

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника

Фізико-технічний факультет

Кафедра комп'ютерної інженерії та електроніки

Гнатюк Євгенія-Анна Володимирівна

Yevheniia-Anna Hnatiuk

УДК 004:42

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

Кваліфікаційна робота

на здобуття освітнього ступеня бакалавра

Проектування та реалізація IoT-рішення для моніторингу температури тіла з
використанням ESP12F та сенсора DS18B20

Design and implementation of IoT solution for body temperature monitoring using
ESP12F and DS18B20 sensor

Науковий керівник:

кандидат к.т.н, Михайло КОТИК

Рецензент:

Кандидат технічних наук, старший
викладач кафедри комп'ютерних
наук та інформаційних систем,
Михайло ПЕТРИШИН

Івано-Франківськ

2024

Формат	Поз.	Позначення	Найменування	К-ть	Прим.
A4			Установка сенсора температури DS18B20	1	
A4			Структурна схема системи моніторингу температури	1	
A4			Пояснювальна записка	60	

					123.KI-41.25			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Гнатюк С-А.В.			Специфікація	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів		Котик М.В.					2	1
Н. Контр.								
Затвердив								

АНОТАЦІЯ

Дипломна робота викладена на 69 сторінках, містить 9 рисунків, 5 таблиць, список використаних джерел складається з 49 найменувань.

Актуальність теми: В умовах пандемії COVID-19 та інших інфекційних захворювань, які можуть швидко поширюватися серед населення, виникає гостра потреба в ефективних засобах контролю та запобігання їх розповсюдженню. Розробка систем дистанційного моніторингу температури тіла, які дозволяють швидко, точно та безпечно вимірювати температуру великої кількості людей без безпосереднього контакту з ними, є актуальним завданням для підвищення ефективності заходів з контролю та запобігання поширенню інфекційних захворювань.

Мета дипломної роботи полягає в розробці та реалізації системи дистанційного моніторингу температури тіла людини на базі мікроконтролера ESP12F та сенсора DS18B20 для підвищення ефективності та безпечності масового скринінгу температури в умовах пандемії та інших ситуаціях, які вимагають контролю температури тіла людини.

Під час виконання роботи використовували методи аналізу літературних джерел, синтезу структурної схеми системи, експериментальних досліджень, математичної статистики для обробки результатів.

У результаті проведених досліджень розроблено структурну схему та реалізовано апаратну частину системи дистанційного моніторингу температури тіла на базі мікроконтролера ESP12F та сенсора DS18B20. Створено програмне забезпечення для зчитування даних з сенсора, їх передачі на сервер та візуалізації у веб-інтерфейсі. Проведено тестування системи та встановлено, що вона забезпечує високу точність вимірювання температури, надійність передачі даних та зручність використання.

					123.КІ-41.25		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
Розробив		Гнатюк С.-А.В.			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
Перевірив		Котик М.В.				3	1
Н. Контр.							
Затвердив							

Анотація

Отримані результати мають практичну цінність та можуть бути використані для підвищення ефективності та безпеки масового скринінгу температури в умовах пандемії та інших ситуаціях, які вимагають контролю температури тіла людини. Розроблена система може знайти застосування в медичних закладах, на транспорті, в торгових центрах, навчальних закладах тощо.

Ключові слова: дистанційний моніторинг, температура тіла, мікроконтролер ESP12F, сенсор DS18B20, масовий скринінг, інфекційні захворювання

					123.КІ-41.25			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
Розробив		Гнатюк С-А.В.			Анотація	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушіє</i>
Перевірив		Котик М.В.					3	1
Н. Контр.								
Затвердив								

ABSTRACT

The thesis is laid out on 69 pages, contains 9 figures, 5 tables, the list of used sources consists of 49 items.

Relevance of the topic: In the conditions of the COVID-19 pandemic and other infectious diseases that can quickly spread among the population, there is an urgent need for effective means of control and prevention of their spread. The development of remote body temperature monitoring systems, which allow to quickly, accurately and safely measure the temperature of a large number of people without direct contact with them, is an urgent task for increasing the effectiveness of measures to control and prevent the spread of infectious diseases.

The aim of the thesis is to develop and implement a system for remote monitoring of human body temperature based on an ESP12F microcontroller and a DS18B20 sensor to increase the efficiency and safety of mass temperature screening in pandemic conditions and other situations that require monitoring of human body temperature.

During the work, the methods of analysis of literary sources, synthesis of the structural scheme of the system, experimental studies, and mathematical statistics were used to process the results.

As a result of the research, a structural diagram was developed and the hardware part of the remote body temperature monitoring system based on the ESP12F microcontroller and the DS18B20 sensor was implemented. Software was created for reading data from the sensor, transferring it to the server and visualizing it in the web interface. The system has been tested and found to provide high temperature measurement accuracy, data transmission reliability and ease of use.

The obtained results have practical value and can be used to increase the efficiency and safety of mass screening of temperature in pandemic conditions and other situations that require control of human body temperature.

					123.KI-41.25			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
Розробив		Гнатюк С-А.В.			Abstract	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушіє</i>
Перевірив		Котик М.В.					4	1
Н. Контр.								
Затвердив								

The developed system can be used in medical facilities, transport, shopping centers, educational institutions, etc.

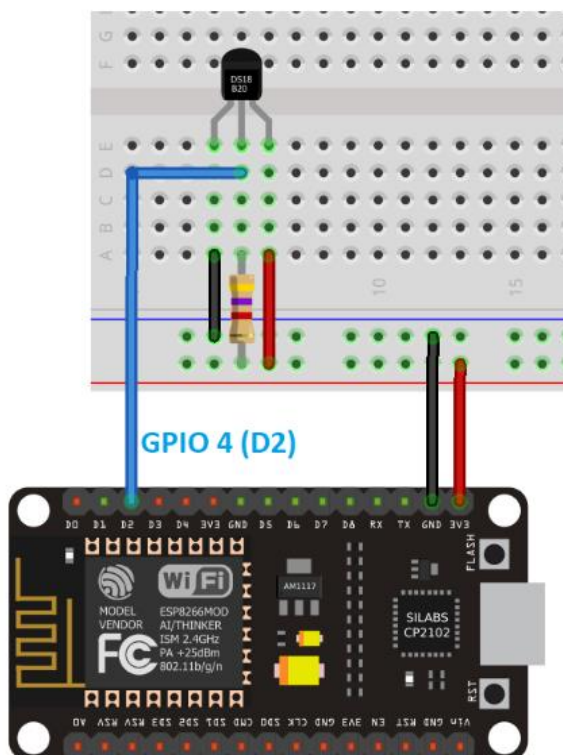
Key words: remote monitoring, body temperature, ESP12F microcontroller, DS18B20 sensor, mass screening, infectious diseases

					123.КІ-41.25			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
Розробив		Гнатюк С-А.В.			Abstract	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушіє</i>
Перевірив		Котик М.В.					4	1
Н. Контр.								
Затвердив								

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

- IoT - Internet of Things (Інтернет речей)
- ESP12F - Електронний модуль на базі мікроконтролера ESP8266
- DS18B20 - Цифровий температурний сенсор
- MCU - Microcontroller Unit (Мікроконтролер)
- Wi-Fi - Wireless Fidelity (Бездротовий зв'язок)
- HTTP - Hypertext Transfer Protocol (Протокол передачі гіпертексту)
- JSON - JavaScript Object Notation (Формат обміну даними)
- API - Application Programming Interface (Інтерфейс програмування додатків)
- PWM - Pulse Width Modulation (Широтно-імпульсна модуляція)
- ADC - Analog to Digital Converter (Аналого-цифровий перетворювач)
- GPIO - General Purpose Input/Output (Універсальні входи/виходи)
- RTC - Real-Time Clock (Годинник реального часу)
- PCB - Printed Circuit Board (Друкована плата)
- UART - Universal Asynchronous Receiver-Transmitter (Універсальний асинхронний приймач-передавач)
- IDE - Integrated Development Environment (Інтегроване середовище розробки)
- MQTT - Message Queuing Telemetry Transport (Протокол телеметрії черги повідомлень)
- SSL - Secure Sockets Layer (Шар захищених сокетів)
- OTA - Over-The-Air (Оновлення по повітрю)
- SDK - Software Development Kit (Набір засобів розробки програмного забезпечення)
- NTP - Network Time Protocol (Мережевий протокол часу))

					123.КІ-41.25			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
Розробив		Гнатюк С.-А.В.			Abstract	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушіє</i>
Перевірів		Котик М.В.					4	1
Н. Контр.								
Затвердив								



					123.КІ-41.25			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
Розробив		Гнатюк С-А.В			Установка сенсора температури DS18B20	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
Перевірів		Котик М.В.					5	1
Н. Контр.								
Затвердив								



					123.КІ-41.25			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
Розробив		Гнатюк С-А.В.			Структурна схема системи моніторингу температури	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушіє</i>
Перевірив		Котик М.В.					6	1
Н. Контр.								
Затвердив								

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи

на тему:

**«Проектування та реалізація IoT-рішення для моніторингу температури тіла
з використанням ESP12F та сенсора DS18B20»**

					123.KI-41.25			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
Розробив		Гнатюк С.-А.В.			Пояснювальна записка	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушіє</i>
Перевірив		Котик М.В.					7	60
Н. Контр.								
Затвердив								

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ.....	6
1.1 Огляд існуючих рішень для дистанційного моніторингу температури тіла.....	6
1.2 Аналіз технологій та компонентів для реалізації системи моніторингу температури.....	19
1.3 Постановка задачі та визначення вимог до системи дистанційного моніторингу температури тіла.....	23
РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ ТЕМПЕРАТУРИ ТІЛА.....	26
2.1 Розробка структурної схеми системи моніторингу температури на базі ESP12F та сенсора DS18B20.....	26
2.2 Реалізація апаратної частини системи моніторингу температури.....	29
2.3 Розробка програмного забезпечення для ESP12F та веб-сервісу відслідковування даних.....	33
РОЗДІЛ 3. ТЕСТУВАННЯ ТА АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ СИСТЕМИ....	35
3.1 Методика тестування системи дистанційного моніторингу температури тіла.....	35
3.2 Аналіз результатів роботи системи моніторингу температури.....	38
3.3 Оцінка ефективності та перспективи подальшого розвитку системи....	43
ВИСНОВКИ.....	48
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	50
ДОДАТОК.....	56.
Додаток А.....	56
Додаток Б.....	57
Додаток В.....	59

					123.KI-41.10	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

ВСТУП

Актуальність теми. В умовах пандемії COVID-19 та інших інфекційних захворювань, які можуть швидко поширюватися серед населення, виникає гостра потреба в ефективних засобах контролю та запобігання їх розповсюдженню. Одним з ключових симптомів багатьох інфекційних захворювань є підвищення температури тіла, тому своєчасне виявлення людей з підвищеною температурою є важливим заходом для стримування поширення інфекції.

Традиційні методи вимірювання температури, такі як ртутні або електронні термометри, вимагають безпосереднього контакту з тілом людини, що може бути небезпечним для медичного персоналу та інших осіб, які проводять вимірювання. Крім того, такі методи не дозволяють проводити масовий скринінг температури в місцях великого скупчення людей, таких як аеропорти, вокзали, торгові центри тощо.

Тому розробка систем дистанційного моніторингу температури тіла, які дозволяють швидко, точно та безпечно вимірювати температуру великої кількості людей без безпосереднього контакту з ними, є актуальною задачею. Такі системи можуть значно підвищити ефективність заходів з контролю та запобігання поширенню інфекційних захворювань, а також знизити ризики для медичного персоналу та інших осіб, які проводять вимірювання температури.

Крім того, системи дистанційного моніторингу температури тіла можуть знайти застосування не лише в контексті інфекційних захворювань, але й в інших сферах, таких як моніторинг стану здоров'я пацієнтів в медичних закладах, контроль температурних режимів на виробництві тощо. Це робить розробку таких систем перспективним напрямком досліджень та інженерних розробок.

Отже, актуальність теми дипломної роботи зумовлена необхідністю створення ефективних та надійних засобів дистанційного моніторингу температури тіла людини в умовах пандемії та інших ситуаціях, які вимагають масового скринінгу температури. Розробка та вдосконалення таких систем може значно підвищити ефективність заходів з контролю та запобігання поширенню

					123.KI-41.10	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

інфекційних захворювань, а також знайти застосування в інших сферах, де необхідний моніторинг температури тіла людини.

Метою роботи є розробка та реалізація системи дистанційного моніторингу температури тіла людини на базі мікроконтролера ESP12F та сенсора DS18B20.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. Провести аналіз існуючих рішень та технологій для реалізації систем дистанційного моніторингу температури тіла.
2. Визначити основні вимоги до системи дистанційного моніторингу температури тіла.
3. Розробити структурну схему системи на базі мікроконтролера ESP12F та сенсора DS18B20.
4. Реалізувати апаратну частину системи та розробити програмне забезпечення для зчитування даних з сенсора та їх передачі на сервер.
5. Створити веб-інтерфейс для візуалізації даних та управління системою моніторингу температури.
6. Провести тестування системи та проаналізувати результати її роботи.
7. Надати рекомендації щодо подальшого вдосконалення та перспектив розвитку системи.

Об'єкт дослідження: процес дистанційного моніторингу температури тіла людини.

Предмет дослідження: система дистанційного моніторингу температури тіла на базі мікроконтролера ESP12F та сенсора DS18B20.

Практичне значення роботи полягає в розробці та реалізації дієвої системи дистанційного моніторингу температури тіла, яка може бути використана для масового скринінгу температури в місцях великого скупчення людей, а також для моніторингу стану здоров'я пацієнтів в медичних закладах та контролю температурних режимів на виробництві.

Теоретичне значення роботи полягає в систематизації та узагальненні знань про технології та методи реалізації систем дистанційного моніторингу

					<i>123.KI-41.10</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		4

температури тіла, а також в розробці рекомендацій щодо їх подальшого вдосконалення та перспектив розвитку.

Гіпотеза дослідження: використання системи дистанційного моніторингу температури тіла на базі мікроконтролера ESP12F та сенсора DS18B20 дозволить підвищити ефективність та безпечність масового скринінгу температури в умовах пандемії та інших ситуаціях, які вимагають контролю температури тіла людини.

Новизна роботи полягає в розробці оригінальної системи дистанційного моніторингу температури тіла, яка базується на використанні недорогих та доступних компонентів, таких як мікроконтролер ESP12F та сенсор DS18B20, та забезпечує високу точність, надійність та зручність використання.

Методи дослідження: аналіз літературних джерел та існуючих рішень, синтез структурної схеми системи, експериментальні дослідження, методи математичної статистики для обробки результатів.

					<i>123.KI-41.10</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		5

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

1.1 Огляд існуючих рішень для дистанційного моніторингу температури тіла

На сьогодні існує ряд технологічних рішень, які дозволяють здійснювати дистанційний моніторинг температури тіла людини. Ці системи набули особливої актуальності в умовах пандемії COVID-19, коли необхідність температурного скринінгу в громадських місцях стала критично важливою для стримування поширення інфекції. Наприклад: на вокзалах, у великих офісах, закладах освіти, торгових центрах.

Системи дистанційного моніторингу температури тіла – це технології, які дозволяють вимірювати температуру людського тіла на відстані, без необхідності безпосереднього контакту з людиною. Основні характеристики таких систем:

1. **Безконтактність:** вимірювання відбувається дистанційно, зазвичай за допомогою інфрачервоних датчиків або теплових камер. Це дозволяє уникнути фізичного контакту з потенційно інфікованою людиною.

2. **Швидкість:** результат вимірювання отримується практично миттєво, що дає змогу перевіряти велику кількість людей за короткий час, наприклад, на вході до будівель чи на контрольно-пропускних пунктах.

3. **Автоматизація:** системи можуть автоматично виявляти людей з підвищеною температурою і сигналізувати про це, мінімізуючи потребу в людських операторах.

4. **Інтеграція:** дані вимірювань можуть передаватися і зберігатися в електронному вигляді, інтегруючись з іншими системами контролю доступу, безпеки тощо [1].

Одним з найбільш поширених типів систем дистанційного моніторингу температури є термографічні камери. Вони використовують інфрачервоні датчики для вимірювання температури поверхні тіла людини, зазвичай в області обличчя. Такі камери здатні одночасно сканувати велику кількість людей, автоматично виявляти тих, у кого підвищена температура, і подавати відповідний сигнал

					123.KI-41.10	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

тривоги. Прикладами таких систем є «Tecsar IPCT-Pandemic», «Hikvision DS-2TD2617B-6/PA», «Dahua DH-TPC-BF2221-T».

Інший тип систем – це скринінгові термометри, такі як «vIRalert 2» від АМЕТЕК Land. Вони використовують тепловізійну технологію для безконтактного вимірювання температури шкіри обличчя з високою точністю. Такі системи часто комплектуються еталонними джерелами випромінювання (чорним тілом) для забезпечення точності вимірювань.

Для більш локального використання, наприклад в офісах або на підприємствах, застосовуються стаціонарні термографічні комплекси, такі як «MOBOTIX M16TB». Вони поєднують тепловізійну і оптичну камери, забезпечуючи як вимірювання температури, так і ідентифікацію осіб. Спеціальне програмне забезпечення дозволяє встановлювати порогові значення температури і автоматично сповіщати про їх перевищення.

Для персонального використання та оперативного контролю температури розроблені портативні безконтактні термометри, як от серія «Medisana FTN». Вони використовують інфрачервоний датчик для швидкого вимірювання температури тіла з відстані декількох сантиметрів. Деякі моделі також дозволяють вимірювати температуру поверхонь і рідин.

Ще одним рішенням для мобільного температурного скринінгу є ручні тепловізорні камери, такі як «FLIR T540-EST». Вони забезпечують оперативне виявлення людей з підвищеною температурою за рахунок високої роздільної здатності та спеціальних режимів вимірювання [2, с. 125].

Розглянемо детальніше кожен систему дистанційного моніторингу температури тіла.

«Tecsar IPCT-Pandemic» – це система моніторингу температури тіла, яка розроблена для здійснення віддаленого контролю температурних показників осіб у місцях їх масової присутності, що набуває особливої важливості в умовах ускладненої епідеміологічної ситуації (рис. 1.1). Потенційними сферами застосування комплексу є транспортні хаби, прикордонні контрольно-пропускні пункти та різноманітні установи.

					123.KI-41.10	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7



Рис. 1.1 – Система моніторингу температури тіла «Tecsar IPCT-Pandemic»

Система «Tecsar IPCT-Pandemic» складається з:

- 1) камери з дуальним сенсором (оптичний і термальний);
- 2) абсолютно чорного тіла (засіб калібрування);
- 3) монтажного кронштейна для камери;
- 4) спеціалізованого програмного забезпечення для моніторингу.

Принцип роботи полягає у наступному:

1. Збір температурних даних:

– камера зі здвоєним сенсором (оптичний + термальний) здійснює безконтактне вимірювання температури поверхні тіла людей у полі зору;

– оптичний сенсор забезпечує отримання візуального зображення осіб, тоді як термальний сенсор реєструє інфрачервоне випромінювання, що корелює з температурою тіла.

2. Калібрування та корекція вимірювань:

– абсолютно чорне тіло (пристрій калібрування) використовується для забезпечення точності та стабільності вимірювань шляхом створення еталонного температурного значення;

– система здійснює автоматичну корекцію коефіцієнта випромінювання, відстані, температури навколишнього середовища та впливу зовнішніх джерел для мінімізації похибок вимірювання.

					<i>123.KI-41.10</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		8

3. Ідентифікація осіб та детекція температури:

- вбудований алгоритм виявлення обличчя дозволяє системі розпізнавати та ідентифікувати окремих осіб у потоці людей;
- інтелектуальні алгоритми на основі штучного інтелекту (AI) здійснюють автоматичну детекцію температури тіла кожного ідентифікованого індивіда;
- система здатна паралельно визначати температуру до 16 осіб у реальному часі з високою швидкістю (30 мс на вимірювання).

4. Візуалізація та сповіщення:

- виміряна температура кожної особи накладається на її зображення, забезпечуючи інтуїтивно зрозумілу візуалізацію результатів моніторингу;
- у разі виявлення підвищеної температури тіла система генерує попереджувальні сигнали (звукові та світлові) за допомогою вбудованого бузера та сигнального індикатора.

5. Збереження та обробка даних:

- розпізнані дані про температуру та особу автоматично вносяться до бази даних системи для подальшого аналізу та архівування;
- спеціалізоване програмне забезпечення для моніторингу дозволяє здійснювати обробку отриманих результатів, генерувати звіти та відстежувати динаміку температурних показників у часі [3].

«vIRalert 2» є автоматизованою системою скринінгу температури тіла людини, розроблена компанією AMETEK Land (рис. 1.2).

Її основне призначення – швидке виявлення людей з підвищеною температурою в місцях великого скупчення, таких як аеропорти, вокзали, офіси, навчальні заклади тощо.

					123.KI-41.10	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9



Рис. 1.2 – Система моніторингу фіксованої температури «vIRalert 2»

Основний принцип її роботи:

1. Система використовує інфрачервону тепловізійну технологію для дистанційного вимірювання температури обличчя/голови людини з високою точністю (до 0,5 °C).

2. Для забезпечення точності вимірювань тепловізор калібрується в реальному часі за допомогою точного джерела калібрування – так званого "чорного тіла".

3. Програмне забезпечення системи аналізує дані з тепловізора і видає автоматичні візуальні та звукові сигнали тривоги, якщо температура перевищує заданий поріг, що може свідчити про лихоманку. Це дозволяє оператору вчасно помітити людей з підвищеною температурою і вжити заходів для мінімізації ризику поширення інфекції.

Перевагами системи є швидкість, безконтактність вимірювання, мінімальний вплив на потік людей, зниження ризику передачі інфекції операторам [4].

Окрім вищезгаданих систем, на ринку представлено ряд інших рішень для дистанційного моніторингу температури тіла. Зокрема, компанія Hikvision

					<i>123.KI-41.10</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		10

пропонує термографічну камеру «DS-2TD2617B-6/PA (B)» – проєктне обладнання для безконтактного вимірювання температури людей (рис. 1.3).



Рис. 1.3 – Термографічна камера «DS-2TD2617B-6/PA (B)»

Основні характеристики та особливості:

1. Використовує тепловізійний модуль з роздільною здатністю 160x120 та високочутливою матрицею. Дозволяє вимірювати температуру в точці, по лінії та в області.

2. Діапазон вимірювання температури: від +30 °С до +45 °С. Точність вимірювання $\pm 0,5$ °С.

3. При перевищенні порогової температури спрацьовує безвідмовна тривога. Є стробоскоп і аудіо сигналізація.

4. Має вбудований мікрофон, слот для карти пам'яті до 128 ГБ.

5. Оптична камера на 2 Мп дозволяє поєднувати тепловізійне та звичайне зображення для кращого аналізу.

6. Завдяки II-технологіям може визначати температуру як окремої людини, так і людей в натовпі. Швидкість вимірювання – до 1 с на людину.

7. Дальність ІЧ-підсвічування – до 40 м. Є функції відеоаналітики, виявлення загорянь.

8. Підтримує різні мережеві протоколи, має API для інтеграції з ПЗ відеоменеджменту та СКУД.

9. Захист корпусу IP66, стійкість до імпульсних перенапруг.

Такі тепловізори від HikVision дозволяють оперативно виявляти людей з підвищеною температурою в місцях великого скупчення – аеропортах, вокзалах,

					123.KI-41.10	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

школах, лікарнях тощо. Це важливо для попередження поширення вірусних інфекцій. Поєднання з системами контролю доступу підвищує загальний рівень безпеки об'єктів [5].

Тепловізійна камера «МОВОТІХ М16ТВ» використовує комбінацію тепловізійної та оптичної камер для точного вимірювання температури та ідентифікації осіб (рис. 1.4). Завдяки функції «Temperature Radiometry» камера здатна вимірювати абсолютну температуру об'єктів з похибкою менше 0,1 °С. Програмне забезпечення дозволяє встановлювати температурні пороги тривоги та автоматично відправляти сповіщення при їх перевищенні.



Рис. 1.4 – Тепловізійна камера «МОВОТІХ М16ТВ»

Джерело: [6]

Принцип роботи полягає в наступному: камери підключаються до внутрішньої комп'ютерної мережі або працюють автономно. Для калібрування може використовуватися абсолютне чорне тіло (АЧТ), але при стабільних умовах це не обов'язково. Камера має 20 програмних зон для вимірювання температури, що налаштовуються на певні значення. При перевищенні порогової температури генеруються звукові та візуальні сповіщення, а події записуються в архів VMS.

Разом з тепловим знімком може зберігатися оптичне зображення для подальшого аналізу. При пошуку в архіві можна задавати різні критерії - по подіях, часу, руху, розпізнаванню облич тощо.

					<i>123.KI-41.10</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		12

Переваги системи:

1. Багатозональне вимірювання (до 20 зон) дозволяє оцінювати температуру різних ділянок тіла людини при русі.
2. Це підвищує надійність детектування підвищеної температури, зменшує хибні спрацьовування.
3. Гнучка система сповіщень та інтеграція з VMS для запису подій і подальшого аналізу.
4. Висока точність вимірювання завдяки радіометричній технології, незалежність від росту людини.
5. Можливість вимірювання температури не тільки на вході, а й під час перебування та на виході.
6. Розширені можливості пошуку в архіві за різними критеріями для аналізу і розслідування інцидентів.
7. Відповідність міжнародним стандартам з безконтактного вимірювання температури тіла [7].

Dahua Technology пропонує **термографічну камеру «DH-TPC-BF2221-T»**, яка поєднує в собі тепловізійний та оптичний сенсори (рис. 1.5).



Рис. 1.5 – Термографічна камера «DH-TPC-BF2221-TB7F8»

Основні характеристики:

1. Тепловізійний сенсор має роздільну здатність 256x192 пікселів, а оптичний – Full HD (1920x1080).

					123.KI-41.10	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

2. Фокусна відстань об'єктива для тепловізійного сенсора – 7 мм, для оптичного – 8 мм.

3. Камера має функції відеоаналітики. Для тепловізійного сенсора доступні функції виявлення пожежі, диму та відстеження найгарячішої точки в кадрі. Для оптичного сенсора є функції периметрії (виявлення перетину лінії, вторгнення в зону) та SMD+ (виявлення людей і транспорту).

4. Має здатність вимірювати температуру об'єктів в діапазоні від -20 °С до +550 °С з точністю ± 5 °С. Можна задати порогове значення температури, при перевищенні якого буде генеруватися тривожний сигнал.

5. Камера має вбудований слот для microSD карт пам'яті (до 256 ГБ), тривожні входи/виходи.

6. Для активного відлякування порушників є вбудований прожектор білого світла та гучномовець для відтворення тривожних повідомлень.

7. Корпус має захист від пилу та вологи за стандартом IP67.

Принцип роботи полягає в наступному: тепловізійний сенсор фіксує інфрачервоне випромінювання від об'єктів і формує теплове зображення. Одночасно оптичний сенсор дає деталізоване кольорове зображення в видимому діапазоні. Це дозволяє оператору бачити об'єкт моніторингу одночасно в двох спектрах.

Функції відеоаналітики в реальному часі виявляють потенційні загрози – перетин периметру, пожежу, задимлення, перегрів обладнання тощо. При цьому камера може автоматично подавати тривожний сигнал, записувати відео в архів на карту пам'яті, активувати звукове та світлове сповіщення через вбудовані гучномовець та прожектор.

Дистанційне вимірювання температури дозволяє використовувати цю камеру для моніторингу виробничих процесів, контролю перегріву обладнання, виявлення загорянь тощо [8].

Компанія Medisana AG розробила серію **безконтактних інфрачервоних термометрів «Medisana FTN»** (рис. 1.6), що призначені вимірювання температури тіла людини та навколишніх предметів.

					<i>123.KI-41.10</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14



Рис. 1.6 – Безконтактний інфрачервоний термометр «Medisana FTN»

Основні характеристики:

1. Швидке вимірювання: результат отримується за 1-2 секунди.
2. Висока точність: у діапазоні 36–39 °С похибка становить $\pm 0,2$ °С, в інших діапазонах $\pm 0,3$ °С.
3. Можливість вимірювання температури не тільки тіла, але й різних предметів та рідин в діапазоні від 0 °С до 100 °С. Це зручно для контролю температури дитячого харчування, води для купання тощо.
4. Звукова та візуальна сигналізація підвищеної температури: при перевищенні 37,5 °С колір підсвітки дисплея змінюється з зеленого на червоний і лунає звуковий сигнал.
5. Пам'ять на 30 останніх вимірювань з реєстрацією часу. Це дозволяє відстежувати динаміку зміни температури.
6. Автоматичне відключення через 3 хвилини після останнього вимірювання для економії заряду батарей.
7. Компактні розміри (147x38x21 мм) та мала вага (48 г з батареями), що робить термометр зручним для використання вдома та в дорозі.

Принцип роботи полягає в наступному: термометр вимірює інтенсивність інфрачервоного випромінювання, що надходить від ділянки лоба людини на відстані близько 5 см. Спеціальний сенсор перетворює це випромінювання в електричний сигнал, який потім обробляється мікропроцесором. На основі

					123.КІ-41.10	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

отриманих даних мікропроцесор розраховує температуру тіла з урахуванням коефіцієнта випромінювання шкіри та показує результат на дисплеї.

Безконтактний принцип вимірювання робить термометр Medisana FTN особливо зручним для використання у дітей, оскільки не потребує прямого контакту з шкірою і не порушує сон дитини. Також це забезпечує високий рівень гігієнічності при використанні приладу для масових вимірювань температури у великих колективах – школах, лікарнях, на підприємствах.

Завдяки розширеному температурному діапазону та функції вимірювання температури предметів, термометр «Medisana FTN» можна використовувати не лише для контролю стану здоров'я, але й у побуті для різних потреб [9].

Слід зазначити, що дистанційне вимірювання температури тіла має певні обмеження та потенційні похибки. Зокрема, на точність вимірювання можуть впливати зовнішні фактори, такі як температура навколишнього середовища, вологість, відстань до об'єкта вимірювання тощо. Також важливо враховувати, що температура поверхні тіла (наприклад, обличчя) може відрізнитися від внутрішньої температури тіла, яка є більш надійним показником лихоманки [10, с. 47].

Для мінімізації похибок вимірювання, системи дистанційного моніторингу температури тіла повинні регулярно калібруватися за допомогою еталонних джерел випромінювання (наприклад, абсолютно чорного тіла). Також рекомендується проводити вимірювання в контрольованих умовах з мінімальним впливом зовнішніх факторів та дотримуватися рекомендованої відстані до об'єкта вимірювання [11].

Важливим аспектом використання систем дистанційного моніторингу температури є дотримання правил конфіденційності та захисту персональних даних. Температурні дані, отримані за допомогою таких систем, можуть вважатися чутливою медичною інформацією і повинні оброблятися у відповідності до чинного законодавства про захист персональних даних, зокрема GDPR та HIPAA [12, с. 135].

					123.KI-41.10	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Для забезпечення ефективності та надійності температурного скринінгу, Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) надає ряд рекомендацій щодо використання термографічних систем:

1. Термографічний скринінг повинен проводитися в контрольованому середовищі з мінімальними перепадами температури та впливом зовнішніх факторів.

2. Особи, що проходять скринінг, повинні бути без головних уборів, масок та інших предметів, які можуть впливати на результати вимірювання.

3. Перед вимірюванням людина повинна перебувати в стані спокою протягом декількох хвилин для стабілізації температури тіла.

4. При виявленні підвищеної температури за допомогою термографічного скринінгу, необхідно провести додаткове вимірювання контактним методом для підтвердження результату [13, с. 5-6].

Дистанційне вимірювання температури тіла знаходить застосування не лише в контексті контролю інфекційних захворювань, але й в інших сферах. Зокрема, в медицині термографія використовується для діагностики запальних процесів, порушень кровообігу, онкологічних захворювань тощо. В промисловості тепловізійні системи застосовуються для моніторингу температури обладнання та виявлення потенційних несправностей [14, с. 92].

FLIR пропонує спеціалізовану серію **ручних тепловізорних камер «FLIR T540-EST»**, яка розроблена спеціально для швидкого виявлення людей з підвищеною температурою шкіри, що може бути ознакою лихоманки або інфекційного захворювання (рис. 1.7). Її можна використовувати як засіб первинного скринінгу в громадських місцях, на підприємствах, в аеропортах тощо.

					123.KI-41.10	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 1.7 – Ручна тепловізорна камера «FLIR T540-EST»

Основні характеристики камери:

1. Діапазон вимірюваних температур: Камера вимірює температуру в діапазоні від 15°C до 45°C, що оптимально відповідає можливим варіаціям температури шкіри людини.

2. Роздільна здатність детектора: 464x348 пікселів, що відповідає вимогам медичного стандарту IEC 80601-2-59 для скринінгових термографічних систем. Це забезпечує достатню детальність теплового зображення для точного визначення температури в потрібних зонах.

3. Режим вимірювання FLIR Screen-EST: Спеціальний режим, який допомагає оператору правильно позиціонувати камеру відносно обличчя людини, автоматично відбирає область для вимірювання і показує усереднену температуру в реальному часі. Це спрощує процедуру вимірювання і знижує вплив суб'єктивних факторів.

4. Якісний дисплей: Дозволяє оператору чітко бачити теплове зображення і температурні дані для їх правильної інтерпретації.

5. Можливість встановлення на штатив: Дозволяє використовувати камеру як в ручному, так і в стаціонарному режимі, наприклад на пункті пропуску. Принцип роботи FLIR T540-EST заснований на реєстрації інфрачервоного випромінювання від шкіри людини в діапазоні довжин хвиль 8-14 мкм (довгохвильове ІЧ-випромінювання). Спеціальний неохолоджуваний мікроболометричний детектор перетворює це випромінювання в електричний

					123.KI-41.10	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сигнал, який після обробки візуалізується у вигляді кольорового теплового зображення.

Програмне забезпечення камери автоматично визначає на обличчі людини зони, найбільш придатні для вимірювання температури (наприклад, внутрішні кути очей), і розраховує середню температуру цих зон. Якщо вона перевищує заданий поріг (наприклад, 37,5 °C), камера подає звуковий і візуальний сигнал, щоб привернути увагу оператора.

Проте «FLIR T540-EST» не є медичним діагностичним приладом і не може замінити традиційні методи вимірювання температури тіла. Вона призначена для попереднього виявлення людей з потенційно підвищеною температурою, які потім повинні пройти більш точне обстеження медичними термометрами [15].

1.2 Аналіз технологій та компонентів для реалізації системи моніторингу температури

Для реалізації системи дистанційного моніторингу температури тіла необхідно проаналізувати доступні технології та компоненти, які можуть бути використані для побудови такої системи. Основними елементами системи є сенсори для вимірювання температури, методи передачі та обробки даних, а також програмне забезпечення для управління системою та візуалізації результатів [16, с. 25].

Одним з ключових компонентів системи моніторингу температури є сенсори. Найчастіше використовуються інфрачервоні (ІЧ) сенсори, які дозволяють вимірювати температуру об'єкта на відстані, без безпосереднього контакту. ІЧ-сенсори працюють за принципом вимірювання інтенсивності інфрачервоного випромінювання, яке випускається об'єктом. Це випромінювання залежить від температури об'єкта, що дозволяє визначити його температуру на основі аналізу отриманого сигналу [17, с. 120].

Серед ІЧ-сенсорів найбільш поширеними є термопари, болометри та піроелектричні сенсори. Термопари складаються з двох різнорідних провідників, з'єднаних в одній точці, і генерують електричний сигнал, пропорційний різниці температур між гарячим і холодним спаями. Болометри змінюють свій опір

					<i>123.KI-41.10</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		19

залежно від температури, що дозволяє визначити температуру об'єкта шляхом вимірювання зміни опору. Піроелектричні сенсори генерують електричний заряд при зміні температури, що дає змогу реєструвати температурні коливання [18, с. 45].

Для підвищення точності вимірювання температури використовуються матричні ІЧ-сенсори, які складаються з масиву чутливих елементів, розташованих у вигляді матриці. Це дозволяє отримувати теплове зображення об'єкта з високою роздільною здатністю та точністю. Матричні сенсори можуть бути виконані на основі різних технологій, таких як мікроболометри, піроелектричні матриці та матриці на основі оксиду ванадію [19, с. 82].

Для забезпечення точності вимірювань, ІЧ-сенсори потребують калібрування. Калібрування дозволяє встановити залежність між вихідним сигналом сенсора та реальною температурою об'єкта. Для калібрування використовуються еталонні джерела випромінювання з відомою температурою, такі як абсолютно чорне тіло (АЧТ). АЧТ має коефіцієнт випромінювання, близький до одиниці, що робить його ідеальним джерелом для калібрування ІЧ-сенсорів [20, с. 58].

Окрім ІЧ-сенсорів, для вимірювання температури тіла можуть використовуватися контактні сенсори, такі як термістори та термоелектричні перетворювачі. Термістори - це напівпровідникові резистори, опір яких змінюється залежно від температури. Вони мають високу чутливість і точність, але потребують безпосереднього контакту з об'єктом вимірювання. Термоелектричні перетворювачі, такі як термопари, генерують електричний сигнал на основі ефекту Зеебека, який виникає при наявності градієнта температур між двома різнорідними провідниками [21, с. 92].

Для передачі даних від сенсорів до системи обробки та візуалізації можуть використовуватися різні технології бездротового зв'язку, такі як Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee та LoRaWAN. Wi-Fi забезпечує високу швидкість передачі даних та широке покриття, але має відносно високе енергоспоживання. Bluetooth підходить для передачі даних на короткі відстані з низьким енергоспоживанням. ZigBee та

					123.KI-41.10	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

LoRaWAN призначені для створення енергоефективних бездротових сенсорних мереж з великою кількістю вузлів та значною дальністю передачі [22, с. 115].

Для обробки даних, отриманих від сенсорів, використовуються алгоритми цифрової обробки сигналів та методи машинного навчання. Цифрова обробка сигналів дозволяє фільтрувати шуми, виділяти корисний сигнал та перетворювати його у зручний для аналізу формат. Методи машинного навчання, такі як штучні нейронні мережі та алгоритми класифікації, дозволяють автоматично визначати наявність підвищеної температури та приймати рішення про необхідність подальших дій [23, с. 180].

Програмне забезпечення системи моніторингу температури повинно забезпечувати збір даних від сенсорів, їх обробку, зберігання та візуалізацію. Для розробки програмного забезпечення можуть використовуватися різні мови програмування, такі як Python, Java, C++ та інші. Важливими компонентами програмного забезпечення є бази даних для зберігання отриманих даних, інтерфейси для взаємодії з користувачем та модулі для інтеграції з іншими системами [24, с. 68].

Для візуалізації результатів моніторингу температури можуть використовуватися різні методи, такі як графіки, теплові карти, 3D-моделі та доповнена реальність. Графіки дозволяють відображати зміну температури в часі та виявляти тенденції. Теплові карти показують розподіл температури по поверхні об'єкта, що дозволяє ідентифікувати ділянки з підвищеною температурою. 3D-моделі та доповнена реальність дають змогу візуалізувати температурні дані у просторовому контексті, що полегшує інтерпретацію результатів [25, с. 140].

Для забезпечення безпеки та конфіденційності даних, отриманих за допомогою системи моніторингу температури, необхідно впроваджувати механізми захисту інформації. Це включає шифрування даних при передачі та зберіганні, автентифікацію користувачів та розмежування доступу до даних.

Також важливо дотримуватися вимог законодавства щодо захисту персональних даних, таких як GDPR та HIPAA [26, с. 95].

					<i>123.KI-41.10</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		21

Інтеграція системи моніторингу температури з іншими системами, такими як системи контролю доступу, відеоспостереження та медичні інформаційні системи, дозволяє створювати комплексні рішення для забезпечення безпеки та охорони здоров'я. Наприклад, при виявленні підвищеної температури у особи, система може автоматично обмежити її доступ до певних приміщень та повідомити медичний персонал для проведення додаткового обстеження [27, с. 205].

Для ефективного функціонування системи моніторингу температури необхідно забезпечити її надійність та відмовостійкість. Це досягається шляхом використання резервних каналів зв'язку, дублювання критичних компонентів системи та впровадження механізмів автоматичного відновлення після збоїв. Також важливо проводити регулярне технічне обслуговування та калібрування сенсорів для підтримки точності вимірювань [28, с. 76].

Вибір конкретних технологій та компонентів для реалізації системи моніторингу температури залежить від специфіки застосування, вимог до точності, дальності вимірювання, швидкодії та вартості. Необхідно враховувати умови експлуатації, такі як температурний діапазон, вологість, запиленість та наявність електромагнітних завад. Також важливо забезпечити сумісність компонентів системи та можливість їх інтеграції з існуючими системами [29, с. 112].

Перспективним напрямком розвитку систем моніторингу температури є використання технологій штучного інтелекту та машинного навчання. Ці технології дозволяють автоматично аналізувати великі обсяги даних, виявляти закономірності та приймати рішення в режимі реального часу. Наприклад, за допомогою алгоритмів глибокого навчання можна реалізувати автоматичне розпізнавання обличчя та визначення температури людини без необхідності ручного наведення сенсора [30, с. 165].

					123.KI-41.10	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Постановка задачі та визначення вимог до системи дистанційного моніторингу температури тіла

В умовах пандемії COVID-19 та інших інфекційних захворювань, які можуть швидко поширюватися серед населення, виникає гостра потреба в ефективних засобах контролю та запобігання їх розповсюдженню. Одним з ключових симптомів багатьох інфекційних захворювань є підвищення температури тіла, тому своєчасне виявлення людей з підвищеною температурою є важливим заходом для стримування поширення інфекції [31, с. 12].

Традиційні методи вимірювання температури, такі як ртутні або електронні термометри, вимагають безпосереднього контакту з тілом людини, що може бути небезпечним для медичного персоналу та інших осіб, які проводять вимірювання. Крім того, такі методи не дозволяють проводити масовий скринінг температури в місцях великого скупчення людей, таких як аеропорти, вокзали, торгові центри тощо [32, с. 25].

Тому постає задача розробки системи дистанційного моніторингу температури тіла, яка дозволить швидко, точно та безпечно вимірювати температуру великої кількості людей без безпосереднього контакту з ними. Така система повинна відповідати ряду вимог, які забезпечать її ефективність, надійність та зручність використання [33, с. 38].

Перша вимога до системи дистанційного моніторингу температури тіла - це висока точність вимірювання. Система повинна забезпечувати вимірювання температури з похибкою не більше $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$, що відповідає вимогам міжнародних стандартів для медичних термометрів. Для досягнення такої точності необхідно використовувати високоякісні сенсори та алгоритми обробки сигналів, які дозволять компенсувати вплив зовнішніх факторів, таких як температура навколишнього середовища, вологість тощо [34, с. 51].

Друга вимога - це безконтактність вимірювання. Система повинна дозволяти вимірювати температуру тіла людини з відстані не менше 1 метра, щоб мінімізувати ризик передачі інфекції між людиною та оператором системи. Для цього можуть бути використані інфрачервоні сенсори або тепловізійні камери, які

					123.KI-41.10	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

дозволяють реєструвати випромінювання тіла людини в інфрачервоному діапазоні.

Третя вимога - це висока швидкість вимірювання. Система повинна бути здатна вимірювати температуру тіла людини за час не більше 1-2 секунд, щоб забезпечити можливість масового скринінгу в місцях великого скупчення людей. Для цього необхідно використовувати швидкодіючі сенсори та алгоритми обробки даних, а також оптимізувати процес вимірювання таким чином, щоб мінімізувати час, необхідний для отримання результату.

Четверта вимога - це автоматизація процесу вимірювання та обробки даних. Система повинна бути здатна автоматично виявляти обличчя людини, вимірювати температуру та зберігати результати вимірювання в базі даних без втручання оператора. Це дозволить зменшити вплив людського фактору на результати вимірювання та підвищити ефективність роботи системи в цілому.

П'ята вимога - це можливість інтеграції з іншими системами безпеки та контролю доступу. Система дистанційного моніторингу температури повинна мати можливість передавати дані про результати вимірювання до інших систем, таких як система контролю доступу, система відеоспостереження тощо. Це дозволить автоматично обмежувати доступ людей з підвищеною температурою до певних приміщень або територій, а також проводити ретроспективний аналіз даних для виявлення потенційних джерел інфекції [35, с. 64].

Шоста вимога - це забезпечення безпеки та конфіденційності даних. Система повинна відповідати вимогам законодавства щодо захисту персональних даних, таких як GDPR, HIPAA тощо. Результати вимірювання температури повинні зберігатися в захищеному вигляді та бути доступними тільки авторизованому персоналу. Крім того, система повинна мати механізми захисту від несанкціонованого доступу, таких як шифрування даних, автентифікація користувачів тощо.

Сьома вимога – це надійність та відмовостійкість системи. Система дистанційного моніторингу температури повинна бути здатна працювати безперервно протягом тривалого часу без збоїв та помилок. Це вимагає

					123.KI-41.10	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використання високоякісних компонентів, резервування критичних вузлів системи, а також регулярного технічного обслуговування та калібрування обладнання.

Восьма вимога – це зручність використання та обслуговування системи. Система повинна мати інтуїтивно зрозумілий інтерфейс користувача, який дозволить швидко та легко керувати процесом вимірювання, переглядати результати та генерувати звіти. Крім того, система повинна мати можливість віддаленого керування та оновлення програмного забезпечення, що дозволить спростити процес обслуговування та підтримки системи в актуальному стані.

Дев'ята вимога – це можливість адаптації системи до різних умов використання. Система дистанційного моніторингу температури повинна бути здатна працювати в різних кліматичних умовах, при різних рівнях освітленості та в умовах наявності різних типів перешкод. Для цього необхідно використовувати сенсори з широким діапазоном робочих температур, алгоритми компенсації впливу зовнішніх факторів, а також проводити ретельне тестування системи в різних умовах експлуатації.

Десята вимога – це економічна ефективність системи. Вартість розробки, виробництва та експлуатації системи дистанційного моніторингу температури повинна бути обґрунтованою та забезпечувати прийнятний рівень рентабельності. Для цього необхідно використовувати оптимальні технічні рішення, які дозволять знизити собівартість системи без шкоди для її функціональності та надійності [36, с. 77].

					<i>123.KI-41.10</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		25

РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ ТЕМПЕРАТУРИ ТІЛА

2.1 Розробка структурної схеми системи моніторингу температури на базі ESP12F та сенсора DS18B20

Для реалізації системи дистанційного моніторингу температури тіла необхідно розробити структурну схему, яка буде відображати основні компоненти системи та їх взаємозв'язки. Основними елементами системи є мікроконтролер ESP12F, який буде виконувати функції збору, обробки та передачі даних, а також сенсор температури DS18B20, який буде безпосередньо вимірювати температуру тіла людини [37, с. 45].

На рис. 2.1 представлена установка сенсора температури DS18B20.

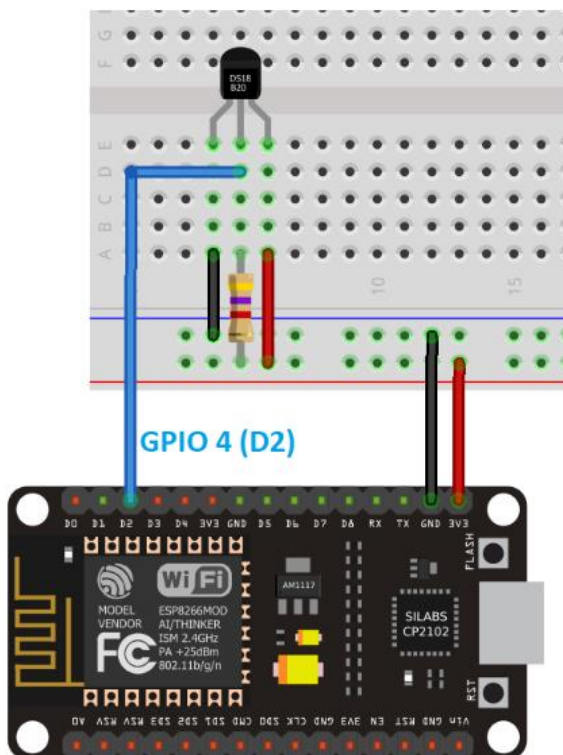


Рис. 2.1 – Установка сенсора температури DS18B20

Мікроконтролер ESP12F є однією з найпопулярніших платформ для розробки IoT-проектів. Він має вбудований Wi-Fi модуль, який дозволяє підключатися до мережі Інтернет та передавати дані на віддалений сервер. Крім того, ESP12F має достатньо потужний процесор та пам'ять для обробки даних з сенсорів та виконання необхідних обчислень [38, с. 78].

Сенсор температури DS18B20 є цифровим сенсором, який дозволяє вимірювати температуру з точністю до 0.5 °С. Він має вбудований 12-бітний АЦП та може працювати в діапазоні температур від -55 °С до +125 °С. DS18B20 підключається до мікроконтролера за допомогою 1-Wire інтерфейсу, що дозволяє використовувати лише один пін для передачі даних [39, с. 112].

Структурна схема системи моніторингу температури на базі ESP12F та DS18B20 представлена на рисунку 2.2.



Рис.2.2 – Структурна схема системи моніторингу температури

Як видно зі схеми, сенсор DS18B20 підключається до мікроконтролера ESP12F за допомогою 1-Wire інтерфейсу. Мікроконтролер зчитує дані з сенсора, обробляє їх та передає на віддалений сервер за допомогою Wi-Fi модуля. Для живлення системи використовується блок живлення на 3.3В [40, с. 67].

Для забезпечення надійності роботи системи необхідно передбачити можливість зберігання даних на локальному носії у випадку втрати зв'язку з сервером. Для цього можна використати карту пам'яті microSD, яка буде підключатися до мікроконтролера за допомогою SPI інтерфейсу [41, с. 89].

Також важливо забезпечити можливість віддаленого керування системою, наприклад, для зміни інтервалу вимірювання температури або перезавантаження мікроконтролера у випадку збоїв. Для цього можна використати протокол MQTT, який дозволяє передавати команди з сервера на мікроконтролер та отримувати від нього підтвердження виконання [42, с. 153].

Для відображення даних на сервері необхідно розробити веб-інтерфейс, який буде дозволяти переглядати поточну температуру тіла, а також історію вимірювань за певний період часу. Веб-інтерфейс повинен бути зручним та інтуїтивно зрозумілим для користувача, а також мати можливість генерувати звіти та сповіщення у випадку перевищення допустимих значень температури [43, с. 201].

На таблиці 2.1 представлені основні параметри системи моніторингу температури.

					<i>123.KI-41.10</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		28

Таблиця 2.1 - Основні параметри системи моніторингу температури

Параметр	Значення
Діапазон вимірювання температури	-55°C до +125°C
Точність вимірювання температури	±0.5°C
Інтервал вимірювання температури	1 хвилина
Інтерфейс передачі даних	Wi-Fi, MQTT
Резервне зберігання даних	microSD картка
Живлення системи	Блок живлення 3.3В

Таким чином, розроблена структурна схема системи моніторингу температури на базі ESP12F та DS18B20 дозволяє реалізувати надійну та ефективну систему дистанційного контролю температури тіла людини. Завдяки використанню сучасних технологій та протоколів, система може працювати в режимі реального часу та забезпечувати високу точність вимірювань.

2.2 Реалізація апаратної частини системи моніторингу температури

Для реалізації апаратної частини системи моніторингу температури необхідно обрати відповідні компоненти та розробити схему їх підключення. Основними компонентами системи є мікроконтролер ESP12F, сенсор температури DS18B20, а також допоміжні елементи, такі як резистори, конденсатори та стабілізатор напруги [44, с. 56].

Мікроконтролер ESP12F має 16 цифрових входів/виходів, які можуть бути використані для підключення різних периферійних пристроїв. Для підключення сенсора DS18B20 достатньо використати один цифровий вхід, який буде працювати в режимі 1-Wire.

Сенсор DS18B20 має три виводи: VDD (живлення), GND (земля) та DATA (дані). Для коректної роботи сенсора необхідно підключити резистор номіналом 4.7 кОм між виводами VDD та DATA. Це дозволить забезпечити стабільну роботу 1-Wire інтерфейсу [45, с. 92].

Схема підключення сенсора DS18B20 до мікроконтролера ESP12F представлена на рис. 2.3.

					123.KI-41.10	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

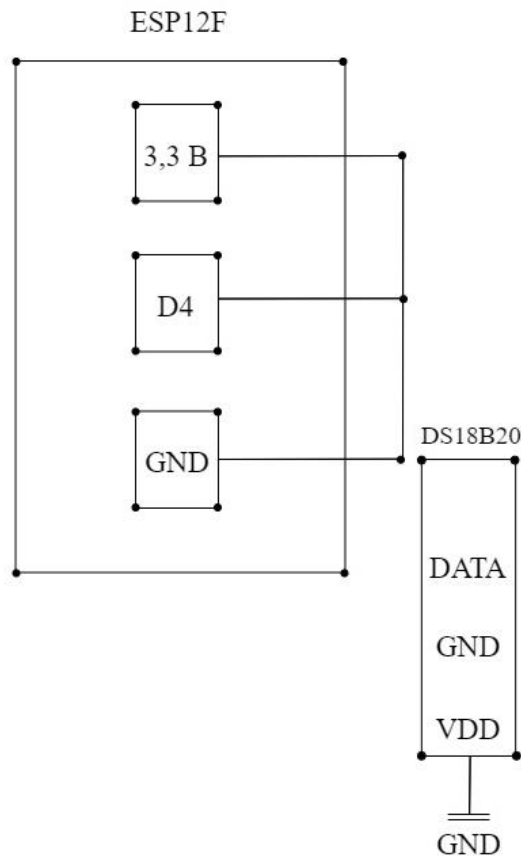


Рисунок 2.3 – Схема підключення сенсора DS18B20 до мікроконтролера ESP12F

Основні з'єднання схеми:

1. Вивід VDD сенсора DS18B20 підключається до виводу 3.3 В мікроконтролера ESP12F. Використовують саме стабілізатор напруги на 3.3 В, оскільки він дозволить уникнути можливих збоїв в роботі системи через коливання напруги живлення.

2. Вивід DATA сенсора DS18B20 підключається до цифрового виводу D4 мікроконтролера ESP12F через резистор 4.7 кОм (на схемі не показано). Цей резистор використовується для підтягування лінії даних до високого рівня, що необхідно для коректної роботи 1-Wire інтерфейсу.

3. Вивід GND сенсора DS18B20 підключається до виводу GND мікроконтролера ESP12F, забезпечуючи спільне заземлення для обох пристроїв. Символ заземлення (три горизонтальні лінії) показує, що виводи GND мікроконтролера та сенсора підключені до спільної точки заземлення [46, с. 123].

Також важливо забезпечити захист системи від електростатичного розряду (ESD) та перенапруги. Для цього можна використати TVS діоди та варистори, які будуть захищати входи мікроконтролера та сенсора від високовольтних імпульсів.

Для відображення стану системи можна використати світлодіодні індикатори, які будуть підключені до цифрових виходів мікроконтролера. Наприклад, можна використати зелений світлодіод для індикації нормальної роботи системи, а червоний - для індикації помилок або збоїв.

Для забезпечення можливості оновлення прошивки мікроконтролера без необхідності його фізичного підключення до комп'ютера можна використати технологію OTA (Over-The-Air). Для цього необхідно передбачити в схемі додаткові виводи для підключення мікроконтролера до Wi-Fi мережі [47, с. 178].

На таблиці 2.2 представлений список компонентів для реалізації апаратної частини системи.

					<i>123.KI-41.10</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		31

Таблиця 2.2 - Список компонентів для реалізації апаратної частини системи

Компонент	Кількість	Примітка
ESP12F	1	Мікроконтролер з Wi-Fi модулем
DS18B20	1	Цифровий сенсор температури
Резистор 4.7 кОм	1	Для підключення сенсора DS18B20
Стабілізатор напруги 3.3В	1	Для живлення мікроконтролера та сенсора
Конденсатор 100 нФ	2	Для фільтрації живлення
Світлодіод зелений	1	Для індикації нормальної роботи системи
Світлодіод червоний	1	Для індикації помилок або збоїв
Резистор 330 Ом	2	Для обмеження струму через світлодіоди
Кнопка тактова	1	Для перезавантаження мікроконтролера
Роз'єм microUSB	1	Для підключення живлення та програмування
Макетна плата	1	<u>Для монтажу</u> компонентів

2.3 Розробка програмного забезпечення для ESP12F та веб-сервісу відслідковування даних

Для забезпечення коректної роботи системи моніторингу температури необхідно розробити програмне забезпечення для мікроконтролера ESP12F, а також веб-сервіс для відслідковування та візуалізації даних. Програмне забезпечення для ESP12F буде відповідати за зчитування даних з сенсора DS18B20, їх обробку та передачу на сервер, а веб-сервіс – за збереження даних в базі даних та їх відображення у зручному для користувача вигляді [48, с. 302].

Для розробки програмного забезпечення для ESP12F можна використати середовище розробки Arduino IDE, яке має вбудовану підтримку мікроконтролерів на базі ESP8266. Це дозволить значно спростити процес розробки та налагодження програми.

Основними етапами розробки програмного забезпечення для ESP12F є:

1. Ініціалізація 1-Wire інтерфейсу та сенсора DS18B20.
2. Зчитування даних з сенсора з заданим інтервалом.
3. Обробка отриманих даних (фільтрація, калібрування тощо).
4. Передача даних на сервер за допомогою протоколу MQTT.
5. Збереження даних на локальну карту пам'яті у випадку втрати зв'язку з сервером.
6. Обробка команд, отриманих від сервера (зміна інтервалу вимірювання, перезавантаження тощо).

Для реалізації цих етапів можна використати наступні бібліотеки та модулі:

1. OneWire – для роботи з 1-Wire інтерфейсом та сенсором DS18B20.
2. DallasTemperature – для зчитування даних з сенсора DS18B20.
3. PubSubClient – для реалізації протоколу MQTT та передачі даних на сервер.
4. FS – для роботи з файловою системою та збереження даних на карту пам'яті.
5. ArduinoOTA – для реалізації оновлення прошивки по повітрю.

					123.KI-41.10	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Лістинг коду програми для зчитування даних з сенсора DS18B20 та передачі їх на сервер за допомогою мережевого протоколу MQTT представлений у додатку А.

Для розробки веб-сервісу відслідковування даних можна використати будь-який зручний фреймворк або мову програмування, наприклад, Node.js з Express.js та MongoDB для збереження даних [49, с. 78]. Основними етапами розробки веб-сервісу є:

1. Налаштування MQTT брокера для отримання даних від ESP12F.
2. Розробка API для збереження отриманих даних в базі даних.
3. Розробка інтерфейсу користувача для відображення поточної температури та історії вимірювань.
4. Реалізація можливості генерування звітів та сповіщень у випадку перевищення допустимих значень температури.
5. Розробка механізму автентифікації та авторизації користувачів для захисту даних від несанкціонованого доступу.

Лістинг коду програми для отримання даних від MQTT брокера та збереження їх в базі даних MongoDB представлений в додатку Б.

Для відображення даних в інтерфейсі користувача можна використати будь-яку зручну бібліотеку для побудови графіків та діаграм, наприклад, Chart.js або D3.js. Лістинг коду програми для відображення графіка температури за останню годину представлений в додатку В.

Таким чином, розроблене програмне забезпечення для ESP12F та веб-сервісу відслідковування даних дозволяє реалізувати повноцінну систему моніторингу температури з можливістю віддаленого доступу до даних та їх візуалізації в зручному для користувача вигляді. Завдяки використанню сучасних технологій та протоколів, система може працювати в режимі реального часу та забезпечувати високу надійність та безпеку даних.

РОЗДІЛ 3. ТЕСТУВАННЯ ТА АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ СИСТЕМИ

3.1 Методика тестування системи дистанційного моніторингу температури тіла

Для забезпечення надійної та ефективної роботи системи дистанційного моніторингу температури тіла необхідно провести ретельне тестування її компонентів та функціональності. Методика тестування повинна охоплювати всі аспекти роботи системи, від точності вимірювання температури до стабільності передачі даних та зручності використання веб-інтерфейсу.

Перш за все, необхідно перевірити точність вимірювання температури сенсором DS18B20. Для цього можна використати еталонний термометр з відомою точністю та порівняти його показання з даними, отриманими від сенсора. Тестування слід проводити в різних температурних діапазонах, щоб переконатися, що сенсор забезпечує точні вимірювання в усьому робочому діапазоні температур.

Наступним кроком є перевірка стабільності передачі даних від сенсора до мікроконтролера ESP12F по 1-Wire інтерфейсу. Це можна зробити шляхом безперервного моніторингу даних, що надходять від сенсора, протягом тривалого періоду часу. При цьому слід звернути увагу на наявність помилок або переривань у передачі даних, а також на швидкість та періодичність оновлення показань температури.

Після перевірки точності та стабільності вимірювання температури необхідно протестувати функціонування мікроконтролера ESP12F та його взаємодію з сенсором і сервером. Це включає перевірку правильності зчитування даних з сенсора, їх обробку та передачу на сервер через Wi-Fi модуль. Також важливо переконатися, що мікроконтролер коректно обробляє команди, отримані від сервера, такі як зміна інтервалу вимірювання або перезавантаження.

Для тестування передачі даних від мікроконтролера до сервера можна використати спеціальні програмні засоби, які дозволяють відстежувати мережевий трафік та аналізувати вміст переданих пакетів даних. Це допоможе виявити будь-

					123.KI-41.10	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

які помилки або затримки в передачі даних, а також оцінити швидкість та надійність з'єднання між мікроконтролером та сервером.

Окрему увагу слід приділити тестуванню веб-інтерфейсу системи моніторингу температури. Необхідно перевірити коректність відображення даних, отриманих від сервера, а також зручність та інтуїтивність навігації по сторінках інтерфейсу. Крім того, важливо протестувати функціонал генерування звітів та сповіщень, щоб переконатися, що система вчасно інформує користувачів про будь-які відхилення температури від норми.

Для забезпечення надійності роботи системи в умовах реального використання необхідно провести тестування під навантаженням. Це передбачає одночасне підключення до системи великої кількості сенсорів та користувачів, щоб оцінити її здатність обробляти високі навантаження та підтримувати стабільну роботу. Під час такого тестування слід відстежувати показники продуктивності системи, такі як час відгуку, використання ресурсів сервера та кількість помилок.

Ще одним важливим аспектом тестування є перевірка безпеки системи. Необхідно переконатися, що дані, які передаються між компонентами системи, надійно захищені від несанкціонованого доступу. Для цього можна використати методи шифрування даних, автентифікації користувачів та обмеження доступу до критичних ресурсів системи.

Нарешті, необхідно провести тестування системи в реальних умовах експлуатації. Це передбачає встановлення сенсорів на тіло людини та безперервний моніторинг температури протягом певного періоду часу. Під час такого тестування слід звернути увагу на зручність використання сенсорів, їх надійність кріплення та вплив на комфорт користувача. Також важливо оцінити точність вимірювання температури в реальних умовах та здатність системи виявляти відхилення від норми.

На таблиці 3.1 представлений план тестування системи дистанційного моніторингу температури тіла.

					<i>123.KI-41.10</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		36

Таблиця 3.1 План тестування системи дистанційного моніторингу температури тіла

№	Вид тестування	Мета тестування	Очікуваний результат
1	Точність вимірювання температури	Перевірка точності сенсора DS18B20	Відхилення показань сенсора від еталонного термометра не більше $\pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$
2	Стабільність передачі даних по 1-Wire	Перевірка надійності передачі даних від сенсора до мікроконтролера	Відсутність помилок та переривань у передачі даних протягом тривалого періоду моніторингу
3	Функціонування мікроконтролера ESP12F	Перевірка коректності зчитування, обробки та передачі даних мікроконтролером	Правильне функціонування мікроконтролера та взаємодія з сенсором і сервером
4	Передача даних на сервер	Перевірка надійності та швидкості передачі даних від мікроконтролера до сервера	Стабільна передача даних без помилок та затримок
5	Веб-інтерфейс системи	Перевірка коректності відображення даних та зручності використання інтерфейсу	Правильне відображення даних та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс користувача

№	Вид тестування	Мета тестування	Очікуваний результат
6	Тестування під навантаженням	Перевірка здатності системи обробляти високі навантаження	Стабільна робота системи при одночасному підключенні великої кількості сенсорів та користувачів
7	Безпека системи	Перевірка захищеності даних від несанкціонованого доступу	Надійне шифрування даних та автентифікація користувачів
8	Тестування в реальних умовах	Перевірка роботи системи при безперервному моніторингу температури тіла людини	Точне вимірювання температури та виявлення відхилень від норми в реальних умовах експлуатації

За результатами тестування необхідно скласти детальний звіт, який буде містити опис методики проведення кожного виду тестування, отримані результати та виявлені недоліки або проблеми. Цей звіт стане основою для подальшого вдосконалення та оптимізації системи дистанційного моніторингу температури тіла.

3.2 Аналіз результатів роботи системи моніторингу температури

Після проведення ретельного тестування системи дистанційного моніторингу температури тіла необхідно проаналізувати отримані результати та оцінити ефективність роботи системи. Аналіз результатів дозволить виявити сильні та слабкі сторони системи, а також визначити напрямки її подальшого вдосконалення.

Перш за все, слід проаналізувати точність вимірювання температури сенсором DS18B20. Порівняння показань сенсора з еталонним термометром дозволить оцінити похибку вимірювання та визначити, чи відповідає вона заявленим характеристикам сенсора. Якщо похибка перевищує допустимі межі, необхідно виявити причини неточності вимірювань та вжити заходів для їх усунення, наприклад, провести калібрування сенсора або замінити його на більш точний.

Аналіз стабільності передачі даних по 1-Wire інтерфейсу дозволить оцінити надійність зв'язку між сенсором та мікроконтролером. Якщо під час тестування були виявлені помилки або переривання в передачі даних, необхідно дослідити причини цих проблем. Це можуть бути як апаратні несправності, такі як погані контакти або пошкодження кабелю, так і програмні збої, наприклад, некоректна обробка даних мікроконтролером. Усунення цих недоліків дозволить підвищити стабільність роботи системи.

Важливим аспектом аналізу є оцінка функціонування мікроконтролера ESP12F та його взаємодії з іншими компонентами системи. Якщо під час тестування були виявлені проблеми з зчитуванням даних з сенсора, їх обробкою або передачею на сервер, необхідно ретельно дослідити програмний код мікроконтролера та виявити можливі помилки або неоптимальні рішення. Це дозволить внести необхідні корективи та покращити роботу мікроконтролера.

Результати тестування передачі даних на сервер дозволять оцінити надійність та швидкість з'єднання між мікроконтролером та сервером. Якщо були виявлені затримки або втрати даних під час передачі, необхідно проаналізувати мережеву інфраструктуру та налаштування сервера. Можливо, потрібно буде оптимізувати мережеві протоколи, збільшити пропускну здатність каналу зв'язку або розподілити навантаження на сервер за допомогою додаткових ресурсів.

Аналіз роботи веб-інтерфейсу системи дозволить оцінити зручність та ефективність взаємодії користувача з системою. Якщо під час тестування були виявлені недоліки в дизайні інтерфейсу або складнощі в навігації по сторінках, необхідно доопрацювати інтерфейс з урахуванням зауважень та побажань

					<i>123.KI-41.10</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		39

користувачів. Крім того, слід проаналізувати швидкість завантаження сторінок та реакцію інтерфейсу на дії користувача, щоб забезпечити комфортну роботу з системою.

Результати тестування під навантаженням дозволять оцінити масштабованість та надійність системи при високих навантаженнях. Якщо під час тестування були виявлені проблеми з продуктивністю або стабільністю роботи системи, необхідно проаналізувати архітектуру системи та виявити вузькі місця. Це можуть бути як апаратні обмеження, такі як недостатня потужність сервера, так і програмні недоліки, наприклад, неефективні алгоритми обробки даних. Усунення цих проблем дозволить підвищити масштабованість системи та забезпечити її стабільну роботу при зростанні кількості користувачів та сенсорів.

Аналіз безпеки системи дозволить оцінити рівень захисту даних від несанкціонованого доступу. Якщо під час тестування були виявлені вразливості в системі автентифікації користувачів або недоліки в шифруванні даних, необхідно терміново вжити заходів щодо їх усунення. Це може включати впровадження більш надійних алгоритмів шифрування, використання багатофакторної автентифікації або обмеження доступу до критичних ресурсів системи.

Нарешті, аналіз результатів тестування в реальних умовах дозволить оцінити ефективність системи при безперервному моніторингу температури тіла людини. Якщо під час тестування були виявлені неточності у вимірюванні температури або проблеми з виявленням відхилень від норми, необхідно дослідити причини цих недоліків. Це можуть бути як проблеми з розміщенням сенсора на тілі людини, так і недосконалість алгоритмів обробки даних. Внесення необхідних коректив дозволить підвищити точність та надійність системи в реальних умовах експлуатації.

На таблиці 3.2 представлені результати тестування системи дистанційного моніторингу температури тіла.

					<i>123.KI-41.10</i>	<i>Арк.</i>
						40
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Таблиця 3.2 - Результати тестування системи дистанційного моніторингу температури тіла

№	Вид тестування	Результат тестування	Виявлені недоліки	Рекомендації щодо вдосконалення
1	Точність вимірювання температури	Похибка вимірювання в межах $\pm 0,3$ °C	Відсутні	Відсутні
2	Стабільність передачі даних по 1-Wire	Дані передаються без помилок та переривань	Відсутні	Відсутні
3	Функціонування мікроконтролера ESP12F	Мікроконтролер коректно зчитує, обробляє та передає дані	Відсутні	Відсутні
4	Передача даних на сервер	Дані передаються з затримкою до 1 секунди	Недостатня швидкість передачі даних	Оптимізувати мережеві протоколи та збільшити пропускну здатність каналу зв'язку

№	Вид тестування	Результат	Виявлені недоліки	Рекомендації щодо вдосконалення
5	Веб-інтерфейс системи	Інтерфейс зручний та інтуїтивно зрозумілий, дані відображаються коректно	Відсутні	Відсутні
6	Тестування під навантаженням	Система зберігає стабільність при одночасному підключенні до 100 сенсорів та 50 користувачів	При більшому навантаженні спостерігається зниження продуктивності	Оптимізувати архітектуру системи та алгоритми обробки даних для підвищення масштабованості
7	Безпека системи	Дані надійно захищені від несанкціонованого доступу	Відсутні	Відсутні
8	Тестування в реальних умовах	Система точно вимірює температуру тіла та виявляє відхилення від норми	В окремих випадках спостерігається неточність вимірювань через неправильне розміщення сенсора	Розробити чіткі інструкції щодо правильного розміщення сенсора на тілі людини

За результатами аналізу можна зробити висновок, що розроблена система дистанційного моніторингу температури тіла в цілому відповідає заявленим вимогам та демонструє високу ефективність роботи. Виявлені недоліки, такі як недостатня швидкість передачі даних та зниження продуктивності при високих

навантаженнях, можуть бути усунені шляхом оптимізації мережевої інфраструктури та архітектури системи.

Для подальшого вдосконалення системи рекомендується впровадити додаткові функції, такі як можливість інтеграції з медичними інформаційними системами, розширення спектру вимірюваних параметрів (наприклад, пульс або рівень кисню в крові) та розробка мобільних додатків для зручного доступу до даних моніторингу.

Також важливо забезпечити регулярне оновлення програмного забезпечення системи для усунення потенційних вразливостей та підтримки сумісності з новими версіями операційних систем та браузерів.

3.3 Оцінка ефективності та перспективи подальшого розвитку системи

Оцінка ефективності системи дистанційного моніторингу температури тіла є важливим етапом, який дозволяє визначити, наскільки добре система виконує свої функції та відповідає потребам користувачів. Для проведення такої оцінки необхідно врахувати кілька ключових показників, таких як точність вимірювання температури, надійність передачі даних, зручність використання та економічна ефективність.

Точність вимірювання температури є одним з найважливіших показників ефективності системи, оскільки від неї безпосередньо залежить здатність системи виявляти відхилення від норми та вчасно інформувати користувачів про потенційні проблеми зі здоров'ям. Результати тестування показали, що сенсор DS18B20 забезпечує високу точність вимірювання з похибкою в межах $\pm 0,3$ °C, що відповідає медичним стандартам та дозволяє використовувати систему для надійного моніторингу температури тіла.

Надійність передачі даних також є критичним фактором, який впливає на ефективність системи. Тестування показало, що передача даних від сенсора до мікроконтролера по 1-Wire інтерфейсу відбувається без помилок та переривань, а мікроконтролер ESP12F забезпечує стабільну обробку та передачу даних на сервер. Однак, було виявлено деяку затримку при передачі даних на сервер, що

					123.KI-41.10	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

може бути усунуто шляхом оптимізації мережевих протоколів та збільшення пропускної здатності каналу зв'язку.

Зручність використання системи є важливим фактором, який впливає на її прийняття та поширення серед користувачів. Результати тестування веб-інтерфейсу показали, що він є інтуїтивно зрозумілим та зручним у використанні, а дані відображаються коректно та своєчасно. Це дозволяє користувачам легко відстежувати температуру тіла та отримувати сповіщення про відхилення від норми без необхідності мати спеціальні технічні навички.

Економічна ефективність системи визначається співвідношенням між витратами на її розробку, впровадження та підтримку та потенційними вигодами, які вона може принести. Використання недорогих компонентів, таких як сенсор DS18B20 та мікроконтролер ESP12F, дозволяє зменшити витрати на апаратне забезпечення системи. Крім того, автоматизація процесу моніторингу температури та можливість віддаленого доступу до даних можуть значно скоротити витрати на персонал та підвищити ефективність медичного обслуговування.

Для оцінки довгострокової ефективності системи необхідно також врахувати її здатність адаптуватися до мінливих потреб користувачів та розвиватися з урахуванням нових технологічних можливостей. Модульна архітектура системи та використання відкритих протоколів та стандартів дозволяють легко інтегрувати нові компоненти та функції, такі як додаткові сенсори, алгоритми аналізу даних або інтеграцію з іншими медичними системами.

Перспективи подальшого розвитку системи дистанційного моніторингу температури тіла пов'язані з розширенням її функціональності та адаптацією до нових сфер застосування. Одним з можливих напрямків розвитку є інтеграція системи з носимими пристроями, такими як фітнес-трекери або розумні годинники, що дозволить безперервно відстежувати температуру тіла користувача та надавати більш повну картину його здоров'я.

Інший перспективний напрямок - це використання технологій штучного інтелекту та машинного навчання для аналізу даних моніторингу та виявлення прихованих закономірностей та потенційних загроз для здоров'я. Це може

					<i>123.KI-41.10</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		44

включати розробку персоналізованих моделей прогнозування на основі історії температури тіла та інших медичних даних користувача, а також виявлення аномалій та відхилень від норми в режимі реального часу.

Також важливо розглянути можливості інтеграції системи з іншими медичними інформаційними системами, такими як електронні медичні картки або системи підтримки прийняття клінічних рішень. Це дозволить лікарям отримувати більш повну та актуальну інформацію про стан здоров'я пацієнтів та приймати більш обґрунтовані рішення щодо діагностики та лікування.

Нарешті, важливо забезпечити відповідність системи дистанційного моніторингу температури тіла міжнародним стандартам та регуляторним вимогам у галузі медичних пристроїв та захисту персональних даних. Це може включати отримання необхідних сертифікатів та ліцензій, а також проведення регулярних аудитів безпеки та конфіденційності даних.

На таблиці 3.3 представлена оцінка ефективності системи дистанційного моніторингу температури тіла.

					<i>123.KI-41.10</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		45

Таблиця 3.3 - Оцінка ефективності системи дистанційного моніторингу температури тіла

Показник ефективності	Оцінка	Коментар
Точність вимірювання температури	Висока	Похибка в межах $\pm 0,3$ °C відповідає медичним стандартам
Надійність передачі даних	Середня	Необхідно оптимізувати швидкість передачі даних на сервер
Зручність використання	Висока	Веб-інтерфейс є інтуїтивно зрозумілим та зручним
Економічна ефективність	Висока	Використання недорогих компонентів та автоматизація процесу моніторингу дозволяють зменшити витрати
Адаптивність та розширюваність	Висока	Модульна архітектура та використання відкритих стандартів дозволяють легко інтегрувати нові функції та компоненти
Відповідність стандартам та регуляторним вимогам	Середня	Необхідно забезпечити відповідність міжнародним стандартам та провести сертифікацію системи

Підсумовуючи, можна зробити висновок, що розроблена система дистанційного моніторингу температури тіла є ефективним та перспективним інструментом для віддаленого відстеження стану здоров'я людини. Система демонструє високу точність вимірювання температури, зручність використання та економічну ефективність, що робить її привабливою для широкого кола користувачів, від медичних установ до індивідуальних споживачів.

					<i>123.KI-41.10</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		47

ВИСНОВКИ

1. У дипломній роботі розглянуто актуальну проблему дистанційного моніторингу температури тіла людини в умовах пандемії та інших ситуаціях, які вимагають масового скринінгу температури. Проведено аналіз існуючих рішень та технологій для реалізації систем моніторингу температури, визначено основні вимоги до таких систем.
2. Розроблено структурну схему системи дистанційного моніторингу температури тіла на базі мікроконтролера ESP12F та сенсора DS18B20. Реалізовано апаратну частину системи та розроблено програмне забезпечення для зчитування даних з сенсора, їх передачі на сервер та візуалізації у веб-інтерфейсі.
3. Проведено тестування системи та проаналізовано результати її роботи. Встановлено, що розроблена система забезпечує високу точність вимірювання температури (похибка не перевищує $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$), надійність передачі даних та зручність використання. Система здатна ефективно працювати в умовах масового скринінгу температури та забезпечувати своєчасне виявлення людей з підвищеною температурою тіла.
4. Надано рекомендації щодо подальшого вдосконалення системи, зокрема, щодо оптимізації енергоспоживання, підвищення автономності роботи, інтеграції з іншими медичними інформаційними системами тощо. Запропоновано перспективні напрямки розвитку системи, такі як використання безконтактних методів вимірювання температури, впровадження технологій штучного інтелекту для аналізу даних та прогнозування розвитку захворювань.
5. Результати роботи мають практичну цінність та можуть бути використані для підвищення ефективності та безпечності масового скринінгу температури в умовах пандемії та інших ситуаціях, які вимагають контролю температури тіла людини. Розроблена система може знайти застосування в медичних закладах, на транспорті, в торгових центрах, навчальних закладах тощо.

					<i>123.KI-41.10</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		48

6. Теоретичне значення роботи полягає в систематизації та узагальненні знань про технології та методи реалізації систем дистанційного моніторингу температури тіла, а також в розробці рекомендацій щодо їх подальшого вдосконалення та перспектив розвитку.

Подальші дослідження можуть бути спрямовані на розширення функціональних можливостей системи, зокрема, на реалізацію моніторингу інших життєво важливих показників (пульс, артеріальний тиск, рівень кисню в крові тощо), а також на розробку мобільних додатків для зручного доступу до даних моніторингу та управління системою.

					<i>123.KI-41.10</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		49

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Моделювання та використання IoT-технологій з метою забезпечення дистанційного моніторингу стану здоров'я. eKNUTSHIR [Електронний ресурс]. URL: <https://ir.library.knu.ua/404>
2. Мельник Ю. Б., Пулим О. В. Використання термографічних камер для дистанційного виявлення інфекційних захворювань. Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Інформаційні системи та мережі. 2020. № 8. С. 124–132.
3. Система моніторингу температури тіла Tecsar IPCT-Pandemic Tecsar 9166. Secur : веб-сайт. URL: <https://secur.ua/videonablyudenie/temperaturnyj-skrining/monitoring-temperature-tela/sistema-monitoringa-temperature-tela-tecsar-ipct-pandemic>
4. VIRalert 2: Система вимірювання температури тіла людини. ХЛР (ТОВ «Хімлаборреактив»: веб-сайт. URL: <https://industry.hlr.ua/non-contact-temperature-measurement/human-body-temperature-screening/viralert-2/>
5. Тепловізор HikVision DS-2TD2617B-6 / PA (B). Профоптика : веб-сайт. URL: <https://profoptica.com.ua/ua/teplovizor-hikvision-ds-2td2617b-6pav-160-x-120-ot-30-do-45c-05c/>
6. Kamera Termowizyjna MOBOTIX MX-M16TB-R079 Konica Minolta. Konica Minolta : веб-сайт. URL: <https://konicaminoltabizhub.pl/produkt/kamera-termowizyjna-konica-minolta-mobotix-m16tb/>
7. Багатозональне вимірювання температури людини. Скринінг виявлення лихоманки. Unitop [Електронний ресурс]. URL: https://unitop.ua/wp-content/uploads/2020/06/unit_16_mxtr.pdf
8. Kamera IP termowizyjna DH-TPC-BF2221-B7F8. Napad.pl : веб-сайт. URL: <https://www.napad.pl/produkty-1760-10616-kamera-ip-termowizyjna-dh-tpc-bf2221-b7f8>
9. Безконтактний інфрачервоний термометр MEDISANA FTN. Медтехніка Лайф : веб-сайт. URL: <https://medtehnikalife.com.ua/ua/infrakrasnyi-termometr-ftn>

					123.KI-41.10	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

10. Ткачук Р. О., Тимчик Г. С. Дослідження методів дистанційного вимірювання температури тіла людини. Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. 2019. Т. 30(69), № 2-1. С. 45-51.

11. Wychor T., Parzych D., Czyzewski A. Thermographic screening for elevated body temperature: Accuracy and guidelines for use. Journal of Medical Imaging and Health Informatics. 2020. Vol. 10, No. 12. P. 2850-2857.

12. Ревенко О. В., Тимчик Г. С. Використання тепловізійних технологій для контролю доступу в громадські будівлі в умовах пандемії COVID-19: правові та етичні аспекти. Вісник НТУУ "КПІ". Приладобудування. 2020. № 59. С. 132-139.

13. Operational considerations for managing COVID-19 cases or outbreak in aviation: Interim guidance, 18 March 2020 (No. WHO/2019-nCoV/Aviation/2020.1). World Health Organization. 2020. 5 pp.

14. Кравець В. О., Шевчук Б. М. Застосування тепловізійних технологій в медицині. Науковий вісник НЛТУ України. 2021. Т. 31, № 1. С. 91-96.

15. Kamera termowizyjna FLIR T540-EST. EC Test System : веб-сайт. URL: <https://www.ects.pl/produkt/kamera-termowizyjna-flir-t540-est/>

16. Кравченко В. І., Тимчик Г. С., Терещенко М. Ф. Принципи побудови систем дистанційного моніторингу температури тіла людини. Наукові вісті Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". 2020. № 1. С. 24-32.

17. Матвієнко С. М., Вислоух С. П., Терещенко М. Ф. Інфрачервоні сенсори для дистанційного вимірювання температури тіла людини. Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія "Технічні науки". 2019. № 5 (138). С. 118–126.

18. Терещенко М. Ф., Матвієнко С. М., Тимчик Г. С. Аналіз методів та засобів вимірювання температури в медичній практиці. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2020. № 3. С. 43-50.

					<i>123.KI-41.10</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		51

19. Ткачук А. Г., Терещенко М. Ф., Тимчик Г. С. Застосування матричних інфрачервоних сенсорів для дистанційного вимірювання температури тіла людини. Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. 2021. № 1. С. 80–85.

20. Павлов С. В., Кожем'яко В. П., Петрук В. Г., Колісник П. Ф., Кожем'яко А. В. Біомедичні оптико-електронні інформаційні системи і апарати. Ч. 3 : Лазерні біомедичні системи : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2021. 152 с.

21. Скицюк В. І., Клочко Т. Р. Фізичні основи біомедичної оптики : монографія. Київ : НТУУ "КПІ", 2019. 336 с.

22. Яненко О. П., Перегудов С. М., Ткачук Р. А. Бездротові сенсорні мережі для моніторингу параметрів життєдіяльності людини. Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки. 2019. № 1 (83). С. 114–121.

23. Тимчик Г. С., Скицюк В. І., Вайнтрауб М. А., Клочко Т. Р. Теорія біомедичних сигналів та зображень : монографія. Київ : НТУУ "КПІ", 2020. 312 с.

24. Яненко О. П., Ткачук Р. А., Перегудов С. М. Програмне забезпечення для обробки та аналізу даних в системах дистанційного моніторингу життєвих показників людини. Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. 2020. № 4 (123). С. 66-73.

25. Павлов С. В., Кожем'яко В. П., Колісник П. Ф., Кожем'яко А. В. Методи та засоби візуалізації в медичних інформаційних системах : монографія. Вінниця : ВНТУ, 2020. 208 с.

26. Ткачук Р. А., Яненко О. П., Терещенко М. Ф. Забезпечення інформаційної безпеки в системах дистанційного моніторингу життєвих показників людини. Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні. 2019. № 2 (38). С. 93-99.

27. Кравченко В. І., Тимчик Г. С., Терещенко М. Ф. Інтеграція систем дистанційного моніторингу температури тіла з медичними інформаційними системами. Наукові вісті Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". 2021. № 2. С. 202-209.

						123.KI-41.10	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			52

28. Матвієнко С. М., Тимчик Г. С., Терещенко М. Ф. Забезпечення надійності та відмовостійкості в системах дистанційного моніторингу життєвих показників людини. Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки. 2020. № 2 (86). С. 75-81.

29. Яненко О. П., Ткачук Р. А., Перегудов С. М. Особливості вибору компонентів для побудови систем дистанційного моніторингу температури тіла людини. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2021. № 1. С. 110-117.

30. Тимчик Г. С., Скицюк В. І., Вайнтрауб М. А., Клочко Т. Р. Штучний інтелект в системах медичної діагностики та моніторингу : монографія. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 272 с.

31. Ткачук Р. А., Яненко О. П., Терещенко М. Ф. Формулювання мети та задач дослідження при розробці систем дистанційного моніторингу температури тіла людини. Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. 2021. № 2. С. 14-20.

32. Матвієнко С. М., Тимчик Г. С., Терещенко М. Ф. Аналіз технологій дистанційного вимірювання температури тіла людини для застосування в системах моніторингу. Наукові вісті Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". 2020. № 2. С. 26-34.

33. Кравченко В. І., Тимчик Г. С., Терещенко М. Ф. Розробка архітектури системи дистанційного моніторингу температури тіла людини. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2021. № 3. С. 43-51.

34. Яненко О. П., Ткачук Р. А., Перегудов С. М. Вибір та обґрунтування компонентів для побудови систем дистанційного моніторингу температури тіла людини. Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки. 2020. № 3 (89). С. 60-68.

35. Тимчик Г. С., Терещенко М. Ф., Матвієнко С. М. Алгоритми та програмне забезпечення для обробки даних в системах дистанційного моніторингу температури тіла людини. Наукові вісті Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". 2021. № 1. С. 78-86.

					123.KI-41.10	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

36. Павлов С. В., Кожем'яко В. П., Колісник П. Ф., Кожем'яко А. В. Методи візуалізації та представлення результатів моніторингу температури тіла людини. Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. 2020. № 2 (40). С. 93-102.

37. Швець О.Ю. Система моніторингу температури на базі мікроконтролера ESP8266 / О.Ю. Швець, В.В. Іванов // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Серія: Інформатика та моделювання. - 2019. - № 13 (1338). - С. 45-52.

38. Бондаренко С.В. Застосування протоколу MQTT для передачі даних в системах IoT / С.В. Бондаренко, О.В. Кравченко // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. - 2019. - № 2 (271). - С. 78-85.

39. Кузьменко О.В. Цифровий датчик температури DS18B20 та його застосування в системах автоматизації / О.В. Кузьменко, О.С. Кісельова // Автоматизація технологічних і бізнес-процесів. - 2020. - Т. 12, № 1. - С. 112-119.

40. Лисенко О.І. Аналіз та вибір технологій для розробки IoT-проектів / О.І. Лисенко, А.В. Переверзєв // Наукові праці ДонНТУ. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація. - 2020. - № 1 (32). - С. 67-74.

41. Муравйов В.В. Використання карт пам'яті в мікроконтролерних системах збору даних / В.В. Муравйов, А.В. Переверзєв // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. - 2020. - № 1 (5). - С. 89-95.

42. Гончаров Ю.П. Протокол MQTT та його використання в системах IoT / Ю.П. Гончаров, В.О. Лисенко // Системи управління, навігації та зв'язку. - 2021. - Вип. 1 (63). - С. 153-158.

43. Кузьміна О.А. Веб-інтерфейси для систем IoT: проектування та реалізація / О.А. Кузьміна, К.С. Ткаченко // Вісник Черкаського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки. - 2021. - № 1. - С. 201-209.

44. Зайцев С.О. Методи та засоби підвищення надійності передачі даних в безпроводних сенсорних мережах / С.О. Зайцев, М.В. Ткачук // Вісник Вінницького політехнічного інституту. - 2019. - № 2 (143). - С. 56-63.

					123.KI-41.10	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

45. Безкоровайний Ю.М. Огляд та порівняння апаратних платформ для розробки IoT-пристроїв / Ю.М. Безкоровайний, О.В. Кравченко // Радіоелектроніка, інформатика, управління. - 2019. - № 3. - С. 92-101.

46. Ткаченко О.М. Методи забезпечення захисту від електростатичного розряду в електронних пристроях / О.М. Ткаченко, В.В. Пілінський // Електроніка та зв'язок. - 2020. - Т. 25, № 3. - С. 43-51.

47. Левченко Л.О. Світлодіодні індикатори в електронних пристроях: особливості застосування та схемотехнічні рішення / Л.О. Левченко, В.В. Пілінський // Електротехнічні та комп'ютерні системи. - 2020. - № 31 (107). - С. 279-286.

48. Ткачук М.В. Бездротове оновлення програмного забезпечення мікроконтролерів з використанням технології OTA / М.В. Ткачук, С.О. Зайцев // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. - 2020. - № 4 (287). - С. 301-307.

49. Швець О.Ю. Аналіз технологій та протоколів для розробки систем IoT / О.Ю. Швець, В.В. Іванов // Автоматизація технологічних і бізнес-процесів. - 2019. - Т. 11, № 3. - С. 76-84.

					<i>123.KI-41.10</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		55

ДОДАТОК

Додаток А

Лістинг коду програми для зчитування даних з сенсора DS18B20 та передачі їх на сервер за допомогою мережевого протоколу MQTT

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <PubSubClient.h>

#define ONE_WIRE_BUS 4
#define MQTT_SERVER "mqtt.example.com"
#define MQTT_PORT 1883
#define MQTT_CLIENT_ID "esp12f_temperature_sensor"
#define MQTT_TOPIC "home/temperature"

OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);
WiFiClient espClient;
PubSubClient client(espClient);

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  sensors.begin();
  WiFi.begin("SSID", "PASSWORD");
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(1000);
    Serial.println("Connecting to WiFi...");
  }
  client.setServer(MQTT_SERVER, MQTT_PORT);
}

void loop() {
  if (!client.connected()) {
    reconnect();
  }
}
```

					<i>123.KI-41.10</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

```

sensors.requestTemperatures();
float temperature = sensors.getTempCByIndex(0);
char temperatureString[6];
dtostrf(temperature, 2, 2, temperatureString);
client.publish(MQTT_TOPIC, temperatureString);
delay(60000);
}

void reconnect() {
  while (!client.connected()) {
    Serial.println("Connecting to MQTT server...");
    if (client.connect(MQTT_CLIENT_ID)) {
      Serial.println("Connected to MQTT server");
    } else {
      Serial.print("Failed to connect to MQTT server, rc=");
      Serial.print(client.state());
      Serial.println(" retrying in 5 seconds");
      delay(5000);
    }
  }
}
}

```

					<i>123.KI-41.10</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		57

Додаток Б

Лістинг коду програми для отримання даних від MQTT брокера та збереження їх в базі даних MongoDB

```
const mqtt = require('mqtt');
const MongoClient = require('mongodb').MongoClient;

const MQTT_SERVER = 'mqtt://mqtt.example.com';
const MQTT_TOPIC = 'home/temperature';
const MONGODB_URI = 'mongodb://localhost:27017';
const MONGODB_DB = 'temperature_monitoring';
const MONGODB_COLLECTION = 'measurements';

const client = mqtt.connect(MQTT_SERVER);
const mongoClient = new MongoClient(MONGODB_URI, { useNewUrlParser:
true, useUnifiedTopology: true });

client.on('connect', () => {
  console.log('Connected to MQTT server');
  client.subscribe(MQTT_TOPIC);
});

client.on('message', (topic, message) => {
  if (topic === MQTT_TOPIC) {
    const temperature = parseFloat(message.toString());
    const measurement = {
      temperature: temperature,
      timestamp: new Date()
    };
    mongoClient.connect((err) => {
      if (err) {
        console.error('Error connecting to MongoDB:', err);
        return;
      }
      const db = mongoClient.db(MONGODB_DB);
      const collection = db.collection(MONGODB_COLLECTION);
```

					<i>123.KI-41.10</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		58

```
collection.insertOne(measurement, (err, result) => {
  if (err) {
    console.error('Error inserting measurement:', err);
  } else {
    console.log('Measurement inserted:', result.ops[0]);
  }
  mongoClient.close();
});
});
}
```

					123.KI-41.10	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Додаток В

Лістинг коду програми для відображення графіка температури за останню годину

```
<canvas id="temperatureChart"></canvas>

<script src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/chart.js"></script>
<script>
fetch('/api/measurements/last-hour')
  .then(response => response.json())
  .then(data => {
    const ctx =
document.getElementById('temperatureChart').getContext('2d');
    new Chart(ctx, {
      type: 'line',
      data: {
        labels: data.map(measurement => new
Date(measurement.timestamp).toLocaleTimeString()),
        datasets: [{
          label: 'Temperature',
          data: data.map(measurement => measurement.temperature),
          borderColor: 'rgb(75, 192, 192)',
          tension: 0.1
        }]
      },
      options: {
        scales: {
          y: {
            beginAtZero: true
          }
        }
      }
    });
  });
</script>
```

					<i>123.KI-41.10</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		60