

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Автоматики і комп'ютеризованих технологій
(повна назва)

Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

Перший (бакалаврський)
(рівень вищої освіти)

Розроблення інтегрованої системи контролю та моніторингу кліматичних показників холодильних та клімат-контрольних установок на складах
(тема)

Виконав:

студент 3 (прискореного) курсу, групи
АКТАКІТу-22-1

Владислав ФОМІН

(прізвище, ініціали)

Спеціальності 151 Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології

(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології

(повна назва освітньої програми)

Керівник професор Сергій НОВОСЕЛОВ

(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту
Зав. кафедри КІТАР

(підпис)

Ігор НЕВЛЮДОВ

(прізвище, ініціали)

2025 р.

Я, Фомін Владислав Ігорович, як здобувач вищої освіти ХНУРЕ, розумію і підтримую політику закладу із академічної доброчесності. Я не надавав і не одержував недозволену допомогу під час підготовки кваліфікаційної роботи. Я не використовував штучний інтелект для підготовки кваліфікаційної роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

28 червня 2025 р.



Владислав ФОМІН

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

Факультет АКТ
Кафедра КІТАР
Рівень вищої освіти Перший (бакалаврський)
Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
Тип програми освітньо-професійна
Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____
(підпис)

«28» квітня 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Здобувачеві Фоміну Владиславу Ігоровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення інтегрованої системи контролю та моніторингу кліматичних показників холодильних та клімат-контрольних установок на складах

Затверджена наказом по університету від 21.05.2025 №405 Ст

2. Термін подання здобувачем роботи до екзаменаційної комісії 31.07.2025

3. Вихідні дані до роботи Програмна симуляція IoT-пристроїв, бібліотека Telegram.Bot, графічна бібліотека LiveCharts, бібліотека шифрування SHA256, бібліотека ClosedXML

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі _____

4.1 Вступ

4.2 Аналіз сучасного стану систем моніторингу кліматичних показників холодильних та клімат-контрольних установок

4.3 Розробка структури макету інтегрованої системи контролю та моніторингу кліматичних показників холодильних та клімат-контрольних установок на складах

4.4 Реалізація моделі даних та sql-структур

4.5 Розробка програмного забезпечення

4.6 Висновки

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п.5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри)

Слайди у форматі Power Point у кількості 10 слайдів з розширенням .pptx

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз технічного завдання	30.04.2025	виконано
2	Опрацювання літератури за темою роботи.	07.05.2025	виконано
3	Виконання розділу 1 Аналіз сучасного стану систем моніторингу кліматичних показників холодильних та клімат-контрольних установок	13.05.2025	виконано
4	Виконання розділу 2 Розробка структури макету інтегрованої системи контролю та моніторингу кліматичних показників холодильних та клімат-контрольних установок на складах	19.05.2025	виконано
5	Виконання розділу 3 Реалізація моделі даних та sql-структур	27.05.2025	виконано
6	Виконання розділу 4 Розробка програмного забезпечення	02.06.2025	виконано
7	Оформлення пояснювальної записки	08.06.2025	виконано
8	Оформлення презентації	10.06.2025	виконано
9	Подання роботи на рецензію	29.06.2025	виконано
10	Подання роботи на підпис зав. кафедри	30.06.2025	виконано
11	Подання кваліфікаційної роботи в ЕК	09.07.2025	виконано

Дата видачі завдання 28.04.2025 р.

Здобувач _____
(підпис)

Владислав ФОМІН
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

проф. Сергій НОВОСЕЛОВ
(посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 63 с., 9 табл., 55 рис., 22 джерела, 2 додатки.

C#, WINDOWS FORMS, ІОТ-СИМУЛЯЦІЯ, TELEGRAM API, MYSQL,
БАЗА ДАНИХ, МОНІТОРИНГ, ГРАФІКИ, СПОВІЩЕННЯ

Об'єкт розробки – процес моніторингу та контролю температури і вологості на складах.

Предмет розробки – підсистема автоматизованого моніторингу температури і вологості на складах.

Мета кваліфікаційної роботи – підвищення ефективності контролю кліматичних умов у складських приміщеннях шляхом розробки автоматизованої програмної системи моніторингу, обробки даних та оповіщення про аномальні показники.

У кваліфікаційній роботі розглянуто актуальні питання моніторингу мікроклімату, розроблено систему з функціями симуляції IoT-пристроїв та розроблено опрацювання даних та надсилання сповіщень через Telegram.

Кваліфікаційну роботу можна віднести до Цілі сталого розвитку 9 «Промисловість, інновації та інфраструктура», а саме п.9.4 «Сприяти прискореному розвитку високо та середньовисокотехнологічних секторів переробної промисловості, які формуються на основі використання ланцюгів «освіта – наука – виробництво» та кластерного підходу за напрямками: розвиток інноваційної екосистеми; розвиток інформаційно телекомунікаційних технологій (ІКТ); застосування ІКТ в АПК, енергетиці, транспорті та промисловості; високотехнологічне машинобудування; створення нових матеріалів; розвиток фармацевтичної та біоінженерної галузей».

ABSTRACT

Explanatory note contains 63 pages, 55 pictures, 9 tables, 22 sources, 2 addition.

C#, WINDOWS FORMS, IOT SIMULATION, TELEGRAM API, MYSQL, DATABASE, MONITORING, GRAPHS, NOTIFICATIONS

The object of development is the process of monitoring and controlling temperature and humidity in warehouses.

The subject of development is a subsystem for automated monitoring of temperature and humidity in warehouses.

The purpose of the qualification work is to increase the efficiency of controlling climatic conditions in warehouses by developing an automated software system for monitoring, data processing and notification of abnormal indicators.

The qualification work addresses topical issues of microclimate monitoring, develops a system with IoT device simulation functions, and develops data processing and sending notifications via Telegram.

The qualification work can also be attributed to Sustainable Development Goal 9 «Industry, innovation and infrastructure», namely c.9.4 «Promote the accelerated development of high- and medium-tech manufacturing sectors, which are formed through the use of education-science-manufacturing chains and a cluster approach in the following areas: development of an innovation ecosystem; development of information and telecommunication technologies (ICT); application of ICT in agriculture, energy, transport and industry; high-tech engineering; creation of new materials; development of pharmaceutical and bioengineering industries.»

ЗМІСТ

Перелік скорочень і термнів.....	7
Вступ.....	8
1 Аналіз сучасного стану систем моніторингу кліматичних показників холодильних та клімат-контрольних установок	10
1.1 Сучасні методи організації контролю кліматичних параметрів у холодильних та клімат-контрольних установках.....	10
1.2 Аналіз аналогічних систем моніторингу клімату	12
1.3 Аналіз сучасних додатків для моніторингу кліматичних параметрів ..	15
1.4 Аналіз кліматичних вимог і умов зберігання в сучасних складських приміщеннях	18
1.5 Аналіз сучасних засобів контролю клімату та використовуваних датчиків.....	21
1.6 Аналіз систем збереження та обліку даних	23
2 Розробка структури макету інтегрованої системи контролю та моніторингу кліматичних показників холодильних та клімат-контрольних установок на складах.....	25
2.1 Розробка структурної схеми	25
2.2 Розробка структури додатку керування та вибір технологій його реалізації	26
2.3 Розробка алгоритму роботи макету системи.....	27
2.4 Розробка структури бази даних	30
3 Реалізація моделі даних та sql-структур	36
3.1 Проектування структури бази даних	36
3.2 Візуалізація структури бази даних	40
4 Розробка програмного забезпечення.....	41
4.1 Симуляція взаємодії з кліматичними пристроями.....	41
4.2 Вибір засобів автоматизації розробки пз	41

4.3 Інтерфейс користувача та функціональні можливості системи	42
4.3 Розрахунок передавальної функції та аналіз стійкості дискретного п-регулятора	54
4.4 Охорона праці	57
Висновки	59
Перелік джерел посилання	61
Додаток А Текст програми.....	64
Додаток Б Демонстраційно-графічний матеріал.....	73

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМНІВ

БД – база даних;

ПЗ – програмне забезпечення;

СКБД – система керування базами даних;

API – інтерфейс прикладного програмування;

GUI – графічний інтерфейс користувача;

IoT – концепція підключення фізичних пристроїв до мережі;

JSON – формат обміну структурованими даними;

LiveCharts – бібліотека побудови графіків у середовищі .NET;

MySQL – система керування реляційними базами даних;

OOP – об'єктно-орієнтоване програмування;

SHA-256 – криптографічна хеш-функція;

Telegram API – прикладний інтерфейс для роботи з Telegram.

ВСТУП

Підтримка стабільних кліматичних параметрів, особливо вологості або температури, відіграє ключову роль у забезпеченні збереження якості продукції під час її зберігання або при транспортуванні. Передусім це актуально для складських і холодильних приміщень, де відхилення від нормативних умов спричинить пошкодження або псування товарів, що може привести до фінансових втрат підприємства. У зв'язку з цим керівники підприємств частіше впроваджують модерні автоматизовані системи контролю та моніторингу мікроклімату, що дозволяє оперативно реагувати на зміну показників та знизити вплив людського фактору.

Спочатку, звісно такі системи були досить простими і зазвичай базувалися на локальному середовищі, де вимірювалась температура та вологість в окремих точках. Дані збиралися доволі повільно та вручну, а реагування на відхилення від нормативних значень було повільним через відсутність автоматизації і віддаленого доступу. З розвитком цифрових технологій і появою Інтернету речей або Internet of things, сучасні системи стали набагато більш викінченими та інтегрованими. На сьогодні використовуються бездротові сенсорні мережі, що дають змогу збирати дані в реальному часі з великої частини локацій одночасно. Завдяки cloud-сервісам, інформація зберігається та аналізується дистанційно. Деякі компанії використовують додаткові автоматичні системи сповіщення, які інформують певних працівників про будь-які відхилення від норм, зафіксовані в системі. Також потрібно додати, що новітні системи підтримують прогнозування технічного обслуговування обладнання, що значно підвищує надійність системи і знижує ризики простоїв.

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності контролю кліматичних умов у складських приміщеннях шляхом розробки автоматизованої програмної системи моніторингу, обробки даних та

оповіщення про аномальні показники.

Об'єктом розробки є процес моніторингу та контролю температури і вологості на складах.

Предметом розробки є підсистема автоматизованого моніторингу температури і вологості на складах.

Задачами, що потрібно вирішити у кваліфікаційній роботі є:

- провести аналіз сучасних систем моніторингу кліматичних показників які використовуються на складах;
- дослідити можливості застосування Telegram API для оперативного інформування користувачів про відхилення параметрів;
- вибрати та обґрунтувати інструменти розробки програмного забезпечення на основі C# і Windows Forms для реалізації користувацького інтерфейсу та симуляції IoT-пристроїв;
- розробити програмний модуль, що забезпечує обробку, логування даних, а також формування та надсилання сповіщень в Telegram у разі критичних відхилень;
- розглянути питання охорони праці;
- оформити пояснювальну записку згідно [1] та [2].

1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ КЛІМАТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ХОЛОДИЛЬНИХ ТА КЛІМАТ- КОНТРОЛЬНИХ УСТАНОВОК

1.1 Сучасні методи організації контролю кліматичних параметрів у холодильних та клімат-контрольних установках

На нинішній день у сфері холодильних і клімат-контрольних установок спостерігається бажання до автоматизації ключових процесів, пов'язаних із контролем температури, вологості й циркуляції повітря. Із впровадженням спеціалізованих датчиків та електронних модулів можна в режимі реального часу моніторити зміни мікроклімату та оперативно налаштовувати обладнання. Це суттєво знижує витрати енергоносіїв, водночас підтримуючи стійкі умови для зберігання продукції або комфорту в приміщеннях.

Однією з головних складових сучасних кліматичних систем виступає ПЗ, що інтегрується з базою даних. За аналогією з програмами для обліку складських операцій, у кліматичних системах також фіксуються показники температури, вологості, тиску та стану вентиляційного обладнання. Зазвичай, такі програми часто оснащені графічним інтерфейсом, котрий відображає поточні параметри і дає можливість дистанційно коригувати їх (рис. 1.1).

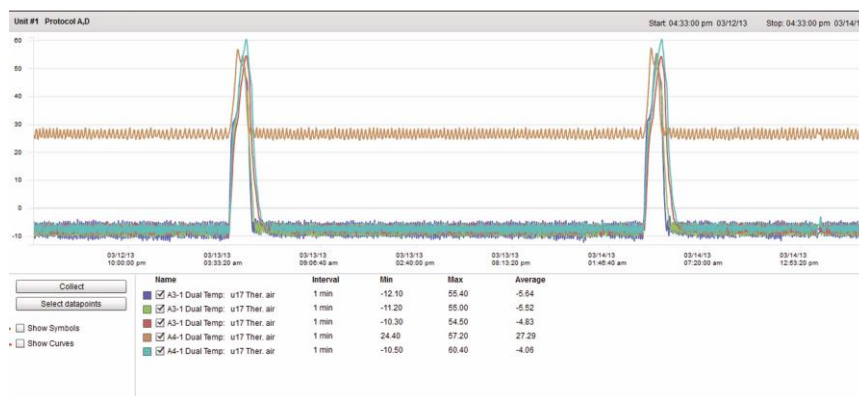


Рисунок 1.1 – Приклад сучасної системи моніторингу кліматичних параметрів [4]

Доречно зауважити, що іноді керування холодильними й кліматичними установками відбувається через спеціалізовані апаратні рішення. Деякі виробники пропонують системні менеджери на кшталт АК-SM 800 фірми Danfoss, які дають змогу не лише контролювати роботу устаткування, а й конфігурувати потрібні режими, відстежувати тривоги та створювати звіти (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Системний менеджер АК-SM 800 фірми Danfoss [5]

Такі пристрої можуть бути підключені до локальної мережі підприємства чи до інтернету, що відкриває доступ до віддаленого моніторингу та налаштувань через браузер або через спеціалізований софт. Зокрема, АК-SM 800 підтримує інтеграцію з Remote Management Tool (RMT), завдяки чому сервісний персонал має змогу проводити як оперативне керування, так і тестування системних параметрів без безпосереднього перебування на об'єкті.

Крім того, у великих холодильних та клімат-контрольних комплексах широко практикуються промислові роботи й автоматизовані візки для транспортування продукції всередині охолоджуваних приміщень, а також

модулі, що регулюють інтенсивність вентилявання. Перевагою таких рішень є те, що виконання типової повторюваної роботи можна доручити роботіві, що знижує потребу у фізичному втручанні оператора. Проте, повна роботизація можлива не всюди: часто залишається необхідність ручного чи напівавтоматичного керування під час проведення технічного обслуговування, завантаження системи новою продукцією чи коригування індивідуальних циклів роботи.

У наш час доволі поширені також датчики і контролери з модулем підключення до інтернету. Це дає змогу оперативно відправляти отриману інформацію на центральний сервер або систему керування. Надалі, на основі зібраних даних, формується аналітика для вчасних коригувань і покращення показників енергоефективності. Оператор, зі свого боку, має можливість керувати системою та відстежувати її функціонування у реальному часі, використовуючи веб-додатки або іноді і мобільні додатки.

1.2 Аналіз аналогічних систем моніторингу клімату

Одним із головних напрямів розвитку систем холодильного та клімат-контрольного обладнання є впровадження інтелектуальних рішень для віддаленого відстеження та аналізу кліматичних показників. На ринку вже існує доволі багато IoT-платформ і апаратно-програмних комплексів, які забезпечують моніторинг параметрів таких як: температура, вологість, тиск, тощо. Все це звісно у режимі реального часу. Серед найпоширеніших рішень можна виділити три продукти SensorPush, Monnit та TempTRIP.

Загальна ідея таких систем полягає у встановленні спеціальних сенсорів, що регулярно збирають кліматичні дані й відправляють їх на сервер або на хмарний сервіс для подальшої обробки даних. Завдяки цьому оператор має можливість оперативно відстежувати стан цього сховища та вчасно реагувати на відхилення від нормативних значень. Зазвичай системи пропонують зручні

декстопні додатки, мобільні додатки та веб-інтерфейси, де у вигляді графіків і табличних звітів відображається динаміка змін кліматичних умов (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Мобільний додаток IoT-системи SensorPush [6]

Перевагою більшості доступних на ринку IoT-рішень є простота розгортання і масштабування. Для прикладу, платформи SensorPush та Monnit надають можливість оперативно додавати нові датчики, інтегрувати їх із базами даних підприємства й виконувати базові налаштування навіть без спеціальних навичок. У результаті, користувачі мають змогу почати моніторинг за мінімальний час. Темпи обробки даних та актуальність показників на сервері зазвичай визначаються інтервалами передачі й технічними характеристиками сенсорів.

Водночас існують і певні обмеження. По-перше, точність вимірювань залежить від якості встановлених сенсорів і періодичності калібрування. По-

друге, у складних чи віддалених приміщеннях необхідно організувати надійну мережеву інфраструктуру, що включає маршрутизатори, концентратори й повторювачі сигналів. По-третє, системи, які базуються на хмарних сервісах, можуть вимагати регулярних абонентських платежів, а також піднімати питання безпеки даних, які передаються.

TempTRIP, своєю чергою, спеціалізується переважно на холодильній логістиці та пропонує інтегрований підхід до відстеження температури під час транспортування й зберігання (рис. 1.4).



Рисунок 1.4 – Мобільний додаток IoT-системи TempTRIP [7]

Основна його перевага в можливості узгодженої роботи з RFID-мітками та іншими системами контролю, що дозволяє побудувати ланцюг безперервного моніторингу. Водночас недоліками можуть стати вищі затрати

на впровадження через необхідність спеціалізованого обладнання та складніша інтеграція з внутрішніми базами даних підприємства.

Отже, впровадження сучасних систем моніторингу клімату дозволяє значно покращити якість контролю за роботою холодильних і кліматичних установок, надаючи можливість віддаленого спостереження за основними параметрами середовища і оперативного аналізу отриманої інформації. Остаточний вибір технологічного рішення визначається комплексом критеріїв, серед яких ключовими є точність вимірювань, доступність необхідної інфраструктури, фінансові витрати на впровадження і підтримку, зручність подальшого масштабування системи, а також забезпечення високого рівня безпеки та надійності збереження даних відповідно до корпоративних стандартів.

1.3 Аналіз сучасних додатків для моніторингу кліматичних параметрів

Одним із сучасних рішень для віддаленого контролю кліматичних показників є платформа Monnit IoT. Це комплексне рішення, що дає змогу безперервно збирати інформацію про температуру, вологість чи інші параметри за допомогою бездротових сенсорів, а потім передавати ці дані на центральний або хмарний сервер. Оператор може в реальному часі стежити за показниками у веб-додатку чи мобільному інтерфейсі, спостерігаючи як поточні значення, так і візуалізовані історичні тенденції (рис. 1.5).

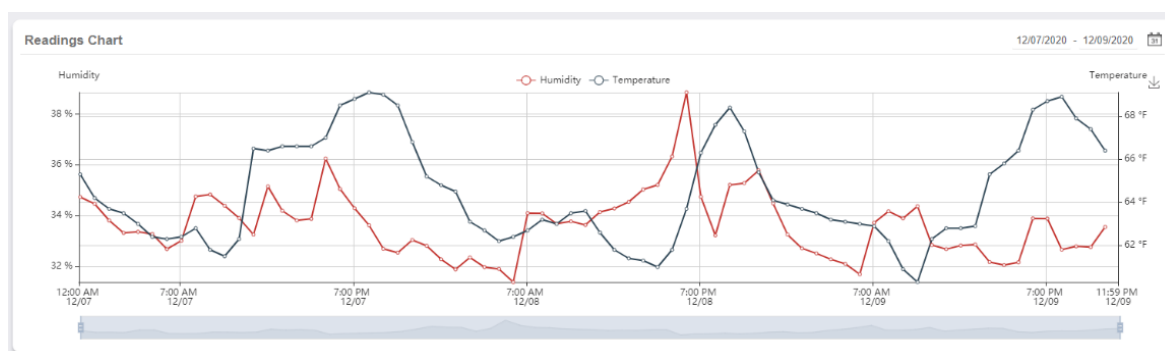


Рисунок 1.5 – Інтерфейс Monnit IoT з візуалізацією графіків температури та вологості [8]

У системі передбачено вдосконалені механізми для встановлення гнучких порогів тривоги та меж відхилень, аби у разі виходу за встановлені норми надсилати миттєві сповіщення різними каналами зв'язку (рис. 1.6).

Use Aware State

Below (°F)

Above (°F)

Рисунок 1.6 – Приклад налаштування порогів у Monnit IoT [9]

Програмне забезпечення дозволяє керувати безліччю сенсорів через централізовану панель, налаштовувати частоту опитування та калібрувати вимірювальні модулі (рис. 1.7).

Рисунок 1.7 – Панель керування сенсорами [10]

Передбачено розширений функціонал збору аналітичних звітів, імпорту й експорту даних (рис. 1.8), а також можливість інтеграції з іншими ІТ-рішеннями та сервісами. Інструментарій експорту підтримує найпоширеніші

формати (CSV, JSON, XML) із збереженням структури та метаданих, що спрощує подальшу обробку даних у сторонніх додатках.

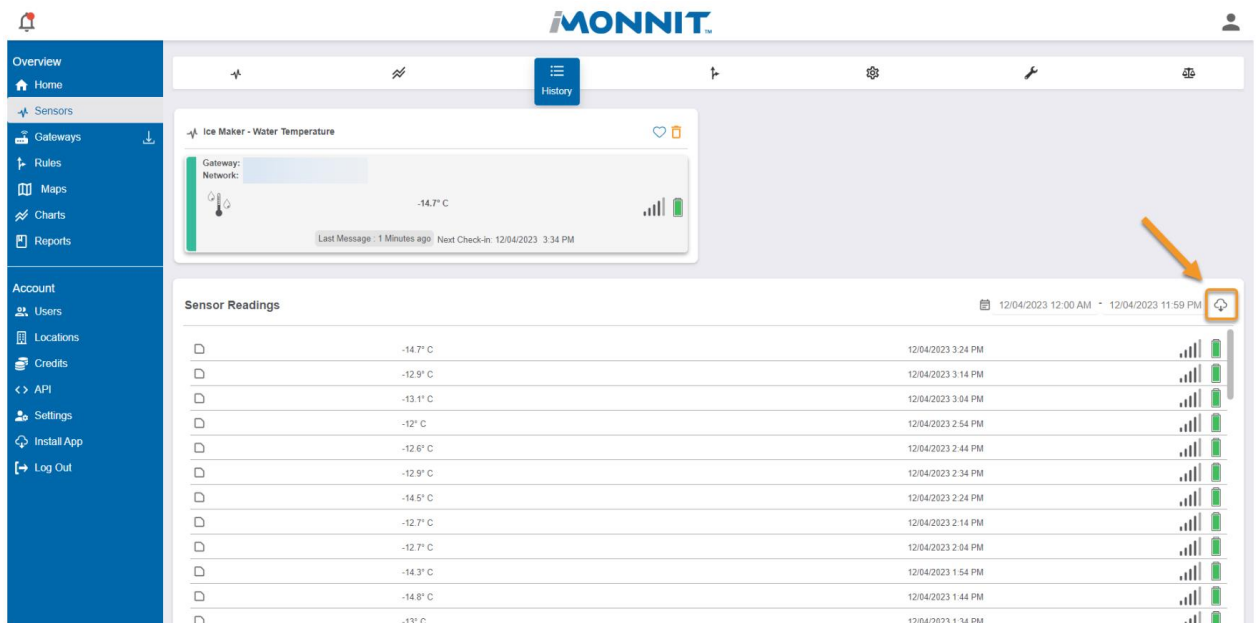


Рисунок 1.8 – Панель експорту даних сенсорів у Monnit IoT [11]

Технологічно рішення побудовано за клієнт-серверною моделлю де сенсори (рис. 1.9) надсилають телеметрію, яка потім опрацьовується серверною стороною з використанням сучасних алгоритмів аналізу. Система Monnit IoT підтримує власний протокол Monnit, а також MQTT, що дає змогу передавати великі обсяги даних у хмарне середовище.



Рисунок 1.9 – Бездротовий температурний сенсор Monnit ALTA [12]

Залежно від налаштувань, зберігання історичних записів може здійснюватися у реляційних MySQL, PostgreSQL або NoSQL-базах MongoDB, InfluxDB, а масштабованість хмарної платформи Monnit Cloud (рис. 1.10) дозволяє системі впевнено функціонувати як у невеликих складах, так і на великих виробничих комплексах.

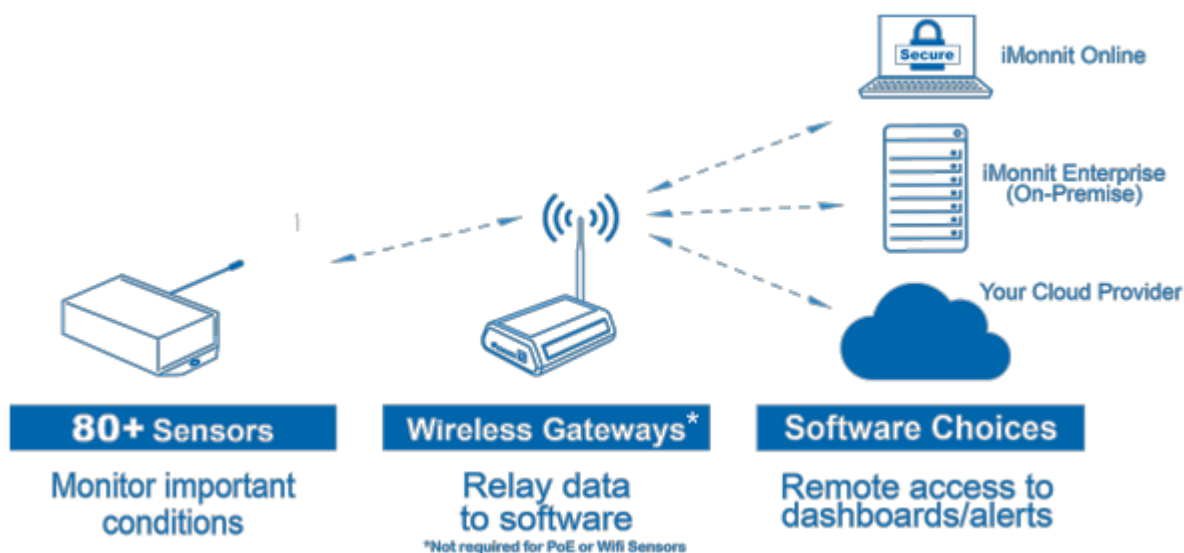


Рисунок 1.10 – Схема роботи хмарної платформи Monnit Cloud [13]

Оператори мають змогу постійно контролювати кліматичні параметри на інтерактивних дашбордах. Своєчасні попередження про відхилення допомагають оперативно реагувати, що підвищує безпеку зберігання й знижує витрати.

1.4 Аналіз кліматичних вимог і умов зберігання в сучасних складських приміщеннях

Сучасні складські приміщення є ключовим елементом логістичних ланцюгів, оскільки правильна організація їх роботи прямо впливає на якість зберігання товарів та ефективність наступних операцій з ними. Найважливіші критерії, що визначають придатність складу до зберігання певних груп товарів, є підтримання стабільних умов температури, вологості, належної

вентиляції (рис. 1.11) та достатнього рівня освітленості. Як правило, у сучасних проєктах складських комплексів вже на початковому етапі враховують необхідність встановлення спеціалізованих холодильних та кліматичних систем для підтримання параметрів середовища у певних нормативних межах. Вибір конкретних типів такого обладнання залежить від особливостей продукції, що зберігається на складі, її чутливості до змін температури чи вологості, а також специфіки розміщення вантажу на стелажних або інших системах зберігання.



Рисунок 1.11 – Вентиляційна система в холодильному сховищі [14]

При проєктуванні таких систем на складі необхідно враховувати не тільки загальну площу та висоту приміщення, але й особливості руху повітряних потоків. Це важливо для уникнення ситуацій, коли у певних зонах складу температура або вологість значно відрізняться від нормативних значень, створюючи небезпеку пошкодження продукції. Регламентні документи і стандарти визначають чіткі межі допустимих відхилень температурних та вологісних параметрів, а також встановлюють вимоги щодо

використання засобів автоматичного контролю та систем оперативного сповіщення. Важливим є правильне розташування обладнання холодильних установок, кондиціонерів і вентиляційних модулів, що значною мірою визначає надійність, безпеку та відповідність складу нормативам зберігання продукції (рис. 1.12). Окрім цього, стандарти можуть висувати додаткові умови, зокрема щодо встановлення автоматизованих систем пожежної безпеки, організації безперебійного електроживлення для обладнання регулювання клімату, а також проведення періодичного моніторингу повітряного середовища у складському приміщенні.



Рисунок 1.12 – Холодильне сховище класу В+ [15]

Одним із важливих аспектів сучасних складських приміщень є забезпечення належного рівня освітленості. Недостатнє чи занадто інтенсивне освітлення може негативно впливати на продукцію що там зберігається, а також створювати додаткові проблеми або труднощі для працівників при виконанні повсякденних операцій. Особливу увагу слід приділяти умовам зберігання електронних компонентів та приладів, оскільки навіть невеликі коливання температури чи вологості можуть призвести до їх пошкодження або втрати працездатності. У таких випадках система контролю клімату має бути

особливо точною, з високою чутливістю датчиків і здатністю оперативно реагувати на будь-які зміни параметрів. Для складів класу В+ характерне застосування сучасних технологій, які дозволяють автоматично контролювати та підтримувати стабільні кліматичні умови без постійної присутності операторів, мінімізуючи при цьому ризики людського фактору.

1.5 Аналіз сучасних засобів контролю клімату та використовуваних датчиків

Під час створення систем для контролю клімату, ключовим етапом є вибір якісних засобів вимірювання та реєстрації основних параметрів середовища, таких як температура і відносна вологість. Найчастіше використовуються цифрові датчики, серед яких поширеними є моделі DS18B20, DHT22 та SHT31. Датчики такого типу зазвичай характеризуються оптимальним балансом між точністю вимірювання, вартістю і низьким споживанням електроенергії. Якщо DS18B20, наприклад, спеціалізується переважно на визначенні температурних показників, то моделі DHT22 та SHT31 (рис. 1.13) дозволяють контролювати як температуру, так і вологість повітря. При цьому датчик SHT31 має кращу стабільність та точність вимірювання навіть у ситуаціях значних кліматичних перепадів.



Рисунок 1.13 – Датчик SHT31 для одночасного вимірювання температури і вологості [16]

Способи підключення цих пристроїв до системи збору даних визначаються особливостями самої складської інфраструктури. У невеликих приміщеннях найпростішим і надійним рішенням є провідне з'єднання з центральним контролером або реєстратором. У разі, коли мова йде про більші або складно структуровані склади, зручнішими є бездротові мережеві рішення. Для таких задач найчастіше використовують модулі Wi-Fi, Zigbee чи LoRaWAN, здатні передавати дані дистанційно в локальну мережу підприємства або до хмарної платформи з подальшим аналізом (рис. 1.14).

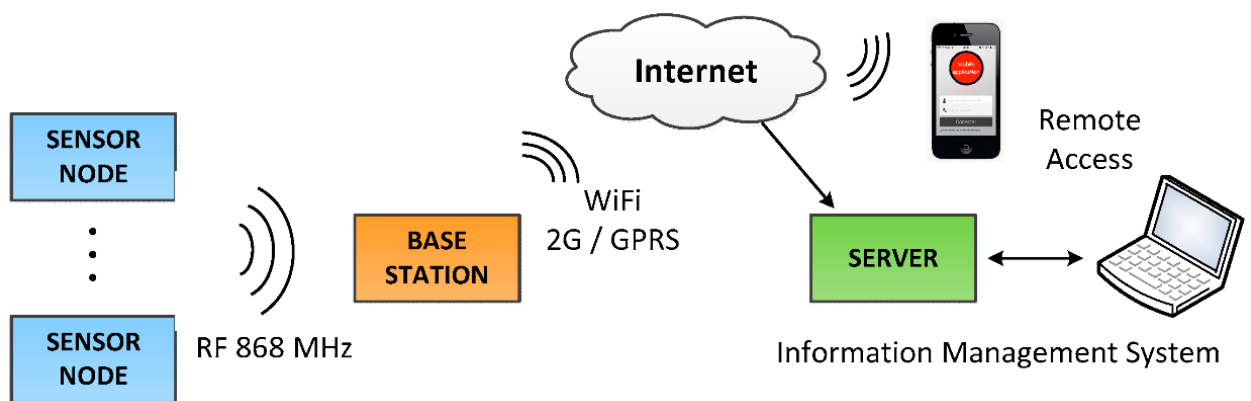


Рисунок 1.14 – Схема інтеграції бездротових датчиків до централізованої системи моніторингу [17]

Перевага використання саме таких мереж полягає у можливості миттєвого виявлення проблем із дотриманням кліматичних норм у будь-якій частині складу. У разі виявлення критичних змін оператор автоматично отримує сповіщення, що дозволяє швидко реагувати на ситуацію і запобігати негативним наслідкам для товару.

Загалом використання зазначених датчиків у таких системах є технічно й економічно обґрунтованим рішенням. Це дозволяє значно знизити вплив людського фактору на точність та регулярність вимірювання параметрів і відповідно, підвищити загальний рівень безпеки зберігання продукції.

1.6 Аналіз систем збереження та обліку даних

Збереження показників із датчиків вже рідко обмежується однією локальною базою. На практиці комбінують класичні СКБД, MySQL чи PostgreSQL, з керованими хмарними сервісами. Якщо дані потрібні одразу на кількох майданчиках, основну базу розміщують у хмарі (рис. 1.15) з копіями в різних дата центрах. Навіть коли один вузол виходить із ладу, система продовжує роботу без втрат.

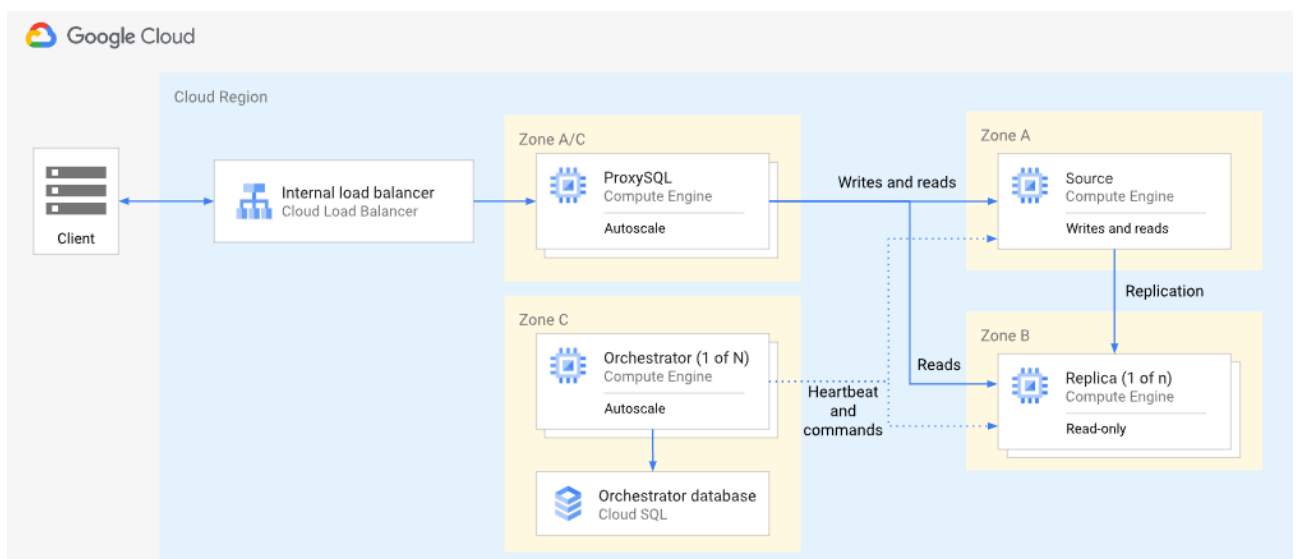


Рисунок 1.15 – Схема розміщення реляційної БД у хмарному кластері Google Cloud [18]

Надійність забезпечують автоматичні резервні копії, синхронна реплікація та журнали транзакцій, що дають змогу швидко відновити останні зміни. Щоб пришвидшити читання даних, додають кеш — in memory сховище на зразок Redis або Memcached.

Коли ж даних надходить дуже багато, реляційну базу підсилюють розподіленим сховищем, яке розраховане на швидкий послідовний запис (наприклад, S3 сумісне або спеціалізовану time series базу). Такі сервіси автоматично нарощують дисковий простір і обчислювальні ресурси, що дозволяє масштабувати систему без простоїв, тобто без затримок.

Усі дані з різних сенсорів зводяться в єдине сховище подій, де аналітичні запити будують трендові графіки й теплові карти. Дашборди одразу показують, у якій зоні складу відхилилися параметри, а система сповіщень заздалегідь попереджає персонал. Перенесення обробки та архіву в хмару знімає з компанії потребу тримати великий власний серверний парк і дає змогу швидко додавати новий функціонал.

2 РОЗРОБКА СТРУКТУРИ МАКЕТУ ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТА МОНІТОРИНГУ КЛІМАТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ХОЛОДИЛЬНИХ ТА КЛІМАТ-КОНТРОЛЬНИХ УСТАНОВОК НА СКЛАДАХ

2.1 Розробка структурної схеми

Структурну схему програми створюють безпосередньо після постановки завдання, оскільки саме вона дає змогу побачити всі компоненти системи, визначити шляхи передачі даних і закласти основу для подальшої деталізації модулів. Побудована структурна схема зображена на рисунку 2.1.

У нашій реалізації застосовано клієнт серверну архітектуру. За клієнт виступає WinForms додаток, який відображає актуальні показники температури та вологості й забезпечує управління системою, а серверною частиною є локальна MySQL БД, що зберігає телеметрію, отриману від програмної симуляції сенсорів.

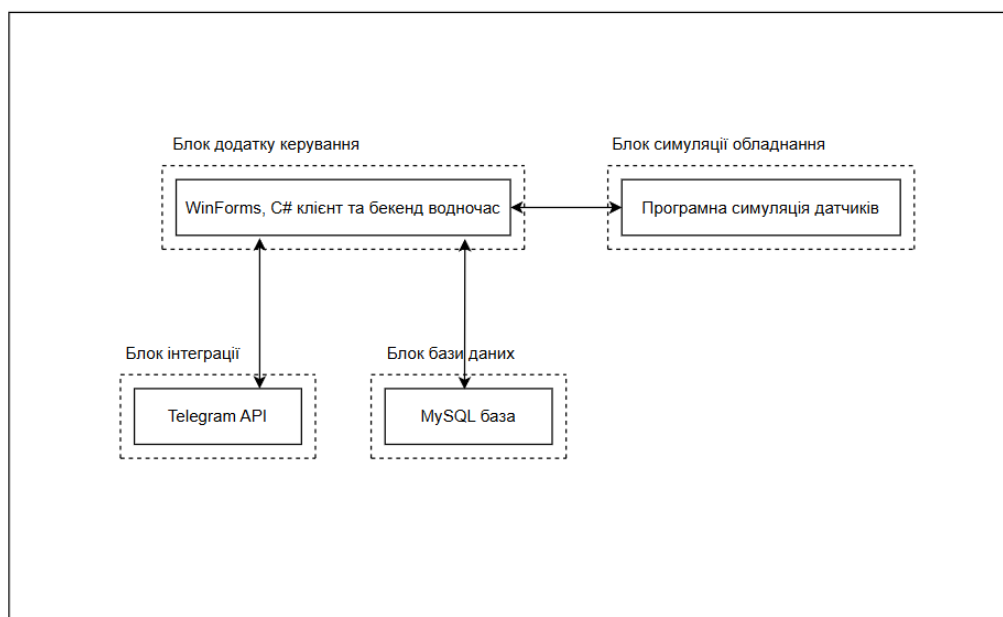


Рисунок 2.1 – Структурна схема інтегрованої системи моніторингу кліматичних показників холодильних та клімат контрольних установок

2.2 Розробка структури додатку керування та вибір технологій його реалізації

Додаток має дві взаємопов'язані частини клієнт та сервер.

Клієнт десктопна WinForms програма, що відображає таблиці пристроїв, локацій, логів, графіки показників і містить усі елементи керування (кнопки, діалогові форми, фільтри).

Серверна частина згорнута до служби доступу до даних. Роль сервера виконує СКБД MySQL, а проміжні запити формує сам WinForms клієнт. Додаткові серверні можливості (Telegram бот, таймер симуляції) інкапсульовані у фонових службах, що запускаються разом із клієнтом, але ізольовані в окремих класах-провайдерах.

Розробка ведеться у Visual Studio 2022, що забезпечує дизайнер форм, відлагодження і профайлінг.

Набір технологій клієнтської частини:

- мова C# 9.0;
- платформа .NET 8.0 Windows;
- Windows Forms для створення інтерфейсу;
- NuGet пакети (MySQLConnector, SkiaSharp, Telegram.Bot, LiveChartsCore.SkiaSharpView.WinForms).

Серверні служби та утиліти:

- MySQL 8.0;
- Telegram бот, розгорнутий як окремий background service усередині того ж виконуваного файлу;
- планувальник System.Timers для симуляції показників і генерації аномалій.

Функціонал клієнтського додатку повинен передбачати:

- сторінку входу та реєстрації користувачів;
- сторінку відображення всіх пристроїв із детальною інформацією;
- сторінку додавання, редагування та видалення пристроїв;

- сторінку керування локаціями (відображення, додавання, редагування, видалення);
- сторінку створення звітів про аномалії та ремонти пристроїв;
- сторінку перегляду та видалення користувачів;
- сторінку відображення графіків симуляції;
- сторінку для перегляду журналу подій;
- можливість виходу з облікового запису.

Серверна частина повинна реалізовувати весь функціонал клієнтського додатку та містити такі модулі:

- авторизації та аутентифікації;
- управління користувачами (CRUD, розподіл ролей, хешування паролів);
- керування пристроями (CRUD, оновлення статусів, завантаження зображень);
- керування локаціями (CRUD);
- технічного обслуговування (звіти про аномалії й ремонти, оновлення статусів пристроїв);
- журналу подій (логування дій, експорт, очищення);
- сповіщень про аномалії (генерація повідомлень).

2.3 Розробка алгоритму роботи макету системи

Робота системи починається з запуску додатку та відображення форми входу або реєстрації. Після успішної авторизації користувач потрапляє до головного вікна, де відображається таблиця пристроїв. Для моніторингу показників кожного пристрою передбачена окрема форма з табличним представленням даних та динамічними графіками температури й вологості. У розділі технічного обслуговування користувачі можуть створювати звіти про поломки, переводити пристрої в статус ремонту і завершувати ремонт із відповідним оновленням статусу.

Для адміністратора є окрема форма. Адміністратор може редагувати або видаляти пристрої, додавати нові, переглядати користувачів або видаляти їх. Також адмін має змогу переглядати логи.

Перша частина алгоритму роботи системи показано на рисунку 2.2, друга частина показана на рисунку 2.3.

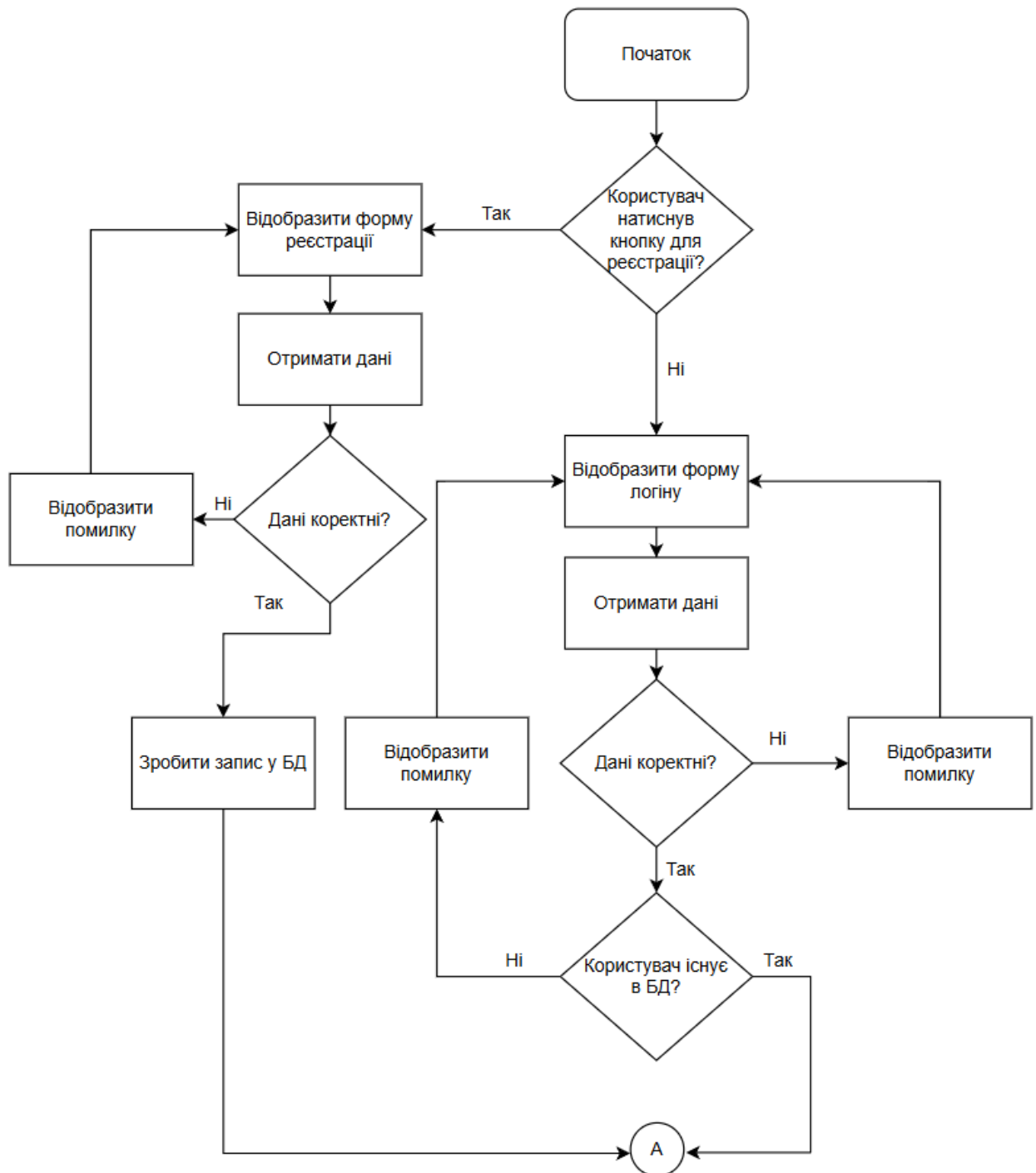


Рисунок 2.2 – Алгоритм роботи програми частина перша

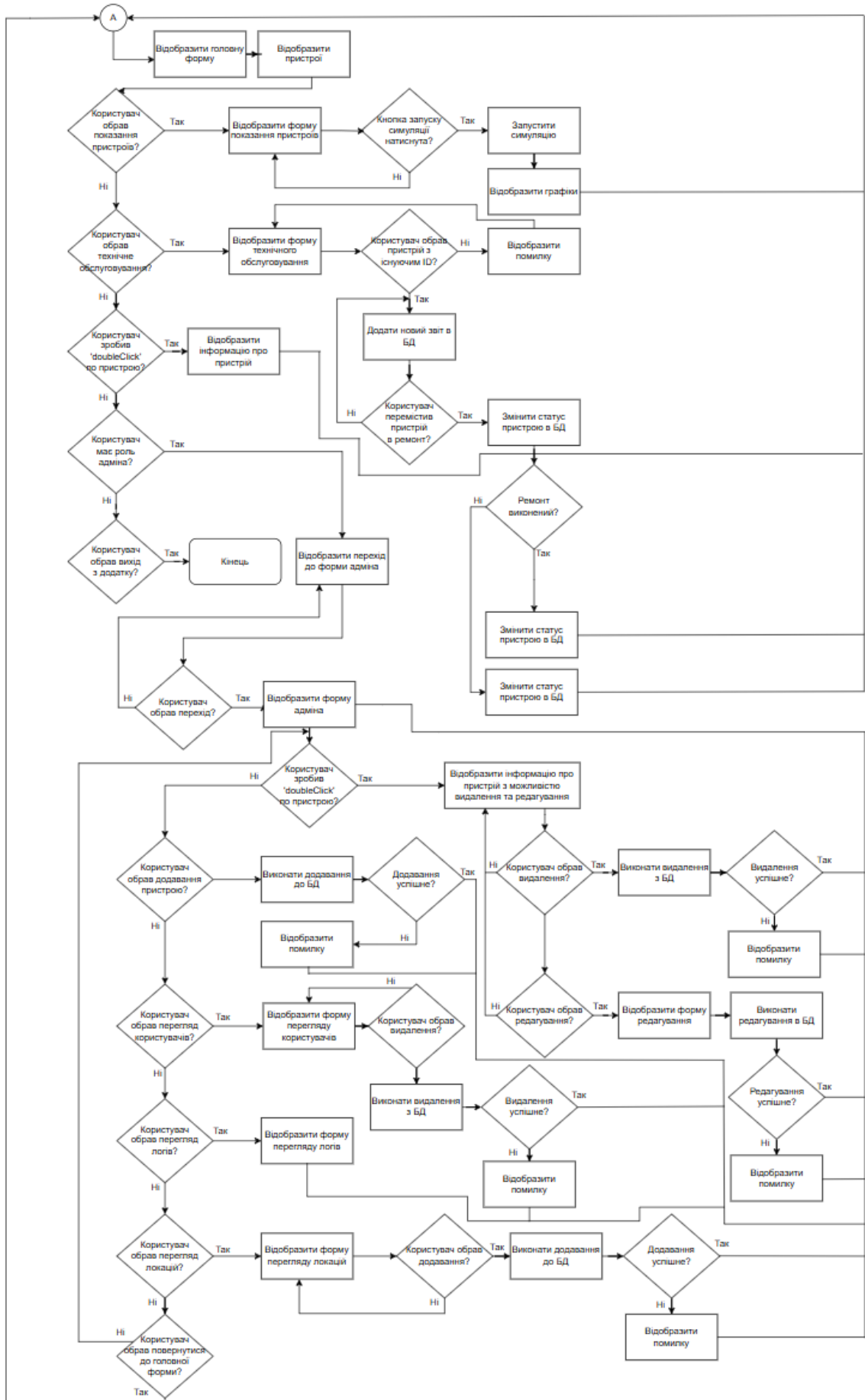


Рисунок 2.3 – Алгоритм роботи програми частина друга

2.4 Розробка структури бази даних

Структура БД охоплює всі ключові об'єкти системи: користувачів, складські локації, установлене там холодильне обладнання, датчики, що під'єднані до кожної установки, а також звіти про техобслуговування, сповіщення про аномалії й загальний журнал подій.

У системі передбачена модель користувачів, яка дозволяє користувачу здійснювати логін та реєстрацію, а також розподіляє права доступу залежно від ролі. Структуру моделі користувача наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Модель користувача

Назва поля	Тип даних	Опис	Додаткові параметри
id	INT	ID користувача	унікальне, обов'язкове
username	VARCHAR(30)	логін	унікальне, обов'язкове
passwordHash	VARCHAR(255)	хеш паролю	обов'язкове
email	VARCHAR(100)	електронна пошта	унікальне, обов'язкове
role	ENUM	роль («User», «Admin»)	за замовчуванням «User»
firstName	VARCHAR(45)	ім'я	обов'язкове
lastName	VARCHAR(45)	прізвище	обов'язкове
middleName	VARCHAR(45)	по-батькові	не обов'язкове

Локація відображає конкретне приміщення, де функціонує холодильне обладнання чи система клімат контролю. Структуру моделі локації наведено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Модель локації

Назва поля	Тип даних	Опис	Додаткові параметри
id	INT	ID локації	унікальне, обов'язкове
name	VARCHAR(50)	назва	унікальне, обов'язкове
description	VARCHAR(255)	опис	не обов'язкове
createdAt	DATETIME	дата створення запису	автоматичне заповнення

Під «пристроєм» у БД розуміють окрему холодильну камеру або агрегат із власними контролерами саме на цьому рівні прив'язуються сенсори температури й вологості, а також фіксується технічний стан установки. Структуру моделі пристроїв наведено у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Модель пристроїв

Назва поля	Тип даних	Опис	Додаткові параметри
id	INT	ID пристрою	унікальне, обов'язкове
name	VARCHAR(50)	назва	обов'язкове
type	VARCHAR(50)	тип	обов'язкове

Продовження таблиці 2.3

Назва поля	Тип даних	Опис	Додаткові параметри
status	VARCHAR(15)	статус	обов'язкове
locationId	INT	ID локації	зовнішній ключ
createdAt	DATETIME	дата додавання пристрою	автоматичне заповнення
isFailed	TINYINT(1)	індикатор несправності	за замовчуванням 0
sensor	VARCHAR(25)	сенсор, який використовує пристрій	обов'язкове

Усі вимірні значення з сенсорів потрапляють до таблиці показників, де зберігаються дата, час і конкретне значення температури чи вологості для кожної камери. Структуру моделі показників пристроїв наведено у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Модель показників пристроїв

Назва поля	Тип даних	Опис	Додаткові параметри
id	INT	ID запису	унікальне, обов'язкове
deviceId	INT	ID пристрою	зовнішній ключ
readingDate	DATETIME	дата та час вимірювання	обов'язкове
readingTempValue	DOUBLE	значення температури з датчика	обов'язкове
readingWetValue	DOUBLE	значення вологості з датчика	обов'язкове

Якщо система виявляє відхилення від норми, вона автоматично формує запис у таблиці повідомлень про аномалії, де фіксується, у якій саме камері сталася проблема та чому. Структуру моделі повідомлень про аномалії наведено у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Модель повідомлень про аномалії

Назва поля	Тип даних	Опис	Додаткові параметри
id	INT	ID повідомлення	унікальне, обов'язкове
deviceId	INT	ID пристрою	зовнішній ключ
deviceName	VARCHAR(50)	назва аномального пристрою	обов'язкове
anomalyReason	VARCHAR(50)	причина аномалії	обов'язкове
message	TEXT	текст повідомлення	обов'язкове
createdAt	DATETIME	дата створення повідомлення	автоматичне заповнення
isRead	TINYINT(1)	чи було повідомлення прочитано	за замовчуванням 0

У базі також ведеться журнал обслуговування, де зберігається дата, прізвище співробітника, короткий опис проблеми та холодильний прилад, з яким проводили роботи. Цей журнал відіграє ключову роль у відстеженні історії технічного обслуговування обладнання, фіксації виникнення несправностей та відповідальних осіб за усунення проблем. Кожен звіт містить унікальний ідентифікатор, що дозволяє точно ідентифікувати запис у системі, а також прив'язується до конкретного пристрою за допомогою зовнішнього ключа. Структуру моделі звітів про обслуговування наведено у таблиці 2.7.

Таблиця 2.6 – Модель звітів про обслуговування

Назва поля	Тип даних	Опис	Додаткові параметри
id	INT	ID звіту	унікальне, обов'язкове
deviceId	INT	ID пристрою	зовнішній ключ
problemDescription	TEXT	опис виявленої несправності	обов'язкове
reporterFirstName	VARCHAR(50)	ім'я працівника, що створив звіт	обов'язкове
reporterLastName	VARCHAR(50)	прізвище працівника, що створив звіт	обов'язкове
reportDate	DATETIME	дата створення звіту	автоматичне заповнення
transferredBy	VARCHAR(100)	дані особи, яка передала звіт на виконання	обов'язкове

Також існує таблиця, де зібрано всі моделі датчиків, що підтримує система, із зазначенням їхніх основних характеристик. Структуру моделі довідника сенсорів наведено у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Модель довідника сенсорів

Назва поля	Тип даних	Опис	Додаткові параметри
sensorId	INT	ID сенсора	унікальне, обов'язкове
sensorName	VARCHAR(50)	назва або модель сенсора	обов'язкове
description	VARCHAR(100)	стислий опис	необов'язкове

Система передбачає журнал подій для реєстрації всіх дій користувачів та пристроїв. Структуру моделі журналу подій наведено у таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Модель журналу подій

Назва поля	Тип даних	Опис	Додаткові параметри
id	INT	ID події	унікальне, обов'язкове
eventDate	DATETIME	дата та час події	автоматичне заповнення
userId	INT	ID користувача, що здійснив подію	зовнішній ключ
eventType	VARCHAR(50)	тип події	обов'язкове
eventDescription	TEXT	опис події	обов'язкове
deviceId	INT	ID пристрою (якщо подія пов'язана з пристроєм)	необов'язкове

3 РЕАЛІЗАЦІЯ МОДЕЛІ ДАНИХ ТА SQL-СТРУКТУР

3.1 Проектування структури бази даних

Розробка інформаційної частини системи розпочалася з проектування та створення бази даних, яка є основою для зберігання та обробки всієї інформації, що надходить від пристроїв. Для цього було обрано СКБД MySQL, оскільки вона є надійною, масштабованою та зручною в інтеграції з додатками написаними на C#.

Перед створенням таблиць необхідно ініціалізувати нову базу даних із назвою storage (рис. 3.1).

- `CREATE DATABASE IF NOT EXISTS storage;`
- `USE storage;`

Рисунок 3.1 – SQL-код для створення БД з назвою storage

У структурі БД реалізовано всі основні аспекти функціонування системи моніторингу, включно з пристроями, локаціями, користувачами, показаннями, подіями та аномаліями. Усі таблиці пов'язані логічними зовнішніми ключами, що дозволяє зберігати цілісність даних і спростити їх аналітичну обробку.

Однією з основних таблиць є users (рис. 3.2), яка містить дані про користувачів системи, включаючи логін, хешований пароль, роль, а також персональні дані для зручності ідентифікації.

```

• CREATE TABLE users (
  id INT PRIMARY KEY AUTO_INCREMENT,
  username VARCHAR(30) UNIQUE NOT NULL,
  password_hash VARCHAR(255) NOT NULL,
  role ENUM('User', 'Admin') DEFAULT 'User',
  email VARCHAR(100) UNIQUE NOT NULL,
  first_name VARCHAR(45) NOT NULL,
  last_name VARCHAR(45) NOT NULL,
  middle_name VARCHAR(45)
);

```

Рисунок 3.2 – SQL-код для створення таблиці users

У таблиці `locations` (рис. 3.3) зберігається інформація про фізичні місця, де встановлено пристрої. Таблиця містить дані про назву та опис локації, дату створення, порогові значення температури та вологості, які використовуються для автоматичного виявлення аномалій.

```
CREATE TABLE locations (  
    id INT PRIMARY KEY AUTO_INCREMENT,  
    name VARCHAR(100) NOT NULL,  
    description VARCHAR(255),  
    created_at DATETIME DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP,  
    min_temp DOUBLE,  
    max_temp DOUBLE,  
    min_hum DOUBLE,  
    max_hum DOUBLE  
);
```

Рисунок 3.3 – SQL-код для створення таблиці `locations`

Таблиця `sensors` (рис. 3.4) містить довідкову інформацію про типи сенсорів, які можуть бути прив'язані до пристроїв.

```
CREATE TABLE sensors (  
    sensor_id INT PRIMARY KEY AUTO_INCREMENT,  
    sensor_name VARCHAR(255),  
    description VARCHAR(500)  
);
```

Рисунок 3.4 – SQL-код для створення таблиці `sensors`

Важливою складовою є таблиця `devices` (рис. 3.5), у якій фіксуються всі пристрої, що встановлені в системі. Кожен пристрій має назву, тип, статус, прив'язку до конкретної локації, а також поле, що вказує на наявність несправності. Така структура дозволяє гнучко контролювати стан усіх пристроїв у реальному часі.

```

CREATE TABLE devices (
  id INT PRIMARY KEY AUTO_INCREMENT,
  name VARCHAR(100) NOT NULL,
  type VARCHAR(50),
  status VARCHAR(50),
  location_id INT,
  created_at DATETIME DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP,
  image LONGBLOB,
  is_failed TINYINT(1) DEFAULT 0,
  sensor VARCHAR(255),
  FOREIGN KEY (location_id) REFERENCES locations(id)
);

```

Рисунок 3.5 – SQL-код для створення таблиці devices

Зібрані дані зберігаються в таблиці device_readings (рис. 3.6). Тут фіксуються показники температури та вологості з точністю до дати й часу, а також вказується, чи є дане значення нормальним, пороговим або результатом збою. Це дає змогу не лише зберігати історію змін, але й виконувати аналітичну обробку даних.

```

CREATE TABLE device_readings (
  id INT PRIMARY KEY AUTO_INCREMENT,
  device_id INT,
  reading_date DATETIME DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP,
  reading_temp VARCHAR(50),
  reading_wet VARCHAR(50),
  reading_temp_value DOUBLE,
  reading_wet_value DOUBLE,
  FOREIGN KEY (device_id) REFERENCES devices(id)
);

```

Рисунок 3.6 – SQL-код для створення таблиці device_readings

У випадках виявлення відхилень або несправностей система створює відповідні записи у таблиці device_notifications (рис. 3.7). Кожне повідомлення містить опис проблеми, час її фіксації та мітку про те, чи було повідомлення переглянуто. Крім того, текст аномалії може бути використаний для автоматичної відправки сповіщень в Telegram.

```

CREATE TABLE device_notifications (
    id INT PRIMARY KEY AUTO_INCREMENT,
    device_id INT,
    device_name VARCHAR(255),
    anomaly_reason VARCHAR(255),
    message TEXT,
    created_at DATETIME DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP,
    is_read TINYINT(1) DEFAULT 0,
    FOREIGN KEY (device_id) REFERENCES devices(id)
);

```

Рисунок 3.7 – SQL-код для створення таблиці device_notifications

Для забезпечення зворотного зв'язку та фіксації технічного обслуговування передбачена таблиця maintenance_reports (рис. 3.8). У ній зберігаються звіти про проведені технічні роботи, опис проблеми, особа, яка сформувала звіт, і відповідальний, який прийняв звіт у роботу. Це підвищує прозорість обслуговування обладнання та дозволяє відслідковувати історію дій.

```

CREATE TABLE maintenance_reports (
    id INT PRIMARY KEY AUTO_INCREMENT,
    device_id INT,
    problem_description TEXT,
    reporter_first_name VARCHAR(50),
    reporter_last_name VARCHAR(50),
    report_date DATETIME,
    transferred_by VARCHAR(100),
    FOREIGN KEY (device_id) REFERENCES devices(id)
);

```

Рисунок 3.8 – SQL-код для створення таблиці maintenance_reports

Останньою за структурою, але не за значенням, є таблиця event_logs (рис. 3.9), яка виконує роль журналу подій. У ній зберігається інформація про всі основні дії, що відбулися в системі. Це додавання або редагування записів, спрацьовування аномалій тощо. Кожен запис містить дату, тип події, опис та пов'язаний обліковий запис користувача.

```

CREATE TABLE event_logs (
  id INT PRIMARY KEY AUTO_INCREMENT,
  event_date DATETIME DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP,
  user_id INT,
  username VARCHAR(255),
  event_type VARCHAR(50),
  event_description TEXT,
  device_id INT,
  FOREIGN KEY (user_id) REFERENCES users(id),
  FOREIGN KEY (device_id) REFERENCES devices(id)
);

```

Рисунок 3.9 – SQL-код для створення таблиці event_logs

3.2 Візуалізація структури бази даних

На основі структури таблиць в додатку MySQL Workbench було створено EER-діаграму, що візуально демонструє логічні зв'язки між усіма об'єктами бази даних (рис. 3.10). Це дозволяє легко орієнтуватися в архітектурі системи, а також спрощує подальше розширення проєкту.

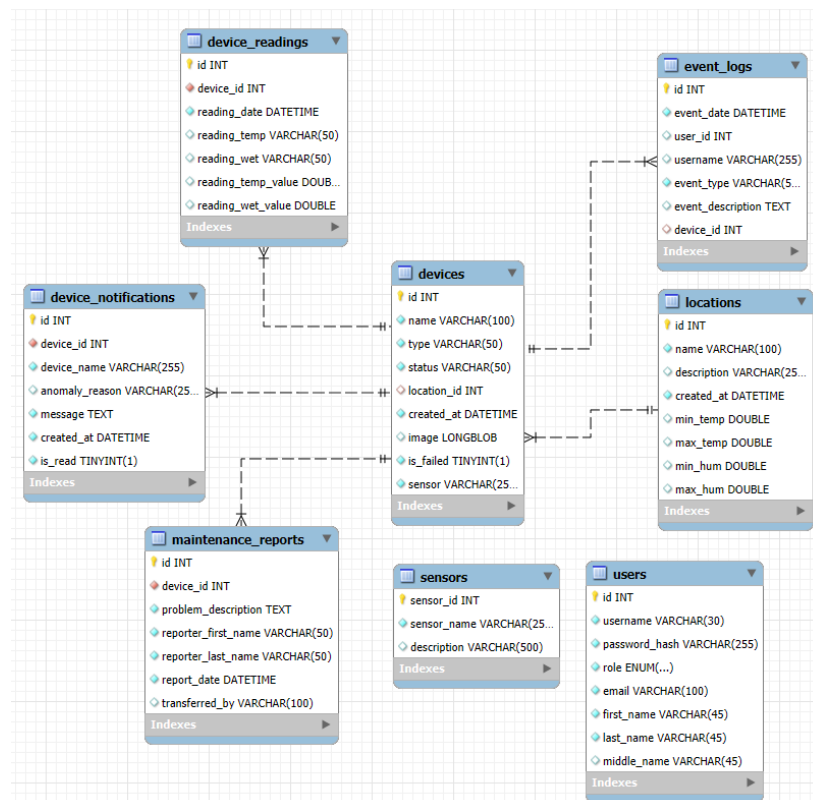


Рисунок 3.10 – EER-діаграма бази даних storage

4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

4.1 Симуляція взаємодії з кліматичними пристроями

У розробленій системі взаємодія з холодильними та клімат-контрольними пристроями реалізована у вигляді симуляції роботи IoT-пристроїв. Це означає, що фізичні датчики температури та вологості на даному етапі не підключені, а їхня поведінка моделюється програмно з використанням випадкових значень, які наближені до реальних умов.

Симуляція виконується з урахуванням порогових значень температури та вологості, заданих для кожної локації. Якщо згенеровані значення виходять за межі норми, система фіксує аномалію, зберігає інформацію в базі даних та надсилає повідомлення через Telegram. Такий підхід дозволяє імітувати роботу системи в умовах, максимально наближених до реального середовища, і повністю протестувати алгоритми моніторингу, сповіщень, логування та керування без необхідності фізичного обладнання.

Симуляційний модуль легко адаптується для роботи з реальними IoT-пристроями в майбутньому, оскільки архітектура системи передбачає розмежування джерел даних (фізичні або симульовані).

4.2 Вибір засобів автоматизації розробки ПЗ

У процесі створення системи моніторингу кліматичних показників було обрано оптимальні засоби розробки, які забезпечують стабільну роботу, швидку інтеграцію з зовнішніми сервісами та зручність у подальшому супроводі. Основною мовою програмування виступає C#, яка завдяки своїй строго типізованій структурі, підтримці ООП та широким можливостям розширення дозволила реалізувати логіку системи максимально ефективно.

Розробку здійснено у середовищі Microsoft Visual Studio, що забезпечує інтегровані інструменти для написання, тестування, налагодження і структурування коду. Для побудови графічного інтерфейсу застосовано платформу Windows Forms, яка є зручною для створення десктопних застосунків і дозволяє швидко реалізовувати функціональні форми для взаємодії з користувачем.

В якості системи керування базами даних було використано MySQL, яка дозволила реалізувати надійне зберігання даних, у тому числі показань від пристроїв, журналів подій та сповіщень про аномалії. Для підключення до бази даних використано офіційну бібліотеку MySql.Data, яка забезпечує повноцінну підтримку SQL-запитів і транзакцій з боку C#-застосунку.

Також у межах проекту реалізовано функціонал надсилання повідомлень у Telegram за допомогою бібліотеки Telegram.Bot, що дало змогу автоматично відправляти сповіщення. Візуалізація графіків реалізована за допомогою бібліотеки LiveCharts.WinForms, а для експорту інформації у форматі Excel було використано ClosedXML.

Загальний підхід до вибору засобів розробки базувався на практичності, простоті реалізації та відповідності поставленим задачам автоматизованого контролю кліматичних умов.

4.3 Інтерфейс користувача та функціональні можливості системи

Основною метою будь-якого програмного забезпечення незалежно від його типу (веб, мобільний чи десктопний застосунок) є забезпечення максимально інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу для користувача. У рамках цього проєкту реалізовано десктопний застосунок з розмежуванням прав доступу для звичайного користувача та адміністратора. Частина функціоналу є спільною для обох ролей, однак адміністратор має розширені можливості керування системою.

Після запуску програми користувач потрапляє на форму авторизації (рис. 4.1).

Логін

STD v2.3

Ласкаво просимо до Storage Tempo Depot інтелектуальної платформи для моніторингу й керування кліматом на складах і виробничих майданчиках. У режимі реального часу ви отримуєте точні дані про температуру й вологість, автоматичні сповіщення про відхилення та історію показників, що дозволяє мінімізувати ризики псування продукції та оптимізувати енерговитрати.

Логін

okkk

Пароль

****|

Логін

Немає аккаунта?

Зареєструватись

Рисунок 4.1 – Форма авторизації користувача

Поле логіну є унікальним, а паролі зберігаються в базі даних у вигляді хешу для забезпечення безпеки (рис. 4.2).

	id	username	password_hash
▶	18	okkk	kazjJff23mPFNiKS+U3Ij/lbqjb85inHq7DD8s0slWG0Q5Av

Рисунок 4.2 – Приклад зберігання хешованого пароля у БД

Якщо користувач ще не має облікового запису, він може зареєструватися, натиснувши відповідну кнопку (рис. 4.3). Для того щоб уникнути подальших проблем в формі реєстрації ми використовуємо повтор паролю, пробіли обрізаються, для того щоб не додавати пропуски до нашої бази даних. Email є унікальним і використовується як основний ідентифікатор користувача. Поля ім'я та прізвище є обов'язковими, а по батькові опціональним.

Регистрація

Обов'язкові поля позначені червоною зірочкою
Перевіряйте дані перед відправкою

* Логін / Тільки англ.
login

* Пароль
password

* Повтор паролю
reply password

* Email / Електронна пошта
email

* Ім'я
first name

* Прізвище
second name

По-батькові
middle name

Вже є акаунт?
Увійти

Зареєструватись

Рисунок 4.3 – Форма реєстрації нового користувача

Після успішного входу користувач потрапляє на головну форму застосунку (рис. 4.4), де відображаються дані про всі пристрої присутні в БД. Відображається їх назва, тип, статус, локація та використовуваний датчик.

Отримати права адміна Технічне обслуговування *STD v2.3* Вийти з системи

Відтворити симуляцію Показання пристроїв

Оновити таблицю *'Double Click' для опису* Статус: Всі Склад: Всі Заст. фільтри Очис. фільтри

НАЗВА	ТИП	СТАТУС	НАЗВА ЛОКАЦІЇ	ДАТЧИК
Холодильна камера ArcticTech 5000	Холодильна установка	active	Склад 1	Sensirion SHT31
GGM Gastro	Холодильна камера	inactive	Склад 1	Sensirion SHT35

Рисунок 4.4 – Головна форма програми з переліком пристроїв

При подвійному кліку на рядок таблиці відкривається розширена інформація про пристрій, зокрема фото та опис локації, а також інша додаткова інформація, яка дозволяє зручніше керувати пристроями (рис. 4.5).

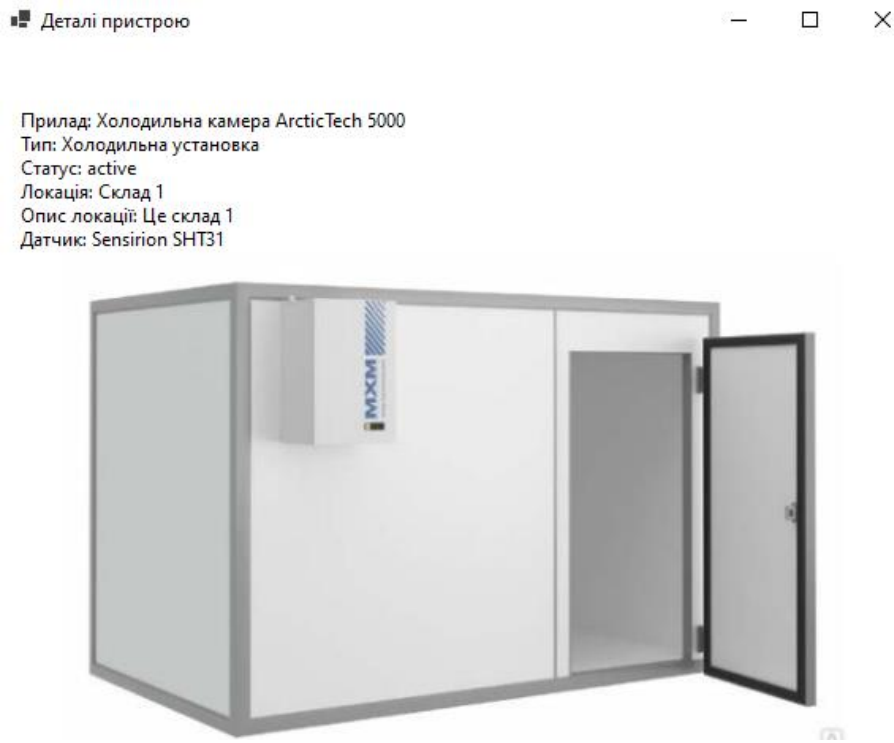


Рисунок 4.5 – Детальна інформація про пристрій

Кнопка «Відтворити симуляцію» відкриває окрему форму керування симуляцією (рис. 4.6), де користувач може запускати або зупиняти процес моделювання кліматичних даних. Винесення логіки симуляції в окремий модуль дозволяє зберігати чисту архітектуру застосунку.



Рисунок 4.6 – Форма запуску симуляції кліматичних даних

Після запуску симуляції вікно «Показання пристроїв» (рис. 4.7) відображає актуальні дані температури та вологості з пристроїв. Користувач може експортувати ці показники в Excel-таблицю (рис. 4.8) для подальшої обробки.

Пристрій	Датчик	Дата	Тип	Тип	Температура	Вологість
PO23	Sensirion SHT35	20.06.2025 17:45	threshold	threshold	19,08962	32,90970
hnfghn	Sensirion SHT31	20.06.2025 17:45	temperature	humidity	28,76814	44,61962
PO23	Sensirion SHT35	20.06.2025 17:45	threshold	threshold	20,21515	30,32437
hnfghn	Sensirion SHT31	20.06.2025 17:45	temperature	humidity	26,51183	45,46717
PO23	Sensirion SHT35	20.06.2025 17:45	threshold	threshold	17,84916	28,27676
hnfghn	Sensirion SHT31	20.06.2025 17:45	temperature	humidity	26,26321	47,30545
PO23	Sensirion SHT35	20.06.2025 17:45	threshold	threshold	21,23888	31,71347
hnfghn	Sensirion SHT31	20.06.2025 17:45	temperature	humidity	26,70502	44,49641
PO23	Sensirion SHT35	20.06.2025 17:44	temperature	humidity	29,14927	38,57391
hnfghn	Sensirion SHT31	20.06.2025 17:44	temperature	humidity	29,18875	38,57724
PO23	Sensirion SHT35	20.06.2025 17:44	permanent	permanent	0,00000	0,00000
hnfghn	Sensirion SHT31	20.06.2025 17:44	temperature	humidity	29,13703	37,94151
PO23	Sensirion SHT35	20.06.2025 17:44	permanent	permanent	0,00000	0,00000
hnfghn	Sensirion SHT31	20.06.2025 17:44	temperature	humidity	26,98266	41,21615
PO23	Sensirion SHT35	20.06.2025 17:44	permanent	permanent	0,00000	0,00000
hnfghn	Sensirion SHT31	20.06.2025 17:44	temperature	humidity	28,56346	46,30361
PO23	Sensirion SHT35	20.06.2025 17:44	permanent	permanent	0,00000	0,00000
hnfghn	Sensirion SHT31	20.06.2025 17:44	temperature	humidity	27,81941	43,20553
PO23	Sensirion SHT35	20.06.2025 17:43	permanent	permanent	0,00000	0,00000
hnfghn	Sensirion SHT31	20.06.2025 17:43	temperature	humidity	26,01673	39,57120
PO23	Sensirion SHT35	20.06.2025 17:37	permanent	permanent	0,00000	0,00000
hnfghn	Sensirion SHT31	20.06.2025 17:37	temperature	humidity	29,32280	41,45458

Рисунок 4.7 – Відображення температури та вологості в режимі реального часу

device_id	deviceName	sensor	reading_date	reading_temp	reading_wet	reading_temp_value	reading_wet_value
123	CPG	Sensirion SHT31	13.05.2025 12:59	temperature	humidity	29,42506144	46,44560627
123	CPG	Sensirion SHT31	13.05.2025 12:59	temperature	humidity	23,51501231	59,28725527
123	CPG	Sensirion SHT31	13.05.2025 12:59	temperature	humidity	23,6960099	46,90380606
123	CPG	Sensirion SHT31	13.05.2025 12:59	temperature	humidity	25,14648768	48,323842
123	CPG	Sensirion SHT31	13.05.2025 12:58	temperature	humidity	20,43010685	51,76126682
123	CPG	Sensirion SHT31	13.05.2025 12:58	temperature	humidity	20,99776352	58,95847162
123	CPG	Sensirion SHT31	13.05.2025 12:58	temperature	humidity	22,85856071	44,575064
123	CPG	Sensirion SHT31	13.05.2025 12:58	temperature	humidity	28,17998997	48,91799623

Рисунок 4.8 – Експорт показників до Excel

Окрім табличного подання, реалізовано побудову графіків зміни температури та вологості в режимі реального часу (рис. 4.9). Це дозволяє візуально відстежувати динаміку кліматичних показників і також легко розширювати проект в майбутньому та додавати нові функції для графіків.



Рисунок 4.9 – Графіки зміни температури та вологості

У разі виникнення критичної ситуації, наприклад, виходу пристрою з ладу, це одразу відображається в таблиці (рис. 4.10). Крім того, користувач отримує Telegram-повідомлення (рис. 4.11).

Пристрій	Датчик	Дата	Тип	Тип
Холодильна камера ArcticTech 5000	Sensirion SHT31	12.05.2025 17:30	permanent	permanent
Холодильна камера ArcticTech 5000	Sensirion SHT31	12.05.2025 17:30	permanent	permanent
Холодильна камера ArcticTech 5000	Sensirion SHT31	12.05.2025 17:29	permanent	permanent
Холодильна камера ArcticTech 5000	Sensirion SHT31	12.05.2025 17:29	permanent	permanent
Холодильна камера ArcticTech 5000	Sensirion SHT31	12.05.2025 17:29	permanent	permanent
Холодильна камера ArcticTech 5000	Sensirion SHT31	12.05.2025 17:29	permanent	permanent
Холодильна камера ArcticTech 5000	Sensirion SHT31	12.05.2025 17:29	permanent	permanent

Рисунок 4.10 – Пристрій ArcticTech 5000 вийшов з ладу

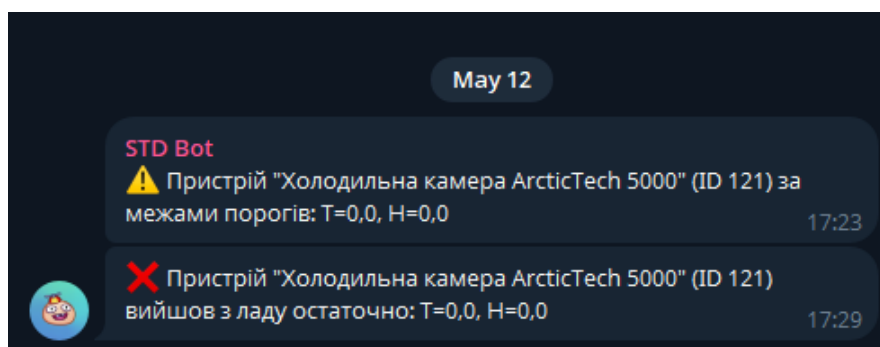


Рисунок 4.11 – Telegram-повідомлення про несправність пристрою

Також це повідомлення записується в базу даних і ми можемо його переглянути, перейшовши до форми «Технічне обслуговування» (рис. 4.12), а потім до вкладки «Сповіщення» (рис. 4.13).

Рисунок 4.12 – Загальний вигляд форми «Технічне обслуговування»

Прилад	Причина аномалії	Повідомлення	Дата створення
Холодильна камера ArcticTech 5000	Permanent failure	✘ Пристрій "Холодильна камера ArcticTech 5000" (l...	12.05.2025 17:29
Холодильна камера ArcticTech 5000	Threshold breach	⚠ Пристрій "Холодильна камера ArcticTech 5000" (l...	12.05.2025 17:23

Рисунок 4.13 – Відображення повідомлення у вкладці «Сповіщення»

Для пристрою, який вийшов з ладу, ми можемо створити репорт, перейшовши до форми «Додати репорт» (рис. 4.14).

Рисунок 4.14 – Створення репорту

Після створення репорту він відображається у лівій частині інтерфейсу (рис. 4.15) у вигляді таблиці DataGridView. Також у правій частині форми відображається повна інформація про повідомлення, включно з автором, який створив репорт.

'Enter' для опису

Пристрої що слід полагодити

'Double Click' для переносу

Пристрій	Опис проблеми	Склав	Дата складання
▶ Холодильна камера ArcticTech...	Вийшов з ладу! Перевірити!	Влад Фомін	12.05.2025 17:41

Рисунок 4.15 – Відображення репорту

Репорт можна перенести до стану «Ремонт», що свідчить про початок ремонтних робіт. Це може зробити як автор звіту, так і інший працівник системи (рис. 4.16).

Пристрої що в ремонті

'Double Click' для 'Відремонтовано'

Пристрій	Опис проблеми	Склав	Дата складання	Ремонтуює..
▶ Холодильна камера Агс...	Вийшов з ладу! Перевір...	Влад Фомін	12.05.2025 17:41	Саша Шляпик

Рисунок 4.16 – Пристрій переведено до стану «Ремонт»

У даному прикладі звіт склав Влад Фомін, а перевів його в ремонт інший працівник. Це можливо завдяки використанню сесійної авторизації, яка зберігає інформацію про поточного користувача.

Після проведення ремонту користувач повинен вказати результат у відповідній формі (рис. 4.17). Якщо пристрій поладжено, він повертається до нормального режиму роботи. Якщо ж пристрій неможливо відновити, його статус змінюється на «inactive», а назва та тип оновлюються на «ВИДАЛИТИ» (рис. 4.18).

Пристрій поладжено ✓
 Пристрій неможливо поладити ✗

Рисунок 4.17 – Вибір результату ремонту

STD v2.3

'Double Click' для опису
Статус:
Склад:

НАЗВА	ТИП	СТАТУС	НАЗВА ЛОКАЦІЇ	ДАТЧИК
ВИДАЛИТИ	ВИДАЛИТИ	inactive	Склад 1	Sensirion SHT31
GGM Gastro	Холодильна камера	inactive	Склад 1	Sensirion SHT35

Рисунок 4.18 – Назва та тип пристрою змінено на «ВИДАЛИТИ»

Користувач може подати запит на підвищення прав до адміністратора, натиснувши відповідну кнопку на головній формі. Після цього суперадмін отримає повідомлення в Telegram із можливістю прийняти або відхилити запит (рис. 4.19).

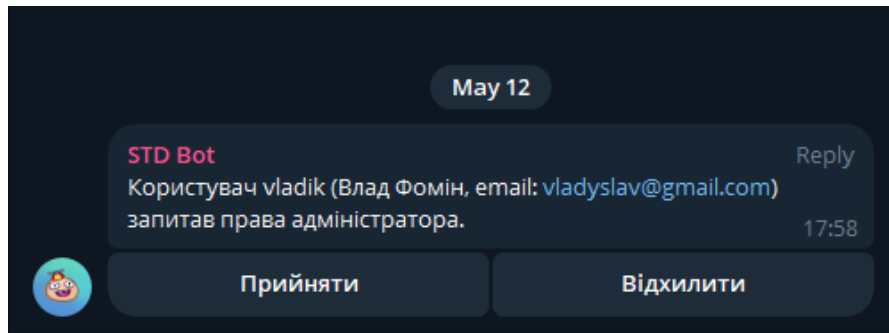


Рисунок 4.19 – Надіслане повідомлення про запит прав адміністратора в Telegram

У випадку відмови користувач отримає відповідне повідомлення у програмі. Якщо суперадмін натисне «Прийняти», користувачу буде надано права адміністратора та він отримає доступ до адмін-панелі (рис. 4.20).

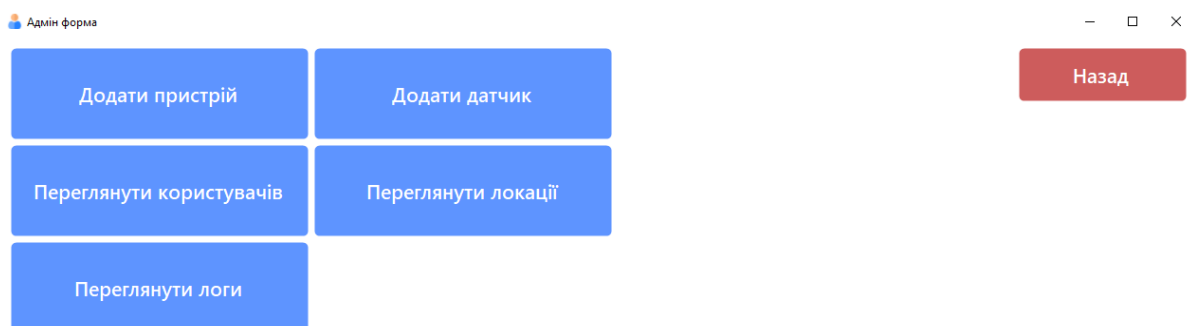


Рисунок 4.20 – Адмін-панель

У панелі адміністратора доступні розширені можливості:

- додавання, редагування та видалення пристроїв;
- перегляд, редагування та видалення користувачів;
- перегляд та редагування локацій; управління логами;
- додавання нових датчиків.

Під час додавання пристрою адміністратор вказує: назву, тип пристрою, датчик, фото та локацію. Усі нові пристрої автоматично мають статус «inactive» до введення в експлуатацію (рис. 4.21).

Додати пристрій

Очистити поля

Назва
SQP

Тип
Холодильна камера

Датчик
Sensirion SHT31

Вибрати фото

Статус
inactive

Локація
Склад №2

Підтвердити Скасувати

Рисунок 4.21 – Додавання нового пристрою адміністратором

Пристрій можна редагувати або видалити лише тоді, коли він має статус «inactive» (рис. 4.22).

Деталі пристрою

Видалити Редагувати

Прилад: SQP
Тип: Холодильна камера
Статус: inactive
Локація: Склад №2
Опис локації: Це опис локації складу №2
Датчик: Sensirion SHT31

Рисунок 4.22 – Інтерфейс редагування та видалення пристрою

Адміністратор може також змінювати порогові значення температури та вологості для кожної локації (рис. 4.23). Ці значення використовуються для формування критичних сповіщень.

Назва локації

Склад №2

Опис локації

Це опис локації складу №2

Змінити **Скасувати**

Min Temp

20

Max Temp

40

Min Hum

20

Max Hum

50

Рисунок 4.23 – Налаштування порогів температури та вологості для локації

У формі перегляду користувачів адміністратор бачить список усіх зареєстрованих користувачів (рис. 4.24).

Логін	Роль	Email	Ім'я	Прізвище	По батькові
okkk	Admin	okkk@dcwq	Влад	Фомін	Ігорович
vladik	Admin	vladyslav@gmail.com	Влад	Фомін	
dssfvs	User	dssfvs@vfewfvw	Саша	Шлянік	
fsdfvsdfv	Admin	fsdfvsdfv@wfwfwfwe@cdwq	fsdfvsdfv	fsdfvsdfv	fsdfvsdfv
fsdfvsdf	Admin	fsdfvsdf@dwwfw	fsdfvsdf	fsdfvsdf	fsdfvsdf
dfbgdfgbdf	Admin	dfbgdfgbdfW@vwev	dfbgdfgbdf	dfbgdfgbdf	dfbgdfgbdf

Рисунок 4.24 – Перегляд списку користувачів

Адміністратор має доступ до журналу логів. Логи можна зберегти у .txt файл або повністю видалити (рис. 4.25).

Лог

Стерти логи Зберегти в TXT Назад

Дата події	Користувач	Тип події	Опис події	Ідентифікатор приладу	Прилад
20.06.2025 18:09	okkk	DeviceAdded	Пристрій з ID 134 успішно додан...	134	SQP
20.06.2025 18:06	okkk	TransferToRepair	Пристрій з ID 131 був перенесен...	131	PO23
20.06.2025 18:06	okkk	ReportCreated	Репорт створено для пристрою ...	131	PO23
20.06.2025 17:44	okkk	RepairCompleted	Пристрій з ID 131 відремонтован...	131	PO23
20.06.2025 17:44	okkk	TransferToRepair	Пристрій з ID 131 був перенесен...	131	PO23
20.06.2025 17:44	okkk	ReportCreated	Репорт створено для пристрою ...	131	PO23
19.06.2025 21:24	okkk	RepairCompleted	Пристрій з ID 133 відремонтован...	133	hnfghn
19.06.2025 21:24	okkk	TransferToRepair	Пристрій з ID 133 був перенесен...	133	hnfghn
19.06.2025 21:24	okkk	ReportCreated	Репорт створено для пристрою ...	133	hnfghn
19.06.2025 21:21	okkk	DeviceUpdated	Дані пристрою "hnfghn" з ID "13...	133	hnfghn
19.06.2025 21:21	okkk	DeviceAdded	Пристрій з ID 133 успішно додан...	133	hnfghn
04.06.2025 10:16	okkk	DeviceDeleted	Пристрій "ВИДАЛИТИ" з ID 132 у...		
04.06.2025 10:16	okkk	RepairFailed	Ремонт пристрою з ID 132 не мо...		
04.06.2025 10:16	okkk	TransferToRepair	Пристрій з ID 132 був перенесен...		
04.06.2025 10:16	okkk	RepairCompleted	Пристрій з ID 131 відремонтован...	131	PO23
04.06.2025 10:16	okkk	TransferToRepair	Пристрій з ID 131 був перенесен...	131	PO23
04.06.2025 10:16	okkk	ReportCreated	Репорт створено для пристрою ...		
04.06.2025 10:16	okkk	ReportCreated	Репорт створено для пристрою ...	131	PO23
04.06.2025 10:14	okkk	DeviceUpdated	Дані пристрою "tre23" з ID "132" ...		
04.06.2025 10:13	okkk	DeviceAdded	Пристрій з ID 132 успішно додан...		
04.06.2025 10:05	okkk	DeviceUpdated	Дані пристрою "PO23" з ID "131" ...	131	PO23

Рисунок 4.25 – Перегляд та керування логами системи

Крім цього, адміністратор може додавати нові типи датчиків до бази даних (рис. 4.26).

Назва сенсору / датчику

Опис

Додати Скасувати

Рисунок 4.26 – Додавання нового типу датчика

4.3 Розрахунок передавальної функції та аналіз стійкості дискретного П-регулятора

У складі інтегрованої системи контролю температури в холодильній камері використовується пропорційний регулятор, який працює у

дискретному режимі. Саме він виконує регулювання температури в камері, впливаючи на інтенсивність роботи охолоджувального обладнання залежно від відхилення між фактичною температурою і заданим значенням [23]. Його математична модель має вигляд:

$$T(k + 1) = T(k) + K_p * [T_{set}(k) - T(k)],$$

Зробимо пояснення:

- $T(k)$ фактична температура в холодильній камері на k -му такті;
- $T_{set}(k)$ задана температура на k -му такті;
- K_p коефіцієнт пропорційності регулятора (ступінь впливу відхилення на зміну температури).

Розкривши дужки, отримаємо зручніший вигляд рівняння:

$$T(k + 1) = (1 - K_p) * T(k) + K_p * T_{set}(k).$$

Для аналізу регулятора у частотній області застосуємо Z -перетворення, припускаючи нульові початкові умови:

$$zT(z) = (1 - K_p) * T(z) + K_p * T_{set}(z).$$

Поділивши обидві частини рівняння на $T_{set}(z)$, зробимо передавальну функцію:

$$\frac{T(z)}{T_{set}(z)} = \frac{K_p}{z - (1 - K_p)}.$$

Таким чином, передавальна функція Π -регулятора в z -області має вигляд:

$$W(z) = \frac{K_p}{z - (1 - K_p)},$$

Зробимо пояснення:

- чисельник визначається коефіцієнтом підсилення K_p ;
- знаменник характеризує динаміку регулювання температури в камері та містить полюс у точці $z = 1 - K_p$.

З'ясуємо стійкий діапазон для коефіцієнта K_p :

Щоб система була стійкою, необхідно, щоб усі її полюси знаходилися всередині одиничного кола на комплексній площині Z :

$$|z| < 1 \Rightarrow |1 - K_p| < 1.$$

Розв'яжемо нерівність:

$$-1 < 1 - K_p < 1 \Rightarrow \begin{cases} K_p < 2, \\ K_p > 0. \end{cases}$$

Отже, стійкий діапазон коефіцієнта пропорційності:

$$0 < K_p < 2$$

Далі згенеруємо графік (рис. 4.27), що ілюструє область стабільності коефіцієнта K_p . Як видно, при значеннях у межах від 0 до 2 регулювання температури відбувається стійко, без коливань чи зростання відхилення з часом.

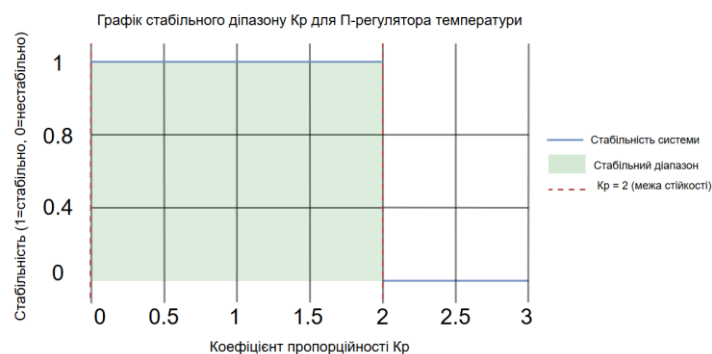


Рисунок 4.27 – Графік стабільного діапазону коефіцієнту пропорційності

4.4 Охорона праці

Робоча діяльність, яка проводиться у приміщенні приймальні підприємства, відноситься до легких фізичних робіт категорії 1а по ДСН-3.3.6.042-99. Оптимальні параметри мікроклімату в приміщенні представлені в таблиці 3.1.

Мікроклімат у приміщенні підтримується з допомогою централізованого опалення і кондиціонування.

При проектуванні штучного освітлення в приміщеннях, необхідно керуватися вимогами ДБН В.2.5-28-2006.

У разі перевищення рівня звукового тиску в приміщенні, порівняно з нормами ДСН 3.3.6.037-99, вживаються заходи для поліпшення шумового режиму: екранування, облицювання стін та стін звукопоглинальним матеріалом [24].

Таблиця 4.1 – Оптимальні параметри мікроклімату

Параметри	Холодний період	Теплий період
Температура повітря, °С	22-24	23-25
Відносна вологість повітря, %	60-40	60-40
Швидкість руху повітря, м/с	до 0,1	до 0,1

В приміщенні офісу не знаходяться легкозаймісті речовини, тому даний тип приміщення можна віднести до категорії «В» згідно з НАПБ Б.03.002-2007 – «Горючі гази (ГГ), легкозаймісті, горючі і важко горючі рідини, а також речовини і матеріали, здатні при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним вибухати і горіти або тільки горіти; горючий пил і волокна, тверді горючі і важко горючі речовини і матеріали, за умови, що приміщення, в яких вони знаходяться (обертаються), не відносяться до категорій А, Б і питома

пожежна навантаження для твердих і рідких легкозаймистих і горючих речовин на окремих ділянках площею 10 м² кожна перевищує 180 МДж/м²»

По пожежної небезпеки приміщення відноситься до класу П-Па, відповідно до ПУЭ 2011.

Офіс розташований в будинку, виконаному з будівельних конструкцій II ступеня вогнестійкості (цегельні стіни) за ДБН В.1.1.7-2002. Можливі причини пожежі:

- перевантаження в електромережі;
- коротке замикання;
- руйнування ізоляції провідників.
- Організаційні заходи:
- проводиться інструктаж персоналу по ТБ;
- розроблені заходи щодо дій адміністрації на випадок виникнення пожежі;
- призначений відповідальний в приміщенні за пожежну безпеку (одного з 3 розробників).

Приміщення оснащене:

- згідно з ДБН В.2.5-56-2010 в приміщенні встановлено 1 точковий димовий пожежний сповіщувач;
- вуглекислим переносним вогнегасником типу ВВК-3,5 ємністю 5 л (3,5 кг) з розрахунку один вогнегасник на три ПЕОМ, але не менше 1 на приміщення, то необхідно 2 вогнегасника.

ВИСНОВКИ

В результаті написання першого розділу кваліфікаційної роботи було проведено аналіз сучасного стану систем моніторингу кліматичних показників у холодильних та клімат-контрольних установках, зокрема:

- розглянуто сучасні методи контролю температури й вологості у складських приміщеннях та холодильних системах;
- проаналізовано приклади існуючих аналогічних систем і програмних продуктів для моніторингу мікроклімату;
- визначено основні кліматичні вимоги до зберігання продукції та засоби, які використовуються для збору відповідних даних (датчики температури, вологості, інтегровані IoT-рішення);
- розглянуто структури БД, які забезпечують збереження й обробку таких даних у реальному часі.

У другому розділі було здійснено розробку загальної структури макету системи моніторингу, зокрема:

- представлено структурну схему програмної системи;
- обґрунтовано вибір технологій та бібліотек (C#, Windows Forms, MySQL, Telegram API, LiveCharts, ClosedXML) для реалізації проєкту;
- розроблено алгоритм роботи системи;
- створено структуру бази даних з урахуванням логічних зв'язків між пристроями, локаціями, показаннями, сповіщеннями та журналами подій.

У третьому розділі було реалізовано модель бази даних, визначено SQL-структури всіх таблиць системи, реалізовано зв'язки між об'єктами, а також створено діаграму EER для візуалізації всієї архітектури.

Четвертий розділ містив реалізацію програмного забезпечення та візуальне представлення системи, зокрема:

- розроблено інтерфейс користувача, який включає авторизацію, перегляд пристроїв, графіки показників, панель адміністрування, форму обслуговування та симуляцію даних;
- реалізовано механізм фіксації аномалій з подальшим формуванням сповіщення в Telegram;
- виконано розрахунок передавальної функції та аналіз стійкості дискретного П-регулятора;
- розглянуто питання охорони праці.

У результаті виконаної кваліфікаційної роботи було розроблено систему моніторингу кліматичних параметрів для складських приміщень, яка забезпечує зручну взаємодію з користувачем, надійне зберігання даних, своєчасне реагування на критичні відхилення та можливість подальшої адаптації під реальні IoT-пристрої.

Кваліфікаційну роботу можна віднести до Цілі сталого розвитку 9 «Промисловість, інновації та інфраструктура», а саме п.9.4 «Сприяти прискореному розвитку високо та середньовисокотехнологічних секторів переробної промисловості, які формуються на основі використання ланцюгів «освіта – наука – виробництво» та кластерного підходу за напрямками: розвиток інноваційної екосистеми; розвиток інформаційно телекомунікаційних технологій (ІКТ); застосування ІКТ в АПК, енергетиці, транспорті та промисловості; високотехнологічне машинобудування; створення нових матеріалів; розвиток фармацевтичної та біоінженерної галузей».

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ДСТУ 3008: 2015. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення. К.: ДП «УкрНДНЦ». 2016. 30 с.
2. Методичні вказівки з підготовки кваліфікаційної роботи бакалавра для студентів усіх форм навчання спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» освітньої програми «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Упоряд.: І.Ш. Невлюдов, А.О. Андрусевич, О.В. Токарева, С.П. Новоселов, О.В Сичова. Харків: ХНУРЕ, 2022. – 55 с.
3. Технології Інтернету речей в управлінні пристроями на мікроконтролерах: Навчальний посібник [Електронний ресурс] / І.Ш. Невлюдов, В.А. Андрусевич, С.П. Новоселов, О.Г. Резніченко. Електронне видання. Харків: ХНУРЕ, 2023. 214 с.
4. Software for ADAP-KOOL AK-SM 800 [Електронний ресурс] : Режим доступу : <https://www.danfoss.com/en/service-and-support/downloads/dcs/adap-kool-software/ak-sm-800/#tab-documents>. (дата звернення: 08.04.2025).
5. Software for ADAP-KOOL AK-SM 800 [Електронний ресурс] : Режим доступу : <https://www.danfoss.com/en/service-and-support/downloads/dcs/adap-kool-software/ak-sm-800/#tab-overview>. (дата звернення: 09.04.2025).
6. SensorPush : бездротовий моніторинг температури й вологості [Електронний ресурс] : Режим доступу : <https://www.sensorpush.com/>. (дата звернення: 09.04.2025).
7. TempTRIP : технологія відстеження температури й вологості [Електронний ресурс] : Режим доступу : <https://temptrip.com/the-technology/>. (дата звернення: 10.04.2025).
8. Charts in iMonnit and Min/Max/Average Display [Електронний ресурс] : Режим доступу : <https://support.monnit.com/article/325-charts-in-imonnit-and-min-max-average-display>. (дата звернення: 10.04.2025).

9. Sensor Settings in iMonnit [Електронний ресурс] : Режим доступу : <https://support.monnit.com/article/204-sensor-settings-in-imonnit>. (дата звернення: 12.04.2025).

10. How to Synchronize Sensor Heartbeats [Електронний ресурс] : Режим доступу : <https://support.monnit.com/article/200-how-to-synchronize-sensor-heartbeats>. (дата звернення: 12.04.2025).

11. Reports and Historical Sensor Data [Електронний ресурс] : Режим доступу : <https://support.monnit.com/article/344-reports-and-historical-sensor-data>. (дата звернення: 12.04.2025).

12. Standard Temperature Sensors [Електронний ресурс] : Режим доступу : <https://www.monnit.com/products/sensors/temperature/standard-temperature/>. (дата звернення: 12.04.2025).

13. iMonnit Cloud Sensor Management Software [Електронний ресурс] : Режим доступу : <https://www.monnit.com/products/software/imonnit-sensor-management-software/#nav-support>. (дата звернення: 15.04.2025).

14. Холодильний склад [Електронний ресурс] : Режим доступу : https://tavria-holod.com.ua/product/holodil4nii__sklad. (дата звернення: 15.04.2025).

15. Склади логістичні комплекси [Електронний ресурс] : Режим доступу : <https://torgoborud.com.ua/ua/Zbirni-kameri.html>. (дата звернення: 16.04.2025).

16. SHT31 I2C датчик температури та вологості [Електронний ресурс] : Режим доступу : <https://1wire.com.ua/sht31-i2c-datchik-vlazhnosti.html>. (дата звернення: 20.04.2025).

17. An Efficient Wireless Sensor Network for Industrial Monitoring and Control [Електронний ресурс] : Режим доступу : <https://www.mdpi.com/1424-8220/18/1/182>. (дата звернення: 18.04.2025).

18. Architectures for high availability of MySQL clusters on Compute Engine [Електронний ресурс] : Режим доступу :

<https://cloud.google.com/architecture/architectures-high-availability-mysql-clusters-compute-engine>. (дата звернення: 18.04.2025).

19. Мікроконтролери та їх застосування в системах автоматизації: навч. посіб. / В.М. Буряк, С.М. Лаптев. – Харків: ХНУРЕ, 2021. – 168 с.

20. Сенсори та пристрої Інтернету речей: навч. посібник / В.І. Лебедев, А.І. Кириченко. – Київ: КНУБА, 2020. – 144 с.

21. Програмування мікроконтролерів ESP32 для розумних систем моніторингу / О.М. Гавриленко, Ю.В. Мельник. – Львів: Видавництво ЛНУ, 2022. – 132 с.

22. IoT Systems Design and Deployment for Smart Environments / Edited by S. K. Sharma, A. K. Sangaiah, X. Wang. – CRC Press, 2020. – 290 p.

23. Теорія автоматичного управління (збірник задач) [Текст]: навч.посіб. для студентів спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології / І.Ш. Невлюдов, О.В. Токарева; Харків. нац. ун-т радіоелектроніки. - Харків: Панов А.М., 2020. – 240 с.

24. Комплекс навчально-методичного забезпечення навчальної дисципліни «Безпека праці в індустрії ІТ-технологій» підготовки освітнього рівня бакалавр усіх спеціальностей та усіх напрямів університету [<http://catalogue.nure.ua/knmz>] / ХНУРЕ; розроб.: Т. Є. Стиценко, Г. В. Пронюк, Н. М. Сердюк. – Харків, 2017. – 122 с.