут Голдшлегера, провів дослідження впливу масок для обличчя на температуру поверхні ока [10]. З цього дослідження ми бачимо, що використання стандартної маски для обличчя призвело до значних

змін температури поверхні ока під час дихального циклу, здебільшого через вплив повітряних струменів на орбіту під час видиху. Зміна була найбільш помітною на краях повік із середнім підвищенням на  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  під час видиху.

Ці результати доводять що насіння маски значно підвищує температуру на поверхні обличчя людини, що збільшує можливу похибку при замірі температури інфрачервоною камерою. Тому, щоб зменшити цю похибку, пропонується зробити обов'язковим знімання маски при вході до зони контролю температури підприємства. Особливо під час відсутності надзвичайного стану у системі охорони здоров'я в країні.

## **2.5 Порівняльне дослідження температури чола та внутрішньої температури тіла за різних температур навколишнього середовища**

Наукове дослідження, проведене університетом Цзянсу в Китаї, розглядало застосування інфрачервоних сенсорів у великих компаніях та важливих громадських установах для контролю доступу [11].

Коли температура навколишнього середовища, в якому знаходиться людина, коливається, температура поверхні тіла буде пропорційно змінюватися. Однак температура всередині тіла залишатиметься відносно стабільною. Отже, використання температури поверхні тіла для характеристики внутрішньої температури людського тіла в різних ситуаціях все ще є дуже неточним. Дослідження було спрямоване на дослідження та встановлення зв'язку між температурою поверхні людського тіла та внутрішньою температурою тіла в різноманітних умовах навколишнього середовища, а також пов'язаних кривих перетворення.

У ньому досліджувалися чисельні відмінності, кореляції та узгодження між температурами чола, пахвових западин і порожнини рота, отриманими при різних температурах навколишнього середовища. За результатами було встановлено зв'язок кількісного перетворення між двома компонентами температури навколишнього середовища та температурою чола та внутрішньої температури тіла, представленими пахвовою температурою та температурою ротової порожнини. Автори роблять такий висновок, що коливання температури

навколишнього середовища мають значний вплив на температуру чола. При низькій температурі навколишнього середовища спостерігаються суттєві відмінності між температурою чола та пахвових западин, а також температурою чола та ротової порожнини. У міру підвищення температури навколишнього середовища температура чола має тенденцію до поступового зближення з пахвовою та ротовою температурами. Підсумовуючи, не рекомендується використовувати температуру чола, отриману за допомогою інфрачервоного тепловізора, без компенсації похибок як стандарт скринінгу температури тіла для людей у громадських місцях, таких як лікарняні амбулаторні клініки, торгові центри, аеропорти та вокзали, особливо якщо це стандарт скринінгу на гарячку. Однак на компенсацію похибок впливають численні характеристики, включаючи не тільки температуру навколишнього середовища, але також вік, стать і температурний стан досліджуваної особи. Тому наразі немає єдиної точки зору на дослідження величини компенсації помилки. Це дослідження в основному аналізує вплив температури навколишнього середовища на компенсацію похибок. Вважається, що фактори температури навколишнього середовища повинні бути повністю враховані для реалізації застосування в цих сценаріях. Компенсацію похибок даних про температуру чола слід спочатку виконати в поєднанні з лінійною кривою компенсації між температурою чола та внутрішньою температурою тіла, представленою пахвовою температурою та температурою ротової порожнини, за змінних температур навколишнього середовища. Тоді отриману температуру чола можна розглядати як орієнтир для основної температури тіла, але також необхідно зробити вибір після всебічного розгляду відповідно до температурних вимог фактичних сценаріїв застосування.

## **2.6 Висновки за розділом**

Проаналізувавши статі і публікації світових досліджень, а також рекомендації ВООЗ і всесвітніх медичних установ, можемо зробити висновки, що правильний замір температури людей за допомогою інфрачервоних камер є надважливим для отримання точних результатів, і спираючись на отримані дані,

ми можемо провести дослідження правильно та мінімізувати можливість похибки вимірювань.

Стало відомо, що медичні маски для обличчя можуть суттєво впливати на температур обличчя. Виходячи з цього, є доцільним ввести обов'язкове знімання маски при підході до точки теплового скринінгу на підприємстві.

Також при проведенні експерименту слід враховувати, що температура назовні може значно вплинути на показники температури обличчя. Тому слід враховувати рекомендації FDA і проводити експеримент у сталих умовах 20-24 °C.

Через те, що внутрішня температура тіла є більш стабільною у порожнині рота, слід розглянути можливість заміру температури саме у цій області. Слід також розглянути це ще і з етичної точки зору. Доцільним буде дотриматись рекомендації ВООЗ щодо забезпечення дотримання приватності під час температурного скринінгу та обробки особистих даних. Слід передбачити при розробці контрольно пропускнуго пункту захисні бокси, які б унеможливили спостереження сторонніх за температурним скринінгом.

### **3.Синтез системи керування**

#### **3.1 Загальні дані**

Об'єктом дослідження є людина. Інструментом дослідження є розроблений стенд. Він поєднує у собі все, що необхідно задля симуляції роботи прохідної. Як то інфрачервона камера, допоміжний візуальний пристрій, тобто екран, на якому оператор зможе бачити отримані данні, також екран підтримує тач-інтерфейс, що дозволяє оператору робити замір температури. У стенді також є мікроконтролер із підтримкою wi-fi для бездротової передачі інформації до серверу. Сервером виступає звичайний стаціонарний комп'ютер. Далі ми більш детально роздивимось принцип функціонування стенду та програмне забезпечення.

Зсередини інфрачервоної камери розташовано 764 датчика, які сприймають інфрачервоне випромінювання. Ці дані обробляються відповідно до певного протоколу та розрахункових формул, що вшиті у камеру виробником, і



програми, у якій налаштована камера під потреби цієї роботи. Після чого ці дані перетворюються з природного випромінювання в цифровий вигляд, та відправляються на екран для користувача.

На схемі (див.рис. 3.1) представлена структурна схема системи управління. Розглянемо окремо кожний блок цієї системи.

### 1.Main IOT block

Це основний блок в нашій системі. Він містить мікроконтролер, інфрачервону камеру, до того ж він включає додаткове джерело живлення і стабілізатор напруги. Мікроконтролер це "мозок" системи, керуючи отриманням та передачею даних, забезпечує зв'язок між усіма іншими пристроями за допомогою протоколів I2C, SPI. Він також здійснює контроль підключення до Wi-Fi мережі та відповідає за передачу до бази даних отриманих показників. Камера MLX90640 виконує збір даних з навколишнього середовища та передає їх до ESP32 за I2C протоколом. Стабілізатор напруги на рівні 3.3V є обов'язковим для стабільної роботи інфрачервоної камери, спираючись на офіційну документацію щодо її використання. Додаткове джерело живлення необхідне для неперервної та стабільної роботи всієї системи.

### 2.External Wread READ Block

Роздивляючись цей модуль бачимо картридер, до нього співробітник або особа з відповідним доступом наближає ідентифікаційну картку. Отримані дані обробляються мікроконтролером. Як приклад наведено Atmega328p, він надсилає отримані дані до ESP32 через обраний протокол, такий як UART. Взаємодія між мікроконтролером та картридером відбувається за допомогою протоколу SPI.

### 3.External SIGNAL Block

У цьому блоці основним є візуальний елемент, такий як різні дисплеї, світлодіоди або інші пристрої, які відображають дані (наприклад, температура людини в нормі або ні). Мікроконтролер обробляє дані з ESP32 та передає їх візуальному елементу. У розробленому стенді використовується екран ili9341.

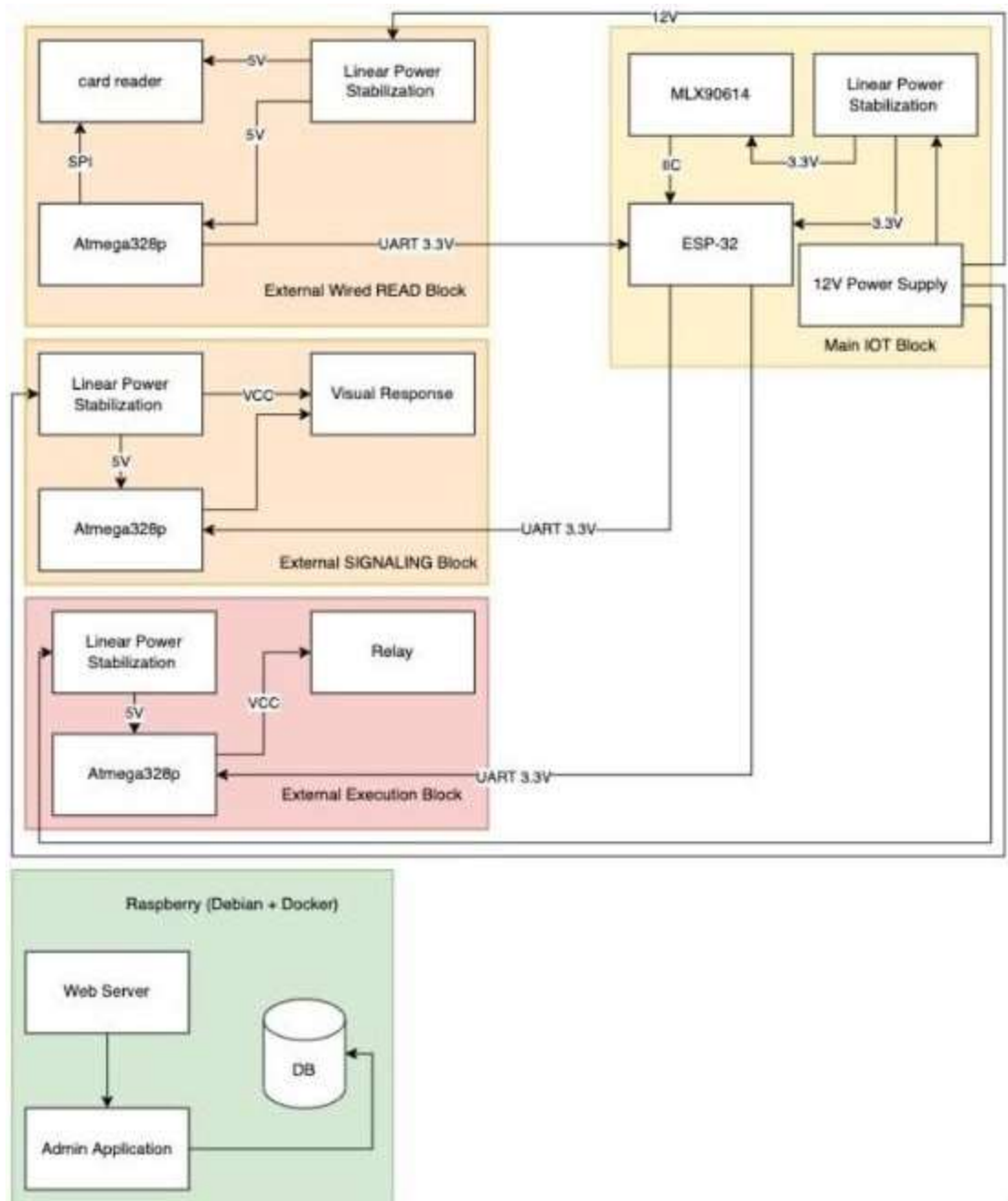


Рисунок 3.1 - Структурна схема системи керування

#### 4. External execution Block

Цей блок включає виконавчий механізм, такий як турнікет або реле для відчинення дверей. Він реагує на сигнали: відчиняє двері, якщо людина здорова, або не відчиняє, якщо температура не в нормі.

#### 5. Блок бази даних

Цей блок включає в себе:

- Веб-сервер для зберігання та управління інформацією та її відображення на робочому екрані.

- Базу даних для зберігання даних (таких як температура співробітника та його особистий ідентифікаційний номер з картки входу).
- Адміністративну панель для управління базою даних.

Структурна схема системи контролю прохідної описана досить детально. Для цієї роботи використовуються не всі описані пристрої та зв'язки, оскільки це не відповідає її основній меті. Стенд включає в себе лише необхідні для проведення дослідження елементи. Однак продемонстровано, яким чином можливо здійснити автоматизований цикл роботи прохідної.

### **3.2 Розробка програмного забезпечення системи керування**

Алгоритм системи керування має забезпечувати роботу пристрою для виміру температури. Ця робота має бути стабільною та надійною. У першу чергу пристрій активується, проводиться його початкова настройка. Після активації пристрою відбувається ідентифікація особи. У описі технологічного процесу було зазначено, що для ідентифікації може використовуватись індивідуальна ідентифікаційна картка працівника, яка взаємодіє з картридером, що передає дані до ESP32. Однак, в рамках цієї роботи не передбачено використання картридера та передачу даних через нього. Тому прийнято рішення, що ідентифікація особи буде здійснюватися оператором пристрою, шляхом натискання на тачскрін робочого екрану. Після натискання відповідної кнопки, зображення, яке містить фіксовану температуру, відправляється до ESP32, а потім через Wi-Fi до бази даних і на SD-карту за допомогою інтерфейсу SPI. Ці дані будуть використовуватися для подальших досліджень впливу різних чинників чи факторів на інфрачервоне зображення. Після відправки даних процес може бути повторений.

### **3.3 Розробка програмного забезпечення пристрою керування**

Пристрій може бути підключений до wi-fi мережі. Реалізації wi-fi інтерфейсу виконується наступним кодом :

```
#include<Wi-fi.h>
const char* ssid ="yourNetworkName";
const char*password = "yourNetworkPass";
```

Цю частину слід наводити на початку програми.

Наступна частина коду потрібно виконувати у setup

```
{
  Serial.begin(115200);
  Wi-fi.begin(ssid,password);
  while (Wi-fi.status()!= WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.println("Connectingto Wi-fi..");
  }
  Serial.println("Connectedto the Wi-fi network");
}
```

Тут «yourNetworkName» та «yourNetworkPass» потрібно замінити на id та пароль користувача.

Для функціонування SD картки виконуємо наступний код та встановлюємо бібліотеку SD

```
#include <SD.h>

  Serial.begin(9600);
  Serial.print("\nInitializing SD card...");
  if (!card.init(SPI_HALF_SPEED, chipSelect))
    Serial.println("initialization failed");
    return;
  } else
    Serial.println("Wiring is correct and a card is present.");
```

Тепер слід розглянути, як працює MLX90640. Щоб проілюструвати процес налаштування камери програмою, нижче наведено фрагмент обчислення зображення, бо весь код є дуже великих розмірів.

```
mode = (frameData[832] & 0x1000) >> 5;
  irDataCP[0] = frameData[776];
  irDataCP[1] = frameData[808];
```

```

for( int i = 0; i < 2; i++)
{
    if(irDataCP[i] > 32767)
    {
        irDataCP[i] = irDataCP[i] - 65536;
    }
    irDataCP[i] = irDataCP[i] * gain;
}
irDataCP[0] = irDataCP[0] - params->cpOffset[0] * (1 + params->cpKta * (ta
- 25)) * (1 + params->cpKv * (vdd - 3.3));
if( mode == params->calibrationModeEE)
{
    irDataCP[1] = irDataCP[1] - params->cpOffset[1] * (1 + params->cpKta *
(ta - 25)) * (1 + params->cpKv * (vdd - 3.3));
}

```

### **3.4 Розробка програмного забезпечення людино-машинного інтерфейсу**

Для того, щоб екран, на якому ми можемо відобразити температуру людини та визначити її місцезнаходження та положення, і за допомогою якого ми відправляємо дані до серверу, правильно функціонував, необхідно реалізувати наступний код:

```

long getColor(float val)
{
    red = constrain(255.0 / (c - b) * val - ((b * 255.0) / (c - b)), 0, 255);

    if ((val > minTemp) & (val < a))
    {
        green = constrain(255.0 / (a - minTemp) * val - (255.0 * minTemp) / (a -
minTemp), 0, 255);
    }
    else if ((val >= a) & (val <= c))

```

```

{
    green = 255;
}
else if (val > c)
{
    green = constrain(255.0 / (c - d) * val - (d * 255.0) / (c - d), 0, 255);
}
else if ((val > d) | (val < a))
{
    green = 0;
}

```

У цій частині коду наведено, як робиться розрахунок кольорової палітри на екрані.

Наступна частина коду відповідає за тач, у цій частині ми можемо побачити значення X та Y. Це координати натискання на екрані:

```

bool my_touchpad_read(lv_indev_drv_t *indev_driver, lv_indev_data_t *data)
{
    uint16_t touchX, touchY;
    bool touched = tft.getTouch(&touchX, &touchY, 600);
    if (!touched)
    {
        return false;
    }
}

```

### **3.5 Принцип передачі даних з інфрачервоної камери до серверу.**

Треба зазначити, не дивлячись на те, що на перший погляд ми отримаємо зображення, це є не так. Інфрачервона камера надає нам інформацію з кожного з 764 датчиків температури. Ця інформація включає в себе місце розташування датчика та показник отриманої ним температури. Після чого мікроконтролер обробляє ці данні і шляхом інтерполяції виводить нам його у потрібному розширенні. Таке зображення ми не можемо передати до бази даних, але ми

можемо передати туди строку коду. А інформація з кожного датчика є строкою. За допомогою спеціальної бібліотеки json ми можемо передати ці дані у вигляді строки на сервер, і вже на стороні серверу ми можемо обробляти ці дані як нам буде потрібно. На рисунку 3.2 я наводжу приклад зображення, котре надходить на сервер у форматі 24x32, та на рисунку 3.3 наведене збільшене зображення. Можемо побачити ясні риси людської руки на зображенні. У даному випадку більш світлі плями відповідають більш теплим ділянкам виміру, але палітру кольорів можливо міняти за необхідності

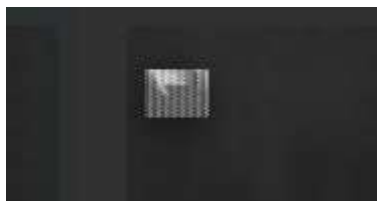


Рисунок 3.2 - Приклад зображення у форматі 24x32

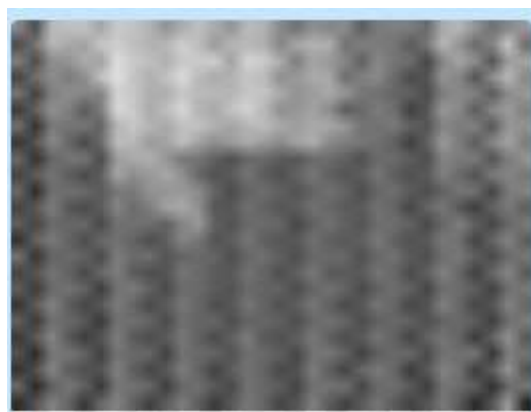


Рисунок 3.3 - Збільшене зображення

На рисунку 3.4 зображено приклад результатів виміру температури. Програма з отриманих даних обирає найхолоднішу та найгарячішу ділянку, після чого вираховує середнє значення.

MIN	MAX	AVG
-1.9481	49.9403	46.8313
-1.9544	49.9615	46.1549
-1.9605	49.7785	46.1722

Рисунок 3.4 - Відображення на сервері мінімального, максимального та середнього значення температури для трьох вимірів.

### **3.5 Юридичні аспекти використання систем температурного скринінгу людей**

В Україні захист персональних даних та охорона приватності регулюються законодавством, зокрема Законом України "Про захист персональних даних" та Конституцією України

Якщо підприємство вирішило використовувати системи теплового скринінгу із збереженням особистої інформації людей у своїх установах, їм слід впровадити наступні кроки.

- Визначте, кому потрібно перевірити температуру, чому, коли та як, у тому числі, якщо такий скринінг вимагається місцевим або державним розпорядженням.

- Буде доречним оповістити людей про використання цих систем за допомогою відповідних вивісок, правил і/або форм підтвердження.

- Проводити бесіду з співробітниками щодо необхідності та причин перевірки температури.

- Отримати згоду на використання цих систем від співробітників, що досить легко зробити при працевлаштуванні людини шляхом внесення відповідного пункту до договору прийому на роботу.



- Розробіть політику та процедури для роботи з температурами, які виходять за межі допустимого діапазону, і ситуаціями, коли хтось, імовірно, перебуває під загрозою зараження.

- Зберігайте результати сканування в темниці відповідно до державних вимог захисту особистої інформації та відповідних законів.

Безконтактні термометри, теплові камери та інші технології виміру температури можуть збирати та зберігати особисті дані про здоров'я осіб. Ці дані вважаються особистими даними та підпадають під законодавство про захист персональних даних. Організації, що використовують ці технології, повинні дотримуватися відповідних правил та стандартів збору, обробки та збереження цих даних.

### **3.6 Висновки за розділом**

У даному розділі висвітлені особливості функціонування програмного забезпечення, його конфігурація та взаємодія всіх компонентів пристрою в рамках єдиної системи. Також була представлена й описана структурна схема системи керування. Крім того, були представлені уривки коду, які використані в програмному забезпеченні системи, та описані юридичні аспекти використання інфрачервоної камери в місцях скупчення людей.

## **4 Експериментальний розділ**

### **4.1 Підготовка до експерименту**

Перед проведенням експерименту потрібно провести певні підготовчі заходи. Експеримент слід проводити із двома групами людей. Перша група складається зі здорових людей, а друга - з людей, температура яких є підвищена, тобто, перевищує 37,2 градуса за Цельсієм. Це необхідно, щоб зрозуміти, як камера реагує на підвищену температуру людини та чи достатньо буде точності аби визначити, що людина хвора або ні.

Для проведення такого експерименту був створений супроводжуючий лист, підписаний керівником кваліфікаційної роботи. У листі викладена суть дослідження та прохання сприяти його проведенню. Супроводжуючий лист наведений у додатку .

Експеримент із групою здорових людей можливо провести у межах університету. Але знайти таку кількість хворих людей значно складніше. Із цим запитом заплановане звернення до лікарні.

Готуючись до експерименту слід також враховувати усе необхідне обладнання. Окрім стенду, необхідний буде також звичайний пірометр для заміру температури і порівняння отриманих результатів інфрачервоною камерою. Також потрібен звичайний господарчий термометр для виміру температури у приміщенні.

При проведенні експерименту у лікарні необхідно дотримуватись заходів безпеки. Бути одягнутим у маску та інші засоби захисту, та намагатися як можливо менше часу проводити у зоні ризику.

#### **4.2 Опис експерименту**

Перед початком експерименту слід проінформувати його учасників про те, що саме буде зроблено, як будуть використовуватись отримані данні, проінформувати, що ці данні будуть зберігатись і оброблятись однак вони не будуть прив'язані до конкретної особи.

Слід отримати дозвіл на проведення дослідження у керівника закладу, де воно проводиться.

Перед початком виміру температури слід виміряти температуру у приміщенні і зафіксувати її.

Людина, що приймає участь в експерименті, повинна бути без маски або іншого предмету одягу, який може закривати обличчя, у тому числі окуляри та капелюхи. Людина, яка приймає участь у дослідженні, має принаймні 15 хвилин провести у приміщенні для адаптації.

Також перед початком експерименту слід перевірити, що обладнання працює правильно.

Оператор експерименту наближається до людини на відстань у 0,5 метра наводить інфрачервону камеру на обличчя та натискає кнопку «виміряти». Після чого виміряє температуру людини з тієї ж точки ручним пірометром. Результати виміру пірометром записуються.

Потім весь цей процес виміру повторюється із наступним учасником дослідження.

### **4.3 Очікувані результати**

Очікується, що отримані результати будуть наступними:

У обох досліджуваних груп вимірювана температура тіла буде на 2-4 градуси нижча за внутрішню температуру тіла через вплив зовнішніх факторів, терморегуляцію, та похибку вимірювань. При цьому за результатами досліджень ми зможемо зробити висновок, яка ж температура тіла є нормальною при вимірі інфрачервоною камерою, що дозволить запрограмувати пристрій таким чином, щоб при перевищенні цього показника пристрій би давав сигнал на пульт керування та не пропустив би потенційно хвору людину.

### **4.4 Хід дослідження**

В дослідженні прийняло участь 30 людей.

Відповідно до плану проведення, дослідження проводились у два етапи. У першому дослід проводився із людьми, показники температури яких були у межах норми. У другому - досліджувалися показники температури людей із лихоманкою. Для зручності перший дослід можемо називати “Здорові” а другий - “Хворі”.

Дослідження із здоровими людьми проходили у СЗШ №140 у приміщенні бомбосховища. Дослідження проводились з відома та дозволу керівництва учбового закладу, та під їх наглядом. У дослідженні прийняло участь 20 осіб. Вік досліджуваних не фіксувався, тому що дослідження направлене не на порівняння температурних показників різних верств населення. Однак у цьому звіті наведений приблизний вік досліджуваних для загального розуміння, він коливається від 12 до 50 років, однак переважна кількість досліджуваних була підлітками від 12 до 16 років. У приміщенні була постійна середня температура 21 С<sup>0</sup>, протяги були відсутні, усі хто приймав участь у дослідженні були у рівних умовах, не мали верхнього одягу, окуляри перед початком виміру знімались, з обличчя прибиралось волосся, головних уборів та капюшонів під час виміру не було. Перед початком вимірів усі перебували у приміщенні принаймні

30 хвилин, тому мали достатньо часу на адаптацію до температури приміщення. Дослід проводився на однаковій фіксованій відстані інфрачервоної камери від людини. Діти та дорослі не були зайняті фізичною активністю щонайменше протягом 30 хв перед початком виміру. У якості дублюючого приладу виміру використовувався ручний пірометр моделі   Infrared thermometer GM300. Виробник вказує, що похибка пірометра на перевищує 1,5 °С.

#### 4.4.1 Хід дослідження на етапі “Здорові”

Перед початком безпосередньо виміру температури була виміряна температура в приміщенні за допомогою звичайного кімнатного термометру, та порівняно із температурою термометру у приміщенні бомбосховища. Результати співпадали та дорівнювали 21 °С.

Місцем проведення виміру були обрані зафіксовані до підлоги стіл та стільці, що гарантувало рівну відстань виміру для усіх учасників.

Участь у досліді брали добровольці, кожен з яких був проінформований про те, як саме буде проходити вимір. Вони були проінформовані, що ніякі їх особисті дані окрім показників температури не будуть зібрані і використані.

Усі досліджені були одягнуті приблизно однаково, верхнього або занадто теплою одягу на них не було не під час виміру, ні за 30 хв до його початку. Окуляри та волосся перед початком виміру були прибрані з обличчя.

Спочатку вимір робився інфрачервоною камерою одразу після чого робився вимір пірометром. Отримані показники ретельно фіксувались. Отримані результати дивись у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Результат дослідження здорових людей

№	MLX90640 °С	Пірометр °С	Температура у приміщенні °С
1	32,8	33,3	21
2	32,5	33,7	
3	33,5	33,3	

4	34,1	33,9	21
5	30,9	32,1	
6	33,8	33,5	
7	32,8	33,3	
8	32,9	33,4	
9	32,3	33,6	
10	31,9	33,1	
11	32,4	33,0	
12	31,7	32,1	
13	31,8	31,6	
14	32,8	32,2	
15	31,9	32,4	
16	32,8	33,0	
17	32,4	31,3	
18	32,9	33,1	
19	32,9	33,1	
20	30,7	31,3	

#### **4.4.2 Хід дослідження на етапі “Хворі”**

##### **4.4.2.1 Загальні дані**

Дослідження із людьми з лихоманкою проводились у опіковому відділенні Міської Спеціалізованої Лікарні №8 м. Дніпра та у інфекційному відділенні

Дніпровській Обласній Дитячій Лікарні м. Дніпра. Дослідження проводились із дозволу керуючого персоналу лікарні та під постійним наглядом медперсоналу. Для захисту особистого здоров'я та здоров'я пацієнтів під час усього терміну перебування у лікарні дотримувалися усі вимоги лікарів щодо одягу та необхідного особистого захисту. Усього було досліджено 10 людей, температура яких перевищувала 37,2 °С ртутного термометра. Вік, як і випадку із “здоровою” групою досліджуваних, не має для дослідження вагомого значення, однак для загального розуміння приводжу його у цьому звіті. Вік досліджуваних від 2-х до 40 років.

Слід зазначити, що досліди в умовах лікарні були вимушено змінені через медичні норми. Однією із головних відмінностей у дослідженні здорових та хворих людей була неможливість фіксації інфрачервоної камери на однаковій відстані від досліджуваного. Більш детально про причини буде описано у ході дослідження. Також однією з відмінностей є використання ртутного термометра замість ручного пірометра у якості дублюючого пристрою.

#### **4.4.2.2 Хід дослідження**

Перші дослідження було зроблені у опіковому відділенні лікарні №8. Там була виміряна температура 3-х пацієнтів із підвищеною температурою. (див. табл.4.2) Через те, що не всі пацієнти мали змогу вільно переміщуватись, не було можливості вимірювати температуру людей так, щоб усі вони знаходились на рівній відстані від інфрачервоної камери. Відстань від людини до інфрачервоної камери є приблизною та дорівнює 0,5 м.

У Обласній дитячій лікарні дослідження проводились у інфекційному відділенні. Було зроблено вимір у сімох пацієнтів із підвищеною температурою. Один із пацієнтів був хворий на COVID-19 (результати виміру див. в табл.4.2). Вимір було проведено після отримання результатів виміру ртутним термометром. Значення температури у приміщенні записані з показників кімнатних термометрів що знаходяться у палаті кожного хворого.

Таблиця 4.2 - Результат дослідження людей з лихоманкою

№	MLX90640 °C	Ртутний термометр °C	Температура у приміщенні °C	Примітки
1	35	39,4	21	Дитина 2 роки обличчя повернуто в сторону
2	34,1	37,4	21	
3	39,0	38,0	20	
4	34,4	38,0	22	дитина 4 роки
5	38,5	38,0	22	дитина 8 років
6	38,0	38,0	22	Пацієнт опікової реанімації, дорослий
7	37,0	38,8	21	дитина 2 роки
8	35,0	37,4	22	дитина 2 роки
9	36,3	37,5	21	Дорослий
10	35,2	37,4	21	Дорослий

#### 4.5 Аналіз результатів.

Середня різниця результатів температури виміряних інфрачервоною камерою та пірометром у здорових людей складає 0,58 градусів, найвище значення відмінності результатів між пристроями 1,6 найменша 0,2. Жоден

результат виміру двох пристроїв не збігся. Ці результати є очікувані та підтверджують, що зовнішня температура менша за внутрішню. Відсутність однакових результатів між інфрачервоною камерою та пірометром полягає у похибці обох приладів.

Результати досліджень температури хворих людей дали неочікувані результати. Перш за все, неочікуваними були деякі співпадаючі показники температур, отриманих інфрачервоною камерою та ртутним термометром у конкретного пацієнта. Так, пацієнт у опіковій реанімації мав температуру тіла 38,0°C. Ця температура була підтверджена медпрацівниками закладу. При цьому інфрачервона камера дала такий самий результат 38,0 °C градусів. Я повторив замір декілька разів упродовж хвилини, однак результат не змінився. Тобто, це не була випадкова похибка. Можливо, такий точний показник пов'язаний із тим, що у пацієнта було опечене обличчя, шкіра не виконувала свої функції, і тому внутрішня температура дорівнювала зовнішній. Однак, подальші дослідження на інших хворих спростовують ці висновки.

Вимірюючи температуру пацієнта зі здоровою шкірою, температура тіла якого за ртутним термометром досягала 38,0 градусів за Цельсієм інфрачервона камера надала результат у 38,5. Похибка у 0,5 градуса, можливо, пояснюється швидким зростанням температури пацієнта за час, що пройшов від отримання результатів ртутного термометру до часу виміру (3-5 хвилин), також ця похибка, можливо, виникла з огляду передбаченої виробником похибки камери. Однак, ми могли б очікувати похибку у 2-4 градуси, як ми це бачили при вимірі температури здорової підгрупи. Це було б обумовлено як похибкою пристрою, так і тим, що зовнішня температура тіла людина є очікувано меншою за внутрішню. Така ж ситуація із різницею температури виміру №3 табл.4.2. Показники склали 39,0 °C у інфрачервоної камери та 38,0 °C у ртутного термометру. Ця похибка також може бути викликана причинами, що наведена вище.

Цікаво, що чим нижча температура людини, тим більшою стає похибка. Так, при показниках ртутного термометра 37,4 гр. Цельсія інфрачервона камера



дає результат 34,1 та 35,0 °С (див. табл.4.2 №2, №8). Тобто, різниця між внутрішньою та зовнішньою температурою складає 3,3 та 2,7 градусів, що є значно вище результатів, які описані вище. Така похибка не може бути викликана лише похибкою камери, яка не може перевищувати 2-х градусів. Можливо припустити, що такі значні відмінності пов'язані із, наприклад, тимчасовим протягом. Однак протягу не було, бо пацієнти знаходились у ізольованих боксах із закритими дверима та вікнами.

Аналізуючи хибні результати, яких із 10-ти зроблених є 3 (див. №1,3,7 табл.2), перш за все можна пов'язати ці хибні показники із помилкою вимірювання. Через те, що вимір виконувався у дітей малого віку, та у яких була висока температура, можливості виміру були обмежені. Так, наприклад, у вимірі №1 вимірювалась температура дитини приблизно 2-х років. Її температура на ртутному термометрі дорівнювала 39,4 град. Дитина на момент виміру була повернута у бік від камери. Зробити точний вимір обличчя не було можливості. Ще одне пояснення такої великої різниці можливе, якщо у дитини був спазм судин обличчя. Терморегуляція у такому випадку була порушена, шкіра не випромінювала зайве тепло, через це обличчя могло залишатись холодним при сильній лихоманці. Однак, немає медичного підтвердження, що це пояснення мало місце. Тому цей результат доречно вважати помилковим. Слід однак звернути увагу, що навіть при такій неточності показник виміру камери був на 1 градус вище, ніж найвищий показник температури здорової групи, і більш ніж на 2 градуси вищий за середній показник. Ще дві похибки вимірювань (№4 та №7) можна вважати також наслідком помилкового виміру. Однак, зазначимо, що навіть при помилковому вимірі результат №7 є на 3 градуси вищим за найвищий показник здорової підгрупи.

#### **4.6 Висновки за розділом**

З цих результатів можна зробити висновок, що чим вища внутрішня температура людини, тим менша буде різниця з її зовнішньою температурою за умови вірного вимірювання. З огляду на те що всі вимірювання проводились у приміщення із температурою 20-22 градуси, то температура у приміщенні не

вплинула на результати вимірів. Також з урахуванням отриманих результатів можна вважати можливим встановити температуру 35 град. за Цельсієм і вище при вимірюванні інфрачервоною камерою MLX90640 такою, що є підвищеною. Пропонується не пропускати людину із таким результатом до місця роботи, а супроводити до окремого приміщення, де були б зроблені повторні виміри за допомогою еталонного вимірюючого пристрою.

За результатами дослідження можемо зробити висновок, що характеристики інфрачервоної камери mlx90640 є достатніми для визначення людини з підвищеною температурою за умови правильного налаштування камери. Показники інфрачервоної камери є не менш точними ніж показники пірометра, однак камера дає значні переваги у автоматизації процесу виміру температури на прохідній. Такі, наприклад, як автоматичне зберігання інформації на сервері, безконтактність і т.п.

## **5 Охорона праці**

### **5.1 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих чинників проєктованого стенду заміру температури людини на прохідній**

У моєму проєкті, згідно з технологічним процесом, працівник проводитиме майже весь робочий день за робочим комп'ютером. Тому, у контексті розглядання шкідливого та потенційно небезпечного впливу на людину, важливо спрямувати увагу на безпеку працівника під час роботи з комп'ютером.

Першим фактором, який може становити загрозу, є недостатнє освітлення у приміщенні. Відсутність адекватного природного або штучного освітлення у робочому просторі може призвести до травмування співробітника та пошкодження обладнання та матеріальних цінностей. Наприклад, якщо у кімнаті, де ведеться робота, недостатньо світла, це може призвести до недоліків у сприйнятті деталей інтер'єру та викликати нещасні випадки. Недостатня освітленість під час роботи за комп'ютером може спричинити зниження рівня зору, втомленість очей, їх свербіж та сухість, а також загальне погіршення

здоров'я. Важливо зауважити, що робоче приміщення повинно мати як штучне, так і природне освітлення відповідно до вимог ДБН В.2.5-28:2018.

Перевагу слід надавати природному освітленню через його безпеку та корисність для здоров'я працівників при належному плануванні робочої зони. Адже природне освітлення сильно змінюється протягом року та залежить від природних умов. Наприклад, воно значно зменшується під час дощу або сильної хмарності.

Також важливо дотримуватись норм щодо температури у приміщенні при роботі з комп'ютером. Це має велике значення, оскільки порушення цих норм може негативно позначитись на здоров'ї працівника. Наприклад, низька температура може призвести до захворювань, а висока може спричинити головний біль, підвищене потовиділення та, вийшовши на вулицю або у менш тепле приміщення, також призвести до захворювання.

Детальні норми що до температури приміщення наведено у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Норми температури приміщення

Пора року	Категорія робіт	Температура повітря, град. С	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
		оптимальна	оптимальна	оптимальна
Холодна	легка-1 а	22 – 24	40 – 60	0,1
Тепла	легка-1 а	23 – 25	40 – 60	0,1

## 5.2 Розробка заходів з охорони праці

Освітлення у приміщенні, відповідно до ДСанПіН 3.3.2.007-98, має здійснюватися через світлові прорізи, переважно орієнтовані на північ або північно-схід, щоб забезпечити коефіцієнт природної освітленості (КПО) не

нижче 1,5%. Розрахунок КПО виконується за методикою, описаною у ДБН [1]. Вікна кімнат оснащені шторами та жалюзі для регулювання природного освітлення.

Через змінування природного освітлення протягом року із залежністю від природних факторів, було запроваджено систему штучного освітлення відповідно до державних норм, зазначених у вищезгаданих документах.

Відповідно до розділу 4.3 ДСанПіН 3.3.2.007-98, працююче місце повинно бути розміщене так, щоб природне світло надходило з лівого боку, а також, щоб уникнути попадання прямого світла в очі. Для забезпечення захисту від комп'ютерного випромінювання використовуються приєкранні фільтри, локальні світлофільтри (як засоби індивідуального захисту очей) та інші сертифіковані засоби захисту [2].

Освітлення приміщення здійснюється за допомогою системи загального рівномірного освітлення [3]. Норми освітленості для поверхні робочого столу, де розміщені документи, становлять 300-500 лк. Додатково були встановлені настільні лампи для покращення освітлення. Світильники для місцевого освітлення розташовані так, щоб уникнути відблисків на екрані комп'ютера, забезпечуючи освітленість екрана не більше 300 лк.

Для штучного освітлення використовуються металогалогенні лампи потужністю 250 Вт, спрямовані так, щоб створити рівномірне освітлення в приміщенні з урахуванням роботи з документами [4].

Згідно з [5], необхідно регулярно мити вікна та світильники не менше 2 разів на рік, а також вчасно замінювати лампи, що вийшли з ладу, для забезпечення нормованих рівнів освітлення у приміщенні.

Для роботи з комп'ютерами в приміщенні передбачено опалення, кондиціонування повітря та системи вентиляції. На робочих місцях у приміщеннях забезпечені оптимальні параметри мікроклімату: температура, вологість та рух повітря.

### 5.3 Пожежна профілактика

Пожежна безпека визначається як стан об'єкта, при якому з регламентованою ймовірністю виключається можливість виникнення та поширення пожежі, що може вплинути на безпеку людей та збереження матеріальних цінностей.

Загальні вимоги щодо пожежної безпеки під час експлуатації комп'ютерної техніки визначаються Правилами пожежної безпеки в Україні (наказ МВС від 30.12.2014 № 1417) та правилами для комп'ютерних класів в навчальних закладах (наказ МОН від 15.08.2016 № 974).

Для запобігання можливих аварій та коротких замикань не дозволяється проведення робіт, що вимагають надмірно вологих технологічних процесів поруч із приміщеннями, де використовується комп'ютерна техніка.

У приміщенні, де встановлені системи опалення, кондиціонування та вентиляції повітря, було враховано засоби безпеки. Батареї опалення, водопровідні труби та вентиляційні кабелі надійно приховані під захисними щитками, щоб уникнути потрапляння робітників під напругу.

Для пожежної безпеки використовується скрита електромережа, надійні розетки з пожежобезпечних матеріалів, кабелі для живлення устаткування вибрані з належним запасом потужності, вимикачі призначені для управління живленням обладнання. Необхідно регулярно очищати внутрішні частини комп'ютерів від пилу та розміщувати їх на неспалюваних столах.

Закон України «Про пожежну безпеку» встановлює загальні правові, економічні та соціальні засади забезпечення пожежної безпеки на території країни. Цей закон регулює відносини між державними органами, юридичними та фізичними особами у сфері пожежної безпеки незалежно від виду їх діяльності та форм власності.

З метою пожежної безпеки в установах вживають пожежну профілактику, що включає організаційні та технічні заходи для забезпечення безпеки людей, запобігання пожежі, обмеження її поширення та створення умов для успішного її гасіння. Для ліквідації початкових стадій розвитку пожежі використовують

первинні засоби пожежогасіння, такі як вогнегасники, пожежний інвентар та системи автоматичного пожежогасіння.

У моєму випадку доцільно використовувати вуглекислотні вогнегасники, оскільки вони ефективно гасять пожежі при реакції горіння з участю кисню. Вони можуть застосовуватися для гасіння пожеж у електроустановках до 1000 В або, якщо напруга відсутня, в електроустановках до 10 кВ.

#### **5.4 Заходи з ергономіки**

У загальному розумінні, людині найкомфортніше працювати, використовуючи свою домінуючу сторону. Наприклад, якщо ви правша, ваша права рука є домінуючою, і так само ваша права сторона. Тому в робочому просторі важливо встановити обладнання, таке як клавіатура та мишка, з урахуванням вашої домінуючої сторони.

Якщо робоча зона не відповідає вашій домінуючій стороні, це може призвести до незручностей у виконанні роботи та, в результаті, зниження продуктивності.

Під час роботи за комп'ютером існують певні ризикові фактори, які можуть призвести до розвитку скелетно-м'язових розладів (СМР). Користувачі комп'ютерів часто піддаються впливу цих ризикових факторів, особливо протягом тривалого періоду. Ось деякі умови, що створюють ризик розвитку СМР через використання комп'ютера:

- Продовжений час роботи без перерви та відпочинку
- Застосування сили під час натискання на клавіатуру або використання миші
- Робота з незручною позою шиї, плечей, ліктів, зап'ястя або спини
- Тривалий час у певній позі з обмеженими рухами або їх відсутністю

Незручні позиції та тривале сидіння можуть підвищити ризик отримання травм. Важливо мати комфортне сидіння, оскільки тривалий час у незручній позі може призвести до втоми та напруження м'язів, що знижує продуктивність та точність роботи.

Сидіння у незручній позі, особливо при тривалому періоді, може призвести до проблем навіть зі звичайними завданнями, наприклад, взяти телефон до рук.

Для запобігання цьому, слід дотримуватися таких правил:

- Під час сидіння ваші ноги мають зручно розміщуватися на підлозі або на підставці для ніг, а коліна трохи нижче стегон.
- Між задньою стороною колін та сидінням повинен бути невеликий проміжок, коли ви сидите.
- Спинка крісла повинна підтримувати нижню частину спини та бути узгодженою з вашою фізіологією.
- Спинка крісла може бути нахилена назад для зручності та підтримки верхньої частини спини.
- Підлокітники мають бути налаштовані трохи нижче вашого ліктя, коли ваші плечі відпочивають.
- Підлокітники не повинні заважати доступу до клавіатури, миші або інших поверхонь для письма.
- Під час печатання тексту слід дотримуватися наступних правил:
- Ваші плечі мають залишатися розслабленими, а лікті тримати близько до тіла.
- Лікті мають бути зігнуті під кутом 90 градусів або трохи більше.
- Зап'ястя мають залишатися прямими, без згину.

### **5.5 Висновки за розділом**

У розділі, присвяченому охороні праці, я поглибив свої теоретичні знання з питань безпеки праці та структурував їх. Ці знання були застосовані мною при розробці заходів для конкретних умов, які відповідають тематиці моєї кваліфікаційної роботи. У моїй роботі були розглянуті вимоги та необхідності освітлення, температурний режим у приміщенні, пожежна безпека у робочих приміщеннях, де використовуються комп'ютери, а також особливості впливу різних ергономічних чинників на працю людини за комп'ютером.

## 6 Економічна частина

У моїй роботі досліджується проблема вимірювання температури людей під час пандемії COVID-19 на проходах. Під час пандемії людей часто перевіряли за допомогою пірометрів, коли вони стояли на проходах підприємств або біля входів до адміністративних будівель.

Проте такий спосіб перевірки має кілька недоліків. Велике скупчення людей на проходах для очікування своєї череди на перевірку викликає економічні витрати та ризики. По-перше, це призводить до втрат часу людей, які могли б працювати, що в свою чергу призводить до втрат грошей на підприємстві. На великих підприємствах втрати людино-год через такі череди можуть становити значну кількість годин, призводячи до серйозних втрат. По-друге, такі череди збільшують ризик зараження серед персоналу, що особливо небезпечно під час пандемії. Люди можуть захворіти через такі череди, що також веде до збитків на підприємстві через відсутність на роботі, витрати на лікування та пошук заміни.

Додатково, ручна перевірка температури працівників вимагає відведення персоналу з їх основних обов'язків, також призводячи до збитків. Важливо відзначити, що людина, яка здійснює перевірку, може помилитися або пропустити потенційно хворого чоловіка, або навіть стати об'єктом спроб підкupu чи вмови.

З цих причин виникає потреба в автоматизованих проходах, які можуть швидко та самостійно перевіряти температуру людей на входах, обробляти та зберігати результати. Автоматизовані проходи усувають усі перелічені проблеми та ризики.

Для розробки автоматизованих проходів використовують інфрачервону камеру, яка точно вимірює температуру, обробляє інформацію та передає її до бази даних через Wi-Fi для майбутнього використання.

Під час реалізації проекту були вибрані пристрої та об'єкти, які відповідають усім технологічним вимогам та економічно доцільні з точки зору застосування.



## 6.1 Розрахунок капітальних витрат

В моїй роботі досліджується проблема вимірювання температури людей під час пандемії COVID-19 на проходах. Під час пандемії людей часто перевіряли за допомогою пірометрів, коли вони стояли на проходах підприємств або біля входів до адміністративних будівель.

Проте такий спосіб перевірки має кілька недоліків. Велике скупчення людей на проходах для очікування своєї черги на перевірку викликає економічні витрати та ризики. По-перше, це призводить до втрат часу людей, які могли б працювати, що в свою чергу призводить до втрат грошей для підприємства. На великих підприємствах втрати людино-годин через такі черги можуть складати значну кількість часу, призводячи до серйозних втрат. По-друге, такі черги збільшують ризик зараження серед персоналу, що особливо небезпечно під час пандемії. Люди можуть захворіти через такі черги, що також веде до збитків для підприємства через відсутність на роботі, витрати на лікування та пошук заміни.

Додатково, ручна перевірка температури співробітників вимагає відведення персоналу з їхніх основних обов'язків, також призводячи до збитків. Важливо відзначити, що людина, яка здійснює перевірку, може помилитись або пропустити потенційно хвору людину, або навіть стати об'єктом спроб підкупу чи вмови.

З цих причин виникає потреба у автоматизованих проходах, які можуть швидко та самостійно перевіряти температуру людей на входах, обробляти та зберігати результати. Автоматизовані проходи усувають усі перелічені проблеми і ризики

Для розробки автоматизованих проходів використовується інфрачервона камера, яка точно вимірює температуру, обробляє інформацію та передає її до бази даних через Wi-Fi для майбутнього використання.

Під час реалізації проекту були вибрані пристрої та об'єкти, які відповідають усім технологічним вимогам і економічної доцільності.

## 6.2 Розрахунок капітальних витрат

Через складання ціни усіх компонентів пристрою можемо вирахувати його вартість.


### 1. Інфрачервона камера MLX90640

Камеру можливо придбати у великій кількості магазинів по всьому світі. Через офіційний сайт виробника є можливість знайти найближчі магазини для покупки в Україні. На рисунках 6.1-6.3 наведено приклад ціни із 3х різних офіційних інтернет-магазинів дистриб'юторів продукції виробництва Melexis.

Pricing (EUR)		
Qty.	Unit Price	Ext. Price
1	53,45 €	53,45 €
10	50,30 €	503,00 €
25	47,16 €	1.179,00 €
100	44,95 €	4.495,00 €

Рисунок 6.1 - Приклад ціни

**Melexis**  
 IR SENSOR 32x24 ARRAY 50°x35°  
 Supplier: MELEXIS  
 Matchcode: MLX90640ESF-BAB-000-TU  
 Rutronik No.: ICINOS1177  
 Unit Pack: 1  
 MOQ: 1  
 package: TO-39  
 Packaging: TUBE

  
 Datasheet

every terms and real time stock information

Request or order:

tion

is not orderable.. Please send us a request.

53 €

Prices

▶ 1	63,53 €
90	59,29 €
135	57,17 €
180	52,23 €
270	48,35 €

Рисунок 6.2 - Приклад ціни mlx90640

QTY	UNIT PRICE	EXT PRICE
1	\$61.67000	\$61.67
10	\$58.04200	\$580.42
25	\$54.41400	\$1,360.35
100	\$51.87470	\$5,187.47

Рисунок 6.3 - Приклад ціни mlx90640

$(53.45+63.53+57.53)/3 = 58.17 \text{ €}$  або 2094,12 гривня середня ціна за одну одиницю товару при купівлі по штучно при вартості євро до гривні 1:36

## 2. Мікроконтролер ESP32.

ESP32 - це надійний та перевірений часом мікроконтролер, який ідеально відповідає вимогам цього проекту. Більш детальну інформацію про нього можна знайти в розділі "Апаратне забезпечення". Вартість ESP32 в Україні становить

від 260 до 350 гривень, залежно від магазину. Вартість доставки по території України варіюється від 15 до 40 гривень, залежно від тарифів перевізника та обраної швидкості доставки. На рисунках 6.4-6.5 наведено приклади цін в українських інтернет-магазинах.

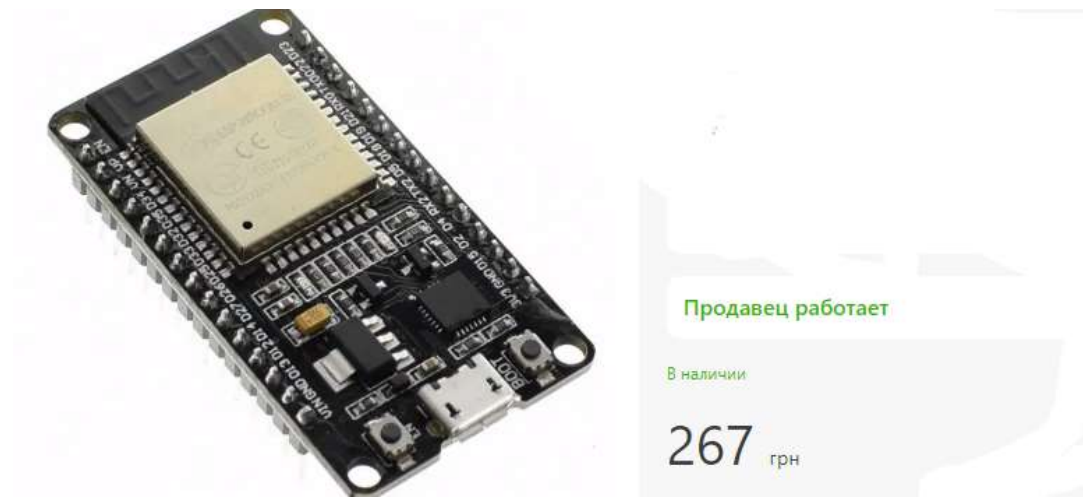


Рисунок 6.4 - Приклад ціни ESP32



Рисунок 6.5 - Приклад ціни ESP32

$(347+267)\backslash 2 = 307$  гривень середня ціна за одиницю товару враховуючи ціну доставки загальна сума складе приблизно 340 гривень.

### 3. Екран ili9341.

Ціна цього екрану складає у різних продавців від 400 – 480 гривень (рисунок 6.7 – 6.8).



Рисунок 6.7 - Приклад ціни ілі9341



Рисунок 6.8 - Приклад ціни ілі9341

$(396+495)\backslash 2 = 445.5$  гривень середня ціна цього екрану. Дадавши максимальну суму за відправку поштою у 40 гривень отримаємо 485.5 гривень.

#### 4. Друкована плата

Замовлення якісної друкованої плати на спеціалізованому підприємстві у кількості 5 штук розміром 100 мм на 65 мм коштує від 4 до 5 доларів США (144-180 гривень за курсом в 36 гривень за долар), в залежності від конкретної компанії (див. рисунок 6.9-6.10).

Однак вартість доставки до України буде значно вищою, приблизно 11 доларів США або приблизно 396 гривень за курсом 36 гривень за долар.

**Pricing And Build Time**

PCB Price ☰ Price Comparison Matrix

Build Time	Qty	Total
<input checked="" type="checkbox"/> 24hours <span>?</span>	5	\$ 5.00
<input type="checkbox"/> Extra Urgent! <span>?</span>	5	\$ 94.56

🔔 Final price is subject to our review.



**Shipping Cost:** US \$11.15

🇺🇦 UKRAINE ▼

PostNL International Mail  
15-45 business days , wt : 0.114 kg

**CHN Time Zone(GMT+8): 2022/6/4 23:16:49**

Payment before 2022/06/05 06:00 (GMT+8 Only PCB)

 Shipment Date 2022/6/7 AM	 Delivery Date 2022/7/7
--	---

PCB Cost: ? US \$ 5.00  
Shipping: US \$ 11.15  
**Total: US \$ 16.15**


 **Save to Cart**

Рисунок 6.9 - Приклад ціни виготовлення та доставки плати

**Charge Details** ^

Special Offer \$2.00

---

Build Time ?

PCB:  1-2 days \$0.00

---

**Calculated Price** ~~\$4.00~~ **\$2.00**

Additional charges may apply for [special cases](#)

Weight ? 0.22kg

**SAVE TO CART**

Рисунок 6.10 - Приклад ціни виготовлення та доставки плати

Сумарна приблизна сума складе приблизно 576 гривень за 5 плат. Меншою кількістю вони не продаються.

Якщо скласти ціну кожного компоненту з якого складається пристрій то можемо отримати приблизну ціну пристрою.

$2094+340+480+576+330=3826,94$  гривень – собівартість розробленого пристрою. Зведення капітальних витрат дивись таблицю 6.1

Таблиця 6.1 Зведення капітальних витрат

№з\п	Найменування технічних засобів (комплектуючих виробів)	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Сума, грн.
1	MLX90640	1	2094,12	2094,12
2	ESP32	1	340	340
3	Pi9341	1	480	480
4	Друкована плата	1	576	576
Всього:				3826,94

Оскільки програмне забезпечення було розроблене на основі відкритих джерел, за його використання не потрібно сплачувати.

Ураховуючи відсутність жорстких вимог щодо встановлення камери, працівники підприємства можуть самостійно встановити її, регулюючи необхідний кут нахилу за допомогою екрану. Додаткові монтажні роботи не є обов'язковими.

## 6.2 Розрахунок експлуатаційних витрат

### 6.2.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Вартістю основних засобів і нематеріальних активів, що амортизується, є первісна або переоцінена вартість основних засобів і нематеріальних активів за вирахуванням їх ліквідаційної вартості:

$$\Phi_a = \Phi_n - Л \quad (6.1)$$

де  $\Phi_{п}$  – первісна (або переоцінена) вартість об'єкта основних засобів;  $L$  – розрахункова ліквідаційна вартість основних засобів. Якщо визначити очікувану ліквідаційну вартість об'єкта основних засобів складно, то при прямолінійному методі амортизації дозволяється вважати її рівною нулю.

У нашому випадку розрахункова ліквідаційна вартість основних засобів дорівнює нулю. Тому що прибрати та замінити пристрій не викличе витрат через його невеличкий розмір та легкість установки та демонтажу розрахунок амортизаційних відрахувань наведено у таблиці 6.2.

Тому  $\Phi_{а} = \Phi_{п} = 3826,94$

Норма амортизації при прямолінійному методі постійна протягом усього амортизаційного періоду і дорівнює:

(6.2)

$$H_{а} = \frac{\Phi_{п} - L}{\Phi_{п} \times T_{п}} \times 100\%$$

де  $T_{п}$  – термін корисного використання (амортизаційний період).

$$H_{а} = \frac{3826,94}{3826,94 \times 2} \times 100\% = 50$$

Тоді річні амортизаційні відрахування АО за прямолінійним методом:

(6.3)

$$A_{О} = \frac{\Phi_{п} \times H_{а}}{100}$$

*Тоді*

$$A_{О} = \frac{3826,94 \times 50}{100} = 1913,47$$



Таблиця 6.2 Розрахунок амортизаційних відрахувань

№ з/п	Найменування	Капітальні інвестиції тис.грн.	Норма амортизації, %	Сума амортизації, тис. грн.
1	Стенд (MLX905640,ESP32,Пі9341,друкована плата)	3826.94	50	1913,47

### 6.2.2 Розрахунок річного фонду заробітної плати

Номінальний річний фонд робочого часу одного робітника  $F_n$  визначається відповідно до режиму його роботи (кількістю робочих днів і тривалістю зміни):

$$F_n = (D_k - D_{св} - D_{вих}) \cdot T_{зм} \quad (6.4)$$

де  $D_k$ ,  $D_{св}$ ,  $D_{вих}$  – кількість календарних, святкових і вихідних днів у році відповідно;  $T_{зм}$  – тривалість зміни, годин.

За основу береться дев'яти годинна робоча зміна. Однак цей час може відрізнятися на різних підприємствах.

Тоді

$$F_h = (365 - 116) \times 9 = 2241 \text{ год.}$$

Для ефективного керування та обслуговування процесу виміру температури на прохідній буде необхідний один спеціаліст. Ця людина повинна мати навички налаштування пристрою на стабільну роботу, вміти адмініструвати базу даних та бути уважною й відповідальною. Щодо зарплати програміста, який впорається з таким завданням, я оцінюю її приблизно у п'ятнадцять тисяч гривень на місяць, враховуючи середній рівень оплати праці в країні. Відповідно до цієї суми ми розрахуємо денну заробітну плату.

$$15000 \times 12 = 180000 \text{ грн. на рік із цієї}$$

$$180000 \div 249 = 722,89 \text{ грн на день}$$

Явочний штат у зміні може дорівнювати від одного робітника і більше в залежності від потреб підприємства.

Таблиця 6.3 Розрахунок річного фонду основної заробітної плати обслуговуючого персоналу

№ п	Найменування професій робітників	Явочний штат змін, осіб	Обліковий склад урахуванням змінності роботи, осіб	Годинна тарифна ставка денна заробітна плата, грн	Номінальний річний фонд робочого часу, годин	Усього основна зарплата, грн.
1	Програміст	1	1	722,89	2241	180000

### 6.3 Єдиний соціальний внесок

Єдиний внесок на загальнообов'язкове державне соціальне страхування (ЄСВ) є платежем, що сплачується роботодавцями за своїх працівників, які працюють за цивільно-правовими договорами. Крім того, цей внесок оплачують також фізичні особи - підприємці та особи, які займаються незалежною професійною діяльністю. Розмір внеску є обов'язковим для сплати роботодавцями за працівників, які працюють на основному місці роботи, а також для фізичних осіб - підприємців.

Основна ставка ЄСВ у 2023 році залишатиметься без змін, **на рівні 22%**

Таким чином розрахуємо розмір ЄСВ

$15\ 000 \times 0,22 = 3\ 300$  грн. на місяць. Або 39 600 грн. на рік

### 6.4 Визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт

Якщо виконувати вимоги щодо експлуатації пристрою та уникати непередбачених ситуацій, він може функціонувати без необхідності обов'язкового ремонту або технічного обслуговування. Звертати увагу на технічне обслуговування чи ремонт потрібно лише у випадку нагальної потреби.

### 6.5 Розрахунок вартості спожитої електроенергії

Вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування протягом року, визначається виходячи з його встановленої потужності, річного фонду робочого часу об'єкта проектування та втрат електроенергії за формулою:

$$C_{э} = W_{р} \cdot C_{е} \quad (6.5)$$

де  $W_{р}$  – кількість спожитої за рік електроенергії, кВт • год;  $C_{е}$  – тариф на електроенергію станом на конкретну дату, грн. / кВт • год;

млх 0.0825 ват/год

або 5ват год

ESP32 0.066

загалом 5.15 Ват

0.00515кВт x 2241 робочих годин отримаємо 11.54кВт\год.

Оскільки тариф на електроенергію може відрізнятися для різних типів підприємств, ми вирішили взяти загальний тариф для домогосподарств. Він складає 1,44 гривні за кіловат-годину для споживачів, які використовують менше 250 кіловат-годин на місяць. Таким чином, річна вартість спожитої електроенергії пристроєм складатиме 16,62 грн при умові 11,54 кіловат-годин за рік. Ця сума, як бачимо, є невеликою. На великих підприємствах, де споживають мегавати електроенергії, така сума не має великого значення.

### 6.6 Висновки за розділом

У цьому розділі було розраховано вартість виробу, яка становила приблизно три тисячі вісімсот двадцять шість гривень. Також були проведені розрахунки амортизаційних відрахувань у розмірі тисячі п'ятсот шістдесят три гривні сорок сім копійок. Розраховано щорічний фонд основної заробітної плати для обслуговуючого персоналу у розмірі сто вісімдесят тисяч гривень на рік.

## ВИСНОВКИ

Об'єктом дослідження, виконаним в ході цієї роботи, є людина, а інструментом дослідження – розроблений стенд який застосовувався для дослідження використання інфрачервоної камери при створенні системи контролю температури працівників на вході до підприємства будь-якої галузі.

Робота виконувалась з метою дослідження впливу на інфрачервоне зображення різних чинників та факторів, та з метою з'ясувати, на скільки точними є отримувані дані інфрачервоною камерою MLX90640, та чи можливе впровадження пристрою на базі цієї камери на підприємство.

Була проаналізована та структурована інформація з наукових джерел про медичні та фізичні особливості виміру температури людини за допомогою інфрачервоної камери. Це дозволило правильно сформулювати та підготувати експериментальне дослідження.

Було проведено експериментальне дослідження виміру температури здорових людей та людей із лихоманкою.

Були розглянуті особливості роботи програмного забезпечення, його конфігурація та об'єднання всіх складових в єдину систему. Також наводились фрагменти коду програми, що є частиною програмного забезпечення системи.

У розділі з охорони праці поглиблені та систематизовані теоретичні знання з питань безпеки праці. Були розкриті вимоги до освітлення, пожежної безпеки у приміщенні роботи із комп'ютерами, температури у приміщенні та особливості впливу різних ергономічних чинників при роботі людини за комп'ютером.

У економічній частині була розрахована ціна виробу, були розраховані амортизаційні відрахування.

Були проведені дослідження з метою вивчення впливу на інфрачервоне зображення різних чинників та факторів. За результатами дослідження можемо зробити висновок, що характеристики інфрачервоної камери mlx90640 є достатніми для визначення людини з підвищеною температурою за умови правильного налаштування камери. Показники інфрачервоної камери є менш

точними ніж показники пірометра, однак камера дає значні переваги у автоматизації процесу виміру температури на прохідній. З огляду на це, є доречним допустити можливість почати розробку програмного та апаратного забезпечення для впровадження автоматичного температурного скринінгу людини на базі mlx90640 на прохідній підприємства в реальних умовах.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. <https://www.opgal.com/>
2. <https://www.haaretz.com/2003-05-20/ty-article/ben-gurion-airport-installs-sars-detector/0000017f-e4c7-d9aa-afff-fddfde530000>
3. <https://www.flir.com>
4. <https://www.axis.com/>
5. <https://www.thermal.com/>
6. <https://medlineplus.gov/ency/article/001982.htm#:~:text=The%20average%20normal%20body%20temperature,by%20an%20infection%20or%20illness>
7. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4843908/>
8. <https://www.fda.gov/medical-devices/safety-communications/improper-use-thermal-imaging-devices-fda-safety-communication#:~:text=Improper%20Use%20of%20Thermal%20Imaging%20Devices%3A%20FDA%20Safety%20Communication,-Share&text=The%20U.S.%20Food%20and%20Drug,may%20provide%20inaccurate%20temperature%20readings>
9. <https://www.fda.gov/medical-devices/general-hospital-devices-and-supplies/non-contact-infrared-thermometers#:~:text=Measuring%20a%20person's%20temperature%20can,the%20risk%20of%20spreading%20disease.>
10. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9221900/>
11. <https://www.mdpi.com/1660-4601/19/23/15883>
12. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/?term=Muscle+activity+during+movement+or+physical+activity+can+generate+a+significant+amount+of+heat>
13. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8272228/>
14. <https://github.com/YuliiRunikov/ATMS/tree/master>
15. <https://github.com/paveldhq/thermo>
16. [https://aks.nmu.org.ua/ua/Doc/151\\_DP\\_MAGISTR.pdf](https://aks.nmu.org.ua/ua/Doc/151_DP_MAGISTR.pdf)

17. [https://ir.nmu.org.ua/bitstream/handle/123456789/161980/03\\_%20151-18-1\\_%20%D0%A0%D1%83%D0%BD%D1%96%D0%BA%D0%BE%D0%B2\\_%D0%AE\\_%D0%A0-%D0%9E%D0%9F%D0%97.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://ir.nmu.org.ua/bitstream/handle/123456789/161980/03_%20151-18-1_%20%D0%A0%D1%83%D0%BD%D1%96%D0%BA%D0%BE%D0%B2_%D0%AE_%D0%A0-%D0%9E%D0%9F%D0%97.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
18. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2297-17#Text>
19. MLX90640 Datasheet | 32 x 24 IR array
20. <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/ILI9341.pdf>
21. [https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32\\_datasheet\\_en.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf)
22. ДБН В.2.5-28:2018
23. п. 4.19 ДСанПіН 3.3.2.007-98
24. п. 3.2.2 ДСанПіН 3.3.2.007-98
25. п. 3.2.5 ДСанПіН 3.3.2.007-98)
26. п. 3.2.15 ДСанПіН 3.3.2.007-98 )