

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

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)  
(рівень вищої освіти)

Розробка системи автоматизації для управління приладами життєзабезпечення на підприємстві  
(тема)

Виконав:

студент IV курсу, групи АКТАКІТ-20-1

Седов М.А.  
(прізвище, ініціали)

Спеціальність 151 – Автоматизація,  
комп'ютерно-інтегровані технології та  
робототехніка  
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна

Освітня програма автоматизація та  
комп'ютерно-інтегровані технології  
(повна назва освітньої програми)

Керівник проф. Сезонова І. К.  
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри

\_\_\_\_\_  
(підпис)  
2024 р.

Невлюдов І. Ш.  
(прізвище, ініціали)

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Автоматики і комп'ютеризованих технологій

Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Спеціальність 151-Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка

(код і повна назва)

Тип програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно інтегровані технології

(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри \_\_\_\_\_

(підпис)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові Седову Микити Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи автоматизації для управління приладами життєзабезпечення на підприємстві

затверджена наказом по університету від 3.06 2024 р. № 544Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 25.06.2024р.

3. Вихідні дані до роботи Плата EPS-WROOM-32 Wi-Fi

Сенсори та виконавчі пристрої

Програма на мові C#, C++, XAML

База даних MSSQL

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі \_\_\_\_\_

Аналіз технічного завдання

Розробка структурної схеми системи життєзабезпечення

Вибір та опис компонентної бази

Розробка макету системи життєзабезпечення

Розробка програмної частини проекту

Охорона праці

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п.5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри) Демонстраційний матеріал представлений у форматі презентації PowerPoint (\*.ppt) = 17с. формату А4

---

---


---

---

#### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання роботи	Примітка
1	Аналіз технічного завдання	11.04 – 11.05.24	Виконано
2	Розробка структурної схеми системи життєзабезпечення	13.05 – 18.05.24	Виконано
3	Вибір та опис компонентної бази	19.05 – 21.05.24	Виконано
4	Розробка макету системи життєзабезпечення	22.05 – 30.05.24	Виконано
5	Розробка програмної частини проекту	31.05 – 10.06.24	Виконано
6	Розробка бази даних	11.06 – 12.06.24	Виконано
7	Охорона праці	13.06 – 15.06.24	Виконано
8	Подання роботи на перевірку на плагіат	15.06 – 15.06.24	Виконано
9	Оформлення пояснювальної записки	15.06 – 16.06.24	Виконано
10	Подання роботи на рецензію	17.06 – 19.06.24	Виконано
11	Подання роботи на підпис зав. кафедри	20.06.2024	Виконано
12	Подання атестаційної роботи в ЕК	21.06.24	

Дата видачі завдання \_\_\_\_\_ 11.04.2024 \_\_\_\_\_

Студент \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник роботи (проекту) \_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_ проф. Сезонова І. К.  
(посада, прізвище, ініціали)

Я, Седов Микита Андрійович як студент ХНУРЕ, розумію і підтримую політику закладу із академічної доброчесності. Я не надавав і не одержував недозволену допомогу під час підготовки кваліфікаційної роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

«12» червня 2024р.



(підпис)

Седов М.А.

(прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить 70 с., 9 табл., 38 рис., 4 дод., 31 джерело.

СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ, WIFI, API, ДАТЧИКИ, ВИКОНАВЧИ ПРИБОРИ, КОМП'ЮТЕРНИЙ-ДОДАТОК, ESP-32, AVALONIA, C#, MSSQL.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка комп'ютерного-дodatка для збереження та виводу даних з датчиків та управліннями виконавчими приладами на основі даних з датчиків та користувацьких налаштувань у додатку.

Об'єкт дослідження – процес управління приладами життєзабезпечення на підприємстві.

Предмет розробки – автоматизована система зчитування показників з датчиків, обробки та управління станом приладів.

У наведеній кваліфікаційній роботі розглянуті існуючі системи управління приладами, підбір датчиків та виконавчих приладів для створення макету. Вибір технологій для створення комп'ютерного додатку, розроблений програмний продукт. Додаток зчитує значення з датчиків, виводить показники та управляє виконавчими приладами.

Розроблено комп'ютерний-додаток для відображення та збереження даних з мікроконтролера, керування виконавчими пристроями на основі даних що надходять з датчиків. Сповіщення про повітряну тривогу звуком, та індикацію у додатку. Реалізований користувацький інтерфейс, обробка даних та запитів, база даних, HTTP-сервер для відправки даних з датчиків, та приймання інструкцій для виконавчих пристроїв.

В роботі описані програмні засоби, які використовувалися при розробці додатку, пристрої для розробки макету, а також наведено приклад роботи. Присутня розрахункова частина, безпека праці та теорія автоматичного управління.

## ABSTRACT

The explanatory note contains 70 p., 9 tabl., 38 fig., 4 adj., 31 sources.

CONTROL SYSTEM, WIFI, API, SENSORS, ACTUATORS, DESKTOP APPLICATION, ESP-32, AVALONIA, C#, MSSQL.

The purpose of the qualification work is to develop a computer application for storing and displaying data from sensors and controlling actuators based on sensor data and user settings in the application.

The object of research is the process of managing life support devices at an enterprise.

The subject of development is an automated system for reading readings from sensors, processing and managing the status of devices.

This qualification work considers the existing control systems for devices, the selection of sensors and actuators for creating a layout. The choice of technologies for creating a computer application, the developed software product. The application reads values from sensors, displays indicators and controls actuators.

A computer application was developed to display and store data from the microcontroller, control actuators based on data from the sensors. Air alarm notification by sound and indication in the application. The user interface, data and query processing, database, HTTP server for sending data from sensors, and receiving instructions for actuators are implemented.

The paper describes the software tools used in the development of the application, the devices for developing the layout, and provides an example of operation. The paper includes a calculation part, labor safety, and automatic control theory.

## ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень .....	9
Вступ.....	10
1 Аналіз технічного завдання.....	12
1.1 Аналіз сучасних датчиків для автоматизації життєзабезпечення на підприємстві.....	12
1.1.1 Датчик освітленості .....	13
1.1.2 Датчик температури.....	16
1.1.3 Датчики диму та чадного газу .....	18
1.2 Сучасні технології автоматизації приладів життєзабезпечення. ....	21
1.2.1 Інтелектуальні системи керування.....	21
1.2.2 IoT системи збору даних .....	22
1.3 Вимоги до систем автоматизації приладів життєзабезпечення .....	22
2 Розробка автоматизованої системи життєзабезпечення .....	24
2.1 Розробка структурної схеми .....	24
2.2 Вибір компонентної бази.....	27
2.2.1 Аналіз характеристик платформи ESP-32.....	27
2.2.2 Аналіз характеристик датчика освітлення ТЕМТ6000 .....	30
2.2.3 Аналіз характеристик датчика температури LM35DZ.....	32
2.2.4 Аналіз характеристик датчика якості повітря MQ-135.....	34
2.2.5 Блок живлення для макетної плати MB-102 .....	36
2.2.6 Звуковий прилад.....	37
2.2.7 Аналіз та вибір обладнання для систем провітрювання .....	38
2.2.8 Аналіз та вибір обладнання для систем освітлення .....	39

2.2.9 Аналіз і вибір приладів для регулювання температури.....	40
2.3 Опис макета проекту.....	41
2.3.1 Схема підключення апаратної частини .....	41
2.3.2 Практична реалізація макетної моделі проекту.....	42
3 Опис програмної частини проекту .....	43
3.1 Вибір засобів для розробки проекту .....	43
3.2 Програмування плати ESP-32 .....	45
3.3 Аналіз даних для зберігання і створення БД.....	47
3.4 Підключення до БД та DI у програмі.....	49
3.5 Підключення до ESP-32.....	52
3.6 HTTP-контролер тривоги для підприємства .....	53
3.7 Розробка UI.....	54
4 Охорона праці.....	62
4.1 Умови праці для виробничих приміщень .....	62
4.2 Пожежна безпека.....	64
Висновки .....	66
Перелік посилань.....	67
Додаток А Код прошивки ESP-32 .....	71
Додаток Б SQL запити до MSSQL.....	77
Додаток В Код з проекту Avalonia .....	79
Додаток Г Демонстраційний матеріал у вигляді презентації.....	87
Додаток Д Відомість кваліфікаційної роботи .....	104

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

- АЦП – аналого-цифровий перетворювач;
- БД – база даних;
- ООП – об'єктно-орієнтоване програмування;
- СУБД – система управління базами даних;
- ТАУ – теорія автоматичного управління;
- AI – artificial intelligence (штучний інтелект);
- API – application programming interface (інтерфейс програмування застосунків);
- AR – augmented reality (розширена реальність);
- IoT – Internet of Things (інтернет речей);
- DI – dependency injection (впровадження залежностей);
- GUI – graphical user interface (графічний користувацький інтерфейс);
- HTTP – hypertext transfer protocol (гіпертекстовий протокол передачі даних);
- IDE – integrated development environment (інтегроване середовище розробки);
- LINQ - language integrated query (мовний інтегрований запит);
- ORM – object-relational mapping (об'єктно-реляційне відображення);
- PLS – programmable logic system (програмована логічна система);
- RTC – real-time clock (реальний час годинника);
- UI – user interface (користувацький інтерфейс);
- USV-UART – universal asynchronous receiver-transmitter (універсальний асинхронний приймач-передавач);
- XAML – extensible application markup language (розширювана мова розмітки програм).

## ВСТУП

Розробка системи автоматизації для управління приладами життєзабезпечення на підприємстві є надзвичайно актуальною, оскільки її мета – полегшення та оптимізація робочого процесу. Це дозволяє підвищити продуктивність, зменшити витрати на ресурси, покращити дохідність та підвищити рівень безпеки. Автоматизація також сприяє екологічності підприємства, зменшуючи надмірне споживання ресурсів і скорочуючи споживання електроенергії, що особливо важливо через її дефіцит та зростання вартості.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка комп'ютерного-дodatка для збереження та виводу даних з датчиків та управліннями виконавчими приладами на основі даних з датчиків та користувацьких налаштувань у додатку.

Об'єкт дослідження – процес управління приладами життєзабезпечення на підприємстві.

Предмет розробки – автоматизована система зчитування показників з датчиків, обробки та управління станом приладів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз існуючих рішень;
- розробити структурну схему макету;
- провести підбір елементної бази;
- обрати програмні засоби для створення додатку;
- побудувати схему підключення апаратної частини;
- зібрати макет системи;
- написати додаток для керування системою та макетом;
- розрахувати технічно-економічні аспекти роботи;
- розібрати питання безпеки праці на автоматизованому підприємстві.

Виробництво є чудовим прикладом ефективного використання автоматизації процесів. Завдяки датчикам і системам управління робочі процеси

не тільки спрощуються, але й стають більш ресурс ефективними, зокрема в контексті споживання електроенергії та часів праці, що призводить до зниження витрат. Компанії широко впроваджують системи енергомоніторингу для оптимізації освітлення, температури, кондиціонування та інших енергоємних процесів, роблячи ці технології надзвичайно популярними.

Багато систем автоматизації для підприємств не є оптимальним рішенням через відсутність потрібного функціоналу, складності роботи з ними, та складного інтерфейсу. А зручного рішення, яка влаштовувала би їх немає. І через це є потреба у створенні автоматизованої системи життєзабезпечення на підприємстві, яка би задовольняла потреби тих, кого не вдовольняє існуючі рішення. Це свідчить про актуальність даної системи.

Пояснювальна записка була оформлена згідно з ДСТУ 3008:2015 [1] за допомогою методичних вказівок [2 – 5].

Тема роботи сприяє реалізації цілі сталого розвитку 9.4, яка передбачає прискорений розвиток високотехнологічних секторів переробної промисловості. Зокрема, це включає використання інформаційно-телекомунікаційних технологій в промисловості [6].

## 1 АНАЛІЗ ТЕХНИЧНОГО ЗАВДАННЯ

### 1.1 Аналіз сучасних датчиків для автоматизації життєзабезпечення на підприємстві

Автоматизації для управління приладами життєзабезпечення на підприємстві відіграє ключову роль у сучасному бізнесі, забезпечуючи вирішення ряду важливих завдань. Перш за все, ця система сприяє забезпеченню безпеки та комфорту працівників, що становить основну складову ефективної роботи підприємства. Вона здатна ефективно контролювати рівень ресурсів, таких як електроенергія, газ, вода тощо, що в свою чергу допомагає зменшити витрати та оптимізувати робочі процеси.

Також система надійно виявлятиме будь-які надзвичайні ситуації, такі як пожежа чи витік газу, що є критичним для забезпечення безпеки на підприємстві. Вона забезпечує не лише вчасне виявлення таких ситуацій, але й швидку реакцію на них, що може значно зменшити ризики для працівників та майна підприємства.

Не менш важливою є можливість системи контролювати безперебійне живлення обладнання, що забезпечує стабільність виробничих процесів та дозволяє уникнути потенційних перерв у виробництві.

Зважаючи на введення військового стану, надзвичайно важливо вдосконалювати системи життєзабезпечення на підприємстві до критичних умов. Одні з базових потреб це сигнал тривоги у разі атаки, дозволяючи працівникам своєчасно отримати інформацію та пройти до безпечних зон. Додатково, впровадження датчиків вогню та розробка ефективних стратегій вирішення таких ситуацій є критичними аспектами безпеки.

Схема підключення автоматизації підприємства відрізняється від класичної схеми тим, що пристрої тут підключаються за типом «зірка» (рис. 1.1). Важливим моментом є обов'язкове маркування кожного дроту на обох кінцях.

Це необхідно для того, щоб надалі не мати проблем з підключенням і не переплутати дроти.

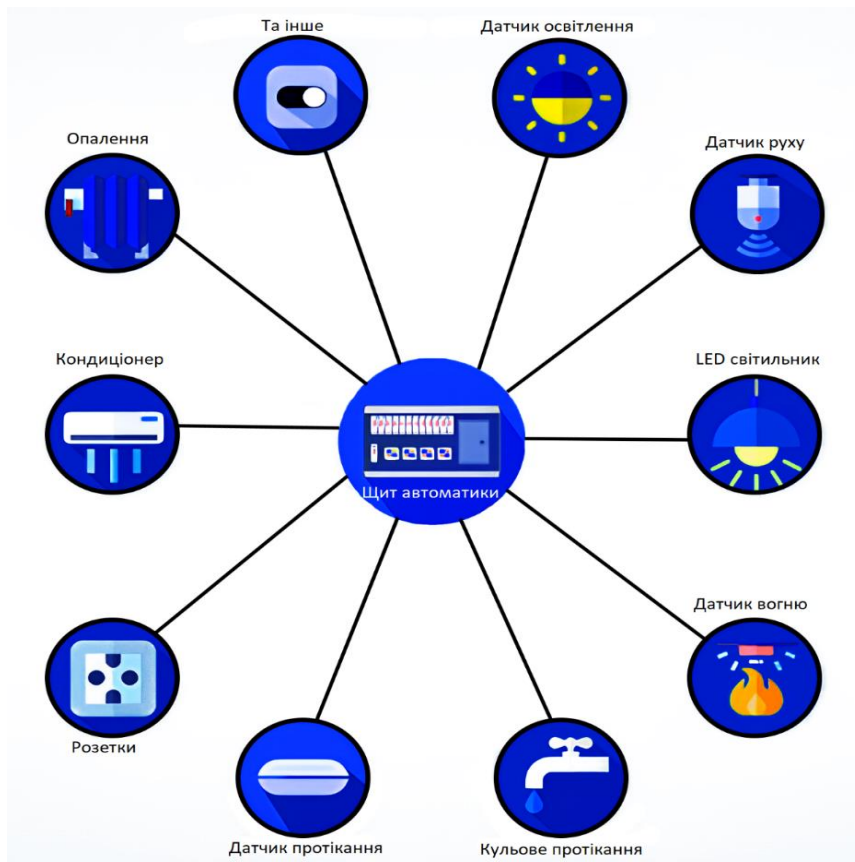


Рисунок 1.1 – Загальна схема підключення

### 1.1.1 Датчик освітленості

Датчик освітленості в приміщенні відіграє важливу роль у забезпеченні комфортних умов для праці, відпочинку і загального функціонування приміщення. Ось кілька ключових моментів, що пояснюють, чому датчик освітленості необхідний в приміщеннях:

- датчики освітленості дозволяють автоматично регулювати рівень освітлення в залежності від наявної природної освітленості. Це допомагає уникнути надмірного використання штучного світла в приміщенні в тих моментах, коли це не потрібно, і, таким чином, зменшує споживання електроенергії та витрати;

- правильне освітлення є ключовим для комфорту та продуктивності працівників. Датчики освітленості дозволяють підтримувати оптимальний

рівень світла в приміщенні, запобігаючи занадто сильному або недостатньому освітленню, що може призвести до втоми, подразнення та погіршення продуктивності;

– завдяки датчикам освітленості можна значно знизити витрати на освітлення, оскільки вони вимикають світло, коли його не потрібно, і включають, коли освітлення дійсно необхідне. Це може призвести до суттєвої економії електроенергії та зниження витрат на електроенергію;

– зменшення споживання електроенергії також призводить до зменшення викидів вуглекислого газу та інших шкідливих речовин, що сприяє екологічній дружній позиції підприємства;

– датчики освітленості дозволяють автоматично контролювати освітлення в приміщенні без потреби в ручному втручанні, що забезпечує зручність та ефективність в роботі працівників [7].

Поширеними типами датчиків світла є фотодіоди (рис. 1.2), фоторезистори (рис. 1.3) та фотоелектричні датчики світла (рис. 1.4).

Фотодіоди перетворюють світло в електричний струм. Це пристрої рп-переходу, подібні до звичайних діодів. Пристрій рп-переходу складається з напівпровідникового матеріалу р-типу та n-типу. «р» означає «позитивний» через надлишок електронних дірок у матеріалі, а «n» означає «негативний» через надлишок електронів. Це означає, що струм може протікати через межу лише в одному напрямку. У фотодіоді ці електронно-діркові пари утворюються, коли енергія падаючого світла поглинається пристроєм.

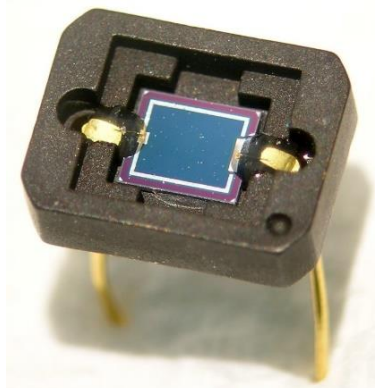


Рисунок 1.2 – Фотодіод [8]

Фоторезистори (також відомі як світлозалежні резистори або LDR) – це пасивні пристрої, які зменшують опір пропорційно кількості отриманого світла. Світло, що утворює електронно-діркові пари, збільшує провідність і, отже, зменшує питомий опір.



Рисунок 1.3 – Фоторезистор [9]

Фотоелектричні (або сонячні елементи) перетворюють світло в електрику в процесі, відомому як збір енергії. Напруга та електричний струм генеруються за допомогою фотоелектричного ефекту, який виявляють напівпровідникові компоненти елемента.



Рисунок 1.4 – Фотоелектричний датчик [10]

Фотоелектричний ефект подібний до фотоелектричного, оскільки світло поглинається електронами, змушуючи їх перебувати у стані з вищою енергією. При фотоелектричному ефекті електрони повністю викидаються з матеріалу. У фотоелектричному ефекті електрони збуджуються з валентної зони в зону провідності, але залишаються в тому самому матеріалі.

### 1.1.2 Датчик температури

Датчик температури в приміщенні необхідний для забезпечення оптимальних умов життєдіяльності та роботи. Ось кілька ключових обґрунтувань для використання датчика температури:

- температура впливає на комфорт та продуктивність людей, які перебувають в приміщенні. Підтримувати оптимальну температуру допомагає знизити ризик перегріву або охолодження працівників та забезпечити комфортні умови для роботи;

- датчик температури дозволяє автоматично регулювати опалення або кондиціонування повітря в приміщенні. Це допомагає знизити витрати на опалення та кондиціонування, оскільки система працює тільки тоді, коли це дійсно необхідно;

- надмірно висока або низька температура може вплинути на здоров'я та благополуччя людей. Датчик температури допомагає уникнути небажаних коливань температури, які можуть призвести до перегріву або охолодження;

- для багатьох видів обладнання важлива стабільна температура. Датчик температури допомагає підтримувати оптимальні умови для роботи обладнання та зменшує ризик перегріву або переохолодження;

- ефективне управління температурою також сприяє зменшенню споживання енергії та викидам шкідливих речовин, що сприяє зменшенню негативного впливу на довкілля [6].

Основний поділ датчиків за групами відбувається за принципом вимірювання. Поширеними типами датчиків вимірювання температури є термопара (рис. 1.5), термометр опору (рис. 1.6), напівпровідниковий датчик температури (рис. 1.7), п'єзоелектричний датчик (рис. 1.8).

Розглянемо кожен вид датчику більш детально.

Термопара:

- відноситься до найпопулярніших типів датчиків завдяки широкому температурному діапазону, який варіюється від двохсот градусів Цельсія з позначкою мінус до двох тисяч градусів плюс;

– залежно від своєї конструкції та умов експлуатації, вона може бути занурювальною і поверхневою, припускається додатковий захист від вологи, ударів, вібрацій тощо;

– виготовляється вона з матеріалів двох різних температурних потенціалів, що дає змогу домогтися ефекту Зеебека. Один кінець використовується для вимірювання, а другий для зняття показань.

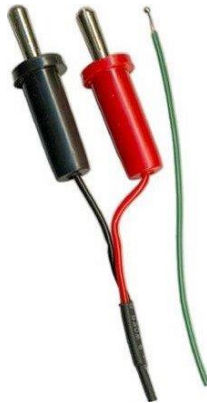


Рисунок 1.5 – Термопара [11]

Термометр опору:

– термометри опору, названі через те, що зі зміною температури змінюється опір. До переваг такого датчика належить широкий температурний діапазон від двохсот градусів з мінусом до шестисот п'ятдесяти з плюсом;

– крім того, такий вимірювач температури забезпечує більш високий вихід струму, а також є більш лінійним. Застосовні такі пристрої в електроніці, корисні в машинобудуванні завдяки високій точності вимірів і чутливості, причому прилад йде з простим пристроєм зчитування.



Рисунок 1.6 – Термометр опору [12]

Напівпровідниковий датчик температури дає максимальну точність вимірів і лінійність на всьому діапазоні. Також його можна встановлювати на напівпровідниковій підкладці, тому купити датчик температури такого типу варто як мінімум для мікроелектронного виробництва.



Рисунок 1.7 – Напівпровідниковий датчик температури [13]

П'єзоелектричний датчик працює на основі п'єзоефекту. Особливість його в тому, що під дією струму п'єзорезонатор починає коливатися і саме ці коливання переводяться в дані про температуру. Такі апарати дуже точні у вимірах, тому актуальні в дослідницькій діяльності [15].



Рисунок 1.8 – П'єзоелектричний датчик [14]

### 1.1.3 Датчики диму та чадного газу

Датчики диму та чадного газу є невід'ємною складовою системи безпеки на підприємстві. Ось кілька ключових моментів, що пояснюють, чому ці датчики необхідні:

– датчики диму та чадного газу дозволяють негайно виявляти наявність диму або токсичних газів у приміщенні, що є критичним для безпеки працівників у випадку пожежі чи іншої небезпечної ситуації;

– правильна реакція на виявлення диму або чадного газу може уникнути серйозних наслідків, таких як отруєння чадним газом або поширення пожежі. Датчики допомагають своєчасно виявити такі загрози та вжити необхідні заходи безпеки;

– завдяки датчикам диму та чадного газу можна швидко впровадити аварійні процедури евакуації та спрацювання систем пожежної сигналізації, що забезпечує максимальну безпеку працівників та майна підприємства;

– системи виявлення диму та чадного газу можуть бути інтегровані з іншими системами управління приладами життєзабезпечення, щоб автоматично активувати вентиляцію чи інші заходи збереження життя в разі виявлення загрози;

– додатково, ці датчики сприяють підвищенню екологічної свідомості підприємства, оскільки допомагають уникнути викидів шкідливих речовин у навколишнє середовище, зберігаючи його чистим та безпечним для життя.

В основі всіх датчиків диму та чадного газу лежить чутливий елемент приклад наведено на рисунку 1.9, який визначає наявність монооксиду вуглецю в повітрі і подає сигнал. Як швидко реагує датчик витoku газу, як працює сенсор, залежить від його виду.

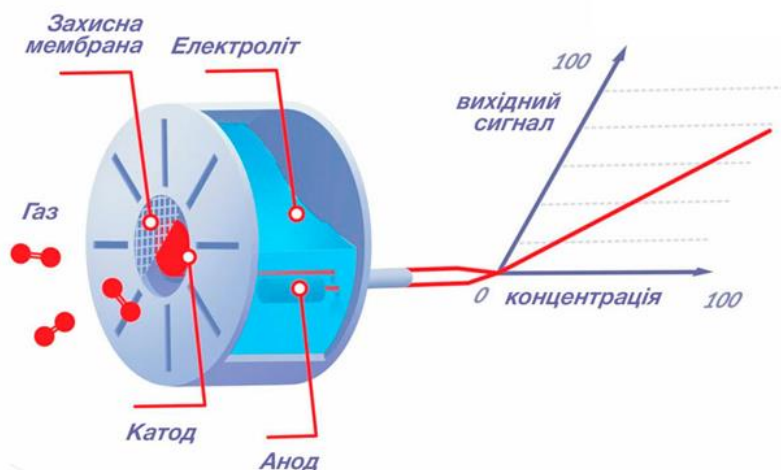


Рисунок 1.9 – Датчик чадного газу

Виходячи з технології виготовлення, виділяємо три види датчиків, що визначають чадний газ у повітрі:

– інфрачервона технологія визначення, дуже проста, легко монтується. В якості сенсора вона має світлодіод, який випромінює світлові хвилі певної довжини. Наявність у повітрі CO відразу змінює цей показник. Сенсор можна налаштувати так, що він реагує не тільки на чадний газ, але й на інші отруйні речовини (наприклад, хлор, фосген, метан). Чутливі світлофільтри швидко зреагують і сигналізація спрацює. Перевагою є той факт, що сигнал у таких та світловий, і він може змінюватися, залежно від того, чи багато домішок у повітряному середовищі, чи мало. Цей прилад зручний у використанні та універсальний у використанні. Але його недолік часті помилкові спрацьовування. Адже інфрачервоні хвилі можуть змінювати свою довжину від будь-яких домішок у повітрі навіть безпечних для людини;

– напівпровідниковий спосіб визначення дуже ефективний і надійний, принцип роботи якого полягає в тому, що напівпровідники контролюють електропровідність повітря. Якщо з'являється чадний газ, то параметр посилюється, від чого замикається електричний ланцюг. У цьому випадку індикатор дає сигнал про небезпеку. Для того щоб напівпровідники не відчували інші домішки, на системі встановлено вугільний фільтр. Тому головна перевага напівпровідникового датчика – відсутність «хибних» тривог. Якщо система дає сигнал, це серйозно, і чадний газ дійсно є в повітрі. Тому на підприємствах подібний індикатор є незамінним;

– каталізатор найпростіша та недорога система контролю витоку газу. У середині приладу знаходиться ванна з електролітом, для якого виступає каталізатором. Небагато зайвого газу в середовищі відразу запускає хімічну реакцію, і індикатор видає звуковий сигнал. Спрацьовує сигналізатор дуже швидко. Для підприємства – це ідеальне рішення. Тільки при установці потрібно бути обережними, адже всередині знаходиться їдка кислота або луги, а вони небезпечні для людини [16].

## 1.2 Сучасні технології автоматизації приладів життєзабезпечення.

У сучасному світі розвиток технологій автоматизації приладів життєзабезпечення відіграє важливу роль у забезпеченні комфортних умов для людей і підвищенні ефективності роботи промислових підприємств.

### 1.2.1 Інтелектуальні системи керування

Інтелектуальні системи керування – це передові рішення в галузі автоматизації приладів життєзабезпечення, які забезпечують автоматичне регулювання різних параметрів середовища для створення комфортних умов для користувачів. Вони базуються на використанні штучного інтелекту (AI), машинного навчання та алгоритмів оптимізації, що дозволяє їм постійно аналізувати та адаптуватися до змінних умов.

Застосування AI дозволяє системам автоматизації «навчитися» реагувати на зміни у середовищі та вимоги користувачів, щоб надати оптимальні умови. Наприклад, система може автоматично регулювати температуру в приміщенні в залежності від зовнішніх умов та активності людей в приміщенні, забезпечуючи комфорт і енергоефективність.

Машинне навчання використовується для аналізу даних про умови середовища та користувальницьких вподобань, на основі чого система може навчитися прогнозувати оптимальні налаштування. Наприклад, система може навчитися реагувати на погодні зміни, прогнозуючи, коли збільшити чи зменшити температуру для забезпечення комфорту.

Алгоритми оптимізації використовуються для пошуку найкращих рішень у великому просторі можливих варіантів. Це дозволяє системі швидко адаптуватися до змін у внутрішніх та зовнішніх умовах, забезпечуючи оптимальні параметри середовища при мінімальному споживанні енергії.

Основними перевагами інтелектуальних систем керування є їхні здатності до автоматичної адаптації, оптимізації енергоспоживання та забезпечення комфортних умов для користувачів. Ці системи є ключовим елементом сучасних

промислових та комерційних об'єктів, які прагнуть до оптимізації управління ресурсами та покращення якості життя співробітників і клієнтів.

### 1.2.2 IoT системи збору даних

Інтернет речей (IoT) відіграє ключову роль у сучасних системах автоматизації приладів життєзабезпечення. Ця технологія передбачає використання розумних датчиків та зв'язаних з ними пристроїв, які здатні збирати різноманітні дані про умови середовища на підприємстві.

Одним із ключових переваг IoT є можливість збору великого обсягу даних в реальному часі. Датчики, розташовані в різних зонах приміщень або на обладнанні, постійно відстежують параметри, такі як температура, вологість, освітленість, рівень CO<sub>2</sub> та інші. Ці дані передаються на центральний сервер для подальшого аналізу та обробки.

Це відкриває безліч можливостей для моніторингу та управління системою життєзабезпечення. Адміністратори або власники підприємства можуть отримувати інформацію про стан умов приміщень у реальному часі з будь-якої точки світу за допомогою мобільного пристрою або комп'ютера. Це дозволяє оперативно реагувати на зміни у середовищі, виявляти потенційні проблеми та вживати відповідних заходів для їх вирішення.

Застосування IoT також сприяє підвищенню ефективності використання ресурсів. За допомогою аналізу даних, система може автоматично оптимізувати роботу обладнання для забезпечення комфортних умов при мінімальному споживанні енергії. Наприклад, вона може автоматично регулювати роботу системи кондиціонування повітря в залежності від активності користувачів та зовнішніх умов.

### 1.3 Вимоги до систем автоматизації приладів життєзабезпечення

Вимоги до систем автоматизації приладів життєзабезпечення охоплюють різні аспекти, необхідні для їх проектування, впровадження та експлуатації.

Основні вимоги включають:

- надійність роботи у будь-яких умовах експлуатації для забезпечення безперебійного функціонування та зручності для користувачів;
- ефективне управління ресурсами, мінімальне споживання енергії, води та інших ресурсів;
- гнучкість у налаштуванні та адаптації до змінних умов, потреб користувачів та вимог законодавства;
- легкість використання та управління з доступними інтерфейсами та зручними функціями керування;
- захист від несанкціонованого доступу, аварій та негативних впливів на здоров'я користувачів;
- сумісність з існуючим обладнанням та іншими системами автоматизації для забезпечення взаємодії та синхронізації роботи;
- економічність у впровадженні та експлуатації з оптимальним співвідношенням витрат та здобутків.

## 2 РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ЖИТТЕЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

### 2.1 Розробка структурної схеми

Розвиток технологій автоматичного управління пов'язаний із заміною людської участі на різних етапах керування технологічними процесами. Теорія автоматичного управління досліджує принципи побудови та методи розрахунку таких систем, забезпечуючи їх застосування в різних сферах, незалежно від призначення чи фізичної природи. Без розуміння цієї теорії неможливо проектувати та експлуатувати автоматичні системи.

Теорія автоматичного управління (ТАУ) фокусується на інформаційних процесах в системах керування технічними та технологічними об'єктами. Вона виявляє універсальні закономірності функціонування автоматичних систем і розробляє принципи їх ефективного проектування.

ТАУ абстрагується від конкретних фізичних і конструктивних характеристик систем, розглядаючи їх як математичні моделі. Основні методи дослідження в ТАУ включають математичне моделювання, теорію звичайних диференціальних рівнянь, операційне обчислення та гармонійний аналіз.

Основні завдання теорії автоматичного управління:

- синтез систем автоматичного управління, що полягає у виборі оптимальних схем взаємодії елементів, параметрів та характеристик, щоб система відповідала заданим вимогам;
- аналіз систем автоматичного управління, який дозволяє оцінити якісні показники системи та знайти шляхи покращення її статичних і динамічних властивостей, якщо вони не відповідають вимогам;
- корекція систем автоматичного управління, яка передбачає зміну їхніх статичних і динамічних характеристик;

– експериментальне дослідження та налаштування систем автоматичного управління для їх оптимального функціонування в реальних умовах.

Будь-яку систему автоматичного управління можна представити як сукупність об'єкта управління та пристрою управління, що взаємодіють між собою (рис. 2.1).

Функція стану об'єкту управління розраховується за формулою (2.1).

$$x(t) = X\{u(t), f(t), x_0(t)\}, \quad (2.1)$$

де  $u(t)$  – функція управління;

$f(t)$  – функція обурення;

$x_0(t)$  – початкові умови.

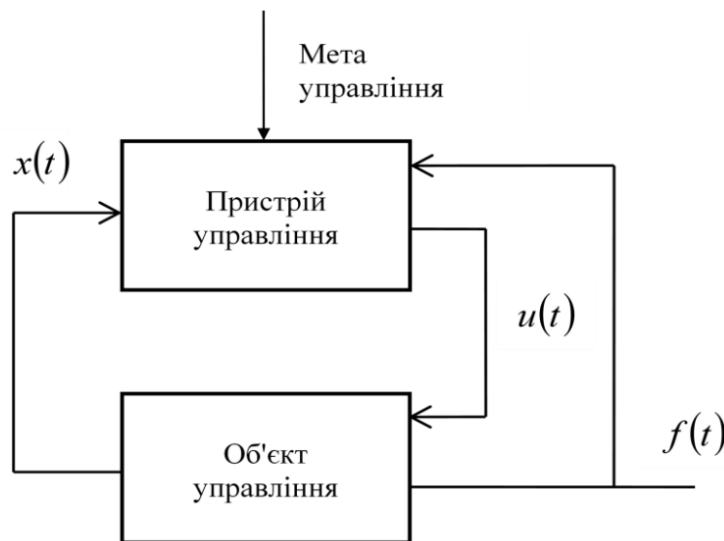


Рисунок 2.1 – Структурна схема системи автоматичного управління [17]

Пристрій управління – це механізм, який, спираючись на цілі управління, фактичну зміну стану  $x(t)$  та початкові дані (математичну модель), генерує керуючий сигнал  $u(t)$ , що має привести до досягнення поставлених цілей.

Управління – це процес організації цілеспрямованих дій на об'єкт, який в результаті переходить у бажаний (цільовий) стан.

Мета управління – знайти такі функції стану та керування, які забезпечать

досягнення поставленої мети.

Систему автоматичного управління утворює взаємодія між об'єктом управління та пристроєм управління, що разом спрямовані на виконання заданих цілей.

Структурна схема повинна розроблятися на перших етапах розробки проекту тому, що вона дозволяє проаналізувати всі ланки об'єкту розробки та сприяє розробці подальших схем, необхідних для його реалізації. Побудована структурна схема зображена на рисунку 2.2.

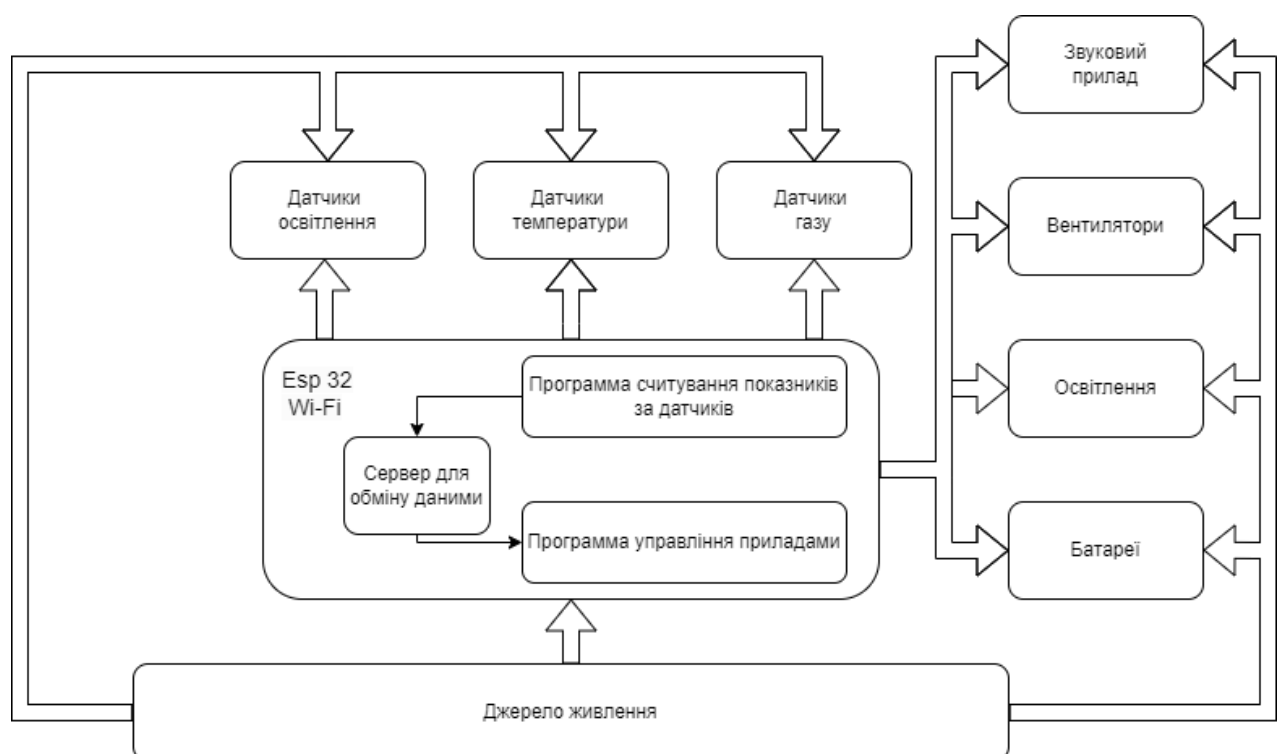


Рисунок 2.2 – Структурна схема управління приладами життєзабезпечення на підприємстві

Система керування управління приладами життєзабезпечення на підприємстві заснована на базі платформи ESP32 на мікромодулі ESP-WROOM-32 з Wi-Fi чипом LuaNode32.

Данну зв'язку було обрано в зв'язку з тим, що всі елементи підходять один до одного, мають низку вартість та виконують необхідні функції, які необхідні у проекті.

Блок живлення пристроїв представляє собою модуль для макетної плати

MB-102, слугує для надання живлення на модуль керування, датчики та виконавчі пристрої.

Блок виконавчих пристроїв, до якого входить батареї, прибори для освітлення та вентилятори слугує для змінення станів у приміщенні, а звуковий прилад символізує початок повітряну тривогу. До цього блоку входить 2 серводвигуна SG90, які керують станом батареї, 2 LED лампочки які освітлюють приміщення, 2 вентилятора які виводять забруднене повітря з приміщень та активний динамік 12мм 5 В (buzzer) який сповіщає про угрозу життю. Подача сигналів надходить з EPS-32, подача живлення надходить з блоку живлення для макетної плати MB-102.

Блок датчиків включає в себе 2 фото транзистора ТЕМТ6000, які розташовані в різних зонах для передачі рівня освітленості в зонах. На даних з цих датчиків відбувається керування освітленням в приміщенні. 2 аналогових датчика температури LM35DZ для передачі температури в зонах. На даних з цих датчиків відбувається керування приборів нагріву приміщення. Та 2 датчика якості повітря MQ-135 для передачі значень забруднення у повітрі. На даних з цих датчиків відбувається керування вентиляційними приладами.

## 2.2 Вибір компонентної бази

### 2.2.1 Аналіз характеристик платформи ESP-32

Для подальшої розробки макету необхідно обрати елементи, які будуть задіяні у ньому. Першочерговим є вибір платформи, на якій буде працювати логіка управління приладами життєзабезпечення на підприємстві.

Для макету буде використано плату ESP-WROOM-32 з Wi-Fi чипом LuaNode32 (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 – ESP-WROOM-32 LuaNode32[18]

Wi-Fi LuaNode32 – отладочна плата на базі Wi-Fi модуля ESP-WROOM-32, в основі якого лежить новий чіп від компанії Espressif – ESP32.

ESP32 є більш просунутою версією попередньої лінійки чіпів компанії – ESP8266. У серії ESP32 використовується значно потужніше процесорний ядро – XTensa LX6 Dual Core 240 МГц, на додаток до Wi-Fi в цей модуль додана підтримка Bluetooth, збільшено кількість входів-виходів, з яких 18 можуть використовуватися як аналогові, є вбудований годинник реального часу (RTC), додана апаратна підтримка SD-карт і емнісних клавіатур, є безліч режимів енергозбереження і т.д.

Використання платформи LuaNode32 істотно спрощує роботу з модулями ESP32, так як в плату вже вбудовані USB-UART конвертер CP2102, стабілізатор напруги на 3,3 В, припаяна PLS-планка з кроком 2,54 мм, що дозволяє встановити LuaNode32 в макетну плату, а також в чіп залита прошивка зі вбудованим інтерпретатором Lua.

Дану платформу було вибрано для реалізації проекту за такими критеріями:

- потужний 32-бітний мікроконтролер з високою продуктивністю;
- вбудований Wi-Fi;

- низьке енергоспоживання;
- підтримка різних мов програмування;
- наявність різних периферійних інтерфейсів;
- низька вартість;
- модульність.

Основні характеристики наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристики ESP-WROOM-32[19]

Wi-Fi мережа	802.11 b/g/n
Wi-Fi стандарт	Classic и BLE (v4.2)
Частота мікроконтролера	240 МГц
Об'єм ЗУ	520 кБ
Об'єм ПЗУ (в составе чипа ESP32)	448 кБ
Об'єм флеш пам'яті	4 МБ
Робоча напруга модуля	Від 2,3 В до 3,6 В
Напруга живлення	Від 3,7 В до 12 В
Максимальний струм споживання	260 мА
Діапазон температур	Від -40 °С до +125 °С
Розміри плати	55 мм x 28 мм

Також при виборі платформи було досліджено переваги плати EPS-WROOM-32 над аналогами. Якщо порівнювати з Arduino Uno, то вона є популярною платою для початківців, але вона має значно меншу продуктивність (8-бітовий процесор, тактова частота 16 МГц) і не має вбудованого модуля Wi-Fi. ESP-32 значно перевершує Arduino Uno за всіма технічними характеристиками.

При порівнянні з Raspberry Pi з EPS-32, перша є потужним міні-комп'ютером, але вона споживає більше енергії і є дорожчою. Крім того, для простих IoT-завдань потужність Raspberry Pi може бути зайвою, що робить ESP-

32 більш підходящим варіантом.

Та на останок було порівняно з своїм попередником ESP8266. Вона також має вбудований Wi-Fi, але ESP-32 пропонує значно кращу продуктивність та більше периферійних інтерфейсів. ESP-32 також має кращі можливості управління живленням. На рисунку 2.4 зображено розпинування ESP-32.

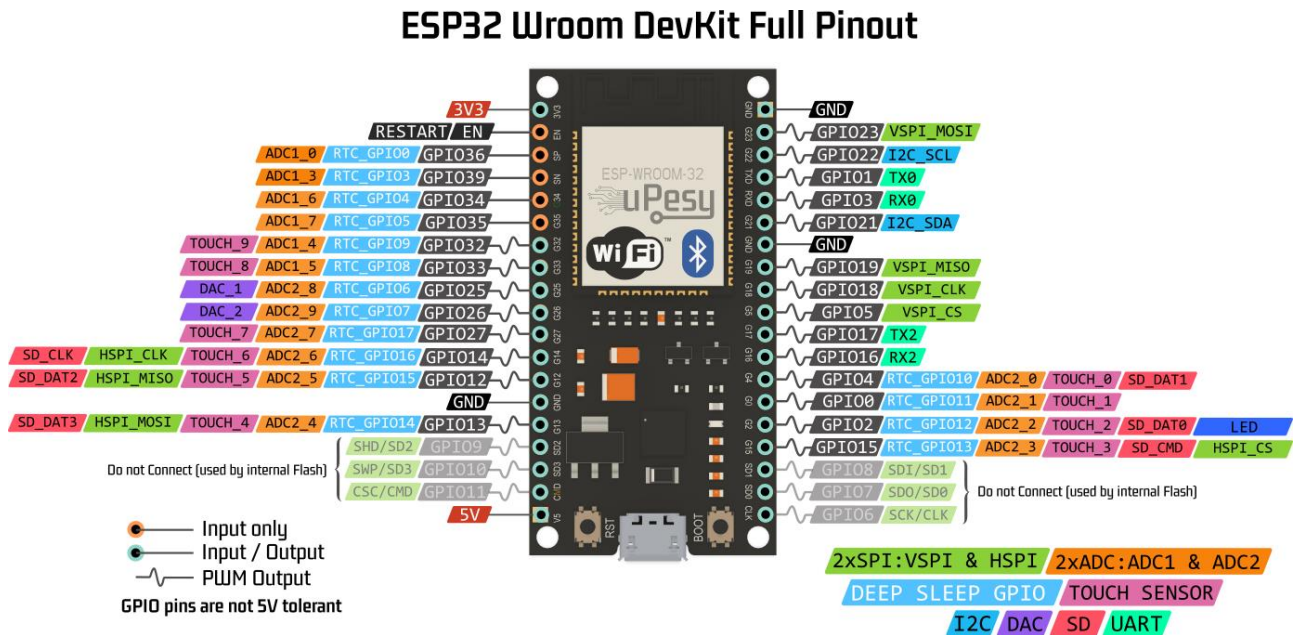


Рисунок 2.4 – Розпинування ESP-32 [20]

### 2.2.2 Аналіз характеристик датчика освітлення ТЕМТ6000

Аналоговий датчик освітлення ТЕМТ6000 (рис. 2.5) представляє собою біполярний фототранзистор (транзистор, керований величиною освітлення). Він працює точніше за фоторезистори. Датчик має аналоговий вихід.

Його використання разом з вбудованим в Arduino АЦП дає досить точні показання. Для вимірювання менших значень можна використовувати зовнішній АЦП.

Датчик налаштований на роботу з видимим випромінюванням. Довжина хвилі фіксованого випромінювання: від 360 нм до 970 нм (межі видимого випромінювання: 380 і 780 нм).

Переваги цього датчика:

– простота роботи завдяки аналоговому сигналу;

- висока чутливість;
- широкий діапазон температур;
- вища точність порівняно з фоторезисторами.



Рисунок 2.5 – Аналоговий датчик освітлення TEMT6000 [21]

Він добре підходить під зчитування освітленості в приміщеннях, через його простоту у підключенні, маленького розміру, точності зчитування, великого діапазону робочих температур та низькій вартості.

При порівнянні датчика TEMT6000 з BH1750, останній є цифровим датчиком з інтерфейсом I2C, тоді як TEMT6000 має аналоговий вихід. Для проектів, де потрібна проста інтеграція з аналоговими входами мікроконтролера, TEMT6000 є кращим вибором, оскільки не потребує додаткових зусиль для налаштування інтерфейсу I2C. TEMT6000 спеціально призначений для вимірювання рівня видимого світла, що робить його більш відповідним для задач, де потрібне точне визначення освітленості в діапазоні від 400 нм до 800 нм.

При порівнянні з TSL2561 у нього також є цифровим датчиком з інтерфейсом I2C. Хоча він забезпечує високу точність вимірювань, його налаштування може бути складнішим для початківців. TEMT6000 пропонує простіше підключення та використання завдяки своєму аналоговому виходу. TEMT6000 зазвичай має нижчу вартість порівняно з TSL2561, що робить його

більш економічно вигідним вибором для бюджетних проектів.

Порівнюючи ТЕМТ6000 з фото резисторами, останні мають більшу залежність від температури і можуть бути менш точними. ТЕМТ6000 забезпечує стабільніші та точніші вимірювання освітленості. Лінійність вихідного сигналу ТЕМТ6000 має більш лінійний вихідний сигнал у відповідь на зміни освітленості, що спрощує обробку сигналу і калібрування системи.

Ключові характеристики датчику ТЕМТ6000 наведені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Характеристики датчика ТЕМТ6000

Кут чутливості	$\pm 60^\circ$
Робоча напруга	5 В
Максимальна напруга	6 В
Робоча температура	Від $-40^\circ\text{C}$ до $+85^\circ\text{C}$
Споживаний струм	20 мА
Інтерфейс	Аналоговий
Розмір датчика	14 мм x 7 мм

### 2.2.3 Аналіз характеристик датчика температури LM35DZ

Було обрано аналоговий датчик температури LM35DZ (рис. 2.6) для вимірювання температурних показників, через те що в нього проста інтеграція через датчик має аналоговий вихід, що дозволяє легко підключити його до аналогово-цифрового перетворювача EPS-32. Датчик LM35DZ має високу роздільну здатність ADC, що дозволяє отримувати точні температурні показники завдяки лінійній характеристиці датчика і високій роздільній здатності перетворювача. Далі розглянемо детальніше всі переваги цього датчика:

- висока точність вимірювання температури з похибкою всього від  $-0,5^\circ\text{C}$  до  $+0,5^\circ\text{C}$  при кімнатній температурі;

- широкий діапазон вимірювань від  $-55^\circ\text{C}$  до  $+150^\circ\text{C}$ , що дозволяє використовувати його в різних умовах, включаючи як низькотемпературні, так і високотемпературні середовища;

- має лінійний вихід, що забезпечує лінійну залежність вихідної напруги від температури. Кожен градус Цельсія змінює вихідну напругу на 10 мВ;
- просто інтегрується з мікроконтролерами та іншими цифровими системами завдяки своєму аналоговому виходу. Для підключення не потрібно складних схем і додаткових компонентів, що знижує вартість і складність розробки;
- низьке споживання енергії.



Рисунок 2.6 – Аналоговий датчик температури LD35DZ [22]

При виборі датчика температури було розглянуто декілька інших популярних варіантів, таких як DS18B20, TMP36 та NTC термістори. Нижче наведено причини, чому було віддано перевагу LM35DZ:

- DS18B20 є цифровим датчиком з високою точністю та зручним інтерфейсом 1-Wire. Однак, для роботи з ним потрібна складніша схема підключення та програмне забезпечення для обробки цифрових даних. LM35DZ, на відміну від DS18B20, не потребує мікроконтролера з підтримкою специфічних протоколів, що спрощує його використання;
- TMP36 також є аналоговим датчиком температури, проте має нижчу точність та стабільність у порівнянні з LM35DZ. TMP36 має більшу похибку вимірювань, що може впливати на якість отриманих даних;
- NTC термістори є дешевшими варіантами для вимірювання температури, але їхня нелінійність ускладнює калібрування та обробку сигналу. Крім того, вони мають вищу похибку та менший діапазон вимірювань у порівнянні з LM35DZ. Основні характеристики наведено у таблиці 2.3. Розпинування для підключення датчика до плати наведено на рисунку 2.7.

Таблиця 2.3 – Характеристики датчика LM35DZ

Лінійність	+ 10 мВ/°С
Точність перетворення	0,5 °С (при +25 °С)
Робочий діапазон вимірювань	Від -55 °С до +100 °С
Робочий діапазон напруги	Від 4 В до 30 В
Споживаний струм	60 мкА
Малий само розігрів	0,08 °С
Вихідний опір	0,1 Ом при навантаженні 1 мА

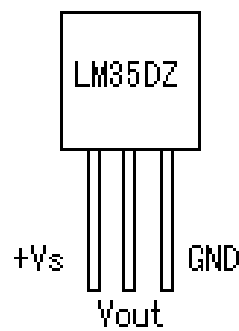


Рисунок 2.7 – Роспикування датчика LM35DZ

#### 2.2.4 Аналіз характеристик датчика якості повітря MQ-135

При виборі датчика для вимірювання рівня забруднення повітря було вирішено використати MQ-135 (рис. 2.8). Цей датчик має низку переваг, які роблять його оптимальним вибором для мого проекту.



Рисунок 2.8 – Датчик якості повітря MQ-135 [23]

Він має широкий спектр вимірюваних газів, здатний виявляти кілька типів шкідливих газів, включаючи аміак ( $\text{NH}_3$ ), оксид азоту ( $\text{NO}_x$ ), спирти, бензол, дим та інші шкідливі гази. Це робить його універсальним для моніторингу якості повітря в різних умовах. Датчик MQ-135 також має високу чутливість до низьких концентрацій шкідливих газів, що дозволяє вчасно виявляти навіть незначні забруднення і забезпечувати оперативне реагування на них. Швидкий відгук MQ-135 забезпечує швидку реакцію на зміни концентрації газів у повітрі, що є важливим для систем реального часу, де необхідно миттєво реагувати на зміни якості повітря.

Датчик MQ-135 не можна коректно порівнювати з іншими датчиками цієї ж лінійки, оскільки вони всі вимірюють різні типи газів, і для кожного індивідуального випадку потрібен свій датчик.

Порівнюючи MQ-135 з CCS811, останній є цифровим датчиком з інтерфейсом I2C, який вимірює загальну кількість летких органічних сполук (TVOC) і  $\text{CO}_2$ , а MQ-135 має аналоговий вихід, що робить його більш простим у використанні. CCS811 забезпечує вищу точність і може надавати більш детальні дані про концентрацію  $\text{CO}_2$  і TVOC. Проте MQ-135 є більш економічно вигідним і простим у використанні, що робить його кращим вибором для проекту.

Основні характеристики наведено у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Характеристики датчика MQ-135

Робоча напруга	5 В
Споживання струму	150 мА (максимум)
Діапазон вимірювань	від 10 ppm до 1000 ppm
Час відгуку	< 5 с
Чутливий елемент	$\text{SnO}_2$ (оксид олова)
Робоча температура	від $-20\text{ }^\circ\text{C}$ до $+50\text{ }^\circ\text{C}$
Робоча вологість	до 95% Rh
Розмір	40 мм x 21 мм

Він ідеально підходить для управління виявлення забруднення повітрі у приміщенні. Він може фіксувати різноманітні забруднення, тому не потрібно встановлювати багато датчиків повітря.

Роспинування датчика зображена на рисунку 2.9.

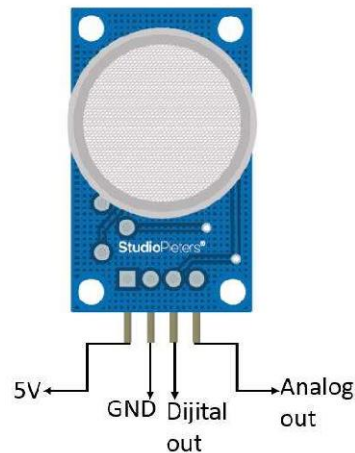


Рисунок 2.9 – Роспинування датчика газу MQ-135 [24]

#### 2.2.5 Блок живлення для макетної плати MB-102

Вибір блоку живлення для макетної плати MB-102 (рис. 2.10) для проекту був обумовлений його універсальністю, простотою використання, наявністю регульованої вихідної напруги та вбудованими захисними механізмами. Це робить його ідеальним вибором для живлення макетної плати та підключених до неї компонентів. Основні характеристики наведено у таблиці 3.5.

Таблиця 2.5 – Характеристики модуля живлення для макетної плати

Вхідна напруга	Від 6,5 В до 12 В
Вихідна напруга	3,3 В або 5 В (регульована перемикачами)
Максимальний вихідний струм	До 700 мА
Інтерфейси підключення	USB-порт Штирьови роз'єми для підключення до макетної плати Верхні роз'єми для GND, 5 В, 3,3 В
Розміри	33 мм x 55 мм

Порівнюючи блок живлення макетної плати MB-102 з модулем живлення для Arduino, слід зазначити, що останній часто має обмежену сумісність з іншими типами макетних плат. MB-102, навпаки, забезпечує більшу гнучкість у використанні, оскільки підтримує як 5 В, так і 3,3 В виходи, що дозволяє використовувати його з різними мікроконтролерами та електронними компонентами. Це робить MB-102 більш універсальним і зручним для широкого кола проектів.

Порівнюючи MB-102 з регулятором напруги LM7805, варто відзначити, що LM7805 забезпечує стабільну 5 В напругу, але для його використання потрібні додаткові компоненти, такі як конденсатори, а також монтаж на макетну плату. MB-102 є готовим до використання рішенням з можливістю регулювання вихідної напруги.

MB-102 пропонує готове рішення, яке забезпечує стабільне живлення, захист від короткого замикання та перевантаження по струму.

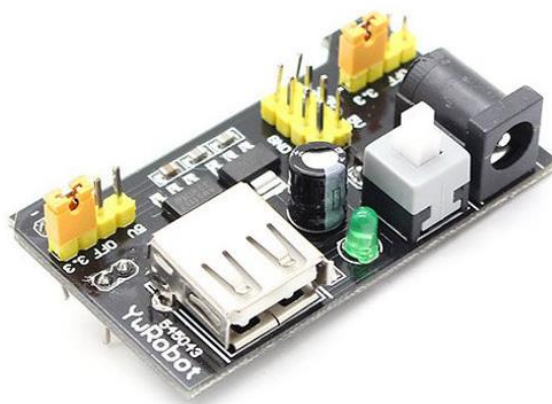


Рисунок 2.10 – Живлення для макетної плати MB-102 [25]

#### 2.2.6 Звуковий прилад

Для макету було обрано активний динамік 12 мм 5 В (рис. 2.11) з кількох причин. По-перше, він простий у використанні і не потребує додаткових компонентів для генерації звуку, що значно зменшує складність схеми та час на її налаштування. По-друге, його компактний розмір (рис. 2.11) дозволяє легко інтегрувати його в будь-який пристрій, або місце.

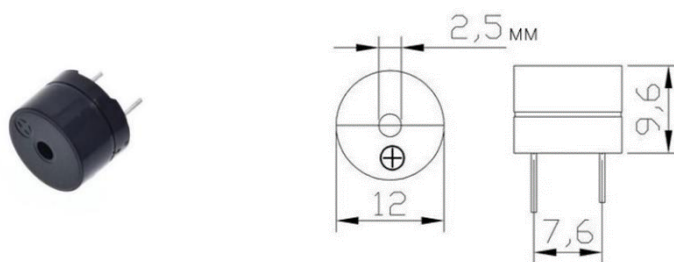


Рисунок 2.11 – Активний динамік (buzzer) та його розміри [26]

Порівнюючи активний динамік 12 мм 5 В з пасивними динаміками, варто зазначити, що пасивні динаміки потребують зовнішнього генератора сигналів для створення звуку, що ускладнює їх використання у простих проектах. Buzzer вже має вбудований генератор сигналів, що значно спрощує його підключення і використання, достатньо лише подати на нього живлення, щоб він запрацював.

Порівнюючи активний динамік 12 мм 5 В з аналогами на 3,3 В, важливо зазначити, що 5 В моделі зазвичай забезпечують більшу гучність, що може бути важливим фактором для проектів, де потрібен гучний сигнал.

При виборі динаміка для використання на підприємстві слід враховувати кілька ключових факторів, щоб забезпечити ефективність, надійність і безпеку. Динамік повинен відповідати вимогам до гучності, довговічності, простоті інтеграції та відповідати умовам експлуатації на промислових об'єктах. Ось основні параметри, які слід враховувати:

- гучність;
- довговічність;
- стійкість до умов експлуатації;
- безпека.

#### 2.2.7 Аналіз та вибір обладнання для систем провітрювання

Для макету було обрано вентилятори розміром 30 мм x 30 мм x 10 мм з напругою живлення 5 В (рис. 2.12) з кількох причин. Ці вентилятори мають компактні розміри, та модуль живлення видає максимальну напругу у 5 В, що підходить під живлення цього вентилятора.



Рисунок 2.12 – Вентилятор для макету [27]

В порівнянні з іншими вентиляторами більшого розміру, вибрані моделі вигідно відрізняються своєю економічністю та низьким рівнем шуму, що робить їх ідеальним вибором для використання в макеті.

При виборі вентиляторів для використання на підприємстві слід враховувати декілька ключових факторів, щоб забезпечити ефективність, надійність та безпеку. Вентилятори повинні відповідати вимогам до продуктивності, довговічності, простоті інтеграції та відповідати умовам експлуатації на промислових об'єктах.

#### 2.2.8 Аналіз та вибір обладнання для систем освітлення

Для макету було обрано світлодіод (рис. 2.13) з кількох причин. По-перше, такі лампи дозволяють налаштувати інтенсивність від того скільки потужності на них подається, що є важливим для забезпечення норм освітлення, і комфорту працівників. По-друге, регулювання потужності сприяє економії енергії, дозволяючи зменшити витрати на електроенергію в умовах підприємства, характеристики наведені у табл. 2.7.



Рисунок 2.13 – Світлодіод [28]

Таблиця 2.7 – Характеристики світлодіода

Колір освітлення	Червоний
Діаметр	3 мм
Колірна температура	Від 620 нм до 630 нм
Пряма напруга	2 В

При виборі світлодіодних ламп для використання на підприємстві необхідно враховувати такі ключові фактори, як висока продуктивність, надійність, економічність та відповідність вимогам промислового середовища.

### 2.2.9 Аналіз і вибір приладів для регулювання температури

Для макета проекту було обрано сервопривід SG90 (рис. 2.14) через його здатність точно керувати механічними елементами, імітуючи як заслінки вентиляційних систем, що дозволяє регулювати потік повітря і, відповідно, температуру в приміщенні, характеристики наведені у табл. 2.8.



Рисунок 2.14 – Сервопривід SG90 [29]

Таблиця 2.8 – Характеристика SG90

Робоча напруга	Від 4,8 В до 6 В
Кут повороту	180 градусів
Тип приводу	Аналоговий
Розміри	22,2 мм x 11,8 мм x 31 мм

Для промислового застосування на підприємствах ефективним рішенням для регулювання температури є система кондиціонування, доповнена системою вентиляційних труб. Така система забезпечує не тільки охолодження та нагрівання повітря, але й його циркуляцію, розподіл і фільтрацію, що критично важливо для створення оптимальних умов роботи і забезпечення комфорту працівників.

## 2.3 Опис макета проекту

### 2.3.1 Схема підключення апаратної частини

Планування та розробка схеми підключення апаратної частини проекту до початку його реалізації вирішує одразу декілька ключових аспектів. За її допомогою легше визначитися до вимог та компонентів, правильно спланована схема забезпечує гладку інтеграцію апаратних компонентів, попереднє протестування схеми дозволяє ідентифікувати потенційні проблеми та забезпечити заходи щодо їх усунення, та дозволяє оптимізувати витрати бо дозволяє більш точно оцінити необхідні компоненти. Схема підключення зображена на рисунку 2.15.

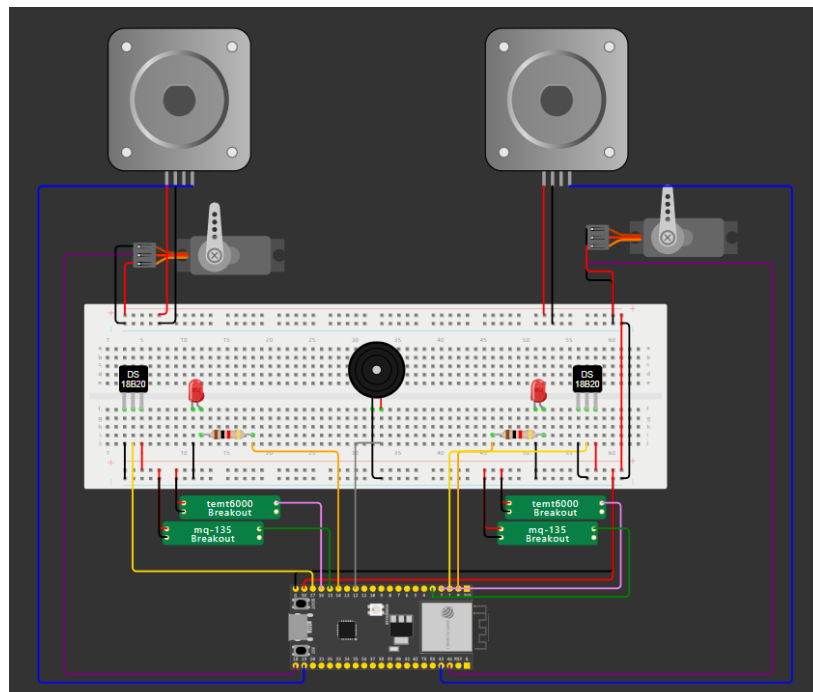


Рисунок 2.15 – Схема підключення пристроїв

### 2.3.2 Практична реалізація макетної моделі проекту

Було зібрано макетну модель системи (рис. 2.16), основою якої слугує мікроконтролер ESP-32. Модель включає в себе різноманітні сенсори, та виконавчі механізми для демонстрації функціональності розробленої системи.

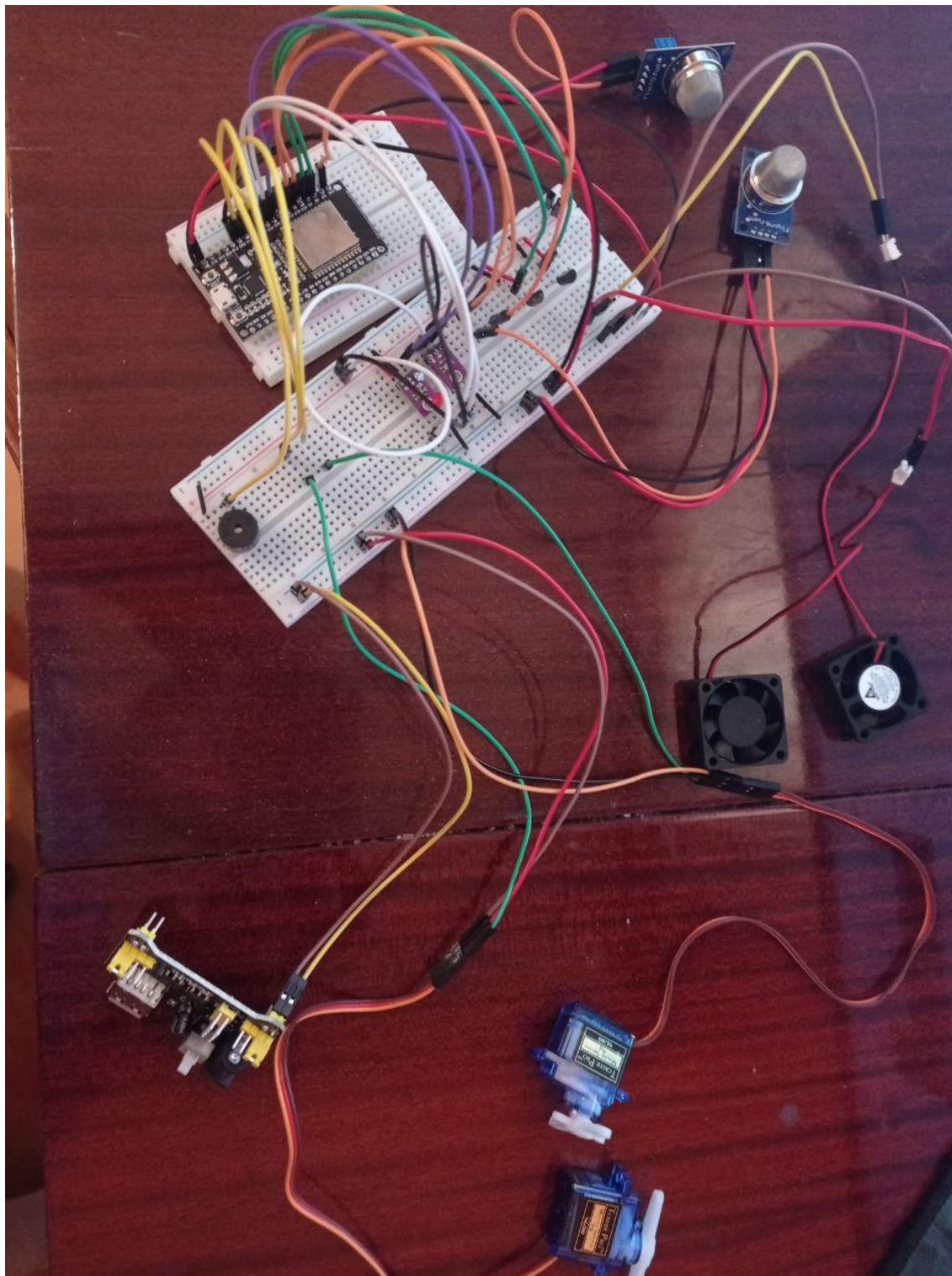


Рисунок 2.16 – Макетна модель системи

## 3 ОПИС ПРОГРАМНОЇ ЧАСТИНИ ПРОЕКТУ

### 3.1 Вибір засобів для розробки проекту

Для роботи з мікроконтролерами була обрана Arduino IDE. Розглянемо її особливості:

- це інтегроване середовище розробки, яке спеціально створене для написання коду, компіляції та завантаження його на мікроконтролери Arduino, що робить процес розробки простим та ефективним;

- arduino IDE підтримує мову програмування на базі C/C++, що дозволяє створювати як прості, так і складні програми для мікроконтролерів;

- велика спільнота користувачів і розробників забезпечує доступ до численних бібліотек та прикладів коду, що прискорює процес розробки;

- arduino IDE підтримує велику кількість плат і мікроконтролерів, що робить його універсальним інструментом для різних проектів в області електроніки та робототехніки.

Для розробки програми був обрано Framework Avalonia який працює на мові програмування C#. Розглянемо переваги спочатку мови програмування C#:

- C# підтримує всі основні концепції ООП, включаючи класи, об'єкти, наслідування, поліморфізм, інкапсуляцію та абстракцію;

- має вбудовану систему автоматичного управління пам'яттю, що знижує ризик витоків пам'яті та спрощує роботу з динамічною пам'яттю;

- строго типізована мова, що допомагає виявляти та усувати помилки на ранніх етапах розробки;

- підтримує LINQ (Language Integrated Query) для роботи з колекціями даних у декларативному стилі, а також async/await для зручної роботи з асинхронними операціями;

- це кросплатформена мова розробки, що дозволяє створювати додатки для Windows, macOS та Linux.

Розглянемо Avalonia – це кросплатформний фреймворк для створення графічних користувацьких інтерфейсів (GUI) на .NET. Він дозволяє розробникам створювати додатки, які можуть працювати на Windows, macOS, Linux і інших платформах, використовуючи єдиний кодовий базис. Ось деякі ключові особливості Avalonia:

- підтримує розробку додатків для різних операційних систем без необхідності внесення змін у код. Це дозволяє створювати універсальні додатки, які працюють на всіх основних платформах;

- використовує XAML (Extensible Application Markup Language) для опису користувацького інтерфейсу;

- фреймворк має модульну архітектуру, що дозволяє розширювати його функціональні можливості через плагіни та додатки. Це робить його гнучким і адаптованим до різних потреб розробників;

- підтримує шаблон проектування MVVM (Model-View-ViewModel), що спрощує розробку і тестування застосунків, а також їхню підтримку і масштабування.

Для зберігання даних було обрано Microsoft SQL Server (MsSQL) – це реляційна система управління базами даних (СУБД), розроблена компанією Microsoft. Ось деякі ключові особливості MsSQL:

- використовується реляційна модель для зберігання даних, де інформація організована в таблиці з рядками та стовпцями. Це забезпечує структуроване та ефективне зберігання даних;

- SQL Server використовує Transact-SQL (T-SQL) – розширення стандартної мови SQL, яке додає додаткові можливості для програмування;

- забезпечується висока безпека даних завдяки шифруванню, аудиторам і контролю доступу. Він підтримує різні рівні аутентифікації та авторизації для захисту даних від несанкціонованого доступу;

- СУБД може обробляти великі обсяги даних і високі навантаження завдяки потужним інструментам оптимізації продуктивності, таким як індекси, плани виконання запитів і зберігання процедур.

### 3.2 Програмування плати ESP-32

Для програмування плати буде використовуватися середовище розробки Arduino IDE.

Код написаний мовою програмування C++ і призначений для роботи на мікроконтролері EPS-32. Спочатку підключаємо бібліотеки для керування Wi-Fi, веб-серверами та сервоприводами, код наведено у лістингу A.1 додатку A.

Після ініціалізуємо константи та змінні, код наведено у лістингу A.2 додаток A Лістинг коду. Після йде функція `setup()`, код наведено у лістингу A.3 додатку A, в якій встановлюється режим роботи для пискавки, встановлення режимів роботи для сервоприводів, ініціалізація послідовного порта для налагодження, викликається функція по настройці Wi-Fi з'єднання.

Функція для встановлення з'єднання з Wi-Fi мережею і налаштування маршрутів для обробки HTTP-запитів наведена у лістингу A.4 додатку A. Вона відповідає за підключення мікроконтролера до Wi-Fi мережі, та налаштувань кінцевих точок для веб-сервера та запуск веб-сервера.

Далі йде функціональний цикл `loop()`, який виконується постійно у безкінечному циклі після ініціалізації мікроконтролера у функції `setup()`. Вона відповідає за обробку вхідних HTTP-запитів та оновлення стану виконавчих пристроїв(пискавки, світлодіодів, сервоприводів), код наведено у лістингу A.5 додатку A.

Функція `GetValueFromSensors()` наведена у лістингу A.6 додатку A, ця кінцева точка до якої звертається сервер, та вона формує відповідь і відправляє його на HTTP-запит. В ній відбуваються зчитування дані з датчиків (температурних датчиків, датчиків що зчитують освітленість у приміщенні та газові), зберігання значень у змінній та відправка її, як відповідь на виклик з серверу.

Далі йдуть кінцеві точки, слід зазначити що напряму вони не впливають на виконавчі пристрої, а лише записують інформацію щодо у якому приміщенні, та значення на яке змінити, чи просто включити чи вимкнути пристрій, а саме

управління виконавчими пристроями відбувається у інших функціях, які знаходяться у постійному циклі `loop()`. Також кожна функція відправляє зворотно до сервера HTTP статус код, тип вмісту, та тіло відповіді. В кожній функції є перевірка на коректність даних які ввів користувач, та якщо вони не відповідають тілу яке потрібно саме цій функції, то зворотно відправиться відповідь клієнту з поясненням помилки.

Функція `HandleBuzzer()` наведена у лістингу A.7 додатку A, ця кінцева точка до якої звертається сервер, та вона змінює стан пискавки з активного, при якому робить якщо є тривога, вона видає звук, до пасивного, при якому вона не буде працювати ні при яких умовах.

Функція `HandleLed()` наведена у лістингу A.8 додатку A, ця кінцева точка до якої звертається сервер, та відправляє у якому приміщенні та яке значення освітлення встановити. За її допомогою в приміщенні можливо встановити однаковий рівень освітлення незважаючи на зовнішні умови.

Функція `HandleServo()` наведена у лістингу A.9 додатку A, ця кінцева точка за допомогою якої можливо встановити стан та приміщення у якому буде працювати опалення.

Функція `HandleFan()` наведена у лістингу A.10 додатку A, ця кінцева точка за допомогою якої можливо змінювати стан вентиляції в указаному приміщенні.

Функції які вже відповідають за роботу виконавчих пристроїв по тим даним, що надійшли від кінцевих точок починаються на `Set`, та всі вони знаходяться у циклі `loop()`, щоб постійно підлаштовуватись під надіслані данні. Код для зміну стану світлодіода наведений у лістингу A.11 додатку A, як можна з нього побачити, він тільки обробляє стан виконавчого пристрою, та ніяк його не змінює.

Функція для зміну стану пискавки наведений у лістингу A.12 додатку A. В ньому в залежності від даних що встановили кінцеві точки або вмикається пискавка, або вимикається.

Функція для зміну стану сервоприводів наведений у лістингу A.13 додатку A. В ньому логіка складніше від світлодіода чи пискавки, бо треба

обробляти як вхідні дані, так і кут повороту, та до якого приміщення треба зробити зміни.

Функція для зміну стану вентиляторів наведений у лістингу А.14 додатку А. В ньому просто коли значення забруднення повітря в кімнаті більше ніж допустима, то вентилятор вмикається.

### 3.3 Аналіз даних для зберігання і створення БД

Під час аналізу даних необхідно ретельно вивчити інформацію, яка має бути збережена в базі даних, а також визначити ключові аспекти, що будуть використовуватися в програмному забезпеченні. Важливою складовою програми є дані, які надходять від датчиків, контекстна інформація про приміщення, де ці датчики встановлені, та інформація про місце знаходження підприємства. З огляду на це, необхідно провести аналіз вимог та специфікацій для проектування програмного забезпечення.

Результати аналізу показують, що збереження місця розташування підприємства, збір інформації про датчики та їхні вимірювання, а також дані про приміщення, де ці датчики функціонують, є основою програми. Додатково до цього включаються деталі про самі вимірювання, такі як час та дата, що забезпечує повноту та коректність даних у системі. На основі цього аналізу визначимо основні параметри, які потрібно зберігати:

- ідентифікатор датчика;
- ідентифікатор кімнати, до якої прикріплений датчик;
- дані з датчиків;
- час вимірювання;
- дата вимірювання;
- ідентифікатор налаштувань датчика;
- ідентифікатор кімнати, до якої ці налаштування потрібні;
- значення налаштувань;
- ідентифікатор кімнати;

– назва кімнати.

Аналіз необхідних таблиць, це є основний етап у створенні структури бази даних. На основі цих даних було створено SQL запит для створення таблиць у MSSQL, код наведено у лістингу Б.1 додаток Б Лістинг коду. Для візуалізації взаємодії таблиць було створено графічне відображення структури таблиць у MSSQL на рисунку 3.1.

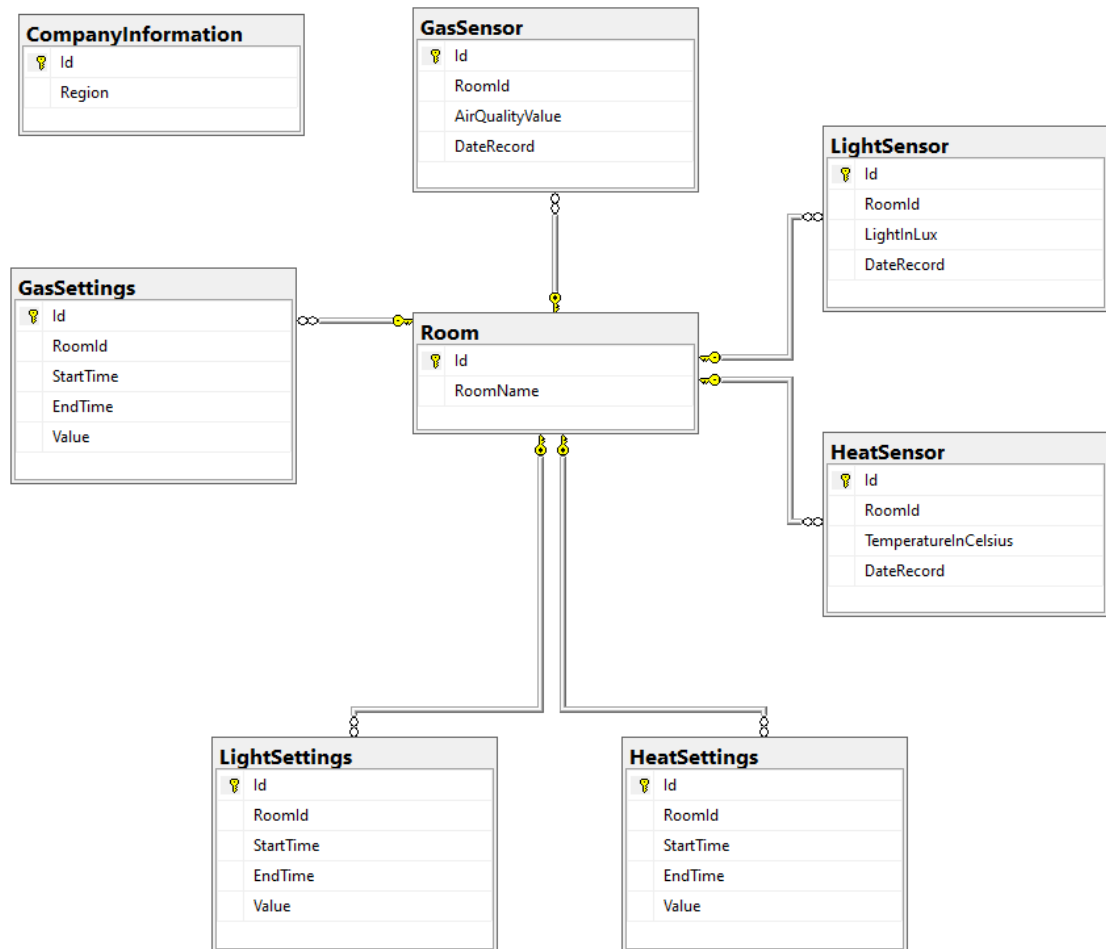


Рисунок 3.1 – Графічне відображення структури БД

На рисунку 3.1 можна побачити які було створено таблиці, та що в них зберігається, коротко про таблиці:

- таблиця Room відповідає за приміщення на підприємстві;
- таблиця GasSensor містить ідентифікатор кімнати де він знаходиться, та дані які надходять з датчику газу;
- таблиця HeatSensor містить теж саме, що і GasSensor, тільки зберігаються

дані які надходять з датчику температури;

- таблиця LightSensor містить теж саме, що і GasSensor, тільки зберігаються дані які надходять з датчику освітлення приміщення;

- таблиця GasSettings відповідає зберігання налаштувань показника газу у приміщенні, це потрібно для автоматичного керування виконавчих пристроїв, які будуть підлаштовувати середовище до вказаних значень;

- таблиця HeatSettings містить теж саме, що і GasSettings, тільки налаштування для температури;

- таблиця LightSettings містить теж саме, що і GasSettings, тільки налаштування для температури;

- таблиця CompanyInformation відповідає за зберігання місцезнаходження підприємства, це потрібно щоб коректно працювало сповіщення про повітряну тривогу.

На рисунку 3.1 також можна побачити що таблиці з інформацію про показники за датчиків, та таблиці з налаштуванням приміщення залежать від таблиці з інформацію о кімнатах співвідношенням many-one (багато показників, чи налаштувань до однієї кімнати), а таблиця що містить інформацію про підприємство є незалежною.

### 3.4 Підключення до БД та DI у програмі

Розроблені класи, базуючись на даних з рис. 3.1, які представлені у лістингах В.1 – В.8 додатку В, відіграють ключову роль у взаємодії з базою даних через додаток. Цей етап є критично важливим для забезпечення ефективної роботи з БД. Класи не лише відображають структуру таблиць, що знаходяться у базі даних, але й забезпечують зручний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для їх обробки та використання у програмі. Вони слугують своєрідним мостом між програмним забезпеченням та базою даних, спрощуючи доступ до даних, їх маніпуляцію та забезпечуючи структурованість і цілісність даних в процесі їх обробки.

Метою створення цих класів є забезпечення належної організації даних, що зберігатимуться в базі даних, а також спрощення роботи з цими даними для інших компонентів програми. Кожен клас відповідає конкретному типу даних і містить поля, які відображають атрибути цього типу даних. Завдяки цьому підходу, робота з даними стає більш впорядкованою та ефективною, що сприяє підвищенню продуктивності та надійності всієї системи.

Для обміну інформацією з базою даних буде використовуватися бібліотека Entity Framework. Використання Entity Framework замість безпосереднього написання SQL-запитів має кілька переваг:

- спрощує процес взаємодії з базою даних завдяки використанню об'єктно-реляційного мапування (ORM). Це дозволяє розробникам працювати з базою даних через об'єкти і класи на рівні коду, не потребуючи знання SQL-запитів;

- завдяки автоматичному генеруванню запитів і обробці даних, розробники можуть зосередитися на бізнес-логіці додатка, а не на написанні та оптимізації SQL-запитів;

- забезпечує легку масштабованість додатка. Зміни у структурі бази даних автоматично відображаються у відповідних класах моделі, що знижує ризик помилок та спрощує підтримку коду;

- використання Entity Framework знижує ризик SQL-ін'єкцій, оскільки воно автоматично обробляє параметри запитів і запобігає виконанню шкідливого коду.

Код наведений у лістингу В.9 додатку В визначає клас, який використовується для взаємодії з базою даних через Entity Framework. Він успадковується від класу DbContext і використовується для управління підключенням до БД, визначенням моделей даних і конфігурацією цих моделей у методі OnModelCreating. Властивості представляють набори таблиць в БД. Вони відповідають різним типам класів, які створені в програмі для взаємодії з БД через їх поля.

Для взаємодії з базою даних використовується прошарок у вигляді сервісів, код одного з інтерфейсів для сервісів наведено у лістингу В.10 додатку В. Цей

підхід забезпечує чітку організацію коду та спрощує роботу з різними сутностями бази даних. Для кожної сутності було створено окремий сервіс, що дозволяє розподілити обов'язки та зробити код більш модульним і легко підтримуваним.

Кожен сервіс відповідає за виконання CRUD-операцій (створення, читання, оновлення, видалення) для своєї відповідної таблиці. Це дозволяє швидко знаходити і змінювати логіку, пов'язану з конкретною сутністю, не зачіпаючи інші частини системи.

Для кожного сервісу був створений свій інтерфейс, що дозволяє реалізувати принципи SOLID, та легко впроваджувати DI-техніку, яка сприяє має ряд переваг:

- дозволяє зменшити залежність між компонентами, що робить їх більш автономними і легкими для повторного використання;

- дозволяє легко змінювати реалізації сервісів без необхідності змінювати клієнтський код. Наприклад, можна замінити RoomService на іншу реалізацію, яка може використовувати інше джерело даних;

- спрощує процес додавання нових функціональностей та підтримки існуючих. Нові сервіси можуть бути легко інтегровані у систему, а існуючі – легко модифіковані;

- сприяє більш чіткій архітектурі програми, оскільки заохочує використання інтерфейсів і абстракцій.

У проекті реалізована власна система впровадження DI, наведено у лістингу B.11 додатку B, що дозволяє суттєво покращити структуру коду, роблячи його більш модульним та легким у підтримці.

Як працює DI, він використовує статичний конструктор для створення та реєстрації необхідних сервісів і їх залежностей. Сервіси зберігаються у словнику, де ключем є тип сервісу, а значенням – екземпляр цього сервісу. Метод `AddService<TService>` додає новий сервіс до колекції. Він приймає на вхід екземпляр сервісу і зберігає його в словнику, а метод `GetService<TService>`

повертає сервіс, збережений у словнику. Якщо сервіс не знайдено повертається значення null. Приклад використання наведений у лістингу В.12 додатку В.

### 3.5 Підключення до ESP-32

Цей розділ є важливою складовою проекту, оскільки він реалізує основний механізм взаємодії з мікроконтролером ESP-32 через HTTP-протокол. Ця частина відповідає за забезпечення передачі даних про повітряні тривоги з сервера до платформи ESP-32, що контролює пискавку (докладніше про обробку повітряної тривоги див. пункт 3.6). Дозволяючи системі в реальному часі отримувати дані про навколишнє середовище та реагувати на них. Також забезпечує отримання даних з датчиків на сервер в реальному часі через використання подій. Це означає, що дані з датчиків передаються безпосередньо у додаток, що відкриває можливість їх обробки та подальшої реакції. Це важливо для забезпечення повноцінного контролю над системою та можливості реагувати на зміни в навколишньому середовищі у реальному часі.

Інтерфейс класу для взаємодії з ESP-32 наведений у лістингу В.13 додатку В, повний код класу наведений у лістингу В.14 додатку В.

Як можна побачити у лістингу В.14 основні моменти, які відбуваються в цьому класі, включають:

- ініціалізація об'єктів і сервісів;
- виконання метода Execute запускає таймери для оновлення та збереження даних у БД, а також оновлення даних в реальному часі;
- оновлення даних і збереження в базі даних у методі UpdateAndSaveToDbDataAsync;
- оновлення даних в реальному часі, з інтервалом в 1 секунду в методі UpdateDataAsync, в якому використовує подію для сповіщення про оновлення даних у реальному часі;
- відправлення команд на ESP-32 за допомогою методів.

### 3.6 HTTP-контролер тривоги для підприємства

Даний розділ є важливою складовою проекту, оскільки він реалізує механізм моніторингу та керування повітряними тривогами для підприємства через HTTP-протокол. Цей розділ відповідає за отримання та обробку даних про повітряні тривоги з сервера і їхню подальшу обробку та відображення на платформі підприємства. Забезпечуючи системі можливість в реальному часі отримувати дані про навколишнє середовище та реагувати на них, цей розділ відіграє ключову роль у забезпеченні безпеки та комфорту працівників підприємства. Інформацію про стан повітряної тривоги було взято з кінцевої точки API – <http://ubilling.net.ua/aerialalerts>. Приклад відповіді див. рис. 3.2.

```

-<root>
  <source>Andrew Dunai API</source>
  <cachedat>2022-04-27 15:07:14</cachedat>
  -<states>
    -<state0>
      <name>Вінницька область</name>
      <changed>2022-04-27 10:40:07</changed>
      <alertnow>>false</alertnow>
    </state0>
    -<state1>
      <name>Волинська область</name>
      <changed>2022-04-27 10:39:56</changed>
      <alertnow>>false</alertnow>
    </state1>
  </states>
</root>

```

Рисунок 3.2 – Формат відповідей API про повітряні тривоги [30]

Повний код класу для взаємодії з API повітряної тривоги наведений у лістингу В.15 додатку В.

Основні моменти, які відбуваються в цьому класі:

- ініціалізація полів для виконання http запитів та URL до кінцевих точок відповідно, таймер, події яка використовується для сповіщення про оновлення даних у реальному часі, список всіх регіонів, до яких доступні дані про тривогу;

- запуск таймера, який налаштований на інтервал в 5 секунд. Це час між запитами про повітряні тривоги;
- заповнення змінної в якій зберігаються всі регіони, для майбутніх запитів.

### 3.7 Розробка UI

Потрібно було зробити інтерфейс для користувача, для виводу значень з датчиків вимірювання світла, температури та якості повітря в приміщеннях, та відображення у вигляді таблиць, та графіків з актуальними даними.

Головне меню програми, див. рис. 3.3.

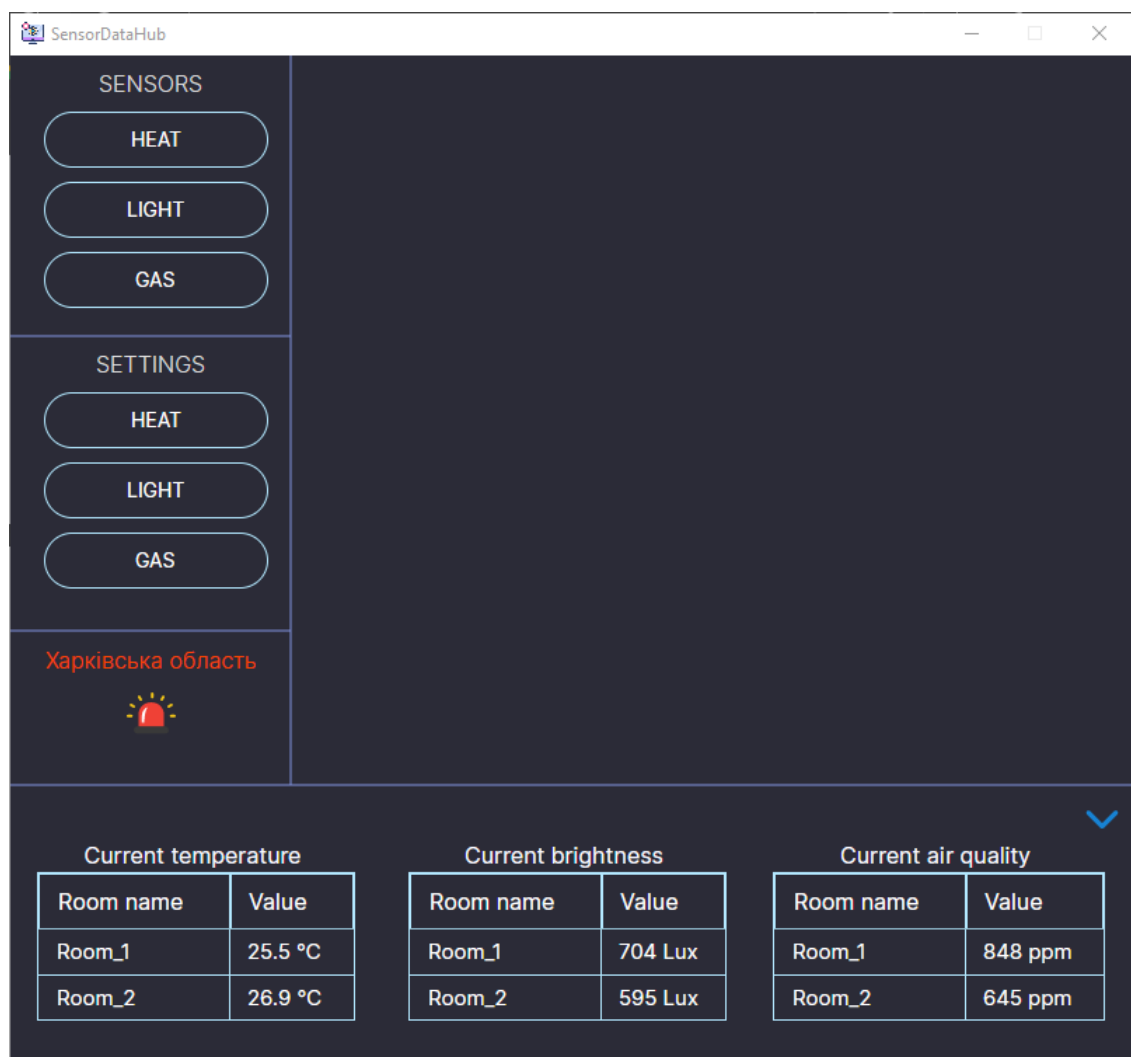


Рисунок 3.3 – Головне меню програми

Як можна побачити на рисунку 3.3 головне меню програми було розбито на кілька розділів. Зліва розташовані кнопки для вибору типів датчиків (HEAT, LIGHT, GAS) та налаштувань, які дозволяють перемикатися між різними видами датчиків і кімнатами. Нижче відображається інформація про поточну повітряну тривогу, що вказує на актуальний стан у обраній області.

Основна частина інтерфейсу показує поточні значення температури, яскравості та якості повітря в різних приміщеннях. Ці значення оновлюються в реальному часі з інтервалом в 1 секунду, що дозволяє користувачу швидко отримувати актуальні дані та приймати необхідні рішення.

При натисканні на стрілку у правого нижнього кута панель таблиць з актуальними даними з різних датчиків зникне, далі будуть рисунки без нижньої панелі для економії місця.

Розділ повітряної тривоги, див. рис. 3.4.

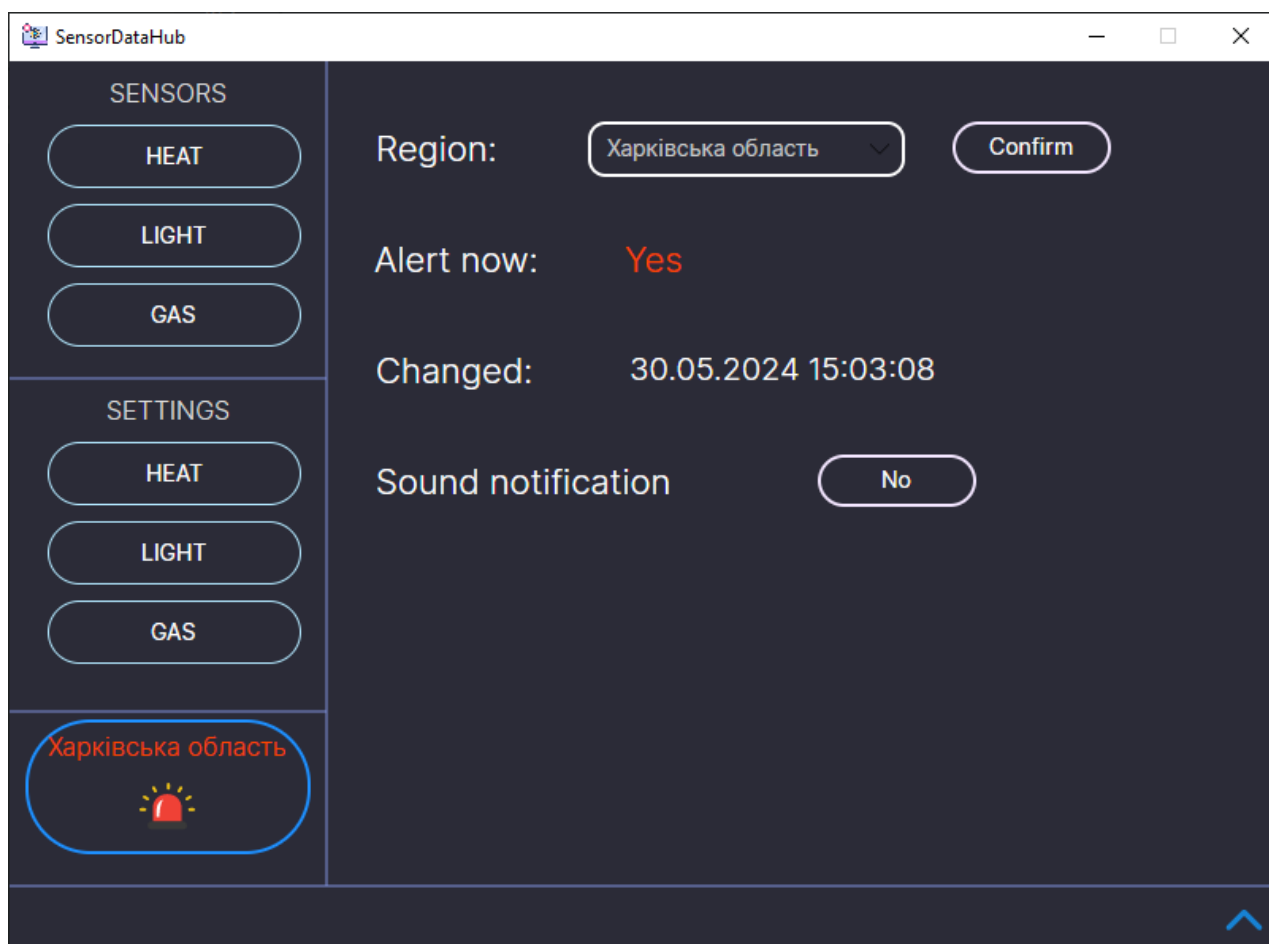


Рисунок 3.4 – Меню з повітряною тривоگو

При відкритті розділу з повітряною тривогою, як показано на рис. 3.4, з'являється панель управління налаштуваннями. Можливо змінити регіон в якому знаходиться підприємство натиснувши на випадіаюче меню навпроти надпису регіон (рис. 3.5), та підтвердити натиснувши кнопку підтвердження. Повний перелік доступним до слідження регіонів можна знайти по посиланню на сайт <https://wiki.ubilling.net.ua/doku.php?id=aerialalertsapi>. Знизу відображається актуальний стан тривоги в регіони, та коли було останнє змінення стану. Останній пункт слугує для включення чи вимкнення пискавки на підприємстві під час повітряної тривоги. Коли у регіоні немає повітряної тривоги, надпис з регіоном зверху над лампою сповіщення зникає (рис. 3.6).

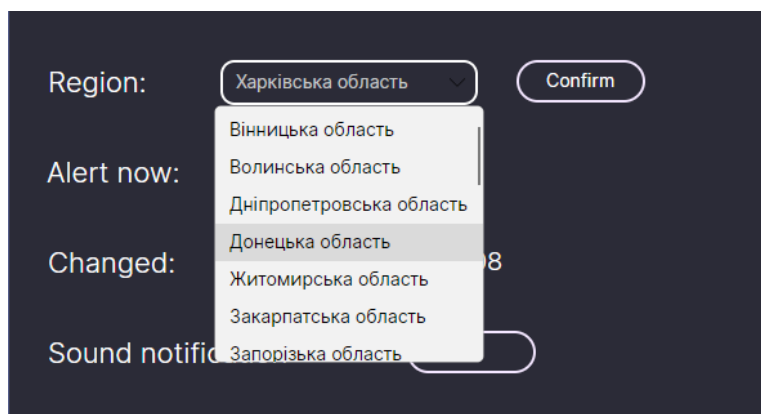


Рисунок 3.5 – Вибір регіону

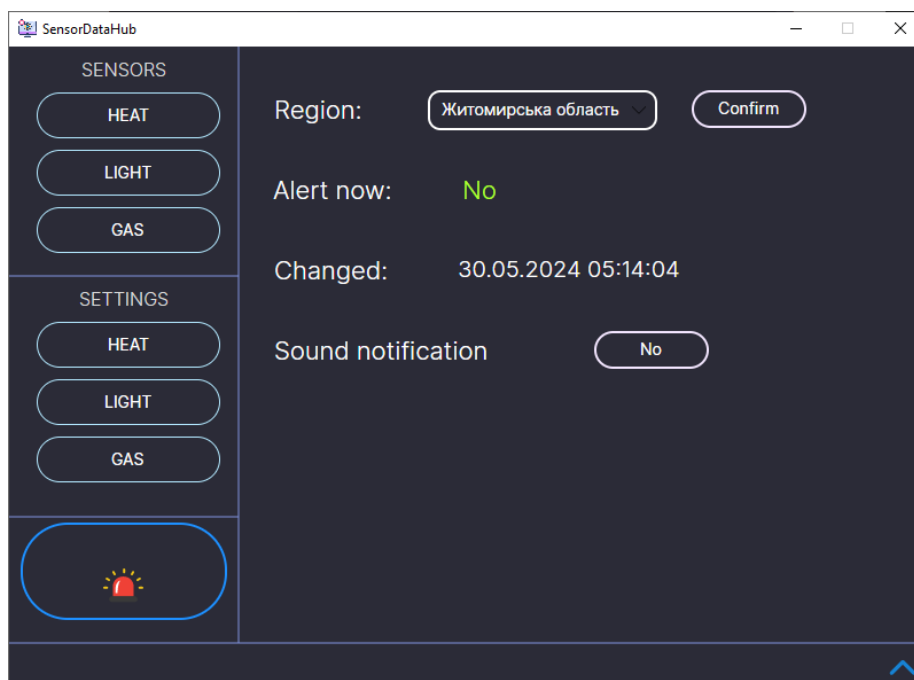


Рисунок 3.6 – Демонстрація вікна при відсутності повітряної тривоги

При відкритті розділу «Heat» у панелі «Sensors» рисується графік в якому відображені дані, які були збережені в БД за відповідний день, та відповідному приміщенні (рис. 3.7, зона 5). При штатній роботі програми та модулю з ESP-32 дані передаються кожну хвилину, тому на графіку малюється та поєднуються 1440 точок, розрахунок місця яке займає записи наведено у пункті 4.1. Якщо треба більш детально дослідити деякий проміжок часу, для збільшення або зменшення масштабу графіка можна використовувати мишку та коліщатко, приклад масштабування наведено на рис. 3.8.

Програма підраховує виведені дані та відображає статистику даних на цей день, та в цьому приміщенні по вибраному датчику. Як показано на рисунку 3.7 (зона 3) у пункті «Stats» є мінімальне, максимальне та середні показники температури.

Для комфорту користувача є панель яка зображена на рис. 3.7 (зона 4), на якій виводиться обрана дата, та назва приміщення.

Для зміни вигляду графіку з лінійного, на стовпчиковий по годинам, є кнопка зміни відображення графіку див. рис. 3.7 (зона 2), результат зміни відображення даних зображено на рисунку 3.9. Для зрозумілості температурного графіку, у всіх стовпчикових графіках є заповнення стовпчиків кольором, що відповідає температурі по даному проміжку часу. Значення які виводяться у графіку розраховуються як середнє значення за час.

Змінити день, або приміщення можна в пунктах «Select a date» та «Select a room», як показано на рис. 3.7 (зона 1).

Інші два вікна з выводами параметрів з датчиків відрізняються тим що колірна гама при виводі стовпчикового графіка підібрана до певного датчика. Та надписи вимірювань підібрані до величин вимірювання обраного датчика.

Щоб користувач міг зручно зрозуміти, на якій вкладці він зараз знаходиться, навколо обраного вікна обведення стають блакитним, як показано на рис. 3.7 у вкладці «Heat» меню «Sensors», чи на рис. 3.6 у вкладці повітряної тривоги. Завдяки такій візуальній індикації, легше орієнтуватися між вкладками.



Рисунок 3.7 – Вкладка Heat у меню Sensors

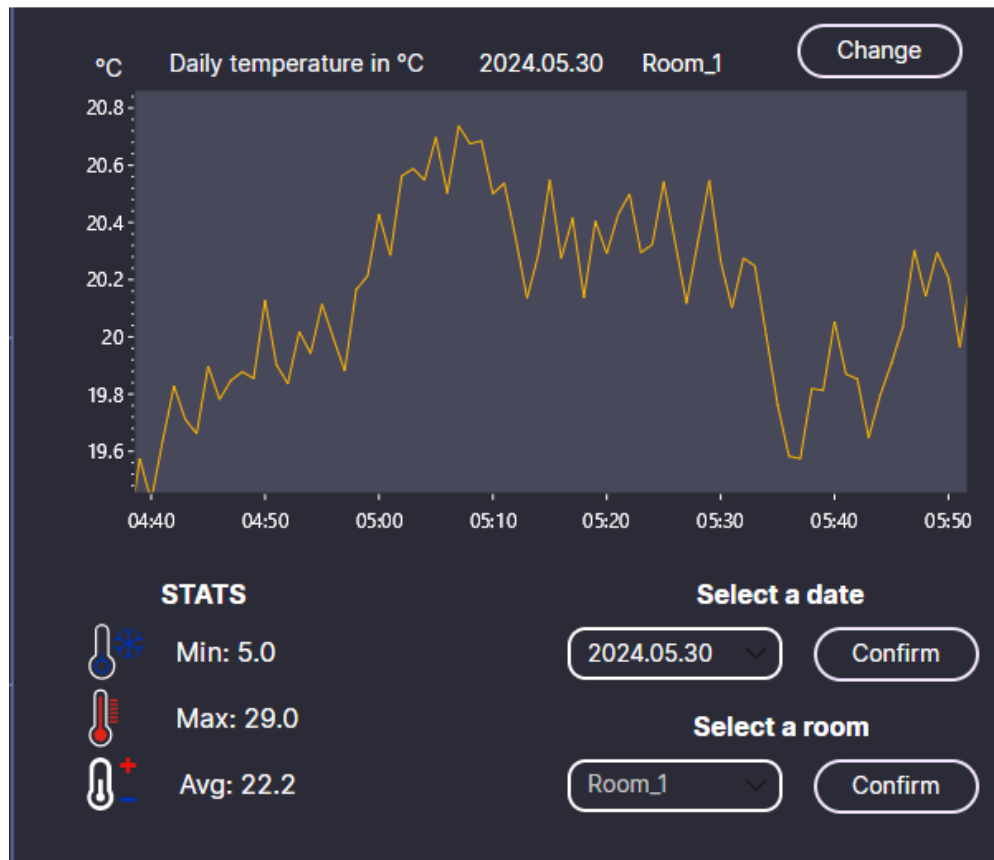


Рисунок 3.8 – Демонстрація масштабування графіку

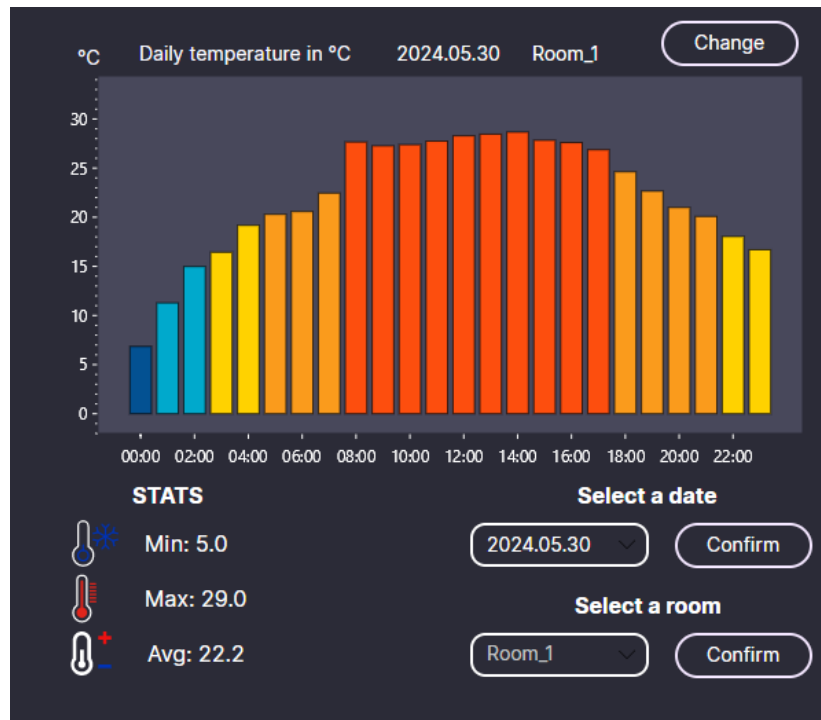


Рисунок 3.9 – Демонстрація зміни графіку на стовпчиковий

При відкритті розділу «Light» у панелі «Settings» виводиться таблиця з налаштуваннями (рис. 3.10) по годинам, та значенням які користувач сам додає у таблицю. Зверху обирається приміщення, до якого відносяться ці налаштування. Нижче є динамічне поле з поточної інформації що передає датчик, значення оновлюються один раз на секунду.

SensorDataHub

SENSORS

- HEAT
- LIGHT
- GAS

SETTINGS

- HEAT
- LIGHT
- GAS

Харківська область

Select a room: Room\_1 Confirm

Current light: 254 Lux

Start time	End time	Value	Delete
08:00	16:00	330	✗
16:00	18:00	250	✗

+

Рисунок 3.10 – Вікно з налаштуваннями

Для редагування таблиці у користувача є можливість видалити рядок, натисканням хрестика у полі «Delete» навпроти рядку, та додавання нового рядку натисканням блакитної кнопки плюс під таблицею, вигляд таблиці при додаванні нового рядку наведено на рис. 3.11, якщо користувач не введе дані, та вийде з вікна, новий рядок не буде збережено.

Start time	End time	Value	Delete
08:00	16:00	330	✗
16:00	18:00	250	✗
00:00	00:01	0	✗

+

Рисунок 3.11 – Додавання нового рядку до таблиці

Для редагування існуючої інформації користувач повинен двічі натиснути на клітинку яку хоче змінити, приклад наведено на рис. 3.12.

Start time	End time	Value	Delete
08:00	16:00	330	✗
16:00	18:00	250	✗

Рисунок 3.12 – Змінення даних у клітинки

Якщо введені дані не можуть бути присвоєні значенню цієї клітинки, то буде виведена помилка (рис. 3.13), до моменту виправлення помилки користувач не зможе редагувати інші клітинки таблиці, поки не виправить цю. Якщо до розв'язання помилки користувач закриє вікно з налаштуваннями, то зміни в цій клітинки не вважатимуться дійсними, і будуть збережені дані до зміни. Перелік всіх перевірок до клітинок:

- поле повинно бути заповненим;
- перевірка формату, якщо це поле типу часу, то можливо ввести тільки значення яке співпадає с форматом часу і так далі.;
- час поля «End time» повинен бути більшим ніж поля «Start time»;
- значення полів часу не повинно перетикатись з іншими значень з цієї таблиці;
- у поле «Value» є граничні значення в залежності від обраного пункту, для температури це від 0 °С до 40 °С, для якості повітря від 500 ppm до 1500 ppm, для освітлення від 0 лк до 600 лк.

Start time	End time	Value	Delete
08:00	16:00	330	×
16:00	15:00	250	×

The end time must be after the start time.

Рисунок 3.13 – Помилка під час змінення даних

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1 Умови праці для виробничих приміщень

Забезпечення належних умов праці включає кілька важливих аспектів, таких як контроль параметрів середовища, належна організація робочих місць та забезпечення резервних джерел живлення [31,32].

Постійний моніторинг параметрів середовища, таких як температура, освітленість та якість повітря, є критично важливим для створення комфортних умов праці. Система повинна забезпечувати підтримання стабільної температури, що запобігає різким перепадам, які можуть негативно вплинути на здоров'я працівників. Наприклад, оптимальна робоча температура в офісних приміщеннях зазвичай становить від 20 °С до 24 °С. Для площі офісу 100 м<sup>2</sup> необхідно встановити систему опалення та кондиціонування з потужністю 5 кВт, що здатна забезпечити рівномірний розподіл тепла [31].

Освітлення повинно бути достатнім, але не надмірним, щоб не викликати зорової втоми. Рекомендований рівень освітленості для офісних приміщень становить від 300 люкс до 500 люкс. При площі офісу 100 м<sup>2</sup> і використанні світлодіодних ламп з коефіцієнтом ефективності 100 лм/Вт та рівня освітленості 400 люкс, необхідна потужність освітлення розраховується за формулою (4.1).

$$P_{\text{освітлення}} = \frac{E \cdot S}{\eta} = \frac{400 \cdot 100}{100} = 400 \text{Вт.} \quad (4.1)$$

Якість повітря має бути високою, для чого необхідно забезпечити належну вентиляцію та, за необхідності, використовувати системи очищення повітря. Допустимий рівень CO<sub>2</sub> має бути нижче 1000 частин на мільйон. Для об'єму приміщення 300 м<sup>3</sup>, висота стелі 3 м та кратності повітрообміну n=3, необхідна вентиляційна продуктивність розраховується за формулою (4.2).

$$Q = V \cdot n = 300 \cdot 3 = 900 \text{ м}^3/\text{год.} \quad (4.2)$$

Щоб забезпечити необхідні норми мікрокліматичних параметрів та чистоти повітря в лабораторії використовується кондиціонування. Підтримка зазначених параметрів в холодний період здійснюється системою опалення відповідно до СНиП 2.04.05-91.

Ще одним шкідливим фактором є розумове перенапруження. Основні заходи щодо захисту від розумового перенапруження людини:

- регулярно, через кожні 40 – 50 хв. робочого часу робити технологічні перерви, для розрядки розумового напруження;
- проведення фізичних вправ (зарядки, розминки) під час перерви.

Рівень загального штучного освітлення приміщення можна перевірити за допомогою методу питомої потужності.

Розрахунок штучного освітлення проводиться методом коефіцієнта використання світлового потоку. Мета перевірконого розрахунку – визначення фактичної освітленості в приміщенні. Основна розрахункова формула методу коефіцієнта використання світлового потоку:

$$F = \frac{E_f k_z S_z}{n \eta \gamma N}, \quad (4.3)$$

де  $E_f$  – фактична освітленість, лк;

$S$  – площа освітлюваного приміщення, що залежить від розмірів приміщення;

$z$  – коефіцієнт нерівномірності освітленості ( $z=1,1$ );

$k_z$  – коефіцієнт запасу, що враховує запилення світильників та знос джерел запасу світла в процесі експлуатації;

$N$  – кількість світильників в ряду;

$\eta$  – коефіцієнт використання світлового потоку ламп;

$\gamma$  – коефіцієнт затінення ( $\gamma=0,8$ );

$n$  – кількість рядів світильник.

## 4.2 Пожежна безпека

Виробниче приміщення за рівнем пожежної небезпеки відноситься до категорії В за НАПБ Б.03.002-2007, оскільки в приміщеннях знаходяться тверді горючі матеріали [32, 33]. Основними причинами виникнення пожежі можна вважати:

- випадкове пошкодження ізоляції струмоведучих провідників;
- незадовільний стан вилок, розеток;
- перенавантаження дротів живлення.

Первинні засоби пожежогасіння призначені для гасіння пожеж початковій стадії їх розвитку силами персоналу підприємства до прибуття штатних підрозділів пожежної охорони, а також – ліквідації невеликих вогнищ пожеж. Вони є у всіх виробничих приміщеннях, цехах, складах, лабораторіях, майстерень та передаються під охоронну відповідальність безпосередньо керівникам цих об'єктів чи іншим посадовим особам із числа інженерно-технічних працівників. Необхідну кількість первинних засобів пожежогасіння визначають окремо для кожного поверху та приміщення, а також для етажерок відкритих установок. Якщо в одному приміщенні розміщено кілька різних за пожежною небезпекою виробництв, не відокремлених один від одного протипожежними стінами, всі ці приміщення забезпечують вогнегасниками, пожежним інвентарем та іншими видами засобів пожежогасіння за нормами найнебезпечнішого виробництва. Пожежні щити повинні обладнатися первинними засобами пожежогасіння, немеханізованим інструментом та пожежним інвентарем:

- у виробничих та складських приміщеннях, не обладнаних внутрішнім або протипожежним водопроводом та автоматичними установками

пожежогасіння;

– на території організацій, які не мають зовнішнього протипожежного водопроводу;

– при видаленні будівель на відстані понад 100 м від зовнішніх пожежних водних джерел.

Ящики для піску повинні мати об'єм 0,5; 1,0 чи 3,0 куб. м та комплектуватися совковою лопатою.

Ящики з піском, як правило, повинні встановлюватися зі щитами у приміщеннях або відкритих майданчиках, де можливий розлив легкозаймистих або горючих рідин. Бочки для зберігання води повинні мати об'єм не менше 0,2 куб. та комплектуватись відрами.

Азбестові полотна, грубошерсті тканини повинні бути розміром не менше 1х1 м і призначені для гасіння пожежі речовин та матеріалів (на площі не більше 50% від площі полотна, що застосовується), горіння яких не може відбуватися без доступу повітря. У місцях застосування та зберігання легкозаймистих та горючих речовин розміри тканин можуть бути збільшені до 2х1,5 м або 2х2 м.

Вогнегасники - переносний або пересувний пристрій для гасіння вогнища пожежі рахунок випуску запасеної вогнегасної речовини.

Кількість, тип і ранг вогнегасників, необхідні захисту конкретного об'єкта, встановлюють виходячи з категорії приміщення, що захищається, величини пожежного навантаження, фізико-хімічних та пожежонебезпечних властивостей звертаються горючих матеріалів, характеру можливої їхньої взаємодії з отруйними речовинами тощо.

## ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційній роботі було проведено аналіз існуючих систем автоматизації приладів. На основі існуючих систем було підкреслені важливі моменти, щоб покращити їх та зробити макет і комп'ютерний додаток для взаємодії з датчиками та виконавчими приладами.

В ході розробки додатку для системи управління життєзабезпеченням на підприємстві та розробки макету було досягнуто всі поставлені завдання. Була реалізована функціональність для відображення усіх даних по обраному дню та приміщенню які приходять з макету за допомогою фреймворку Avalonia, мові програмування C# та базі даних MSSQL. Відображення даних на різних графіків та статистики. Реалізована можливість робити настройку для виконавчих пристроїв для обраної кімнати та по обраному проміжку часу з можливістю редагування у додатку. Додане сповіщення про повітряні тривоги з можливістю налаштування.

Система забезпечує інтеграцію зчитування та управління параметрами температури, освітлення та якості повітря в одному комп'ютерному додатку. На відміну від аналогів, вона не тільки автоматично змінює стан приміщення на основі заданих значень, а й візуалізує зібрані дані у вигляді графіків, що спрощує моніторинг і аналіз. Додаткова функція системи сповіщень про повітряні тривоги з аудіо- та відеосигналами забезпечує підвищений рівень безпеки, що робить систему унікальною та функціональною порівняно з наявними рішеннями.

Також були розглянуті питання з розрахункової частини, охорони праці та теорії автоматичного управління.

Для подальшого розвитку додатку важливо зосередитись на розширенні функціональності. Додавання нових можливостей, таких як додавання різної кількості однакових датчиків на одне приміщення для більш точного вимірювання, додання нових видів сенсорів для вимірювання інших параметрів, та їх обробку. Також треба зосередитись на поліпшенні безпеки.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ 3008-15. Документація. Звіти у сфері науки та техніки. структура та правила оформлення. Введ. 2015-06-22. К. Держстандарт України, 2017. – 29 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. Токарєва, С.П. Новоселов, О.В Сичова. Харків: ХНУРЕ, 2022. – 55 с.
3. Харківський національний університет радіоелектроніки [Електронний ресурс] /– Режим доступу: www / URL: <https://nure.ua/department/kafedra-kompyuterno-integrovanih-tehnologiy-avtomatizatsiyi-ta-mehatroniki-kitam>.
4. Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (КІТАМ) [Електронний ресурс] /– Режим доступу: www / URL: <http://surl.li/tktua> (дата звернення: 5.05.2024).
5. Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (КІТАМ) [Електронний ресурс] /– Режим доступу: www / URL: <http://surl.li/tkttv> (дата звернення: 5.05.2024).
6. Ціль 9. Промисловість, інновації та інфраструктура [Електронний ресурс] / – Режим доступу: <https://business.diia.gov.ua/handbook/sustainable-development-goals/cil-9-promislovist-innovacii-ta-infrastruktura> (дата звернення: 10.05.2024).
7. Сезонова І., & Седов М. (2023). Управління приладами життєзабезпечення на підприємстві. *Scientific Collection «InterConf»*, (176), 185–189. Retrieved from <https://archive.interconf.center/index.php/conference-proceeding/article/view/4601>.
8. S1337-33BQ. [Електронний ресурс]. DigChip. URL:

<https://www.digchip.com/datasheets/parts/datasheet/2/190/S1337-33BQ.php> (дата звернення: 5.05.2024).

9. Фоторезистор [Електронний ресурс]. CoreLamps. URL: <https://corelamps.com/elektronika/fotorezistor/> (дата звернення: 6.05.2024).

10. Фотоелектричні датчики [Електронний ресурс]. ЕлектроЦентр. URL: <https://www.electrocentr.com.ua/ua/products/sensors/photo-electric-sensors.html> (дата звернення: 28.05.2024).

11. Термопара UNI-T UT-T02 [Електронний ресурс]. Elmir. URL: [https://elmir.ua/ua/accessories\\_to\\_the\\_measuring\\_tool/thermocouple\\_uni-t\\_ut-t02.html](https://elmir.ua/ua/accessories_to_the_measuring_tool/thermocouple_uni-t_ut-t02.html) (дата звернення: 7.05.2024).

12. Термометр опору Omnigrad [Електронний ресурс]. ТриГла. URL: <https://trigla.net.ua/ua/p16700115-termometr-soprotivleniya-omnigrad.html> (дата звернення: 7.05.2024).

13. Польський датчик температури [Електронний ресурс]. Prom.ua. URL: <https://prom.ua/ua/p330995960-polskij-datchik-temperature.html> (дата звернення: 8.05.2024).

14. П'єзоелектричний датчик [Електронний ресурс]. Piezodisc. URL: <https://ua.piezodisc.com/ultrasonic-sensor/ultrasound-sensor-wireless/piezoelectric-sensor.html> (дата звернення: 8.05.2024).

15. Датчик температури: характеристики, види, застосування [Електронний ресурс]. Elta Ltd. URL: <https://eltaltd.com.ua/blog/datchik-temperature-harakteristiki-vidy-primenenie> (дата звернення: 8.05.2024).

16. Датчик чадного газу: принцип роботи і види [Електронний ресурс]. Storgom. URL: <https://storgom.ua/ua/novosti/datchik-ugarnogo-gaza-princip-raboty-i-vidy.html> (дата звернення: 8.05.2024).

17. ТАУ: 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.

18. Wi-Fi модуль LuaNode32 ESP [Електронний ресурс]. VsePlus. URL: <https://vseplus.com/product/wi-fi-modul-luanode32-esp-232348> (дата звернення: 23.05.2024).

19. Wi-Fi модуль LuaNode32 [Електронний ресурс]. Makerobot. URL: <https://makerobot.com.ua/wifi-LuaNode32> (дата звернення: 23.05.2024).

20. ESP32 Pinout Reference: Which GPIO pins should you use? [Електронний ресурс]. Upesy. URL: <https://www.upesy.com/blogs/tutorials/esp32-pinout-reference-gpio-pins-ultimate-guide> (дата звернення: 23.05.2024).

21. Аналоговий датчик світла TEMT6000 [Електронний ресурс]. ArduShop. URL: <https://ardushop.in.ua/arduino/light-sensor-analog-temt6000> (дата звернення: 23.05.2024).

22. Датчик температури LM35DZ [Електронний ресурс]. Arduino.ua. URL: <https://arduino.ua/ru/prod933-datchik-temperatyri-lm35dz> (дата звернення: 24.05.2024).

23. MQ135 Gas Sensor for Air Quality [Електронний ресурс]. Components101. URL: <https://components101.com/sensors/mq135-gas-sensor-for-air-quality> (дата звернення: 24.05.2024).

24. MQ-135 sensor pinout [Електронний ресурс]. ResearchGate. URL: [https://www.researchgate.net/figure/MQ-135-sensor-pinout-2022a\\_fig4\\_370583711](https://www.researchgate.net/figure/MQ-135-sensor-pinout-2022a_fig4_370583711) (дата звернення: 24.05.2024).

25. Живлення для макетної плати 5V 3.3V [Електронний ресурс]. Arduino.ua. URL: <https://arduino.ua/prod287-pitanie-dlya-maketnoi-plati-5v-3-3v> (дата звернення: 24.05.2024).

26. Активний динамік 12мм 5V Buzzer [Електронний ресурс]. VsePlus. URL: <https://vseplus.com/product/aktivnyj-dinamik-12mm-5v-buzzer-266797> (дата звернення: 24.05.2024).

27. Вентилятор 60x60x15мм 5V 3pin [Електронний ресурс]. Arduino.ua. URL: <https://arduino.ua/prod4186-ventilyator-korpysnii-5v-3pin-60x60x15mm> (дата звернення: 25.05.2024).

28. Світлодіод 3мм червоний [Електронний ресурс]. Arduino.ua. URL:

<https://arduino.ua/prod5838-svitlodiod-3mm-chervonii> (дата звернення: 28.05.2024).

29. Серворивід SG90 2kg [Електронний ресурс]. Arduino.ua. URL: <https://arduino.ua/prod416-servoprivod-sg90-2kg> (дата звернення: 25.05.2024).

30. AerialAlerts API [Електронний ресурс]. UBilling Wiki. URL: <https://wiki.ubilling.net.ua/doku.php?id=aerialalertsapi> (дата звернення: 28.05.2024).

31. Санітарні норми виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99.

32. Про охорону праці. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text> (дата звернення: 12.06.2024).

33. Комплекс навчально-методичного забезпечення навчальної дисципліни «Організація керування умовами праці» підготовки освітнього рівня бакалавр усіх спеціальностей та усіх напрямів університету [Електронний ресурс] / ХНУРЕ; розроб.: Т. Є. Стиценко, Г. В. Пронюк, Н. М. Сердюк. – Харків, 2017. – 108 с.