

Центральноукраїнський національний технічний університет  
Факультет будівництва, транспорту та енергетики  
Кафедра «Автоматизації виробничих процесів»

«Допущено до захисту»

Зав. кафедри АВП

к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ Олександр ДІДИК

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**за другим (магістерським) рівнем вищої освіти**

**на тему:**

**Модернізація та дослідження системи управління  
приточно-витяжною вентиляцією в бомбосховищах**

Виконав здобувач II курсу групи АК-24М  
ОПП «Автоматизація та комп'ютерно-  
інтегровані технології»  
спеціальності 174 «Автоматизація,  
комп'ютерно-інтегровані технології та  
робототехніка»

\_\_\_\_\_ Віктор СТУДНІК

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

Керівник проекту

доцент, канд.техн.наук

\_\_\_\_\_ Ірина БЕРЕЗЮК

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

Рецензент

\_\_\_\_\_ Василь ЗІНЗУРА

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

м. Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет будівництва, транспорту та енергетики

Кафедра автоматизації виробничих процесів

Рівень вищої освіти магістр

Галузь знань 17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації

Спеціальність 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

Освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Дідик О.К.

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2025 року

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ  
ЗА ДРУГИМ (МАГІСТЕРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ  
ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Студніка Віктора Олексійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Модернізація та дослідження системи управління приточно-витяжною вентиляцією в бомбосховищах

2. Керівник роботи Березюк Ірина Анатоліївна, канд. техн. наук, доцент,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання студентом роботи до захисту 02.12.2025 р.

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи Метою розробки є дослідження та програмна реалізація мікропроцесорної системи управління приточно-витяжною вентиляцією в бомбосховищах 1. Призначення системи; 2. Огляд існуючих систем, технологій, архітектур та програмних рішень за профілем теми магістерської роботи; 3. Опис функціонування системи; 4. Реалізація роботи, розрахунки і експериментальні дані, що підтверджують вірність проектних та програмних рішень. впровадження системи в промислову експлуатацію.

**5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи**

| Розділ               | Консультант       | Підпис, дата   |                  |
|----------------------|-------------------|----------------|------------------|
|                      |                   | завдання видав | завдання прийняв |
| <i>Охорона праці</i> | <i>Жесан Р.В.</i> |                |                  |
|                      |                   |                |                  |
|                      |                   |                |                  |



## АНОТАЦІЯ

на випускню кваліфікаційну роботу студента групи АК-24М Студніка Віктора Олексійовича зі спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» на тему: «Модернізація та дослідження системи управління приточно-витяжною вентиляцією в бомбосховищах».

Випускню кваліфікаційну роботу присвячена аналізу, вдосконаленню та практичній реалізації системи автоматизованого керування приточно-витяжною вентиляцією.

У роботі проведено аналіз існуючих вентиляційних установок, їх основних режимів роботи та недоліків традиційних систем керування. На основі встановлених проблем сформовано вимоги до модернізованої системи, що включають автоматичне регулювання подачі та відведення повітря, контроль вмісту вуглекислого газу, температури, вологості та тиску, а також інтеграцію аварійних алгоритмів для критичних ситуацій. У результаті виконання роботи розроблено ефективну, надійну та економічну мікропроцесорну систему управління, придатну до впровадження на реальних об'єктах водопостачання. Розроблено модернізовану апаратну та програмну частини системи управління, в основу якої покладено мікропроцесорні засоби, сучасні датчики якості повітря та модулі керування вентиляторами та фільтрувально-поглинальними агрегатами. Створено алгоритми роботи режимів «Нормальний», «Підсилений», «Фільтраційно-очисний», «Аварійний» та «Рециркуляція». Забезпечено можливість віддаленого моніторингу параметрів вентиляції та індикації стану системи в реальному часі.

Проведено моделювання та експериментальні дослідження роботи модернізованої системи, виконано аналіз її ефективності, точності та стабільності роботи в умовах, наближених до експлуатації у бомбосховищах. Отримані результати свідчать про підвищення енергоефективності,

швидкості реакції на зміну параметрів повітря, а також покращення загальної безпеки та комфортних умов перебування людей у захисних спорудах

Отримані результати можуть бути використані при модернізації подібних об'єктів комунальної інфраструктури. Розроблена система може бути використана для модернізації існуючих вентиляційних комплексів у бомбосховищах, укриттях цивільного захисту, підвальних приміщеннях та спеціалізованих захисних спорудах, а також для впровадження нових рішень у сфері інженерних систем безпеки.

**Ключові слова: автоматизація, мікропроцесорна система, вентиляція, керування, модернізація, енергоефективність.**

## ABSTRACT

on final the final qualification work of the student of the AK-24M group Studnik Viktor Oleksiyovych in the specialty 174 "Automation, computer-integrated technologies and robotics" on the topic: "Modernization and research of the supply and exhaust ventilation control system in bomb shelters".

The final qualification work is devoted to the analysis, improvement and practical implementation of the automated supply and exhaust ventilation control system.

The work analyzes existing ventilation units, their main operating modes and shortcomings of traditional control systems. Based on the identified problems, requirements for the modernized system were formed, which include automatic regulation of air supply and exhaust, control of carbon dioxide content, temperature, humidity and pressure, as well as integration of emergency algorithms for critical situations.

As a result of the work, an effective, reliable and economical microprocessor control system suitable for implementation at real water supply facilities was developed. The modernized hardware and software parts of the control system have been developed, based on microprocessors, modern air quality sensors and control modules for fans and filtering and absorbing units. Algorithms for the operation of the "Normal", "Boosted", "Filtration and Purification", "Emergency" and "Recirculation" modes have been created. The possibility of remote monitoring of ventilation parameters and indication of the system status in real time has been provided.

Modeling and experimental studies of the operation of the modernized system have been carried out, an analysis of its efficiency, accuracy and stability of operation in conditions close to operation in bomb shelters has been performed. The results obtained indicate an increase in energy efficiency, speed of response to changes in

air parameters, as well as an improvement in overall safety and comfortable conditions for people in protective structures.

The results obtained can be used in the modernization of similar municipal infrastructure facilities. The developed system can be used to modernize existing ventilation systems in bomb shelters, civil defense shelters, basements and specialized protective structures, as well as to implement new solutions in the field of engineering security systems.

**Keywords: automation, microprocessor system, ventilation, control, modernization, energy efficiency.**

## ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| Вступ.....   | 3  |
| 1 Сучасний стан технології та обладнання для автоматизації процесу управління насосними станціями.....           | 6  |
| 1.1 Описи автоматизованої системи управління насосною станцією .....   | 6  |
| 1.2 Огляд існуючих систем, технологій, архітектур, програмних рішень за профілем теми магістерської роботи.....  | 10 |
| 2 Огляд об'єкта управління та створення структурної схеми системи автоматичного керування насоною станцією ..... | 42 |
| 2.1 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи .....  | 42 |
| 2.2 Розгорнута постановка завдання .....   | 45 |
| 2.3 Опис функціонування системи.....   | 46 |
| 2.4 Розробка структурної схеми .....   | 50 |
| 2.5 Розробка функціональної схеми.....   | 52 |
| 2.5 Розробка діаграми процесів .....   | 58 |
| 3 Реалізація роботи. розрахунки і експериментальні дані, що підтверджують правильність проектних рішень .....    | 62 |
| 3.1 Реалізації автоматизованої системи керування .....   | 62 |
| 3.2 Блок-схеми та опис алгоритмів функціонування системи .....   | 73 |
| 4 Впровадження системи в промислову експлуатацію.....  | 78 |
| Висновки .....   | 82 |

|                         |    |
|-------------------------|----|
| Список літератури ..... | 84 |
| Додаток А.....          | 87 |

## ВСТУП

**Актуальність даної теми.** В Україні вже дванадцятий рік триває війна з росією, тому питання облаштування та підтримання бомбосховищ є надзвичайно важливим. Такі споруди забезпечують захист населення, створюючи умови, що мінімізують вплив небезпечних факторів, спричинених надзвичайними ситуаціями, бойовими діями або терористичними загрозами.

Порядок утримання та експлуатації захисних споруд визначається відповідними Вимогами. Згідно з ними, укриття мають перебувати у такому стані, щоб їх можна було привести у готовність протягом 12 годин. Водночас Порядок створення, утримання фонду захисних споруд і ведення їх обліку встановлює інші часові норми. Зокрема, у пункті 10 зазначено, що конкретний термін готовності вказується в паспорті кожної споруди:

- для укриттів, призначених для працівників підприємств, віднесених до визначених категорій цивільного захисту - не більше 12 годин;
- для інших типів захисних споруд, споруд подвійного призначення та найпростіших укриттів - не більше 24 годин.

Дотримання цих вимог є необхідним для ефективної експлуатації та функціонування бомбосховищ у разі виникнення надзвичайної ситуації.

Мікроклімат приміщень має значний вплив на стан здоров'я та самопочуття людини. Він формується під дією таких параметрів, як температура, вологість, швидкість руху повітря та теплове випромінювання. У більшості випадків мікроклімат є динамічним і змінюється по площині та висоті приміщення, залежно від технологічних процесів, кліматичних умов, конструктивних особливостей будівлі та організації вентиляції.

Під мікрокліматом розуміють сукупність параметрів внутрішнього середовища, що визначають тепловий обмін людини з оточенням через конвекцію, теплопровідність, випромінювання та випаровування. Його основні характеристики - температура й вологість повітря, швидкість його руху, а також

теплове випромінювання від обладнання чи інших нагрітих поверхонь. Ці фактори формують теплові відчуття людини та впливають на її фізіологічний і психологічний стан.

Провідним параметром мікроклімату є температура повітря. Її вплив може посилюватися або послаблюватися силами інших факторів. Якщо кілька несприятливих факторів взаємопідсилюють негативний вплив один одного, така взаємодія називається синергічною. Якщо ж один фактор зменшує дію іншого - це антагоністична взаємодія.

Норми вентиляції мають важливе значення для забезпечення безпеки, зокрема в ситуаціях загазованості приміщень під час газозварювальних робіт чи при аваріях. Ефективна вентиляція дозволяє регулювати мікроклімат, змінюючи температуру та вологість через контроль повітрообміну.

Використання сучасних систем моніторингу та управління мікрокліматом дає змогу зменшити фізіологічне навантаження на людину та забезпечити комфортні умови перебування у захисних спорудах навіть тривалий час. Тому розроблення програмного забезпечення для точного та стабільного керування мікрокліматом у бомбосховищах є актуальним і важливим завданням сьогодні.

Отже, з урахуванням наведених вище положень, розробка системи управління та розробка системи управління приточно-витяжною вентиляцією є актуальним завданням, що потребує детального опрацювання та реалізації в межах даної магістерської роботи.

**Метою даної роботи** є модернізація та дослідження системи управління приточно-витяжною вентиляцією в бомбосховищах з впровадженням мікропроцесорних засобів контролю та регулювання, що забезпечують підвищення ефективності повітрообміну, енергоефективності, надійності та безпеки роботи вентиляційної системи в умовах надзвичайних ситуацій.

Для досягнення поставленої мети визначено такі **основні завдання**:

- Провести аналіз існуючих систем приточно-витяжної вентиляції в бомбосховищах, визначити їхні технічні характеристики, недоліки та обмеження.

- Вивчити нормативні вимоги та стандарти, що регламентують роботу вентиляційних систем у захисних спорудах цивільного захисту.
- Сформулювати технічні вимоги до модернізованої системи управління, враховуючи умови експлуатації в бомбосховищах та необхідні режими роботи.
- Розробити структурну та функціональну схеми системи управління вентиляцією, визначити склад обладнання та принципи взаємодії між її елементами.
- Обґрунтувати вибір мікропроцесорних засобів управління, датчиків якості повітря, виконавчих механізмів та елементів захисту.
- Створити принципову електричну схему модернізованої системи, передбачивши режими нормальної, підсиленої та аварійної роботи вентиляції.
- Розробити алгоритми управління вентиляційною системою для різних режимів: нормальної вентиляції, фільтраційно-очисного режиму, рециркуляції, аварійної подачі повітря.
- Реалізувати програмне забезпечення для мікропроцесорного контролера, що забезпечуватиме контроль параметрів повітря, керування вентиляторами, індикацію та аварійні сценарії.
- Провести моделювання та експериментальне тестування роботи модернізованої системи для оцінки її точності, стабільності та ефективності.
- Порівняти результати роботи модернізованої системи з традиційними схемами управління і визначити переваги запропонованих рішень.

**Об'єктом дослідження виступає** процес автоматизованого управління приточно-витяжною вентиляцією в захисних спорудах (бомбосховищах).

**Предметом дослідження** є методи, алгоритми та технічні засоби мікропроцесорного керування приточно-витяжною вентиляцією, а також принципи моніторингу та регулювання параметрів мікроклімату в бомбосховищах.

**Методи досліджень.** У процесі вирішення поставлених завдань використовувалися методи теорії автоматичного управління, аналізу динамічних

систем, класичні методи теорії ймовірностей і математичної статистики, кореляційно-регресійного аналізу, а також теорії випадкових функцій.

**Наукова новизна отриманих результатів.** У процесі виконання завдань, визначених метою дослідження, були отримані такі результати:

- Запропоновано удосконалену структуру системи управління приточно-витяжною вентиляцією, адаптовану до специфічних умов бомбосховищ та здатну забезпечувати стабільний повітрообмін у широкому діапазоні режимів.

- Розроблено нові алгоритми автоматичного регулювання мікроклімату, що забезпечують підтримання допустимої концентрації CO<sub>2</sub>, вологості, температури та рівня тиску з використанням сучасних сенсорів якості повітря.

- Створено методику програмно-апаратної діагностики стану вентиляційної системи, яка дозволяє у реальному часі визначати несправності, контролювати стан фільтраційних елементів та оперативно реагувати на відхилення від заданих параметрів.

- Удосконалено принципи автоматизації вентиляційних установок, шляхом застосування мікропроцесорних контролерів, що забезпечують адаптивне керування продуктивністю вентиляторів та зниження енерговитрат.

- Запропоновано інтеграцію системи з цифровими засобами моніторингу, що дає можливість віддаленого контролю та аналізу параметрів мікроклімату в укритті, відповідно до сучасних вимог цифровізації інженерних систем.

Достовірність отриманих результатів підтверджується теоретичними обґрунтуваннями, результатами комп'ютерного моделювання, експериментальними дослідженнями параметрів у діючій обчислювальній мережі, а також узгодженістю отриманих даних із результатами, наведеними в науковій літературі.

Отже, з урахуванням наведеного можна зробити висновок, що дослідження та реалізація системи управління приточно-витяжною вентиляцією є

практично значущим завданням, вирішення якого становить зміст даної магістерської роботи.

Основні результати досліджень викладені в одній науковій публікації.

# **1 СУЧАСНИЙ СТАН ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ УПРАВЛІННЯ ПРИТОЧНО-ВИТЯЖНОЮ ВЕНТИЛЯЦІЄЮ**

## **1.1. Описи автоматизованої системи управління**

### **Обладнання найпростіших укриттів**

Обладнання найпростіших укриттів повинно забезпечувати умови для безперервного перебування людей щонайменше протягом 48 годин. Для цього такі укриття мають бути оснащені:

- місцями для сидіння або лежання - лавами, нарами, стільцями, ліжками та іншими аналогічними елементами;
- запасами питної води (із розрахунку не менше 2 літрів на добу на кожну особу, яка підлягає укриттю), а також ємностями для технічної води, якщо відсутнє централізоване водопостачання;
- контейнерами для зберігання продуктів харчування;
- герметичними виносними ємностями для нечистот, якщо будівля або споруда не обладнана каналізацією;
- резервними засобами освітлення - електричними ліхтарями, свічками, газовими лампами та іншими джерелами світла;
- первинними засобами пожежогасіння, відповідно до чинних норм для приміщень такого типу;
- засобами першої медичної допомоги;
- засобами зв'язку та оповіщення - телефоном, радіоприймачем тощо;
- шанцевим інструментом - лопатами (штиковими та совковими), ломами, сокирами, пилками-ножівками по дереву та по металу.

За можливості найпростіші укриття можуть додатково оснащуватися обладнанням, інструментами та інвентарем відповідно до вимог, установлених

для захисних споруд (див. розділ 5 Вимог: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0879-18#n152>)

### **Вимоги до пожежної безпеки**

Захисна споруда повинна бути оснащена первинними засобами пожежогасіння та мати системи внутрішнього протипожежного водопостачання, пожежної автоматики й сигналізації відповідно до Правил пожежної безпеки в Україні (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15#n14>), а також згідно з чинними державними будівельними нормами та національними стандартами у сфері пожежної безпеки. Місця розташування засобів пожежогасіння та план евакуації повинні бути чітко позначені та мати освітлення (пункт 5 розділу 2 Вимог - <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0879-18#Text>).

Для виготовлення спальних місць та іншого обладнання всередині укриття забороняється використовувати горючі синтетичні матеріали (пункт 5 розділу 2 Вимог). Також недопустимо застосовувати синтетичні чи інші матеріали, які при нагріванні або звичайній експлуатації можуть виділяти небезпечні хімічні речовини (пункти 11–12 розділу 2 Вимог).

У приміщеннях захисної споруди суворо заборонено зберігати або використовувати легкозаймисті, хімічно небезпечні чи радіоактивні речовини.

### **Входи до захисної споруди**

Входи мають забезпечувати безперешкодний доступ до укриття, включно з можливістю користування для людей з інвалідністю та інших маломобільних груп населення. Пропускна спроможність входів повинна бути достатньою для оперативного укриття людей. Підходи до зовнішніх дверей, самі двері та сходові марші мають перебувати у справному стані, утримуватися в чистоті, а в зимовий період - очищатися від снігу та льоду. Заборонено захаращувати входи!

У разі відсутності пандусів входи необхідно додатково обладнати дерев'яними або металевими трапами (пункт 6 розділу 2 - <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0879-18#Text>).

Слід забезпечувати належний технічний стан оголовків аварійних виходів і повітрозабірних каналів: регулярно очищати їх від сміття, снігу та сторонніх

предметів, перевіряти справність противибухових пристроїв, надійність їх кріплення та періодично змащувати металеві елементи інгібованим мастилом (пункти 3–4 розділу 3 Вимог - <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0879-18#n152>).

Для дверей і ставень слід мати щонайменше два комплекти ключів:

- один комплект зберігається в відповідальній особі;
- другий - у посадової особи або підрозділу балансоутримувача, який працює цілодобово та зберігає ключі в опечатаному вигляді. Місцезнаходження і контактний телефон відповідальної особи зазначаються на вхідній табличці.

### **Захист від підтоплення**

Захисна споруда повинна бути надійно захищена від проникнення ґрунтових, поверхневих, технологічних та стічних вод (пункт 8 розділу 2 - <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0879-18#Text>).

Павільйони, навіси, відливи та інші конструкції, призначені для захисту входів і аварійних виходів від атмосферних опадів і поверхневих вод, мають утримуватися у справному стані (пункт 1 розділу 3 Вимог).

Гідроізоляція споруди, дренаж, вимощення по периметру та водостічні труби повинні бути технічно справними та забезпечувати ефективний захист укриття від атмосферних і ґрунтових вод. Обов'язковим є облаштування лотків для відведення води від водостічних труб.

У разі виявлення ознак замокання конструкцій, підтоплення чи затоплення окремих частин укриття необхідно негайно вжити заходів для відновлення гідроізоляції споруди (пункт 6 розділу 3 Вимог - <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0879-18#n646>).

### **Вимоги до освітлення**

Захисна споруда (сховище) повинна бути обладнана стаціонарним штучним освітленням. Забороняється використовувати тимчасові електричні мережі, незакріплене електрообладнання або світильники. Усі світильники повинні мати захист від механічних пошкоджень, а застосування ламп розжарювання відкритого типу не допускається.

Для освітлення дозволяється використовувати світлодіодні та інші енергоощадні лампи, тоді як люмінесцентні лампи заборонені. Усі електричні розетки в сховищі повинні мати трафаретні або табличкові позначення: «Радіо», «Телефон», «220 В» (пункт 9 розділу 2 Вимог - <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0879-18#Text>).

### **Захисні пристрої, передбачені для обладнання сховищ**

До переліку захисних пристроїв, якими оснащують сховища, входять:

- захисно-герметичні та герметичні двері,
- віконниці (ставні),
- захисні секції,
- клапани-відтиначі,
- клапани надмірного тиску та інші аналогічні елементи.

Їх призначення - забезпечення захисту людей у сховищі від дії надмірного тиску повітряної ударної хвилі під час застосування звичайних видів зброї та засобів масового ураження (пункт 1 розділу 3 - <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0879-18#Text>).

### **Герметичність захисної споруди**

Сховище повинно бути повністю герметичним і підтримувати такий температурно-вологісний режим, який запобігає появі конденсату. Герметичність забезпечується завдяки:

- цілісності огорожувальних конструкцій (стін, перекриттів, покриттів, фундаментів, перегородок, підлоги);
- правильному виконанню стиків та місць з'єднання конструкцій;
- наявності ефективної гідроізоляції;
- справності захисних пристроїв входів і виходів;
- якісному ущільненню закладних деталей у місцях вводу комунікацій (водопроводу, каналізації, опалення, кабелів тощо);
- справності противибухових елементів вентиляційної системи;
- дотриманню нормативного температурно-вологісного режиму у приміщеннях сховища.

У додатку 8 Вимог (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0879-18#n646>) наведено порядок і перелік робіт, необхідних для перевірки герметичності сховища та його окремих елементів.

### **Вимоги до температури та вологості повітря у сховищах**

У сховищах, які не використовуються для господарських, культурних чи побутових потреб, температура повітря в зимовий період повинна підтримуватися на рівні не нижче +10 °С. Вимірювання температури здійснюють термометром із ціною поділки 0,2 °С. Прилад кріплять на дерев'яній планці так, щоб датчик був відкритим для вільного обтікання повітрям. Щоб уникнути похибок, термометр встановлюють на стіні або колоні на висоті 1,5 м від підлоги, подалі від нагрівальних приладів та обладнання, що виділяє тепло (пункт 5, глава 3, розділ 3 — <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0879-18#Text>).

Рівень вологості у сховищі має бути не вище 70%. Для контролю вологості застосовують гігрометри, термогігрометри та інші прилади. Якщо їх немає, дозволяється використовувати психрометри разом із психрометричними таблицями (пункт 5, розділ 3).

Підтримання нормального температурно-вологісного режиму забезпечується регулярною та правильно організованою вентиляцією. Найбільш ефективним способом є природне провітрювання шляхом відкривання дверей. Короткочасне провітрювання допускається проводити через систему вентиляції в режимі «чистої вентиляції».

Під час провітрювання слід враховувати погодні умови. Забороняється провітрювати приміщення:

- під час дощу або одразу після нього,
- у сиру погоду, коли відносна вологість зовнішнього повітря перевищує 70%.

Якщо вологість у сховищі перевищує встановлену норму, необхідно терміново з'ясувати причину та вжити відповідних заходів для її усунення (пункт 5, глава 3, розділ 3). У додатку 5 Вимог наведені рекомендовані тривалості провітрювання для різних умов.

## **Газовий склад повітря у захисній споруді**

Нормативний газовий режим забезпечується створенням надмірного тиску (підпору) всередині сховища.

У режимі фільтровентиляції підпір має становити не менше 50 Па.

У режимі чистої вентиляції підпір не нормується, однак обов'язковою умовою є перевищення припливу повітря над витяжною (пункт 2, глава 8, розділ 3).

Концентрацію вуглекислого газу контролюють за допомогою газоаналізаторів (пункт 3, розділ 3).

Місця вимірювань обирають з урахуванням планування захисної споруди. У приміщеннях площею понад 300 м<sup>2</sup> вимірювання проводять у центрі та ще в чотирьох найбільш віддалених точках (пункт 4, розділ 3) (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0879-18#n646>).

## **Вимоги щодо вентиляції укриття**

У захисному укритті повинні бути встановлені повітроводи, протипилові фільтри та фільтри-поглиначі. Фільтри-поглиначі забезпечують захист від токсичних бойових, хімічних, біологічних речовин, а також від пилу. Під час експлуатації повітроводів необхідно забезпечувати герметичність усіх з'єднань, оскільки порушення герметичності призводить до витoku повітря. Місця можливого витoku через нещільності фланцевих, муфтових та інших типів з'єднань допускається визначати за відхиленням полум'я свічки, коли система повітропостачання працює (пункт 1, розділ 7 - <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0879-18#n646>).

## **Вимоги до встановлення фільтрів-поглиначів**

Фільтри-поглиначі монтуються з урахуванням таких правил:

- нижній фільтр установлюють на дві промаслені рейки перерізом не менше 40 × 40 мм;
- розташування фільтра у колонці визначається за величиною аеродинамічного опору та залежить від напрямку подачі повітря - згори чи знизу;

- кожний наступний фільтр у напрямку руху повітря повинен мати вищий аеродинамічний опір, ніж попередній;
- забороняється використовувати фільтри із вм'ятинами чи будь-якими пошкодженнями корпусу, а також фільтри з зафарбованим або пошкодженим заводським маркуванням (пункт 3 розділ 3);
- термін придатності фільтрів визначають згідно з технічною документацією виробника; після досягнення граничного строку придатності за результатами контролю приймають рішення про заміну або продовження терміну експлуатації (пункт 5, розділ 3).

### **Контроль підпору повітря**

Підпір повітря у сховищі контролюється за допомогою тягонапороміра, з'єданого з атмосферою оцинкованою водогазопровідною трубою діаметром 15 мм, оснащеною запірним пристроєм (газовим краном). Вихід труби має розміщуватися у зоні, де відсутній вплив повітряних потоків під час роботи вентиляційної системи.

### **Загальні поняття вентиляції**

Вентиляція - це організований повітрообмін, спрямований на створення у приміщенні допустимих параметрів повітряного середовища.

Кондиціонування повітря - більш складний варіант вентиляції, що забезпечує не лише повітрообмін, а й автоматичне підтримання оптимальних метеорологічних умов.

Повітрообмін - це процес заміни забрудненого внутрішнього повітря на свіже зовнішнє.

### **Параметри повітряного середовища**

Параметри поділяються на:

Допустимі - такі, що під час тривалого впливу можуть викликати помірне напруження терморегуляції та зниження працездатності, але не виходять за межі фізіологічних можливостей людини (можливі дискомфортні відчуття).

Оптимальні - забезпечують нормальний тепловий стан організму без значного напруження механізмів терморегуляції, створюють комфортні відчуття та сприяють високій працездатності.

Основні метеорологічні параметри:

- $t$  - температура, °C (або K);
- $\varphi$  - відносна вологість, %;
- $v$  - швидкість руху повітря, м/с.

### **Робоча зона (зона обслуговування)**

Це простір заввишки до 2 метрів над рівнем підлоги, у якому знаходяться місця постійного або періодичного перебування людей.

Мікроклімат приміщення - це сукупність метеорологічних параметрів внутрішнього середовища, які впливають на людину. Він визначається поєднанням температури повітря, відносної вологості, швидкості його руху та інтенсивності теплового випромінювання.

Теплий період року характеризується роботою системи припливної вентиляції без необхідності підігріву припливного повітря.

Холодний період року - це час, коли параметри зовнішнього повітря такі, що системи вентиляції (СВ) або системи кондиціонування повітря (СКП) потребують підігріву повітря, що подається всередину приміщення.

Таким чином, межі теплового та холодного періодів року визначаються тепловологісним режимом будівлі та особливостями роботи її систем вентиляції чи кондиціонування.

### **Область застосування**

У цій випускній кваліфікаційній магістерській роботі передбачено розроблення системи управління для регулювання мікроклімату в бомбосховищах. Створення такої системи з ПЗ дозволить забезпечити комфортніші умови перебування людей та збільшити можливий час їхнього укриття.

Отже, з огляду на викладене вище, розроблення автоматизованої системи для контролю і підтримання мікроклімату є актуальним завданням, що потребує вирішення в рамках даної кваліфікаційної роботи.

## **1.2. Огляд існуючих систем, технологій, архітектур, програмних рішень за профілем теми магістерської роботи**

### **Санітарно-гігієнічні основи вентиляції**

Людина постійно взаємодіє з навколишнім середовищем, і повітря є одним із головних чинників цієї взаємодії. У середньому через легені людини за добу проходить близько 15 кг повітря. Крім цього, повітря омиває поверхню тіла, впливаючи на тепловий баланс організму.

Для нормальної життєдіяльності людини важливими є такі параметри повітряного середовища:

- метеорологічні показники (температура, відносна вологість, швидкість руху повітря);
- хімічний склад повітря (вміст кисню й вуглекислого газу, наявність шкідливих парів та газів);
- запиленість повітря (органічний, мінеральний, кварцовий, азбестовий пил тощо).

Надлишок або нестача тепла й вологи, а також наявність у повітрі шкідливих домішок можуть негативно впливати на людину, формуючи несприятливі чинники. Системи вентиляції (СВ) та кондиціонування повітря (СКП) призначені для усунення таких факторів, серед яких найбільш характерними є теплота та вологість.

### **Теплообмін людини з навколишнім середовищем**

Організм людини постійно виділяє теплоту, кількість якої залежить від інтенсивності виконуваної роботи та метеорологічних умов. Тепловіддача відбувається трьома основними способами:

- конвекцією;

- випаровуванням вологи з поверхні шкіри;
- тепловим випромінюванням.

Конвективний теплообмін збільшується при зниженні температури навколишнього повітря або при зростанні швидкості його руху. Він зменшується до нуля, коли температура повітря дорівнює температурі тіла. У такому випадку єдиним ефективним способом тепловіддачі стає випаровування, частка якого зростає зі збільшенням температури навколишнього середовища.

Цей процес регулюється природною системою терморегуляції організму, яка забезпечує підтримання сталої температури тіла та вибір оптимального механізму тепловіддачі залежно від зовнішніх умов.

Можливість тепловіддачі через випаровування залежить від того, наскільки повітря насичене вологою. Цей процес посилюється зі збільшенням швидкості руху повітря відносно поверхні тіла. Якщо повітря вже повністю насичене вологою, випаровування стає неможливим при будь-якій швидкості руху повітря - таким чином цей механізм тепловіддачі повністю припиняється. За умов, коли температура повітря дорівнює або перевищує температуру поверхні тіла, організм починає перегріватися, відбувається зрив роботи системи терморегуляції та підвищення температури тіла. Такий стан класифікується як «тепловий удар» і без ефективного охолодження може призвести до летальних наслідків.

За підвищеної температури та вологості довколишнього середовища променистий теплообмін також стає несприятливим для організму: навколишні поверхні мають температуру вищу, ніж тіло людини, і передають йому додаткове тепло.

Променистий теплообмін може бути використаний на користь людини, наприклад, при панельному опаленні у холодний період року. Так, якщо температура стін становить 24 °С, комфортні умови досягаються вже при температурі повітря в приміщенні близько 10 °С.

Променистий теплообмін є домінуючим механізмом тепловіддачі для людини, яка перебуває під сонячним випромінюванням або працює у

виробничих умовах біля високотемпературного обладнання.

У більшості випадків тепловий стан організму визначається взаємодією двох основних процесів - конвекції та випаровування. Робота системи терморегуляції полягає у виборі оптимального співвідношення цих процесів залежно від зовнішніх умов. Дослідні дані показують, що при температурі навколишнього середовища  $t_n = 20$  °C організм людини віддає надлишкову кількість тепла. При зростанні температури тепловіддача стабілізується на потрібному рівні. Коли температура сягає 35 °C і вище, приблизно 96 % тепловіддачі здійснюється через випаровування вологи. Тривалий вплив високих температур викликає сильне напруження механізмів терморегуляції, збільшує навантаження на серцево-судинну систему та спричиняє зневоднення організму.

Таким чином, системи вентиляції (СВ) та кондиціонування повітря (СКП) відіграють ключову роль у підтриманні життєво необхідних функцій організму. Забезпечуючи параметри повітря, близькі до оптимальних, вони сприяють збереженню працездатності людини та покращенню її самопочуття.

### **Огляд існуючих рішень**

Покращення мікрокліматичних умов у виробничих приміщеннях забезпечується комплексом будівельно-планувальних, організаційно-технологічних та санітарно-технічних заходів колективного захисту. Для запобігання перегріванню чи переохолодженню працівників додатково застосовуються засоби індивідуального захисту та медико-біологічні методи.

Основними способами зменшення негативного впливу мікроклімату є:

- упровадження раціональних технологій, наприклад заміна гарячої обробки металу холодною;
- механізація та автоматизація виробництва;
- дистанційне керування, що дає змогу вивести працівника з небезпечних зон;
- використання різних типів захисних екранів;
- якісна теплоізоляція та оптимальне розміщення устаткування;
- ефективні архітектурно-конструктивні рішення (розміщення гарячих

цехів в одноповерхових будівлях);

- належна вентиляція й опалення;
- регулювання режимів праці й відпочинку, організація перерв;
- спеціальний питний режим (білково-вітамінні напої, квас, підсолена вода);
- застосування спеціального одягу.

Працівникам гарячих цехів подають газовану підсолону воду з концентрацією хлористого натрію 0,2–0,5 %, що зменшує спрагу, інтенсивність потовиділення, нормалізує температуру тіла та підтримує працездатність.

Якщо технічними засобами неможливо забезпечити допустимі норми опромінення, застосовують ЗІЗ - спеціальний одяг, взуття, засоби захисту голови, очей, обличчя та рук.

Захист від інфрачервоного випромінювання забезпечують огорожувальні, герметизувальні та теплоізоляційні конструкції. Зниження теплового випромінювання досягається за допомогою водяних завіс, скляних чи сітчастих екранів, теплоізоляційних матеріалів (азбест, скловата), а також збільшенням відстані від джерела тепла до робочого місця.

Заходи проти переохолодження включають встановлення захисних екранів від вітру, місцеві системи обігріву, організацію регулярних перерв, обладнання приміщень для обігріву та використання теплового спецодегу з високим тепловим опором. Повітряні завіси також забезпечують ефективний захист від холодного повітря.

Людина постійно взаємодіє з навколишнім середовищем: дихає повітрям (у середньому 15 кг на добу) та перебуває з ним у тепловому контакті. Тому важливими параметрами повітря є:

- температура, вологість та швидкість руху;
- хімічний склад (вміст кисню, CO<sub>2</sub>, шкідливих газів і парів);
- рівень запиленості (органічний, мінеральний, кварцовий, азбестовий пил).

Надмірна теплота чи волога, а також шкідливі домішки визначають

негативний вплив середовища, який називають шкідливостями. Системи вентиляції та кондиціонування призначені для боротьби з цими факторами. Найпоширенішими шкідливостями, що потребують технічних рішень, є теплота й волога.

Основний склад повітря залишається стабільним: азот - 78,08 %, кисень - 20,96 %, інертні гази - 0,94 % (зокрема аргон - близько 0,9 %). Змінними компонентами є CO<sub>2</sub> (близько 0,03 %) та водяна пара (0,1–2,8 %), їх кількість може суттєво коливатись.

Механічна вентиляція, на відміну від природної, дозволяє очищати повітря перед викидом в атмосферу, локально уловлювати шкідливі викиди, готувати припливне повітря (фільтрація, підігрів, зволоження) та точно подавати його у робочу зону. Вона також дає змогу здійснювати повітрязабір у найбільш чистій частині території підприємства або навіть за її межами.

У системах припливної вентиляції житлових і громадських будівель, поєднаних з повітряним опаленням, передбачають резервні вентилятори або дублюючі системи. У разі несправності вентилятора допускається зниження температури не більш ніж на 5 °С від норми.

При відсутності природної вентиляції припливне повітря подають із розрахунку 60 м<sup>3</sup>/год на людину. Якщо перебування людей у приміщенні не перевищує трьох годин, допустимою є норма 20 м<sup>3</sup>/год.

Для подачі припливного повітря застосовують різні схеми розподілу залежно від типу приміщення та умов його експлуатації.

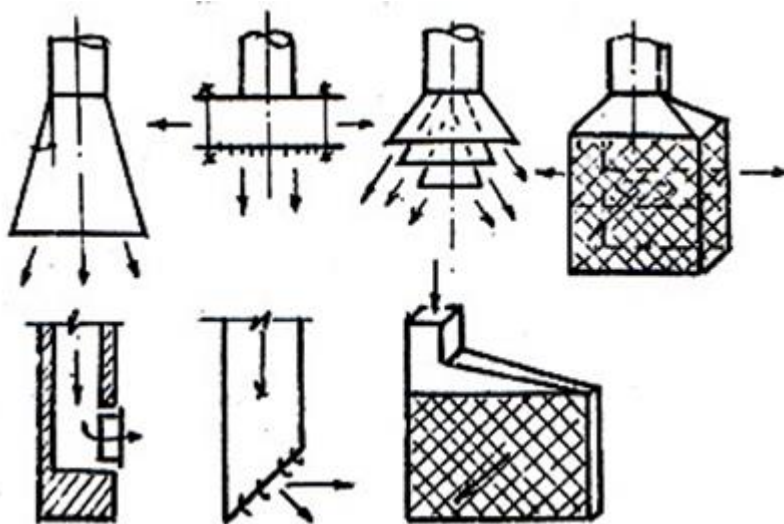


Рисунок 1.1 - Пристрої для розподілу припливного повітря у приміщеннях

Загальнообмінна вентиляція забезпечує підтримання оптимальних мікрокліматичних умов і чистоти повітря у всій робочій зоні приміщення. Її використовують для відведення надлишкового тепла за відсутності шкідливих виділень, а також тоді, коли умови технологічного процесу та конструкція обладнання допускають застосування місцевих витяжних систем.

Існує чотири основні варіанти організації повітрообміну в системах загальнообмінної вентиляції: подача та видалення повітря зверху вниз, зверху вгору, знизу вгору та знизу вниз (рис. 1.2).

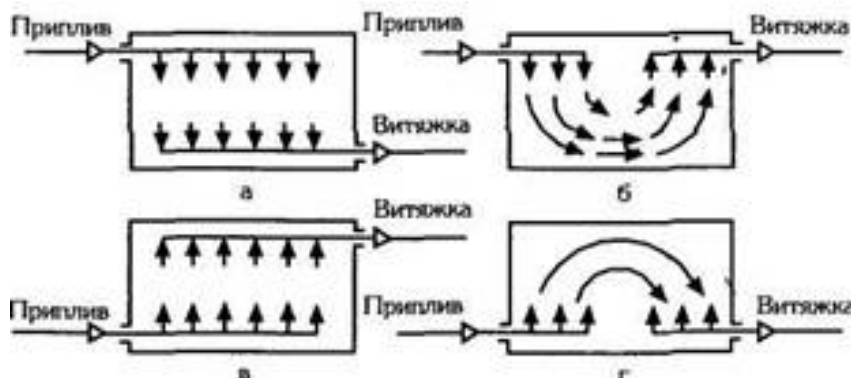


Рисунок 1.2 - Схема організації повітрообміну при загальнообмінній вентиляції

Схеми подачі повітря зверху вниз (рис. 1.2 а) та зверху вверх (рис. 1.2 б) доцільно застосовувати тоді, коли в холодний період температура припливного повітря є нижчою за температуру повітря всередині приміщення. У такому разі повітря, опускаючись, природним чином нагрівається до рівня робочої зони.

Дві інші схеми (рис. 1.3 в і рис. 1.4) рекомендується використовувати в ситуаціях, коли припливне повітря попередньо підігрівається і його температура перевищує температуру внутрішнього повітря.

У випадках, коли у виробничому середовищі виділяються гази або пари з густиною, більшою за густину повітря (наприклад, кислоти, бензин, гас), загальнообмінна вентиляція повинна забезпечувати видалення 60 % повітря з нижньої зони та 40 % - з верхньої. Для газів і парів, густина яких менша за густину повітря, забруднене повітря необхідно відводити у верхній частині приміщення.

Система припливної механічної вентиляції (рис. 1.4) складається з таких елементів:

- пристрій забору повітря;
- фільтр для його очищення;
- повітрянагрівач (калорифер);
- вентилятор;
- мережа повітроводів;
- припливні патрубки з насадками.

Якщо підігрів припливного повітря не потрібний, його подають до виробничих приміщень через обхідний канал — 7.

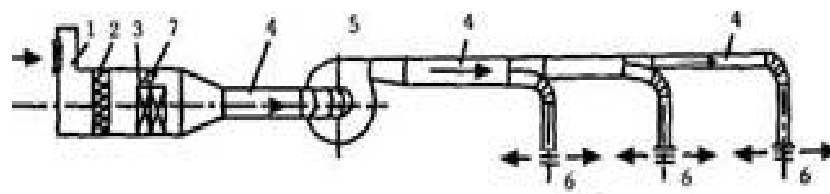


Рисунок 1.3 - Схема припливної вентиляції

Повітрязабірні пристрої слід встановлювати у зонах, де повітря не містить шкідливих домішок, пилу чи газів. Їх розміщують на висоті щонайменше 2 м від поверхні землі, а від вихідних каналів витяжної вентиляції вони мають бути віддалені не менш ніж на 6 м по вертикалі та 25 м по горизонталі.

Припливне повітря подається в приміщення здебільшого у вигляді розсіяного потоку. Для цього використовують спеціальні насадки, що забезпечують рівномірний розподіл повітря в межах робочої зони.

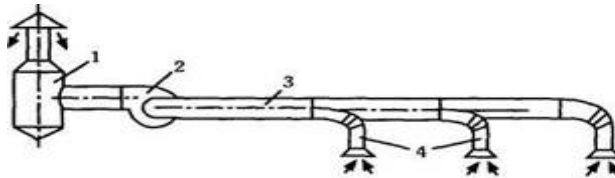


Рисунок 1.4 - Схема витяжної вентиляції

Витяжна вентиляція (рис. 1.4) складається з таких основних елементів: очисного пристрою (1), вентилятора (2), центрального та відсмоктувальних повітроводів (3, 4). Після очищення повітря необхідно викидати на висоту не менше 1 м над рівнем гребеня даху. Викидні канали не повинні розташовуватися у зоні віконних прорізів.

У промисловості найчастіше застосовується припливно-витяжна вентиляція, що поєднує подачу свіжого повітря в робочу зону та локальне видалення шкідливих речовин безпосередньо у місцях їх утворення. У приміщеннях із підвищеним вмістом шкідливих газів чи пилу витяжний повітрообмін повинен перевищувати припливний приблизно на 10%, що запобігає проникненню забруднень у суміжні приміщення.

### **Датчики температури**

Існує значна кількість типів температурних сенсорів, принцип роботи яких базується на різних фізичних властивостях матеріалів. Серед них виділяють:

- резистивні датчики температури;
- термістори (терморезистори);
- термоелектричні датчики (термопари);
- інтегральні датчики температури.

Інтегральні датчики містять не лише чутливий елемент, але й вбудовану схему, що виконує перетворення сигналу.

### **Резистивні датчики температури**

У резистивних датчиках температура визначається за зміною електричного опору металевого провідника або плівки. Найчастіше у таких перетворювачах використовують платину завдяки її стабільним характеристикам.

Основними недоліками цих датчиків є низька чутливість та повільна динамічна реакція, зумовлена конструктивними особливостями. Крім того, вони чутливі до вібрацій і механічних ударів.

Розрізняють два основних типи платинових дровових датчиків:

- занурювальні зонди;
- поверхневі чутливі елементи.

Дровові елементи встановлюють на керамічну підкладку з мінімальним натягом і покривають захисним шаром, що забезпечує їхню стійкість до впливу середовища.

Плівкові датчики, які використовують металеву фольгу на ізоляційній основі, менш поширені, однак їх застосування розширюється. Вони мають компактні розміри, кращу швидкодію, підвищену чутливість і нижчу вартість порівняно з дрововими сенсорами.

Платинові перетворювачі часто під'єднуються в одне з плечей моста Уїнстона для забезпечення високої точності вимірювань. Їх невеликий опір (близько 100 Ом) створює труднощі при підключенні до вимірювальних схем, оскільки опір з'єднувальних проводів може бути порівняним з опором самого сенсора.

## Термістори

Термістор (терморезистор) - це напівпровідниковий резистивний елемент, опір якого змінюється зі зміною температури. У більшості випадків вони мають негативний температурний коефіцієнт, тобто опір зменшується при зростанні температури [5].

Термістори зазвичай працюють у діапазоні від  $-50$  до  $+300$  °C, хоча за допомогою спеціальних схем можливе розширення цього інтервалу. Основне обмеження їхнього застосування - значна нелінійність характеристик (рис. 1.5).

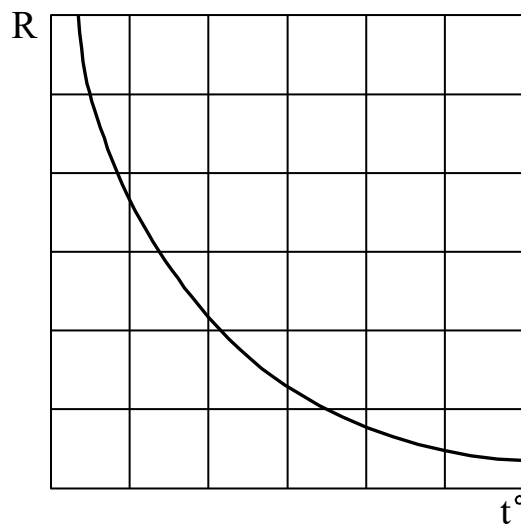


Рисунок 1.5 – Температурна характеристика терморезистора

Термістори виготовляють із напівпровідникових матеріалів у формі кульок, дисків, стрижнів або шайб, після чого їх поміщають у скляні, пластикові або металеві капсули. Завдяки малим розмірам чутливих елементів такі датчики характеризуються дуже швидкою реакцією - окремі мініатюрні моделі здатні реагувати за кілька мікросекунд.

Терморезистори поділяють за призначенням на такі групи:

- термометри опору (найпоширеніші типи);
- термокомпенсатори (для температурної компенсації у радіоелектронній апаратурі);

– терморезистори для теплового контролю (вузли контролю температури з точністю  $\pm 0,5$  °C, релейні схеми сигналізації).

### **Вимірювальні терморезистори**

Серед різновидів термісторів найчастіше використовують зонди та базові чутливі елементи. За конструкцією вони подібні до звичайних резисторів, але виготовлені з матеріалів, опір яких змінюється залежно від температури. Зазвичай термістори не потребують точної настройки інтерфейсних схем завдяки широкому технологічному допуску. Деякі моделі забезпечують точність до  $\pm 0,2$  °C у визначеному температурному діапазоні, однак для цього може знадобитися спеціальне підстроювання.

### **Термопари**

Чутливість термопар базується на термоелектричному ефекті - виникненні електрорушійної сили при з'єднанні двох різнорідних металів, що перебувають при різних температурах.

Термопари зазвичай виконуються у вигляді зондів. Чутливий елемент складається з двох дротиків із термопарних матеріалів, які з'єднують зварюванням, твердим припоєм або срібною пайкою. Спай може бути:

- заземлений або незаземлений;
- відкритий або закритий у захисному кожусі.

Існують також термопари у вигляді тонкої фольги, змонтованої на підкладці; така фольга може працювати як магнітна плівка, що легко кріпиться до феромагнітної поверхні.

Термопари є міцними, доступними за ціною та мають хороші динамічні характеристики завдяки малому розміру чутливого елемента. Вони працюють у дуже широкому температурному діапазоні.

### **Датчики на базі транзисторів**

Оскільки параметри транзисторів змінюються під впливом температури, їх також використовують як температурні перетворювачі. Верхня межа вимірювання обмежена струмом витоку переходів. Зазвичай транзисторні датчики застосовуються в межах температур від  $-50$  до  $+150$  °C.

## Інтегральні датчики температури

Сучасні інтегральні датчики отримали широке застосування. У них як чутливі елементи використовуються:

- напівпровідникові р–n переходи (наприклад, емітерні переходи транзисторів);
- напівпровідникові терморезистори.

За типом вихідного сигналу інтегральні датчики поділяють на такі групи:

### 1. Двополюсники:

- датчики–джерела струму (AD590/592, Analog Devices);
- датчики–джерела напруги (LM135/235/335, National Semiconductor).

У таких приладах живлення подається безпосередньо на вихідні виводи.

2. Датчики з роздільними виводами живлення та виходу, які відрізняються способом перетворення та типом сигналу:

- аналогові (AD22100/103, LM60);
- з імпульсно-модульованим вихідним сигналом (TMP03/04, Analog Devices);
- з цифровим виходом (ADT33, Analog Devices; LM75, National Semiconductor).

## Датчики вологості

Методи визначення вологості поділяються на два основні напрями:

- вимірювання вологості твердих (сипучих) матеріалів,
- вимірювання вологості газів.

### Вологість сипучих матеріалів

Найчастіше використовують методи, що ґрунтуються на вимірюванні електричної ємності, яка виникає між електродами, заповненими досліджуваним матеріалом. Принцип роботи базується на зміні діелектричної проникності залежно від рівня вологи. Такий спосіб є простим і забезпечує високу точність для більшості сипучих та твердих матеріалів.

Інколи застосовують метод вимірювання електричного опору матеріалу.

Проте він менш точний і вимагає обов'язкового калібрування з урахуванням хімічного складу води та самого матеріалу. Незважаючи на недоліки, цей метод широко використовується у системах контролю вологості певного рівня.

### **Вологість газів**

Для газів попередні методи неефективні, оскільки зміна вологості практично не впливає на діелектричні властивості чи електричний опір газового проміжку. Тому застосовують методи, що ґрунтуються на:

- гігроскопічних властивостях матеріалів,
- хімічних реакціях, чутливих до вологи.

Такі датчики використовують чутливі елементи, характеристики яких змінюються залежно від поглинання чи віддачі водяної пари.

Найпростіший варіант - гігроскопічний елемент, який змінює свою довжину при абсорбції або десорбції вологи. Переміщення контрольних міток фіксується вимірювальним механізмом. Хоча в основному використовують неорганічні матеріали, інколи застосовується органіка, у тому числі навіть людська шкіра.

### **Резистивні гігроскопічні елементи**

Ці елементи змінюють електричний опір при зміні вологості. Структурно вони являють собою дріт, покритий шаром солі, опір якого залежить від локальної вологості. Існують також елементи, у яких змінюється поверхневий опір - наприклад, елемент Попі, виготовлений з полістиролу, обробленого сірчаною кислотою.

### **Ємнісні гігromетричні елементи**

Датчики на основі оксиду алюмінію змінюють як опір, так і ємність при коливанні вологості. Конструктивно вони являють собою конденсатор, де:

- нижня обкладка - алюмінієва підкладка,
- діелектрик - шар пористого оксиду алюмінію,
- верхня обкладка - тонкий шар золота з мікропорами.

Поглинання вологи змінює діелектричну проникність, що веде до зміни ємності.

## **Кварцові датчики**

Якщо кварцовий резонатор покрити гігроскопічним матеріалом, його резонансна частота буде залежати від вологості, адже зміна маси покриття впливає на частотні характеристики кристала.

## **Психрометр**

Для вимірювання вологості повітря застосовується класичний психрометр, що складається з двох термометрів - «сухого» і «мокрого». За показами цих термометрів та спеціальними психрометричними таблицями визначають відносну вологість повітря.

## **Датчики швидкості потоку повітря**

Прилади для визначення швидкості руху повітря називають анемометрами. Існує кілька типів анемометрів, які різняться за принципом роботи та конструкцією крильчатки. У механічних приладах крильчатка приводить у рух вимірювальний механізм, і швидкість повітря відображається на шкалі.

В електронних анемометрах швидкість обертання крильчатки визначається електронним способом. Принцип їх дії полягає у перетворенні механічного обертання вала в електричний сигнал (струм, напруга або частота). Розрізняють імпульсні тахометри та тахометричні генератори.

- Імпульсні тахометри генерують послідовність імпульсів, частота яких пропорційна швидкості обертання.
- Тахометричні генератори (тахогенератори) створюють напругу, величина якої відповідає швидкості обертання, однак вони створюють додаткове навантаження на вал.

Найпоширеніший спосіб перетворення - застосування приймальної котушки: при проходженні виступів або виїмок вала повз котушку змінюється вихідна напруга, і підрахунок цих змін дозволяє визначити кутову швидкість.

В імпульсних тахометрах також можуть використовуватися:

- ефект Холла,
- індуктивні вихрові струми,

- оптичні принципи (у датчиках наближення).

Після вимірювання параметрів мікроклімату електронна схема перетворює отримані електричні сигнали для подальшого використання в системах автоматичного регулювання, оброблення та індикації.

### **Датчики концентрації озону**

Для вимірювання малих концентрацій газових домішок, зокрема озону, перспективними є газоаналізатори на основі напівпровідникових сенсорів. Озон є нестійким і швидко розкладається навіть на інертних матеріалах, тому при вимірюванні необхідно враховувати втрати на поверхнях обладнання та трубопроводів.

У системах моніторингу навколишнього середовища та промислових процесах широко застосовуються резистивні металоксидні сенсори на основі  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{NiO}$ ,  $\text{WO}_3$ ,  $\text{In}_2\text{O}_3$  та ін. Вони мають такі переваги:

- високу чутливість,
- хорошу швидкодію,
- компактність,
- низьке енергоспоживання,
- невисоку вартість,
- можливість інтеграції у сучасні інформаційні системи.

Широкий спектр детектованих газів забезпечується різноманітністю композицій оксидів металів та можливістю впливати на їх властивості (легуванням, опроміненням, застосуванням електричних чи магнітних полів, створенням гетероструктур, зміною температури роботи).

### **Основні проблеми сенсорів цього типу:**

1. Недостатня селективність, тобто складність точного виділення озону серед інших газів.
2. Нестабільність характеристик у довгостроковій експлуатації.

Шляхи підвищення селективності:

- модифікація чутливих шарів і створення гетеросистем, які вибірково реагують на потрібний газ у певному температурному діапазоні;

- використання багатоелементних матриць сенсорів і цифрової обробки даних з елементами штучних нейронних мереж.

Для підтримання стабільності сигналу необхідна регулярна регенерація чутливої поверхні, що включає:

- періодичний нагрів вище робочої температури,
- обробку різними газами,
- інші технологічні процедури очищення.

Властивості сенсорів значною мірою залежать від технології виготовлення чутливих шарів, яка визначає їх структуру, товщину, дефектність і електрофізичні характеристики.

### **Принципи побудови систем вентиляції приміщень**

Витяжні вентиляційні системи (ВВС). Основним елементом автоматизації таких систем є дистанційне керування вентилятором.

Якщо у вентиляційній мережі встановлені поворотні заслінки або утеплені клапани, необхідно реалізувати відповідні блокування:

- радіальний вентилятор може запускатися лише при *закритій* сітці;
- осьовий вентилятор – лише при *відкритій* сітці.

Послідовність увімкнення ВВС та обладнання залежить від вимог конкретного технологічного процесу. Для збереження повітряного балансу у багатьох випадках потрібна синхронна робота витяжних і припливних систем.

Окрему групу становлять аварійні витяжні вентиляційні системи, які повинні автоматично **ВМИКАТИСЯ** у разі появи в повітрі шкідливих або вибухонебезпечних речовин. У приміщенні для цього встановлюють автоматичні газоаналізатори, що контролюють гранично допустимі концентрації. Вони забезпечують автоматичний пуск аварійної ВВС. Крім того, аварійна система повинна запускатися й у разі зупинки будь-якої з робочих вентиляційних систем.

З метою економії електроенергії та відповідно до технологічних вимог застосовують комбіновані ВВС, де механічна витяжка поєднується з природною вентиляцією.

Функціональна схема автоматизації (ФСА) ВВС із фільтром самоочищення

Розглянемо ВВС, у якій додатково встановлений фільтр ФРУ із системою самоочищення. Його електропривод працює у взаємному блокуванні з пуском вентилятора В.

Поворотні заслінки PO1 і PO2 налаштовані так, що при аварійній зупинці або після завершення роботи системи:

- автоматично *відкривається* заслінка природної вентиляції PO1 (відкриття здійснюється сервоприводом),
- і відповідно *закривається* PO2.

Схема передбачає місцеве та дистанційне керування, між якими перемикаються за допомогою перемикача NS.

Для контролю роботи системи використовується датчик потоку повітря FS, встановлений у повітропроводі. Його призначення - запобігти небезпечній ситуації, коли вентилятор увімкнений, але заслінка закрита. У такому разі індикація про «ввімкнення» вентилятора не відповідатиме реальному переміщенню повітря, що може порушити роботу системи.

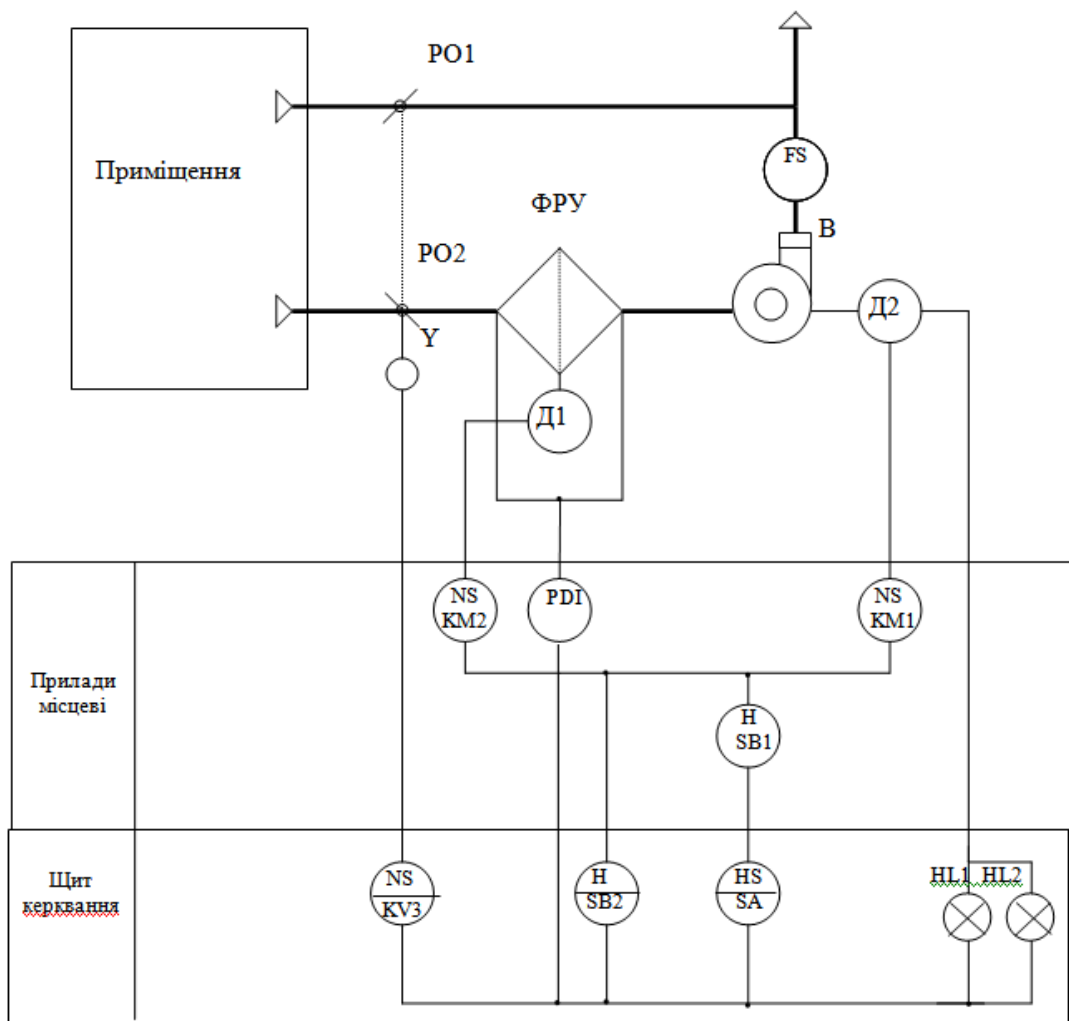


Рисунок 1.6 – Схема витяжної вентиляційної системи

### Системи кондиціонування повітря

Системи кондиціонування повітря (СКП) призначені для створення та автоматичного підтримання заданих параметрів повітряного середовища - температури, відносної вологості, чистоти, швидкості руху повітря тощо.

За своїм призначенням СКП поділяють на:

- технологічні, які забезпечують повітряні умови, необхідні для стабільної роботи технологічного процесу;
- комфортні, призначені для створення оптимальних умов перебування людей у приміщенні.

Кондиціонери можуть бути:

- секційними, що складаються з окремих функціональних блоків;

- агрегатними, виконаними в одному корпусі.

За способом отримання тепла та холоду системи поділяються на:

- автономні, до яких із зовнішніх джерел подається лише електроживлення;
- неавтономні, для роботи яких необхідно паралельно подавати тепло та холодоносії, а також електроенергію для двигунів вентиляторів і насосів.

### **Види систем кондиціонування**

Існує кілька різновидів СКП:

1. Прямоточні системи Використовуються в приміщеннях, де технологічні процеси супроводжуються виділенням шкідливих речовин, що не допускають їх повернення в повітря приміщення.

2. Системи з частковою рециркуляцією Застосовуються тоді, коли в приміщенні не утворюються небезпечні для здоров'я домішки. Рециркуляція дозволяє значно зменшити витрати тепла взимку та холоду влітку.

### **Системи з рециркуляцією поділяють на:**

- із постійною часткою рециркульованого повітря;
- із змінною часткою рециркуляції;
- з першою рециркуляцією - коли повітря повертається до кондиціонера до повітроохолоджувача;
- з другою рециркуляцією - коли повітря подається після повітроохолоджувача;
- одновентиляторні, у яких рециркуляція здійснюється тим же вентилятором, що і приток;
- двовентиляторні, де приток і рециркуляція здійснюються окремими вентиляторами.

### **Автоматизація систем кондиціонування**

Проектування схем автоматизації СКП базується на аналізі роботи системи протягом усього року. Такий аналіз проводять аналітичним методом або за допомогою I-d діаграм, вибираючи оптимальні схеми обробки повітря для зимових та літніх умов.

При автоматизації окремих контурів регулювання можливі різні варіанти схем. Їх вибір залежить від динамічних властивостей СКП, вимог до точності, швидкодії та особливостей технологічного процесу.

**Вимоги до точності регулювання відрізняються:**

- комфортне кондиціонування: температура  $\pm 1 \dots 1,5$  °С, вологість  $\pm 10\%$ ;
- технологічні системи: температура  $\pm 0,5 \dots 1$  °С, вологість  $\pm 5\%$ ;
- спеціальні системи: температура  $\pm 0,1$  °С, вологість  $\pm 2\%$ .

Регулювання параметрів виконується протягом усього періоду експлуатації системи.

**Методи регулювання температури**

Існують три основні способи регулювання температури в кондиціонованих приміщеннях:

1. Якісний метод Передбачає зміну параметрів приточного повітря, найчастіше - регулювання теплової потужності калорифера другого підігріву.

2. Кількісний метод базується на зміні об'єму приточного повітря, що подається в приміщення.

3. Кількісно-якісний метод Застосовується, коли лише зміна витрати повітря не здатна забезпечити потрібні параметри мікроклімату. Алгоритм регулювання:

- при зниженні температури спочатку зменшується витрата приточного повітря до допустимої межі;
- якщо температура далі падає - відкривається клапан другого підігріву калорифера;
- при підвищенні температури спочатку прикривається клапан підігріву, після чого збільшується подача повітря вентилятором.

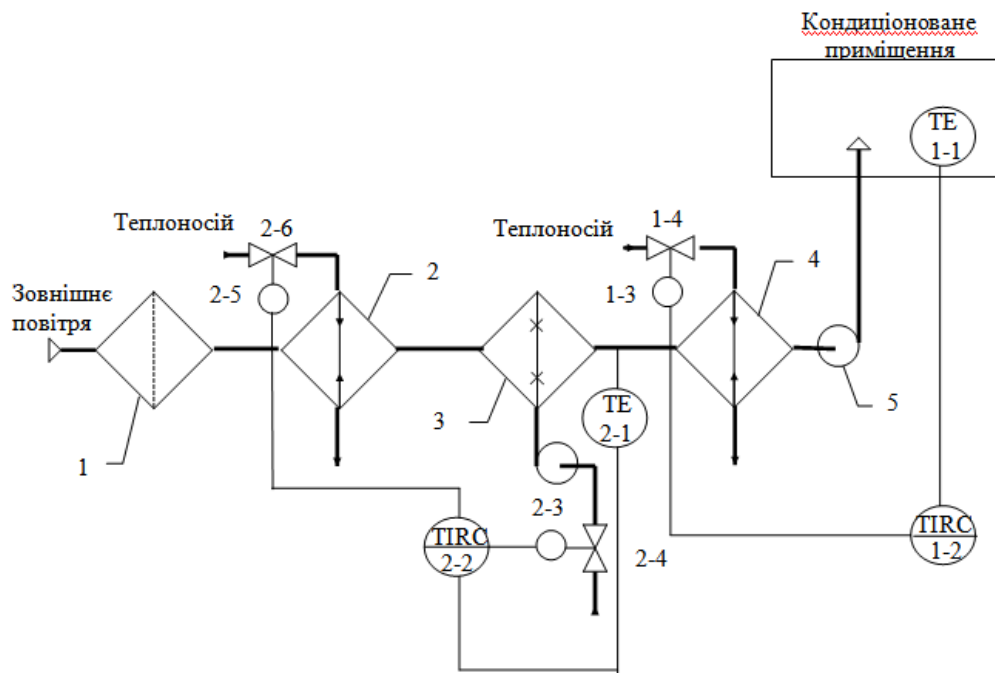


Рисунок 1.7 – схема управління кондиціонером по температурі точки роси

Повітря в кондиціонері проходить послідовну обробку в калорифері **2** першого підігріву (рис. 1.7), зрошувальній камері **3** та калорифері **4** другого підігріву. Підтримання необхідних значень температури та відносної вологості здійснюється за показником *температури точки роси* і виконується у два етапи. Спочатку повітря приводять до стану, що відповідає точці роси (точка 3), а потім його нагрівають до температури, за якої при подачі у приміщення забезпечуються задані параметри мікроклімату (точка 5).

### Холодний період року

Регулятор поз. 2-2 керує клапаном 2-6 подачі теплоносія на калорифер 2, забезпечуючи нагрів повітря (лінія 1–2) до температури, що відповідає точці 2. У зрошувальній камері повітря охолоджується адіабатично та зволожується (лінія 2–3), досягаючи точки роси.

### Теплий період року

Температура точки роси підтримується шляхом регулювання витрати холодної води клапаном поз. 2-4, яка подається в зрошувальну камеру. У цей час калорифер 2 не працює. Відбувається процес охолодження та зволоження повітря (лінія 1–3), і незалежно від зовнішніх умов параметри повітря після

зрошення завжди відповідають точці 3.

Після цього в калорифері 4 повітря нагрівається до заданої температури (точка 4) за рахунок зміни витрати теплоносія. Температура в приміщенні підтримується регулятором поз. 1-2.

Основним недоліком такого методу є підвищені енерговитрати, особливо коли параметри зовнішнього повітря наближені до режимів, що відповідають точці 4.

## **2 ОГЛЯД ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ ТА СТВОРЕННЯ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ НАСОНОЮ СТАНЦІЄЮ**

### **2.1 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи**

#### **Особливості проєктування систем вентиляції та кондиціонування**

Сучасні системи вентиляції та кондиціонування повітря відіграють ключову роль у промислових, адміністративних та житлових будівлях, забезпечуючи комфортні умови для роботи й відпочинку. На відміну від побутових пристроїв, такі системи мають значно складнішу структуру та призначення.

Основною відмінністю систем вентиляції та кондиціонування (СКТВ) є те, що їх неможливо просто придбати та під'єднати до електромережі. Для коректної, безпечної та довготривалої роботи необхідні професійний монтаж, регулярне сервісне обслуговування та гарантійний контроль. Ці послуги можуть виконувати лише спеціалізовані організації з відповідною технічною підготовкою. Також для забезпечення ефективності системи потрібна своєчасна діагностика всіх її елементів.

Не менш важливим є правильний вибір системи вентиляції чи кондиціонування. Навіть за умови якісного монтажу ігнорування особливостей приміщення - його планування, наявності теплових навантажень, рівня вологості та ін може призвести до неефективної роботи обладнання, перевитрати енергії та зайвих фінансових втрат.

Аналіз існуючих промислових систем вентиляції засвідчив, що вибір оптимального комплексу обладнання є складним завданням, оскільки потребує врахування специфіки приміщення та технологічних вимог до повітрообміну. Крім того, багато наявних систем не забезпечують повної автоматизації процесів, унаслідок чого частину параметрів доводиться регулювати вручну залежно від виробничих умов.

Підсумовуючи, сучасні системи вентиляції та кондиціонування істотно підвищують рівень комфорту та можуть вирішувати складні технологічні й наукові задачі. Разом із тим проведений аналіз показав наявність труднощів у виборі придатних промислових систем вентиляції, що відповідають конкретним потребам і характеристикам приміщень. Більшість таких систем не мають достатнього рівня автоматизації.

Ураховуючи зазначені проблеми, було поставлено завдання розробити повністю автоматизовану систему керування вентиляцією для бомбосховищ та створити програмне забезпечення, яке забезпечуватиме стабільну та ефективну роботу цієї системи.

## **2.1 Розгорнута постановка завдання**

Згідно з технічним завданням кваліфікаційної роботи передбачається розроблення системи автоматизованого керування вентиляцією та системами кондиціонування повітря в бомбосховищах. У процесі виконання проєкту необхідно реалізувати такий комплекс робіт:

а) здійснити аналіз наявних систем-аналогів з метою визначення їхніх сильних та слабких сторін, а отримані результати врахувати під час проєктування власної системи;

б) обрати та обґрунтувати методику розроблення програмного забезпечення та системи керування. Побудувати функціональну й структурну схеми системи;

в) створити програмне забезпечення, яке забезпечить виконання вимог технічного завдання. Розробити блок-схеми алгоритмів основної програми та допоміжних підпрограм;

г) реалізувати інтерфейс користувача, що забезпечуватиме формування, відображення та аналіз результатів роботи й тестування системи;

д) підготувати рекомендації щодо організаційних і методичних заходів, які забезпечать впровадження системи у промислову експлуатацію та її надійну подальшу роботу;

е) сформулювати висновки щодо виконаного обсягу робіт і отриманих результатів.

## 2.2 Опис функціонування системи

Вентиляційна система включає вентиляційні шахти та привідний електродвигун з вентилятором. Між собою шахти з'єднані трубопроводами діаметром 1 м.

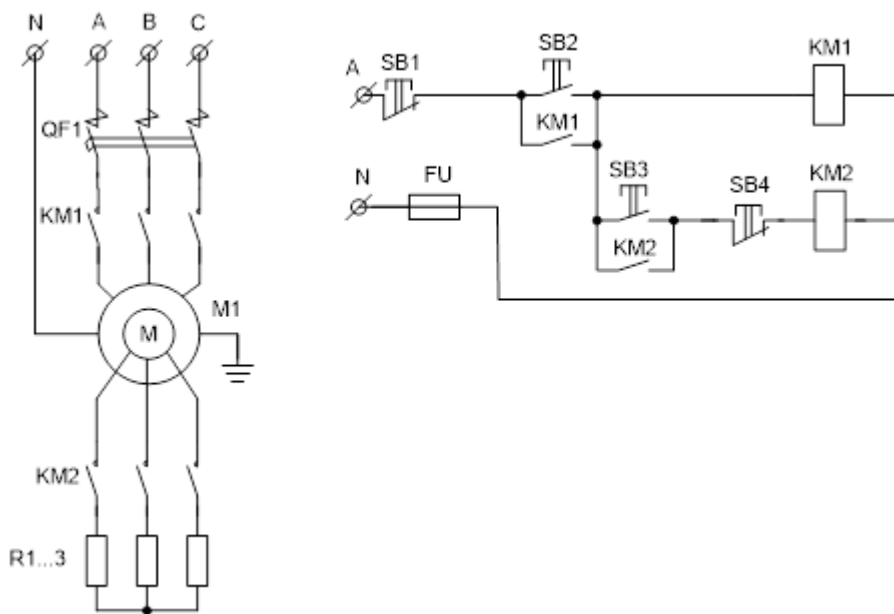


Рисунок 2.1 - Схема електрична принципова управління до модернізації

Вентиляційна система складається з вентиляційних шахт, з'єднаних між собою трубопроводами діаметром 1 м, та привідного електродвигуна з вентилятором.

## Електрична схема роботи системи

При натисненні кнопки SB2 запускається електродвигун М у режимі першої (максимальної) швидкості, і цей режим фіксується в колі пам'яті. Для зменшення продуктивності вентиляції натискають кнопку SB3, яка вмикає магнітний пускач КМ2. Пускач своїми силовими контактами перемикає ротор двигуна змінного струму, що призводить до зниження його номінальної частоти обертання. Кнопка SB4 відключає режим знижених обертів і повертає систему до нормальної швидкості. Кнопка SB1 забезпечує повне знеструмлення схеми керування.

Основні технічні характеристики

потужність двигуна вентилятора - 11 кВт;

кількість обертів на першій швидкості - 1500 об/хв;

кількість обертів на другій швидкості - 1000 об/хв.

Огляд напрямків модернізації вентиляції та кондиціонування повітря в бомбосховищах та розробки сучасного ПЗ

Аналіз існуючих систем вентиляції у бомбосховищах показав наявність суттєвих недоліків. Зокрема, у більшості випадків відсутні:

- можливість плавного регулювання швидкості вентилятора;
- системи автоматичного контролю параметрів мікроклімату (газове середовище, температура, вологість);
- інтеграція з сучасним обладнанням кондиціонування повітря та датчиками.

Основні напрямки модернізації включають:

- впровадження систем моніторингу та автоматичного контролю ключових мікрокліматичних величин;
- встановлення сучасних систем кондиціонування повітря для забезпечення стабільних параметрів у захисних приміщеннях;
- розробку програмного забезпечення, яке забезпечує автономне керування вентиляцією та кондиціонуванням з урахуванням аварійних ситуацій.

Результатом проєкту є створення програмного забезпечення для комплексної системи керування мікрокліматом у бомбосховищах. Це рішення дає змогу автоматично підтримувати оптимальні умови перебування людей, забезпечувати своєчасну реакцію на небезпечні зміни параметрів повітря та підвищує загальну надійність вентиляційної інфраструктури.

### **2.3 Розробка структурної схеми**

Структурна схема відображає сукупність основних об'єктів системи, їх складових елементів та взаємозв'язків між ними. Вона слугує для демонстрації загальної організації системи, показуючи ключові блоки, вузли та зв'язки між ними.

У схемі передбачено такі головні елементи:

- технологічний процес;
- зовнішнє середовище;
- внутрішнє середовище технологічного приміщення;
- мікроклімат технологічної зони;
- система забезпечення та підтримки мікроклімату.

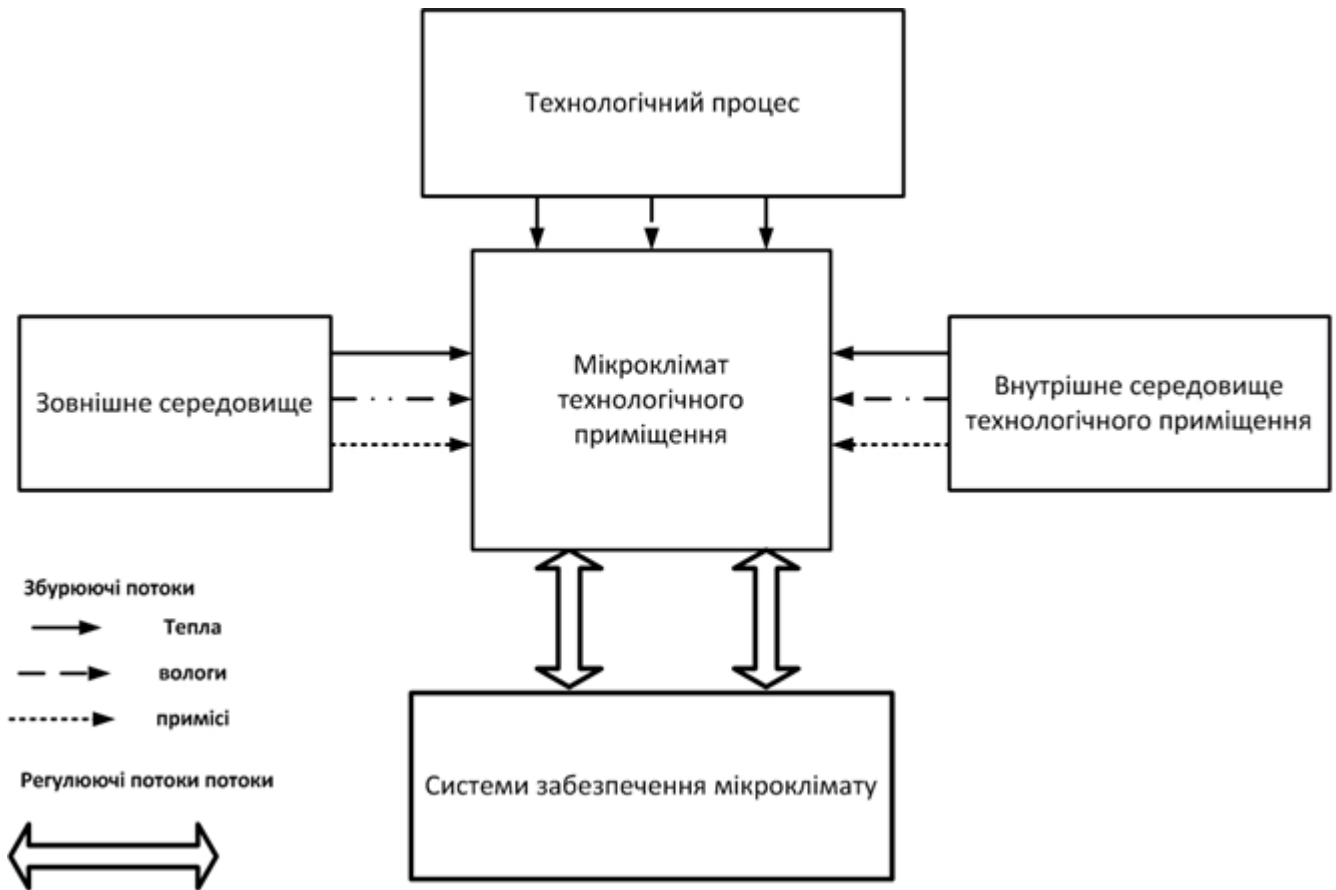


Рисунок 2.2 - Структурна схема системи керування

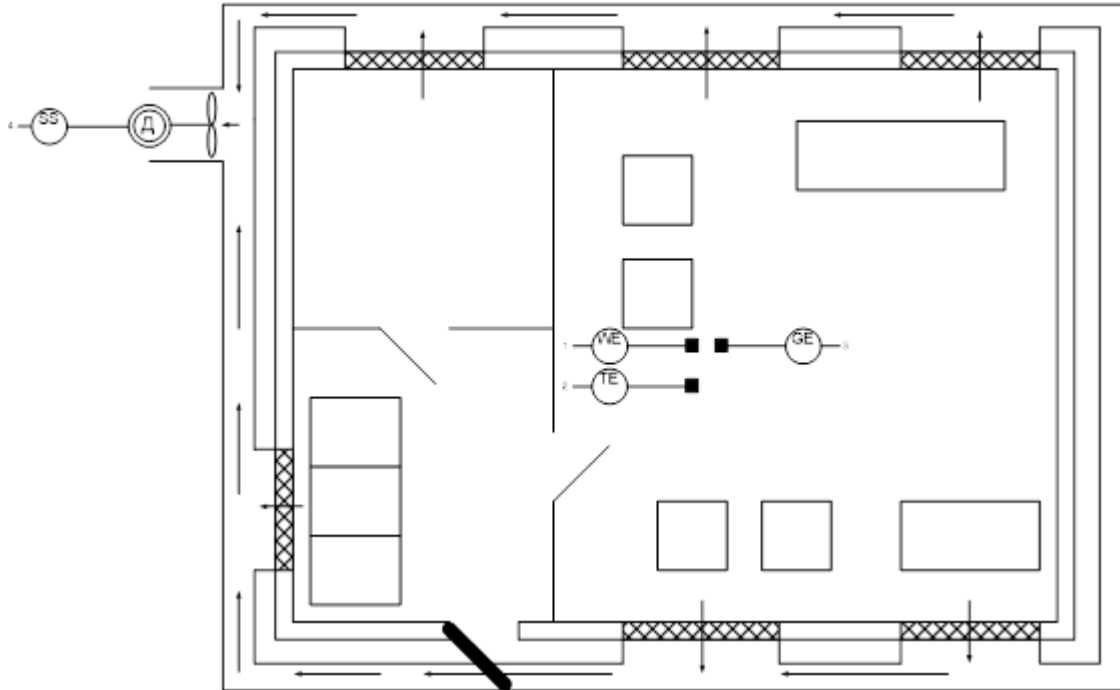
## 2.4 Розробка функціональної схеми

На рисунку 2.3 наведено функціональну схему системи.

Вона включає такі основні елементи:

- датчик вологості, який виконує роль первинного вимірювального перетворювача та формує вхідний сигнал про рівень вологості;
- датчик температури, що також виконує функції датчика та перетворювача температурного сигналу;
- газоаналізаторний датчик, який забезпечує вимірювання концентрації газів у повітрі та перетворення отриманих даних у електричний сигнал;

- блок керування на базі мікроконтролера, який приймає сигнали від усіх датчиків, обробляє їх та формує управляючі дії для забезпечення оптимальних параметрів роботи системи.



|          | 1                  | 2                  | 3                  | 4  |
|----------|--------------------|--------------------|--------------------|----|
| По місцю | WT                 | TT                 | GT                 | SS |
| На щит   | WC                 | TC                 | GC                 |    |
|          | В схему управління | В схему управління | В схему управління |    |

Рисунок 2.3 - Функціональна схема системи керування

## Розробка та розрахунок циклограми роботи виконавчих механізмів

Тривалість функціонування механізмів системи визначається алгоритмом, закладеним у програму мікроконтролера відповідно до вимог технологічного процесу.

Система керування забезпечує автоматичний пуск вентилятора, який працює у безперервному режимі доти, доки не буде зафіксована аварійна ситуація або не завершиться робоча зміна.

На основі сигналів від датчиків та заданих початкових параметрів формується зворотний зв'язок, що дозволяє автоматично регулювати частоту обертання двигуна та підтримувати необхідні мікрокліматичні умови.

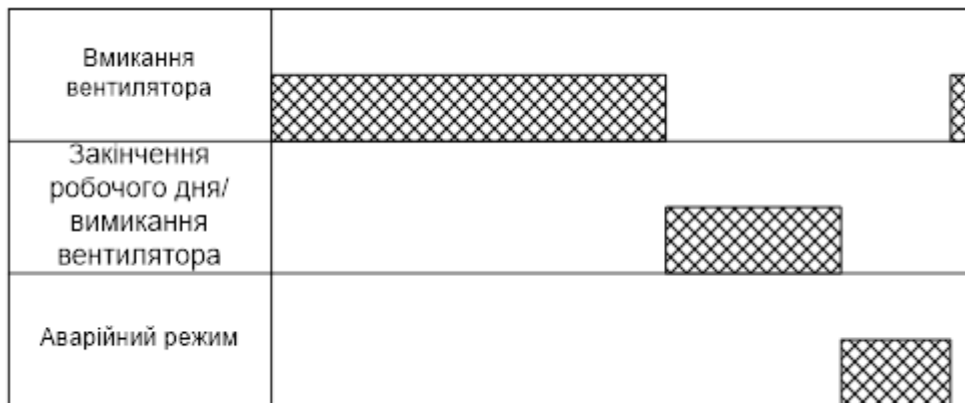


Рисунок 2.4 - Циклограма роботи

Розробка циклограми вхідних та вихідних елементів

Вхідні елементи:

SB1- відключення схеми (СТОП);

SB2 - включення схеми управління;

SB3 – вибір режиму роботи;

SB4 – попередній контроль роботи;

SB5 – запуск роботи;

KU1 - контакт реле обриву фаз;

QF1 - контакт несправності блоку живлення;

QF2 - контакт несправності двигуна вентилятора;

VD1...3 – сигналізація роботи обладнання

Вихідні елементи:

VS1-VS3 – комутуючі пристрої двигуна вентилятора;

Оскільки система керування побудована на базі мікроконтролера, робочі процеси функціонування системи реалізуються відповідно до заздалегідь визначеного алгоритму.

Мікроконтролер аналізує вхідні сигнали від датчиків і, згідно з програмною логікою, автоматично формує керуючі впливи на виконавчі елементи, забезпечуючи роботу системи в установлених режимах.

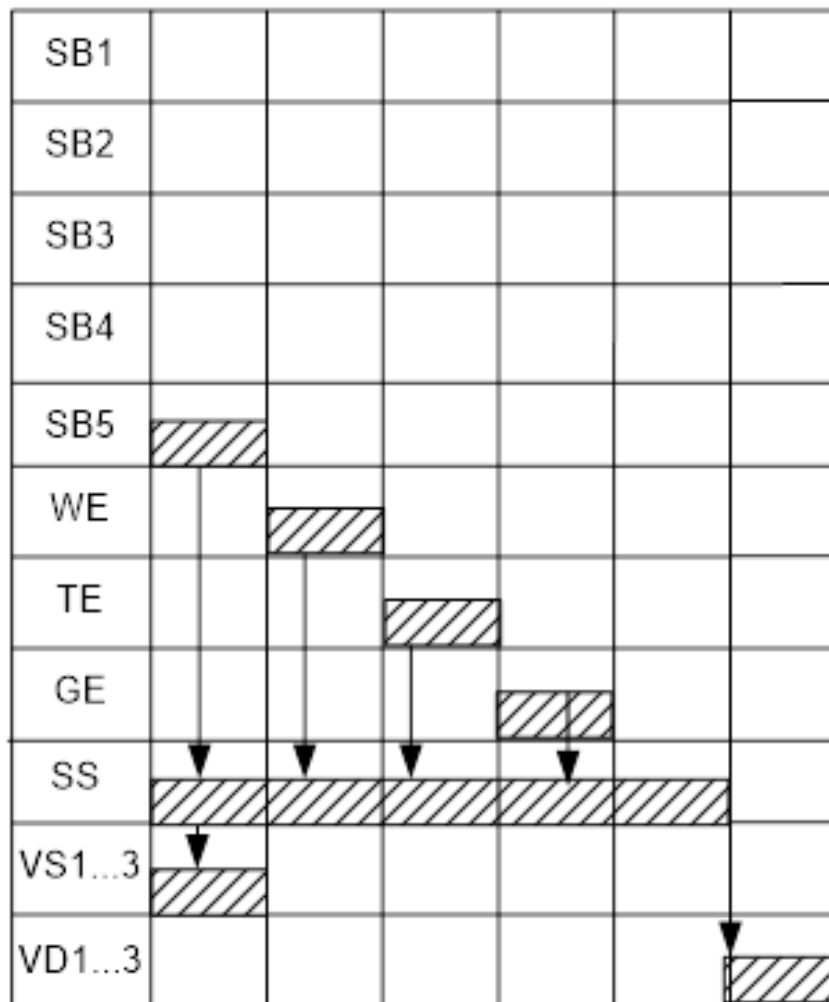


Рисунок 2.5 - Циклограма логічного зв'язку

## **Розробка схеми електричної принципової**

Принцип роботи електричної принципової схеми полягає у такому. Після натискання кнопки SB1 система переходить у режим запуску: активується мікроконтролер, який відповідно до алгоритму роботи виконує послідовне опитування портів для виявлення можливих помилок або несправностей силового модуля. Якщо тестування портів проходить успішно та попередні параметри системи встановлені коректно, мікроконтролер подає команду на ввімкнення вентилятора. Двигун запускається через симісторні ключі, керовані оптронами, які електрично ізолюють мікроконтролер від силової частини й підключені до відповідних виводів МК.

Режим роботи двигуна визначається налаштуваннями частотного перетворювача та сигналами від датчиків температури, вологості та газового аналізатора. Аналогові сигнали з датчиків надходять до мікроконтролера через АЦП, де перетворюються на цифрові коди і далі обробляються згідно з вбудованим алгоритмом.

Коли температура у приміщенні перевищує допустимий рівень, система автоматично збільшує частоту обертання вентилятора для прискореного видалення нагрітого повітря. При підвищенні концентрації газів або вологості мікроконтролер аналогічно формує команду на збільшення швидкості вентиляції.

Світлодіоди VD1...VD3 слугують для індикації аварійних режимів роботи системи. Функції автоматичного захисту забезпечуються датчиками критичних значень параметрів та контактами QF1, QF2 і KU, сигнали яких виведені на світлову індикацію для оперативного контролю стану установки.

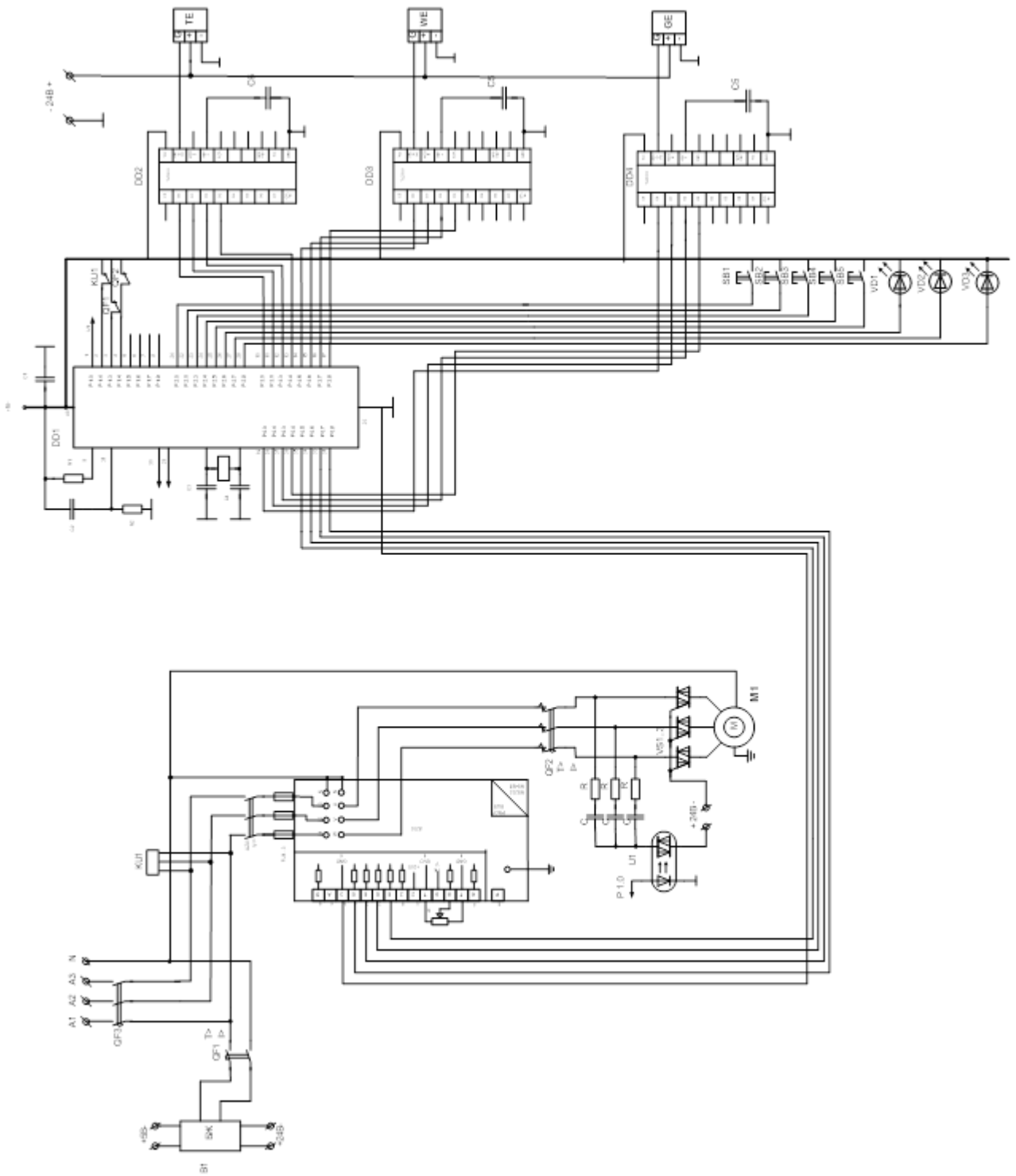


Рисунок 2.6 – Схема електрична-принципова управління

Діаграма, що відображає взаємодію основних процесів у розробленій системі, створеній у рамках кваліфікаційної роботи, показана на рисунку 2.6.

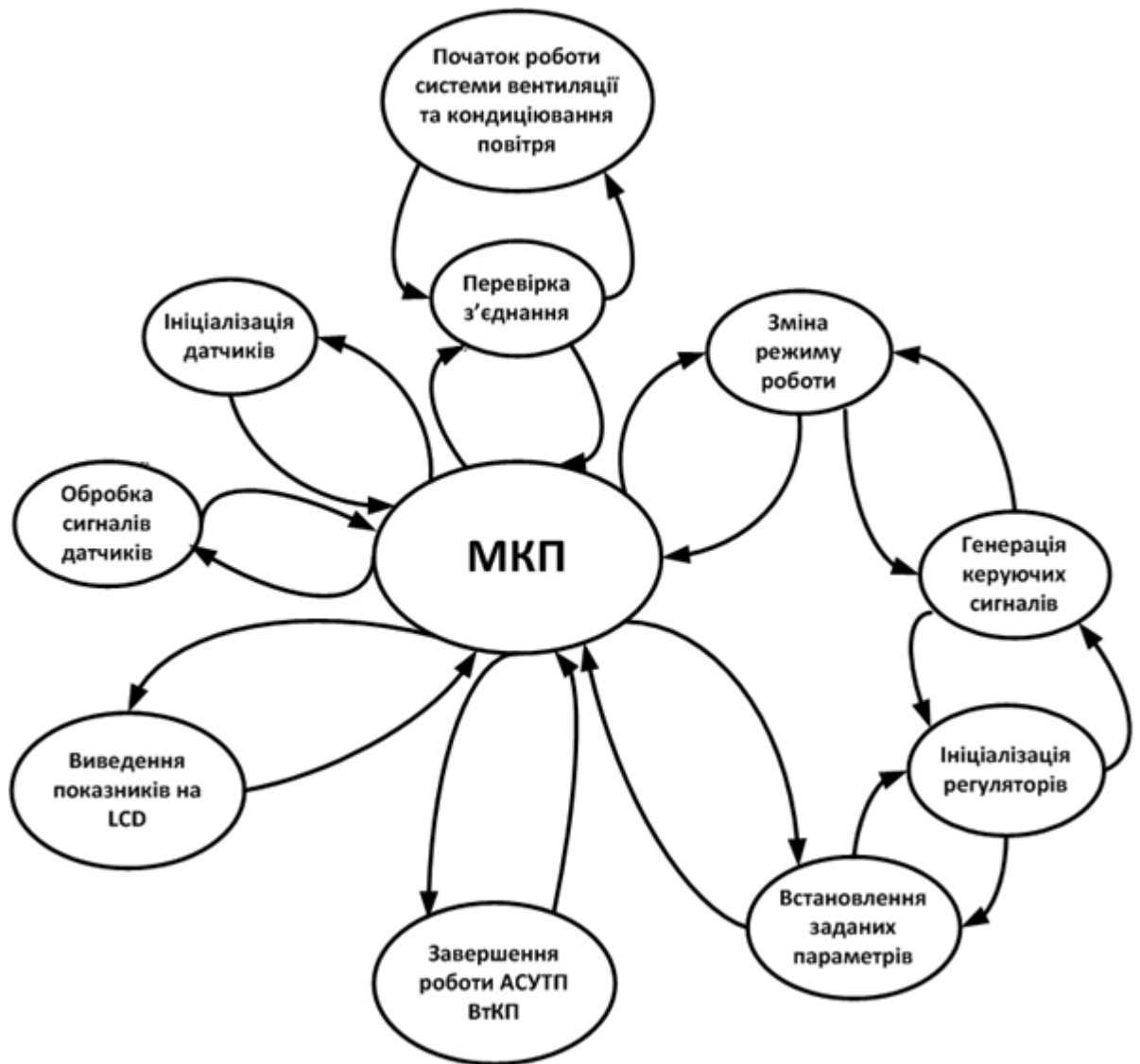


Рисунок 2.6 – Діаграма взаємодії процесів

Отже, проаналізувавши загальний опис системи, структурну та функціональну схеми, а також діаграму взаємодії її процесів, можна перейти до подальшого етапу - викладу блок-схем основної програми та допоміжних підпрограм, що забезпечують реалізацію функціональних можливостей розробленої системи

### **3 РЕАЛІЗАЦІЯ РОБОТИ. РОЗРАХУНКИ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДАНІ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАВИЛЬНІСТЬ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ**

#### **3.1 Реалізації автоматизованої системи керування**

Розроблення програмного забезпечення для системи управління, побудованої на мікроконтролері С2000-Т, стало наступним етапом створення автоматизованої вентиляційної системи. Основними завданнями під час проєктування були:

- зменшення витрат енергоресурсів та експлуатаційних витрат вентиляційних установок;
- підвищення ефективності керування процесами повітрообміну.

Для забезпечення необхідних параметрів переміщення повітря у приміщеннях бомбосховища, створення надійної системи вентиляції та кондиціонування, а також мінімізації потреби у технічному персоналі та зниження споживання електроенергії, застосовуються автоматизовані системи вентиляції й кондиціонування. Такі системи, серед іншого, забезпечують автоматичне вмикання та вимкання обладнання у разі виникнення аварійних ситуацій.

Розрізняють природну та примусову вентиляцію. Природна система закладається на стадії проєктування будівель і не потребує автоматизації. Натомість примусова вентиляція потребує розроблення системи керування - саме цю задачу реалізує програмне забезпечення.

Процес примусової вентиляції полягає у подачі до приміщення очищеного повітря встановленої температури та вологості, а також видаленні відпрацьованих повітряних мас. Найпростішою схемою примусової вентиляції є система, що включає:

- припливний вентилятор;
- витяжний вентилятор;

- повітряні жалюзі;
- фільтр грубого очищення;
- електрокалорифер.

Зовнішнє повітря спочатку проходить через фільтр, де воно очищується від пилу та забруднень, після чого надходить до припливного вентилятора. Далі вмикається електрокалорифер, який нагріває повітря до заданої температури. Відпрацьоване повітря видаляється з приміщення за допомогою витяжного вентилятора, що забезпечує повноцінний повітрообмін.

#### **Задачі системи:**

- створення повністю автоматизованої системи керування вентиляційним обладнанням;
- відображення графічної інформації про стан вентиляційних агрегатів;
- забезпечення можливості поетапного впровадження та розширення системи до повноцінної АСУ для інженерних систем будівель.

#### **Функції системи:**

- збір і опрацювання даних від датчиків та виконавчих пристроїв, що характеризують режими роботи вентиляційного обладнання;
- відображення оперативної інформації у вигляді мнемосхем та графічних трендів на робочих станціях з урахуванням рівнів доступу користувачів;
- реєстрація всіх системних подій;
- подання сигналізації у разі появи відхилень або аварійних ситуацій;
- автоматичне та дистанційне ручне управління вентиляційними установками;
- підтримання заданої температури в повітроводі на основі каналного датчика через вбудований ПД-регулятор;
- реалізація каскадного регулювання температури за даними кімнатного датчика;
- контроль коректності та режимів роботи вентиляційних агрегатів;
- контроль ступеня забруднення повітряного фільтра;

- робота в автоматичному режимі за заданим розкладом;
- діагностика достовірності отриманої інформації;
- ведення архіву параметрів та подій.

Запропонована схема функціонування системи наведена на рисунку 3.1.

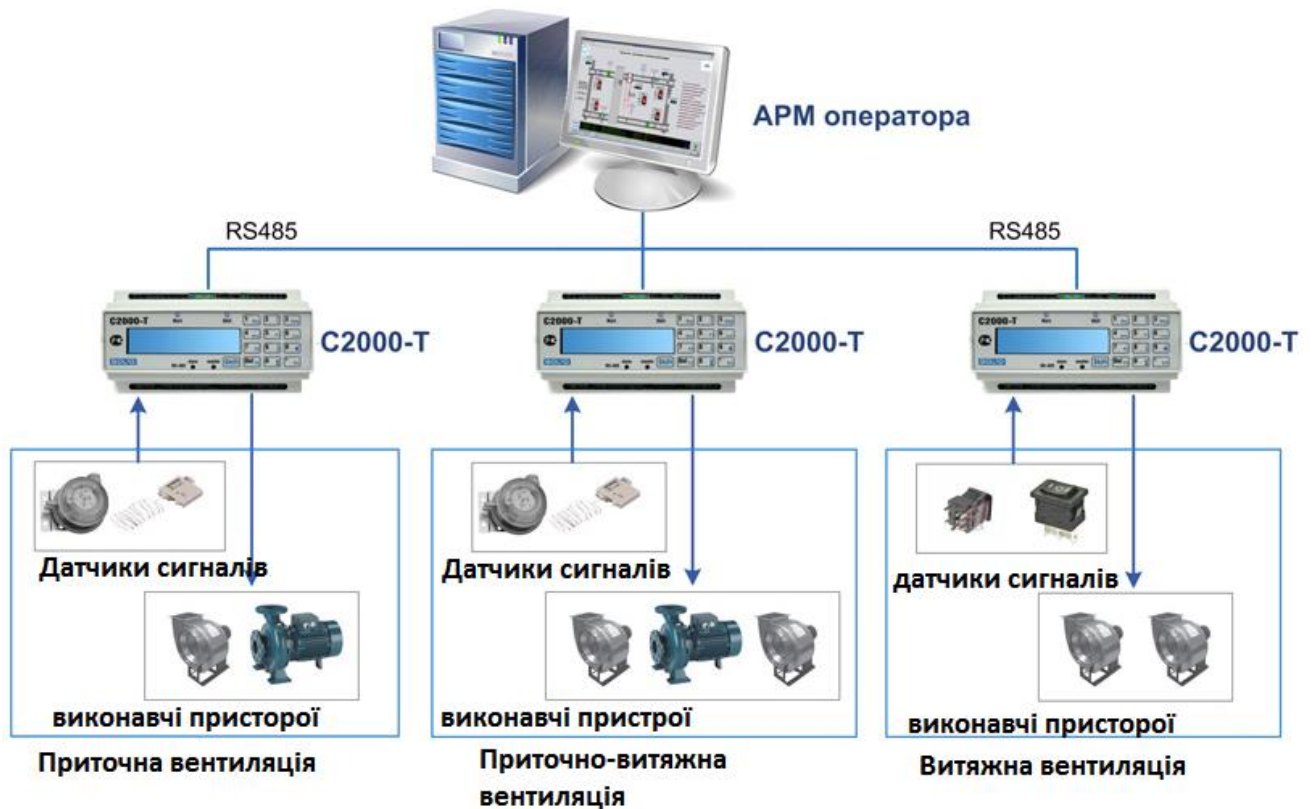


Рисунок 3.1 - Схема функціонування системи вентиляції

Програмований контролер C2000-T (виробник – компанія *БОЛІД*) застосовується для розв’язання завдань контролю, регулювання та управління в системах автоматизації й диспетчеризації інженерного обладнання будівель. Пристрій має вбудовані входи та виходи, що дозволяють безпосередньо підключати вимірювальні датчики та виконавчі механізми, без потреби у додаткових модулях введення/виведення.

Контролер оснащений:

- 6 дискретними входами для приймання сигналів від датчиків стану;
- 6 дискретними виходами для керування виконавчими пристроями;
- 6 аналоговими входами для підключення датчиків температури,

вологості, тиску чи інших параметрів мікроклімату;

- 2 аналоговими виходами для формування керуючих впливів на обладнання (наприклад, частотний перетворювач, клапани тощо).

C2000-T підтримує обмін даними за стандартним протоколом Modbus, що забезпечує інтеграцію в сучасні автоматизовані системи управління та диспетчеризації. Конфігурування програмного забезпечення виконується у зручному середовищі, яке дозволяє швидко налаштувати параметри, алгоритми та режими роботи системи.

### Функціональна схема контролера

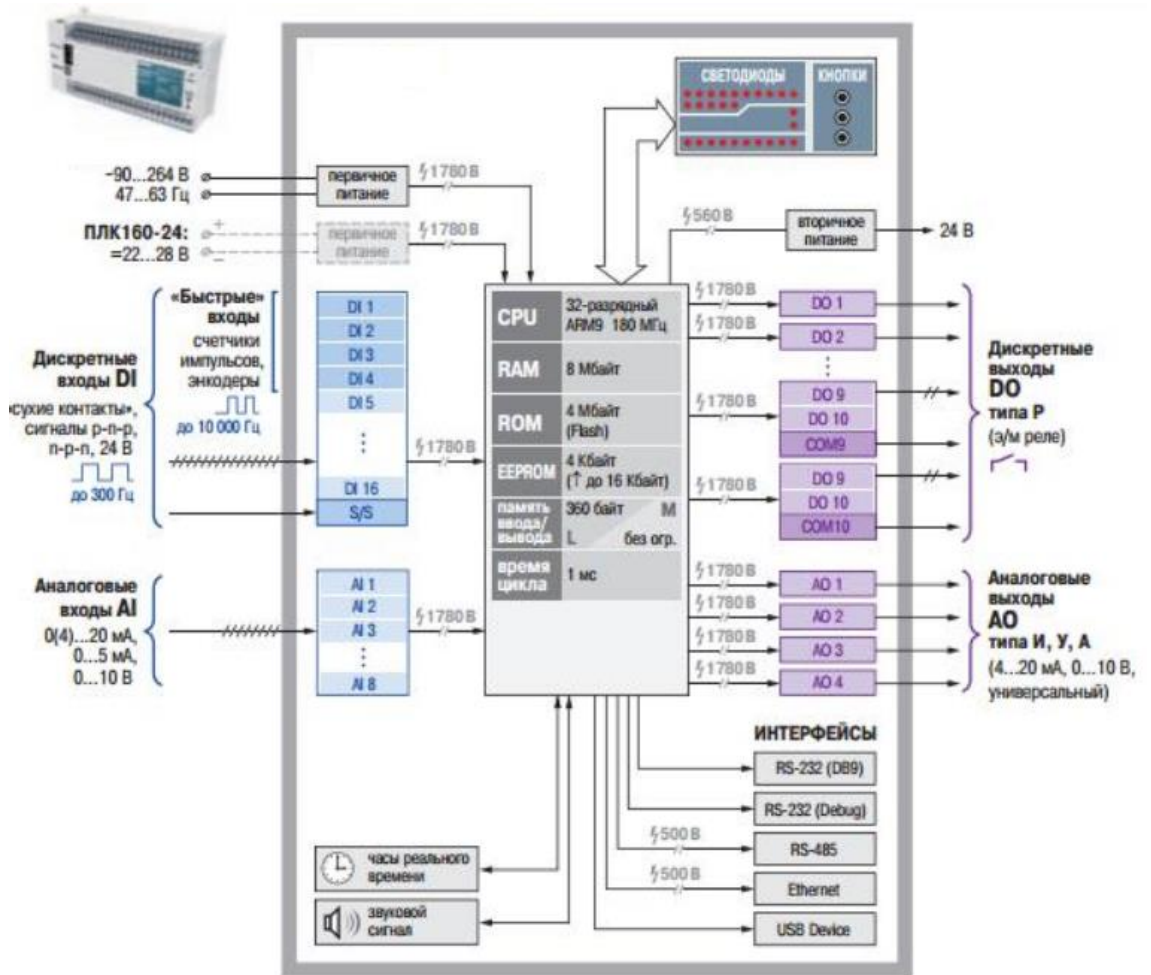


Рисунок 3.2 - Функціональна схема контролера С-2000Т

Перед початком проектування системи необхідно визначити базові технічні параметри, одним із яких є вибір інтерфейсу зв'язку із контролером

верхнього рівня. Існує велика кількість промислових комунікаційних стандартів, однак найбільш поширеними є CAN, RS-485 та Ethernet. Коротко розглянемо їх особливості.

CAN - це промисловий мережевий стандарт, призначений для об'єднання виконавчих механізмів і датчиків у єдину мережу. Передача даних здійснюється у послідовному ширококомовному режимі з використанням пакетної структури кадру. Стандарт був створений компанією *Robert Bosch GmbH* у 1980-х роках і широко використовується у промисловій автоматизації, автомобілебудуванні та системах «розумного дому». Головним недоліком CAN є слабка інтеграція в побутову електроніку.

RS-485 - стандарт фізичного рівня для асинхронних інтерфейсів зв'язку. Він визначає електричні параметри диференціальної шини типу «загальна лінія», що підтримує підключення великої кількості пристроїв. RS-485 став базою для створення численних промислових протоколів і широко застосовується в автоматизованих системах керування. Недоліком цього інтерфейсу є обмежене застосування в побутових пристроях та специфіка коротких пакетів обміну.

Ethernet - це сімейство протоколів пакетної передачі даних, яке використовується як у комп'ютерних, так і в промислових мережах. Стандарти IEEE 802.3 визначають фізичний рівень, формат кадрів, методи доступу та інші параметри. Ethernet став найбільш поширеною технологією локальних мереж із 1990-х і залишається стандартом де-факто. Його перевага - універсальність, висока пропускна здатність і сумісність із широким спектром обладнання.

У межах цієї кваліфікаційної магістерської роботи обрано інтерфейс Ethernet, оскільки він масово використовується, дозволяє підключати пристрій без додаткових перетворювачів та забезпечує зручність для кінцевого користувача. Крім того, Ethernet підтримує роботу з багатьма вузлами одночасно завдяки технології CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection), яка контролює доступ до спільного середовища та виявляє колізії. CSMA/CD працює на каналному рівні моделі OSI та використовується

як у класичних Ethernet-мережах, так і у високошвидкісних (Fast Ethernet, Gigabit Ethernet).

### **Розробка протоколу зв'язку з контролером**

Безперечно, мікроконтролер повинен мати можливість встановлювати зв'язок та обмінюватися даними з іншими пристроями. Для цього необхідне застосування універсального протоколу комунікації. Оскільки під час виконання роботи не було знайдено готового протоколу, який би відповідав поставленим вимогам, виникла потреба розробити власний варіант.

Першим етапом у створенні такого протоколу є вибір формату передачі даних, адже саме від нього залежить подальша структура та реалізація системи. Зазвичай обмін інформацією може здійснюватися в цифровому, символному або текстовому форматі. У даному випадку немає високих вимог щодо швидкодії або пропускну здатності каналу, тому доцільно використовувати текстовий формат, який є наочним і зручним для аналізу.

Серед поширених текстових форматів обміну даними найбільш придатними є JSON та XML. Коротко розглянемо їх особливості.

### **JSON (JavaScript Object Notation)**

**JSON (JavaScript Object Notation)** - це текстовий формат обміну даними, створений на основі синтаксису JavaScript. Як і інші текстові формати, JSON легко читається людиною. У закодованому вигляді JSON-повідомлення може мати одну з двох структур:

- **набір пар «ключ–значення»**. У різних мовах програмування така структура відповідає запису, словнику, структурі, хеш-таблиці, асоціативному масиву тощо. Ключ завжди є рядком (чутливим до регістру), а значення може бути практично будь-якого типу;
- **впорядкований список значень**, який у програмуванні реалізується як масив, вектор або послідовність.

Формати даних, що лежать в основі JSON, підтримуються всіма сучасними мовами програмування. Саме це робить JSON зручним і

універсальним способом обміну інформацією між різними програмними компонентами та системами.

### **JSON (JavaScript Object Notation)**

JSON - це текстовий формат обміну даними, що походить від мови JavaScript. Подібно до інших текстових форматів, він легко читається людиною та зручний у використанні в програмному середовищі.

Файл JSON може містити одну з двох структур даних:

- набір пар «ключ–значення», що в різних мовах програмування реалізується як структура, словник, асоціативний масив або хеш-таблиця;
- впорядкований список значень, аналог масиву, вектора чи послідовності.

Ключі в JSON завжди подаються у вигляді рядків (чутливих до регістру), а значенням може бути будь-який підтримуваний тип даних. Перевага JSON полягає в тому, що його структура підтримується практично всіма сучасними мовами програмування, що робить його універсальним засобом передачі даних між різними програмними платформами й системами.

### **XML (eXtensible Markup Language)**

XML - це розширювана мова розмітки, яка визначає правила побудови XML-документів і частково регламентує роботу програмних засобів, що їх опрацьовують. Мова створена як універсальний формат із простим синтаксисом, придатний як для автоматизованої обробки, так і для читання людиною.

XML є розширюваним, тобто не задає фіксованого набору тегів: користувач може створити власну розмітку, дотримуючись базових синтаксичних принципів. На основі XML можуть формуватися спеціалізовані розширення - словники тегів із визначеними правилами вкладеності та атрибутами.

Попри універсальність, широке поширення і підтримку Unicode, повна реалізація XML-процесорів є досить складною та ресурсомісткою. У межах

даної роботи застосування XML є недоцільним, тому оптимальним вибором формату обміну даними є JSON.

Протокол обміну даними організовано таким чином: контролер верхнього рівня (клієнт) надсилає запит до сервера - розробленого пристрою. Після обробки отриманого запиту сервер формує та повертає клієнту відповідь.

Сервер повинен підтримувати основні групи команд, зокрема:

- команди для конфігурації параметрів інтерфейсу;
- команди для передавання даних через інтерфейс;
- команди для скидання та повторної ініціалізації інтерфейсу.

Наприклад, до таких команд належать інструкції з налаштування інтерфейсу SPI-3, представляє собою наступне повідомлення:

```
{  
  «interface» : «spi3»,  
  «manage» : «config»,  
  «speed» : «10500000»,  
  «polar» : «0»,  
  «bits» : «8»,  
  «phase» : «first2  
  «bit_order» : «msb»,  
  «use_cs» : «off»  
}
```

У полі «interface» після двокрапки вказується інтерфейс, з яким здійснюється поточна робота. Команда «manage» визначає дію, яку потрібно виконати над інтерфейсом; у даному випадку - його налаштування («config»). Далі подаються параметри, специфічні для вибраного інтерфейсу.

Якщо певний параметр налаштування не зазначений у повідомленні, його значення залишається попереднім (або стандартним, якщо конфігурація виконується вперше). У разі помилки в написанні команди мікроконтролер просто проігнорує її. Якщо ж параметр задано некоректно, контролер

встановить значення за замовчуванням для цього пункту та надішле відповідь, що налаштування виконано лише частково.

Повторний запит на читання параметрів інтерфейсу дозволяє визначити, які саме команди не були прийняті або виконані.

Дізнатися налаштування можна відправивши пусте повідомлення налаштування:

```
{  
  «interface» : «spi3»,  
  «manage» : «config»,  
}
```

Якщо все налаштування введені правильно, то сервер поверне відповідь:

```
{  
  «interface» : «spi3»,  
  «manage» : «config»,  
  «status» : «ok»,  
}
```

Якщо неправильно вказана команда «interface», або обраний інтерфейс не

існує, то контролер поверне відповідь:

```
{  
  «status» : «wrong»,  
}
```

Команда «manage» не є обов'язковою. Якщо її не вказати, пристрій автоматично використає значення за замовчуванням - тобто спробує виконати відправлення даних (еквівалент «manage» : «none»).

Передача даних здійснюється таким чином: формується повідомлення, у якому обов'язково зазначається параметр «interface», а також налаштування, що стосуються поточної сесії передачі. Поле «data» містить інформацію, яку потрібно передати через вибраний інтерфейс.

Дані інтерпретуються як рядки і передаються так само. наприклад:

```
{  
  «interface» : «uart2»,  
  «wait_data_us» : «10000»,  
  «timeout_ms» : «500»,  
  «data» : «hello world»,  
}
```

У цьому прикладі контролер здійснить передачу текстового повідомлення `hello world` (без лапок) через інтерфейс `UART2`. налаштування:

- `wait_data_us` – максимальна затримка між байтами при очікуванні відповіді;

- `timeout_ms` – час очікування відповіді;

- `data` – дані для відправки.

У цьому прикладі контролер здійснить передачу текстового повідомлення **hello world** (без лапок) через інтерфейс **UART2**.

```
{  
  «interface» : «uart2»,  
  «status» : «ok»,  
  «response» : «hello»  
}
```

Якщо час очікування відповіді вийшов, а відповідь від периферійного пристрою не прийшла, то сервер поверне відповідь зі статусом `«timeout»`:

```
{  
  «interface» : «uart2»,  
  «status» : «timeout»,  
}
```

Вимкнення інтерфейсу проводиться командою `«reset»`, переданої по ключу `«manage»`:

```
{  
  «interface» : «spi3»,  
  «manage» : «reset»  
}
```

```
}
```

Після вимкнення інтерфейсу сервер поверне відповідь:

```
{
```

```
    «interface» : «spi3»,
```

```
    «manage» : «reset»,
```

```
    «status» : «ok»
```

```
«response» : «hello»
```

```
}
```

Якщо час очікування відповіді вийшов, а відповідь від периферійного пристрою не прийшла, то сервер поверне відповідь зі статусом «timeout»:

```
{
```

```
    «interface» : «uart2»,
```

```
    «status» : «timeout»,
```

```
}
```

Вимкнення інтерфейсу проводиться командою «reset», переданої по ключу «manage»:

```
{
```

```
    «interface» : «spi3»,
```

```
    «manage» : «reset»
```

```
}
```

Після вимкнення інтерфейсу сервер поверне відповідь:

```
{
```

```
    «interface» : «spi3»,
```

```
    «manage» : «reset»,
```

```
    «status» : «ok»
```

```
}
```

### **Розробка структури програмного забезпечення**

Під час створення програмного забезпечення для вбудованих систем орієнтуються на структурну схему, подану на рисунку 4.3. Між прикладним

програмним забезпеченням користувача та апаратною частиною мікроконтролера розташовані драйвери пристроїв, а також рівень апаратної абстракції (HAL). Саме HAL забезпечує коректну взаємодію зі стандартними бібліотеками мови програмування C та спрощує доступ до апаратних ресурсів.

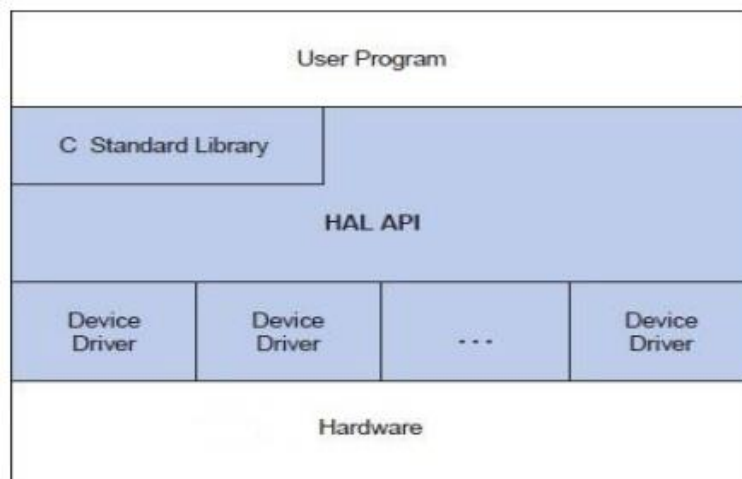


Рисунок 3.3 - Загальна структура вбудованого ПЗ

Для оптимізації часу розробки програмного забезпечення у проєкті застосовуються драйвери пристроїв та HAL-API, які надає компанія STM. Для забезпечення Ethernet-комунікації використовується TCP/IP-стек LwIP (lightweight IP), створений Адамом Дункельсом. Цей стек спеціально адаптований для застосування у вбудованих обчислювальних системах з обмеженими ресурсами.

Існують такі підходи до побудови програмного забезпечення для вбудованих систем:

- моноцикл (Simple Loop) - програма виконується у вигляді нескінченного циклу без використання переривань, обробляючи події послідовно.
- обробка подій - робота програми організована навколо подій: вона реагує на асинхронні сигнали й перебуває в режимі очікування до появи наступної події.
- комбінований метод - основні обчислення виконуються у вигляді окремих програмних задач, тоді як асинхронні події

обробляються за допомогою переривань. Можлива реалізація як із використанням ОС реального часу (ОСРВ), так і без неї.

Застосування комбінованого підходу разом з ОСРВ забезпечує низку переваг:

- значне прискорення процесу розробки та налагодження;
- підвищення модульності системи;
- спрощення подальшої модернізації та допрацювання ПЗ;
- збільшення стабільності та швидкодії завдяки ефективному розподілу обчислювальних ресурсів і керуванню периферією.

Разом із тим, використання ОСРВ має певні недоліки:

- необхідність володіння спеціалізованими знаннями щодо архітектури та принципів роботи ОС реального часу, а також навичок проектування таких систем;
- додаткові витрати обчислювальних ресурсів на перемикання контексту між задачами.

Використання комбінованого підходу до побудови вбудованого програмного забезпечення із залученням операційної системи реального часу (ОСРВ) забезпечує низку переваг:

- прискорюється процес розробки та налагодження програмного забезпечення;
- зростає модульність системи, що спрощує її подальше розширення;
- зменшується складність модернізації та внесення змін;
- підвищується швидкодія та стабільність роботи, оскільки навантаження між задачами розподіляється ефективніше, а взаємодія з периферією використовує ресурси процесора більш раціонально.

Разом із тим використання ОСРВ має і певні недоліки:

- для роботи з такими системами потрібні глибокі знання принципів функціонування ОСРВ, а також навички проектування та налагодження багатозадачних вбудованих систем;
- робота ОСРВ потребує додаткових ресурсів мікроконтролера,

зокрема процесорного часу для перемикання контексту між задачами, що збільшує загальне навантаження на систему.

Для створення програмного забезпечення комутатора інтерфейсів доцільно застосовувати операційну систему реального часу, оскільки вона забезпечує мінімальне навантаження на процесор і високу швидкість обробки асинхронних подій, такими як сеанси обміну даними.

У цьому проєкті використовується FreeRTOS - багатозадачна ОСРЧ, яка широко застосовується у вбудованих системах і підтримує понад 35 різних мікропроцесорних архітектур. Починаючи з 2017 року вона розповсюджується за ліцензією MIT.

Обробка запиту від контролера верхнього рівня складається з кількох послідовних етапів:

- приймання даних від клієнта;
- розбір (декодування) отриманого JSON-повідомлення;
- формування внутрішньої команди;
- передавання даних на периферійний пристрій;
- очікування відповіді, якщо це необхідно;
- формування JSON-відповіді;
- повернення відповіді клієнту.

### **Розробка програмного забезпечення для контролера**

Для розробки та тестування програмного забезпечення комутатора вбудованих інтерфейсів використовується утиліта **PuTTY**, яка дає змогу передавати дані через Ethernet. Перед початком роботи програму слід налаштувати відповідно до параметрів, показаних на рисунку 3.4

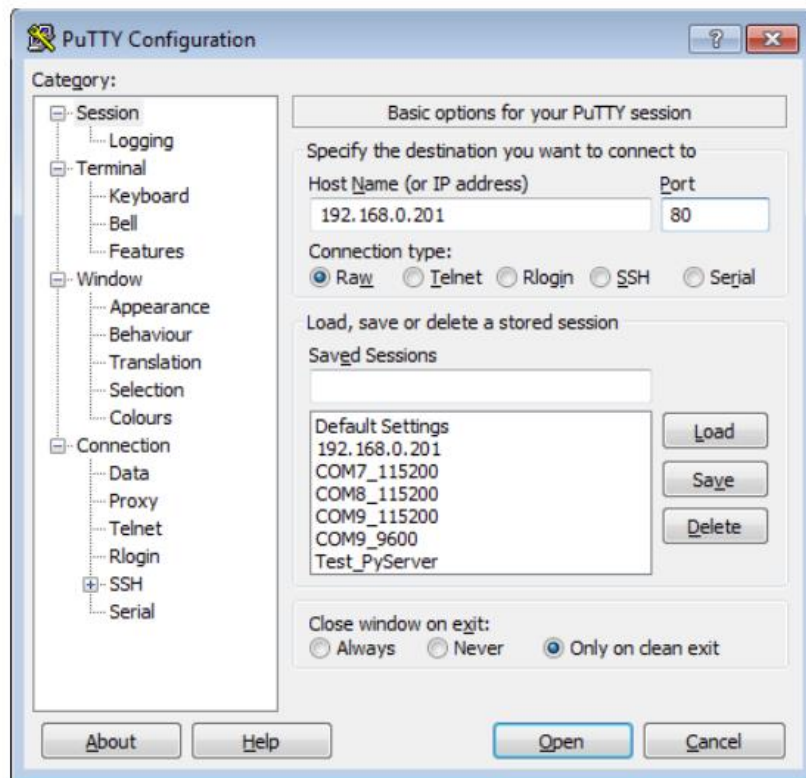


Рисунок 3.4 – Налаштування PuTTY для емуляції контролера

У цьому вікні потрібно ввести IP-адресу пристрою 192.168.0.201 у поле «Host Name», а в поле «Port» - значення 80. Тип підключення «Connection type» слід перемкнути в режим «Raw». Після натискання кнопки «Open» встановлюється TCP/IP-з'єднання з пристроєм, після чого можна надсилати дані у форматі JSON.

Для спрощення та прискорення розробки програмної частини буде використано STM32CubeMX - графічний інструмент для конфігурації мікроконтролерів STM32, який автоматично генерує C-код на основі вибраних параметрів та налаштувань.

Програмний пакет STM32CubeMX, розроблений компанією *STMicroelectronics*, є повноцінним автоматизованим середовищем для створення систем на базі 32-бітних мікроконтролерів ARM Cortex. Це зручний інструмент, який дозволяє виконувати детальне налаштування конфігурації мікроконтролера та автоматично генерувати початкові файли ініціалізації, що можуть бути використані в різних системах розробки та налагодження

програмного забезпечення.

Завдяки STM32CubeMX процес створення вбудованого ПЗ значно спрощується та пришвидшується. Програма не вимагає від початківців глибокого знання всієї технічної документації на мікроконтролер - достатньо базового розуміння його архітектури та можливостей бібліотек. Це робить інструмент особливо корисним для швидкого старту та підготовки проєктів будь-якої складності.

### **Розробка та налагодження проєкту в середовищі IAR Embedded Workbench**

Інтегроване середовище IAR Embedded Workbench забезпечує можливість створення високоякісного програмного забезпечення для мікроконтролерів (рис. 3.5). Компілятор IAR генерує оптимізований машинний код, що є однією з ключових його переваг.

Важливою особливістю цього середовища є вбудований емулятор C-SPY, який суттєво спрощує процес тестування та налагодження. Додатковою перевагою є підтримка спеціалізованих інструментів для діагностики та налагодження ОС реального часу FreeRTOS як у самій мікросхемі, так і під час роботи в емуляторі.

Нижче наведено вікно редактора кода.

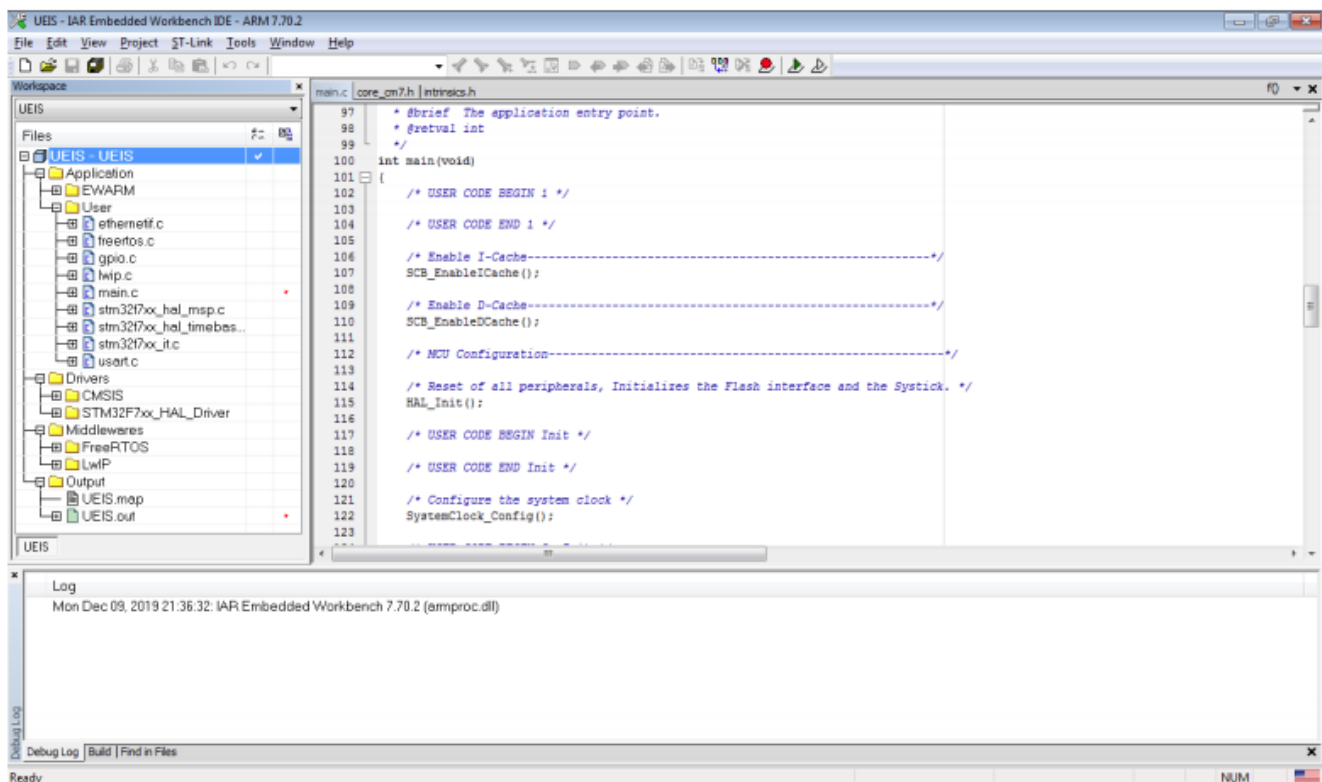


Рисунок 3.5 – Вікно редактору коду середовища IAR Embedded Workbench

Оскільки проєкт для IAR Embedded Workbench був згенерований у середовищі STM32CubeMX, більшість базових параметрів уже налаштовано автоматично. Додатково необхідно вручну вимкнути оптимізацію компіляції, адже вона активована за замовчуванням і суттєво ускладнює процес налагодження. Це робиться в меню «C/C++ Compilers», вкладка «Optimization».

Оптимізацію можна залишити лише для модулів OCPB та стеку LwIP, оскільки вони вже стабільні та попередньо перевірені.

Також слід активувати плагін для відлагодження FreeRTOS у розділі «Debugger» → «Plugins», що дозволить коректно відстежувати роботу задач операційної системи під час тестування, зображено на (рисунок 3.6).

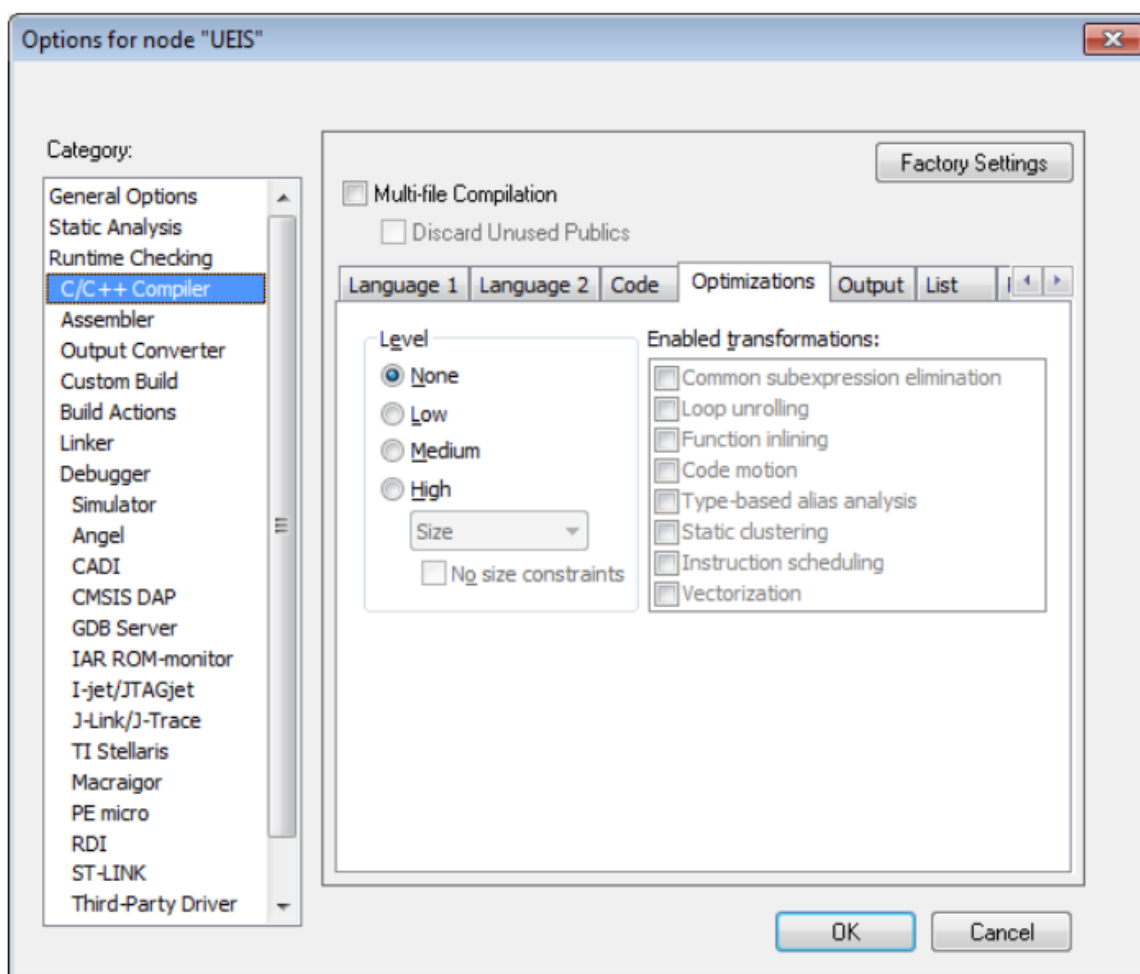


Рисунок 3.6 – Відключення оптимізації для всього проекту в середовищі IAR Embedded Workbench

Розроблений пристрій дає змогу встановлювати необхідні параметри, що надходять від контролера верхнього рівня, на підключені периферійні модулі, а також отримувати від них зворотні дані й передавати їх назад. Система підтримує роботу з периферійними пристроями через три інтерфейси: UART, SPI та I<sup>2</sup>C. У перспективі передбачено розширення можливостей за рахунок інтеграції підтримки CAN та 1-Wire, апаратні ресурси для яких уже реалізовані в мікроконтролері.

Програмний код сервера обміну даними подано в додатку до пояснювальної записки, а опис алгоритму роботи системи управління наведено в окремому розділі документації зображено на рисунку 3.7.

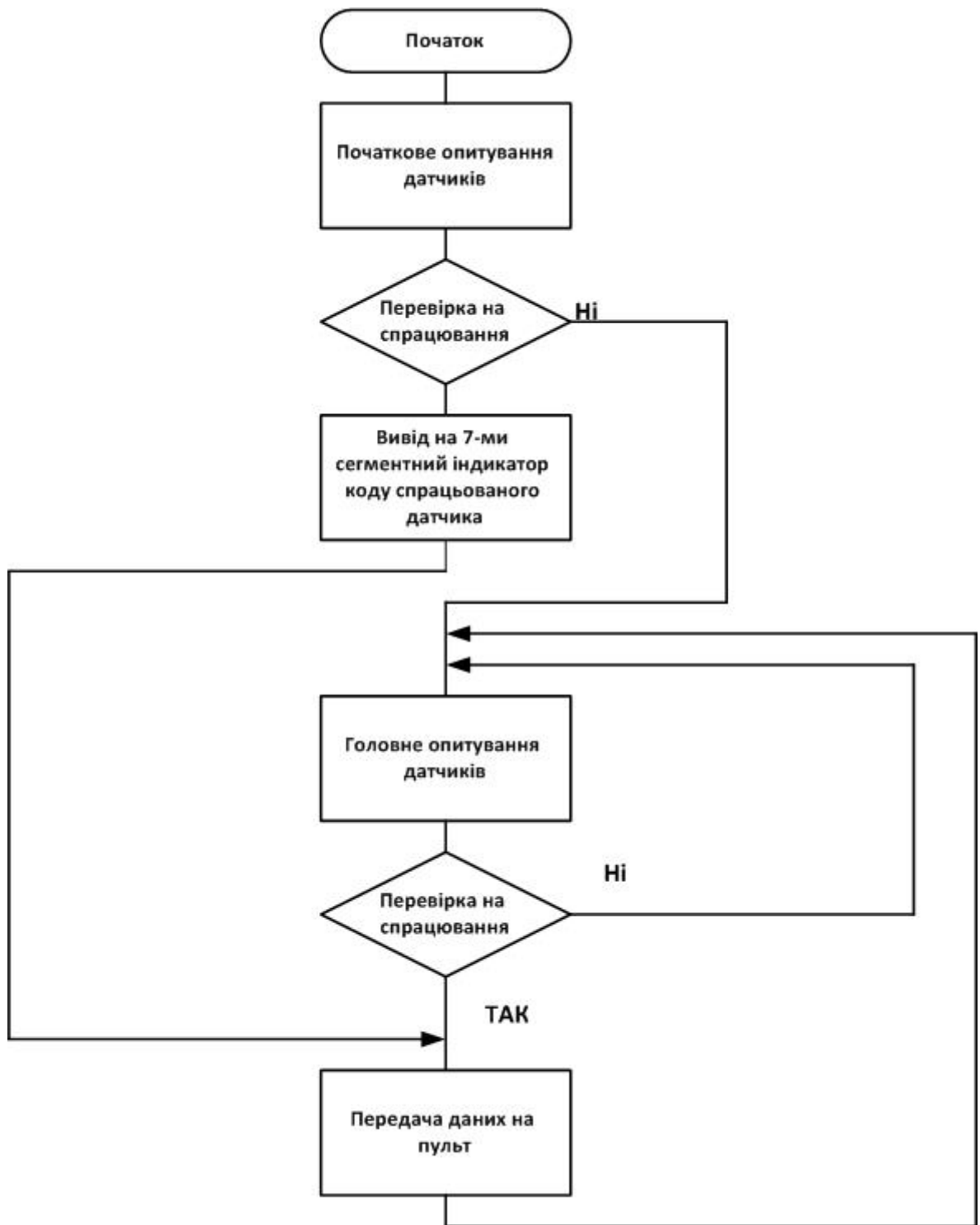


Рисунок 3.7 - Алгоритм роботи системи

Розробка інтерфейсу для керування системою з персонального комп'ютера

Для забезпечення можливості керування системою за допомогою ПК

було створено спеціальне програмне забезпечення. Додаток реалізовано з використанням мови програмування PHP 5.3 та СУБД MySQL.

### **Реалізація модуля авторизації користувача**

Авторизація користувача здійснюється на основі введених ним персональних даних - логіна та пароля.

Алгоритм роботи авторизаційного механізму:

- користувач вводить свої облікові дані (логін і пароль).
- система перевіряє коректність заповнення полів.
- виконується пошук користувача в базі даних і звірка введених даних із зареєстрованими (виконується розгалуження алгоритму).

У разі успішної перевірки здійснюється вхід до персонального кабінету користувача.

Розгалужена частина алгоритму означає, що подальші дії залежать від результату перевірки введених даних.

Інтерфейс форми входу до системи наведено на рисунку 3.8 у додатку.

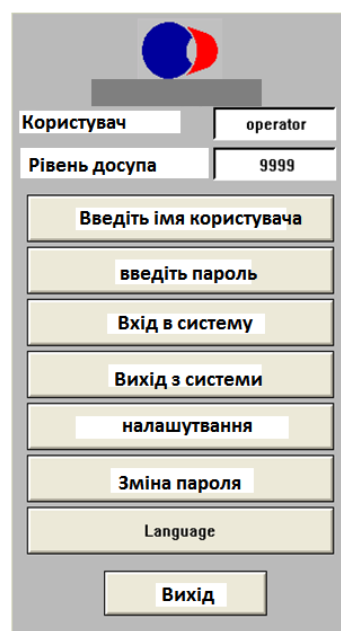


Рисунок 3.8 - Інтерфейс входу до системи

На рисунку 3.9 представлено блок-схему алгоритму роботи системи авторизації користувача. Програмний код створеного програмного інтерфейсу для ПК наведено в додатку у файлі Index.php.

## Програмний код реєстрації користувача

Функція `login_form()` призначена для реєстрації та авторизації користувачів у системі. Вона автоматично запускається під час старту веб-додатку, після чого відображає форму входу та містить посилання, яке дозволяє користувачу перейти до процедури створення нового облікового запису:

```
<a href='register_new.php'>Не зареєстровані-??</a>
```

Файл `register_new.php`, на який веде відповідне гіперпосилання, забезпечує можливість створення нового облікового запису та реєстрації користувача в системі.<?>

```
require_once('function.php');
do_html_header();
?>
<h1>Реєстрація нового користувача.h1>
<?
display_registration_form();
do_html_footer();
?>
```

Файл `register_new.php`, на який веде гіпертекстове посилання, забезпечує можливість реєстрації нового користувача в системі.

У цьому файлі міститься функція `display_registration_form`, що відповідає за відображення форми реєстрації та містить стандартну структуру веб-сторінки, опис якої було наведено у попередньому розділі. Також у файлі виконується підключення основного функціонального модуля веб-додатка — `function.php`.

Функція `display_registration_form` передає всі введені користувачем дані до файлу `add_user.php`. Програмний код файлу `add_user.php` наведений у додатку.

Якщо введені користувачем дані відповідають встановленим вимогам, у системі виконується реєстрація нового користувача за допомогою функції `register`, що також знаходиться у файлі `add_user.php`. Ця функція додає нового користувача до бази даних. Для кращого розуміння роботи механізму реєстрації у подальшому розміщено програмний код функції `register`.

```

function register($name,$password){db_connect();
mysql_select_db("user");
$zaput="select * from register where username='$name' ";
$result=mysql_query($zaput);
if(mysql_num_rows($result)>0){echo "Таке ім'я вже існує в базі даних
";exit; }
$zaput="insert into register (username,password,status)
values('".$name."','".$password."','".$0')";
$result=mysql_query($zaput);
if(!$result){echo"Помилка запису даних";}
}

```

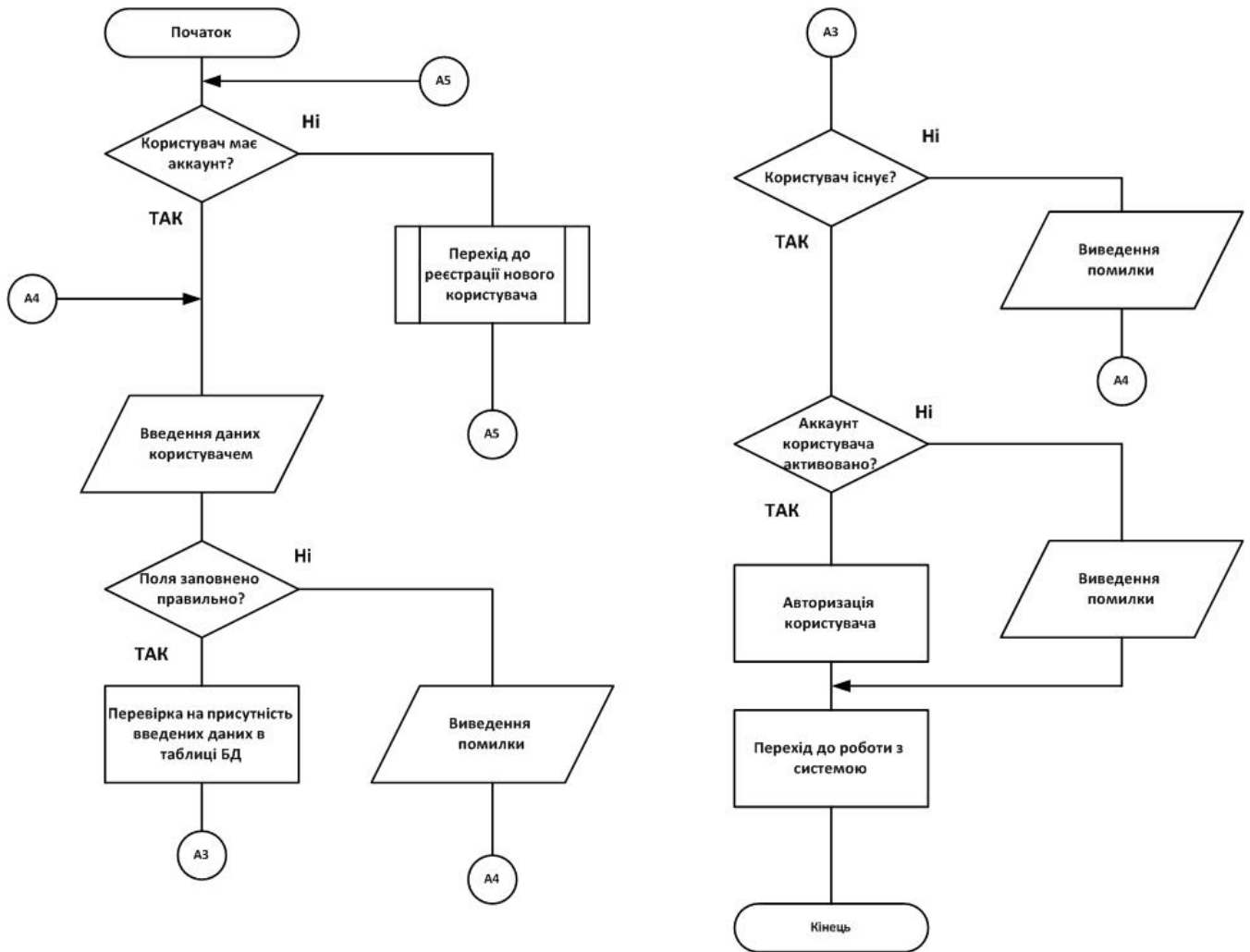


Рисунок 3.9 – Блок схема алгоритму роботи авторизації користувача

## Захист розробленого програмного забезпечення

Для захисту створеного програмного забезпечення запропоновано застосувати шифр Rijndael, який став фіналістом конкурсу AES. Це нетиповий блоковий алгоритм, оскільки він не використовує мережу Фейштеля, а базується на іншому підході до криптографічних перетворень. У цьому методі кожен блок вихідних даних подається у вигляді двовимірної матриці байтів розмірами  $4 \times 4$ ,  $4 \times 6$  або  $4 \times 8$  - залежно від вибраної довжини блоку. Подальші трансформації виконуються над окремими байтами, рядками або стовпцями цієї матриці.

Усі операції алгоритму мають чітке математичне обґрунтування. Архітектура Rijndael дозволяє реалізовувати його з високою ефективністю як на 16-бітних, так і на 64-бітних мікропроцесорах. Крім того, частина операцій може виконуватися паралельно, що на багатопроцесорних системах забезпечує прискорення шифрування до чотирьох разів.

Алгоритм складається з певної кількості раундів (10–14, залежно від довжини ключа та розміру блоку), у межах яких послідовно виконуються передбачені етапи криптографічних перетворень.

ByteSub – Таблична підстановка  $8 \times 8$  біт (рисунок 3.10).

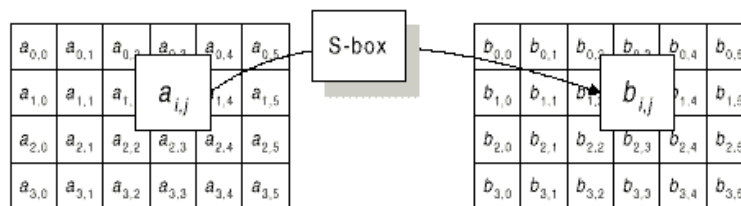


Рисунок 3.10 – Таблична підстановка  $8 \times 8$  біт

ShiftRow – зрушення рядків у двовимірному масиві на різні зсуви (рисунок 3.11).

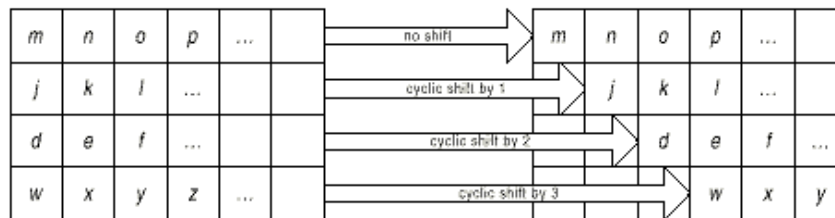


Рисунок 3.11 –Зрушення рядків у двовимірному масиві на різні зсуви

MixColumn – математичне перетворення, що перемішує дані усередині стовпця (рисунок 3.12).

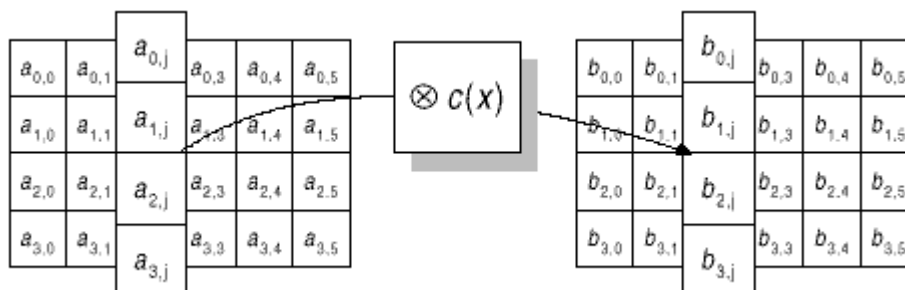


Рисунок 3.12 – Математичне перетворення, що перемішує дані усередині стовпця

AddRoundKey – додавання матеріалу ключа операцією XOR (рисунок 4.13).

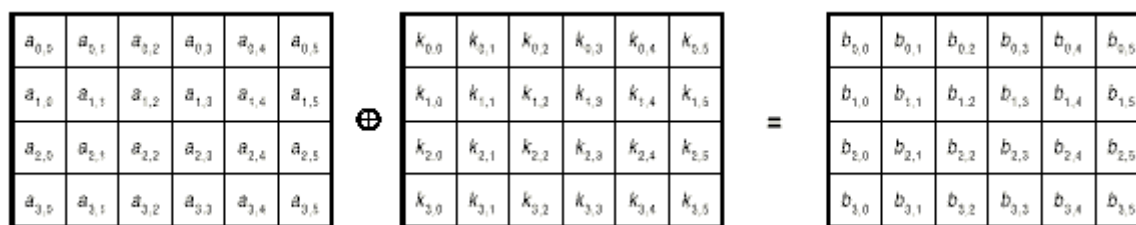


Рисунок 3.13 – Додавання матеріалу ключа операцією XOR

В останньому раунді шифрування операція змішування стовпців не

виконується, що робить загальну структуру алгоритму повністю симетричною.

### **Способи захисту**

Попри те, що для здійснення успішної атаки зловмиснику необхідні певні знання про структуру бази даних, отримати цю інформацію зазвичай нескладно. Якщо база даних входить до складу open-source системи або програмного пакета з типовою інсталяцією, її структура фактично є публічно доступною. Аналогічно, навіть у закритих проєктах ці відомості можна отримати, аналізуючи зкомпільований чи обфускований код або через повідомлення про помилки.

Також поширеною вразливістю є використання передбачуваних назв таблиць і полів, наприклад таблиці *users* зі стовпцями *id* та *username*. Більшість атак стаються через програмний код, написаний без урахування вимог безпеки. Тому не можна довіряти жодним вхідним даним - особливо тим, що надходять від клієнтської частини, включаючи дані з форм, приховані поля або куки.

### **Заходи безпеки**

Під час проєктування та розробки програмного забезпечення необхідно суворо дотримуватись правил інформаційної безпеки. Основні рекомендації включають:

Не використовувати облікові записи з максимальними правами. Підключення до бази даних не повинно виконуватися від імені суперкористувача чи власника БД. Для роботи слід створювати окремих користувачів із мінімально необхідними правами.

Застосовувати підготовлені запити (prepared statements). Використовуйте PDO, MySQLi або інші бібліотеки, що підтримують прив'язку параметрів. Це надійний спосіб запобігти SQL-ін'єкціям.

Перевіряти всі вхідні дані. Будь-які дані з боку клієнта (у тому числі приховані поля форм, куки та дані URL) не можуть вважатися безпечними й потребують ретельної валідації.

Використовувати функції перевірки типів. У PHP є широкий набір інструментів для контролю коректності інформації:

- `is_numeric()` - перевірка числових значень;
- `ctype_digit()` - перевірка символів на відповідність цифрам;
- регулярні вирази - для складної валідації введених даних.

Примусово встановлювати або перевіряти типи даних. За потреби можна користуватися `settype()`, або безпечно перетворювати значення через форматування, наприклад за допомогою `sprintf()`.

### Безпечніша реалізація посторінкової навігації

```
<?php
settype($offset, 'integer');
$query = "SELECT id, name FROM products ORDER BY name LIMIT 20 OFFSET
$query = sprintf("SELECT id, name FROM products ORDER BY name LIMIT 20
OFFSET %d;",
    $offset);
?>
```

Якщо система керування базами даних не підтримує прив'язані змінні, то всі нечислові дані, що потрапляють у SQL-запити, обов'язково потрібно попередньо екранувати спеціальними функціями, призначеними для конкретного типу бази даних (наприклад, `mysql_real_escape_string()`, `sqlite_escape_string()` тощо). Загальні функції на кшталт `addslashes()` не слід використовувати, адже вони забезпечують лише частковий захист і підходять не для всіх випадків.

Не можна допускати виведення будь-якої інформації про структуру або вміст бази даних у відкритому вигляді. Для підвищення безпеки можна застосовувати збережені процедури, які абстрагують доступ до даних, хоча їх використання має свої нюанси.

Хоч моніторинг не здатен повністю запобігти атакам, він є важливим інструментом для аналізу інцидентів. Інформативні лог-файли дозволяють швидко виявити джерело проблеми та простежити дії зловмисника.

## **4. ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ**

### **Вимоги до вентиляції укриття**

В укриттях повинні бути встановлені повітроводи, протипилові фільтри та фільтри-поглиначі. Останні забезпечують захист від токсичних бойових речовин, хімічних і біологічних агентів, а також від пилу. Під час роботи вентиляційної системи необхідно забезпечити герметичність усіх з'єднань повітроводів. Якщо з'єднання недостатньо щільні, це може спричинити витік повітря.

Місця негерметичності у фланцевих, муфтових та інших типах з'єднань дозволяється визначати за відхиленням полум'я свічки під час роботи повітропостачання (п.1 розд. 3, джерело: zakon.rada.gov.ua).

Встановлення фільтрів-поглиначів здійснюється з урахуванням таких правил:

- нижній фільтр монтується на дві промаслені дерев'яні рейки перерізом не менше ніж 40×40 мм;
- порядок розміщення фільтрів у колонці залежить від напрямку потоку повітря (зверху вниз або знизу вверх).

При цьому кожен наступний фільтр у напрямку руху повітря повинен мати більший аеродинамічний опір за попередній.

Забороняється використовувати фільтри з пошкодженими корпусами, вм'ятинами, зафарбованим або зіпсованим маркуванням (п.3 розд. 8). Термін придатності фільтрів визначають згідно з технічною документацією. Після досягнення максимально допустимого строку служби за результатами перевірки ухвалюють рішення про заміну або продовження терміну придатності. Якщо фільтр зберіг необхідні захисні властивості, його використання може бути подовжено до наступної контрольної перевірки (п.4

розд. 9).

Контроль підпору повітря в укритті здійснюється за допомогою тягонапороміра, який під'єднується до атмосфери через оцинковану трубу діаметром 15 мм із запірним клапаном. Точка виходу труби має бути розташована в місці, де відсутні сторонні повітряні потоки. Якщо заводського тягонапороміра немає, дозволяється використати простий манометр із двох скляних трубок, з'єднаних гумовим шлангом.

Тягонапоромір встановлюється у вентиляційній камері (п.4 розд. 3). Детальні вимоги до вентиляції розміщені у розділі 4 документа (посилання на zakon.rada.gov.ua).

### **Програмне забезпечення до випускної кваліфікаційної роботи**

Створене програмне забезпечення призначене для керування системою вентиляції та кондиціонування з персонального комп'ютера.

Для початку роботи користувач повинен встановити програму на ПК.

Після запуску програми відображається головне вікно та здійснюється встановлення зв'язку з мікроконтролером. Далі система автоматично отримує актуальні дані з підключених датчиків.

Авторизація виконується через кнопку «Налаштування». Після її натискання відкривається сторінка авторизації, приклад якої наведено на рисунку 4.1.

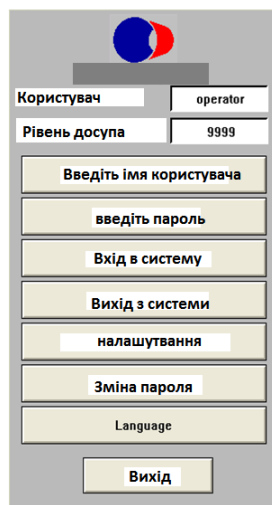


Рисунок 4.1 - Авторизація в системі управління

Після успішного проходження верифікації користувач отримує доступ до керування всіма процесами системи. Наприклад, при виборі вкладки «Кондиціонер» відкривається панель керування, зображена на рисунку 5.1



Рисунок 4.2 – Управління кондиціонування повітря

Така ж логіка роботи застосовується і для регулювання всіх інших параметрів системи.

#### **Встановлення датчиків та виконавчих елементів**

Під час розрахунку, вибору та розташування приладів на фасаді електричного пульта управління слід враховувати такі вимоги:

- елементи аварійного вимкнення повинні мати зручну форму та бути легкодоступними для швидкого реагування;
- більш габаритну й важку апаратуру доцільно встановлювати у нижній частині пульта або щита;
- обладнання, яке виділяє значну кількість тепла, потрібно розміщувати у верхній частині пульта.

При компонованні апаратури всередині пульта або щита між елементами має бути передбачено достатній простір для:

- виконання монтажних робіт;
- прокладання та фіксації з'єднувальних проводів, джгутів та інших

комунікацій;

- зручного підключення проводів до електрообладнання;
- встановлення маркувальних шильдиків або бірок, що позначають функціональне чи схемне призначення приладів;
- урахування «мертвих» зон пульта - не менше 50 мм з кожного боку;
- забезпечення запасу простору між елементами відповідно до коефіцієнта 1,2...1,3.

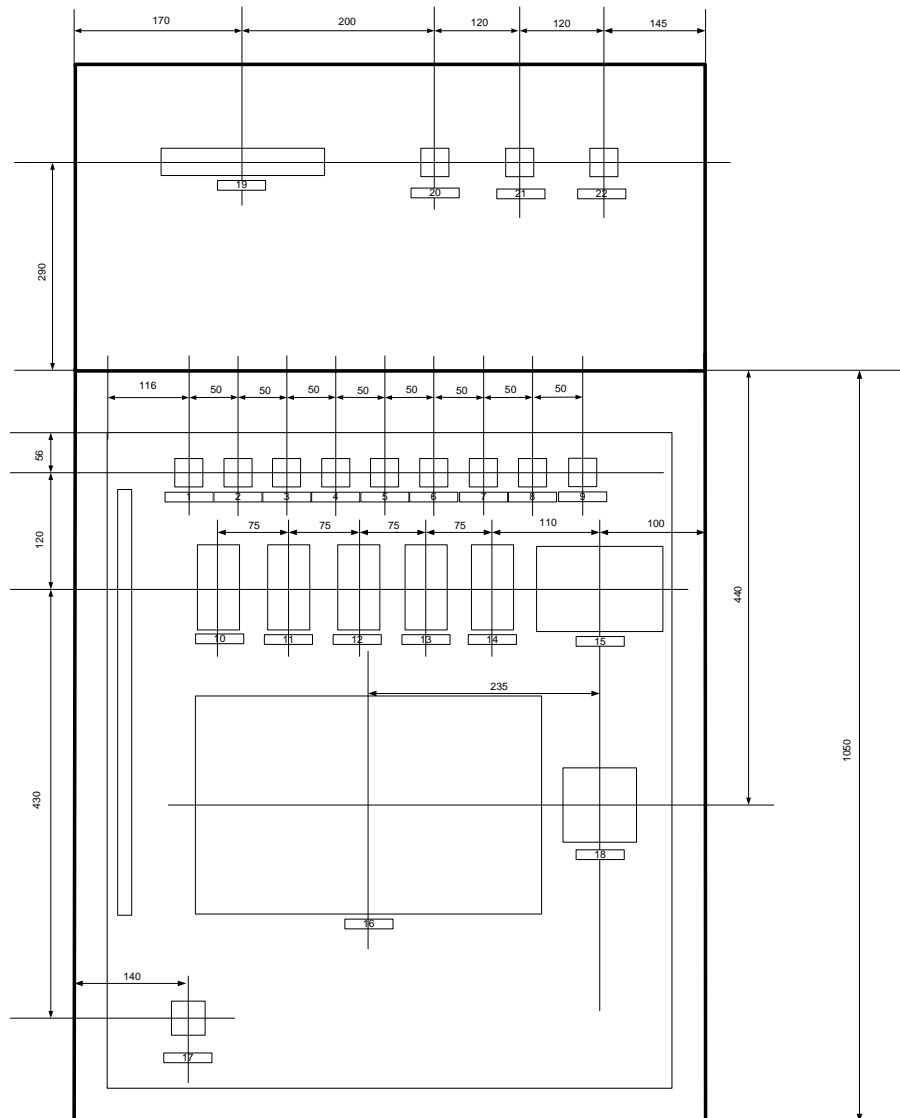


Рисунок 4.3 - Схема розміщень елементів

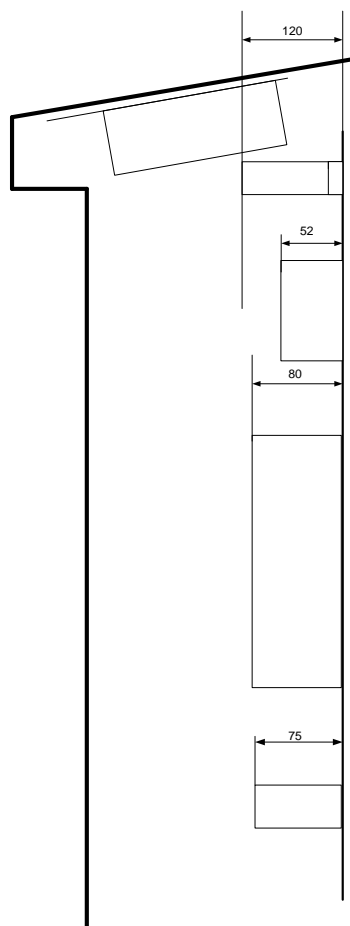


Рисунок 4.4 - Схема розміщень елементів вид збоку

### **Розробка схем з'єднань**

Схеми з'єднань (схеми зовнішніх підключень) відображають взаємозв'язки між конструктивними вузлами системи та окремо встановленими приладами й струмоприймачами. Формат оформлення таких схем може відрізнятися залежно від специфіки автоматизованих систем технологічних процесів та від вимог до комплекту постачання обладнання.

Зовнішні прилади на схемах подають у вигляді контурів, у межах яких розміщують клеми під'єднання (позначені колами) та номери проводів, що підходять до них (розташовуються над клеммами). Прилади зазвичай розташовують у ряд, без урахування їх фактичного місця встановлення на обладнанні або у виробничому приміщенні. Під зображеннями приладів наводять таблицю з технічними характеристиками та способом встановлення.

Схеми підключень у системах керування технологічним обладнанням виконують таким чином:

- пульти, щити та інші вузли, для яких розробляються схеми з'єднань, зображають у вигляді прямокутника.
- усередині прямокутного контуру позначають усі клемні набори та штепсельні з'єднання, включаючи той набір клем, до якого підводиться ввід.
- вузли, окремо встановлені прилади та струмоприймачі зображають так, ніби вони розміщені відповідно до плану обладнання.
- усередині контуру приладу графічними умовними позначеннями відображають його елементи та внутрішні схеми підключення. Якщо прилад має складну внутрішню структуру, допускається показувати лише його клеми або клемні набори.

На всіх клемних наборах та біля клем під'єднання приладів зазначають номери проводів. Від клем проводять відводи; кількість ліній повинна відповідати кількості під'єднувальних проводів (але не більше двох від однієї схеми).

## ВИСНОВКИ

Розроблена в межах кваліфікаційної магістерської роботи система управління вентиляції та кондиціонування повітря в БС. Створений програмний продукт має простий, інтуїтивно зрозумілий та зручний інтерфейс, що забезпечує легкість у його освоєнні та використанні й не потребує глибоких спеціальних знань від користувача.

У процесі виконання поставленого завдання я здобув практичні навички й засвоїв принципи розв'язання задач такого типу. Під час проектування було опрацьовано ключові методи розробки систем автоматизації, зокрема принципи системного аналізу, декомпозиції проблеми та пошуку оптимальних шляхів її вирішення. Значну увагу приділено впровадженню технології AJAX у веб-ресурс, а також реалізації її клієнтської частини.

У ході роботи були вивчені основні підходи до побудови програмних структур мовами PHP та JavaScript, досліджено сервісні можливості веб-браузерів у різних операційних системах для забезпечення кросбраузерності розробленого веб-додатку. Для роботи з базою даних опановано синтаксис MySQL та основні функції реляційних СУБД. Також освоєно роботу з фреймворком jQuery, який застосовувався для реалізації AJAX-функціональності. Для перевірки працездатності системи було розроблено та застосовано тестовий алгоритм.

Окрім програмної частини була створена мікропроцесорна система керування кондиціонуванням повітря з розробкою програмного забезпечення для мікроконтролера мовою C/C++.

Разом із тим запропоноване рішення має потенціал подальшого вдосконалення та розширення функціональних можливостей.

Виконання кваліфікаційної роботи надало можливість поглибити знання у сфері програмування мікроконтролерів та опанувати сучасні методи розробки

додатків у поєднанні з використанням баз даних та засобів керування апаратною частиною.

Загалом створене програмне забезпечення підтверджує коректність обраних технічних рішень і повністю відповідає вимогам технічного завдання.

Слава Україні!

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Саліхов М.М. Самокеровані автомобілі та системи їх навігації// Навч. посібник / В. Є. Бахрушин. – Запоріжжя: КПУ, 2011. – 268 с
2. Кузнецов Ю.М., Луців І.В., Дубиняк С.Г. Теорія технічних систем. - К.: Тернопіль, 1998.-310с.
3. Стеклов В.К. Проектування систем автоматичного керування. - К.:Вища школа,1995.-231 с.
4. Мигаль В. Д. Інтелектуальні системи в технічній експлуатації автомобілів: монографія. Х.: Майдан, 2018. 262 с.
5. Романенко В.Д. Методи автоматизації прогресивних технологій.- К.:Вища школа,1995.-519 с.
6. Рудик А. В. Наукові основи та принципи побудови приладової системи.
7. Koval V., Adamiv O., Proc. of the Third IEEE International Workshop on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS'2005). – Sofia (Bulgaria). – 2005. – P. 120- 124.
8. Зайцев Г.Ф., Стеклов В.К., Бріцький О.І. Теорія автоматичного управління. – К.: Техніка, 2002. – 688 с.
9. Довідник по автоматизації с/г виробництва //За ред. І.І. Мартиненка.- К.:Урожай,1985.-212 с.
10. Мигаль В. Д. Інтелектуальні системи в технічній експлуатації автомобілів: монографія. Х.: Майдан, 2018. 262 с.
11. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування: Підручник. – 2-ге вид., – К.: Либідь, 2007. - 656 с.
12. Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промисловості: Підручник/ Ладанюк А.П.,Трегуб В.Г., Ельперін І.В., Цюцюра В.Д. – К.: Аграрна освіта, 2001 – 224 с.

13. Навігаційні системи [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. Спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / С.Л. Лакоза; КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. — 80 с

14. Simulink Documentation [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/simulink>.

15. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці : підруч. Львів : Афіша, 2005. 350 с.

16. Гогіташвілі Г. Г., Лапін В. М. Основи охорони праці : навч. посіб. 3-є вид., стереотипн. Львів : «Новий Світ – 2000». 2006. 232 с.

17. Босов Є. П., Жесан Р. В., Каліч В. М., Голик О. П., Зубенко В. О. Охорона праці при проектуванні систем автоматизації виробництва : навч. посіб. 2-е вид., перероб. і доп. Кропивницький : ЦНТУ, 2022. 208 с.

18. Конституція України. Київ : Андронум, 2020. 60 с.

19. Про охорону праці : Закон України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/2694-12#Text> (дата звернення: 21.10.2024).

20. Основи законодавства України про охорону здоров'я : Закон України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2801-12#Text> (дата звернення 03.11.2024).

21. Про систему громадського здоров'я : Закон України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2573-20#n840> (дата звернення 03.11.2024).

22. Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку : Закон України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/39/95-%D0%B2%D1%80> (дата звернення 29.10.2024).

23. Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування : Закон України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1105-14> (дата звернення 24.10.2024).

24. Кодекс цивільного захисту України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/5403-17#Text> (дата звернення: 17.11.2024).

25. Кодекс законів про працю України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/322-08#Text> (дата звернення: 07.10.2024).

26. Правила улаштування електроустановок : вид. офіц. Київ : Міненерговугілля України, 2017. 617 с.

27. Вікіпедія. Вільна енциклопедія : веб-сайт. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/> (дата звернення: 31.09.2024).

28. Жидецький В. Ц., Джигирей В. С., Сторожук В. М., Туряб Л. В., Лико Х. І. Практикум з охорони праці. Львів : Афіша, 2000. 352 с.

29. Іванов В. Г., Дзюндзюк Б. В., Олександров Ю. М. Охорона праці в електроустановках : навч. посіб. / за ред. В. Г. Іванова. Київ : Око, 1994. 226 с.