Хмельницький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр

Освітній рівень

Система автоматичного пожежогасіння приміщення

Назва теми

КвРАКІТ.021034.01.5 ПЗ

Рівень вищої освіти перший

Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»

Шифр, назва

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Шифр, назва

Освітня програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Назва

Виконав:

студент III курсу, група АКІТс-22-1 _____ Владислав ІЛЬЧУК

Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник _____ Микола ФЕДУЛА

Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер _____ Людмила КОРЕЦЬКА

Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:

зав. кафедри АКІТтаР _____ Валерій МАРТИНЮК

Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

«20» червня 2025 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет *інформаційних технологій*
Кафедра *автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки*
Рівень вищої освіти *перший (бакалаврський)*
Галузь знань *15 – Автоматизація та приладобудування*
Спеціальність *151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології*
Освітня програма *Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології*

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри АКІТтаР
Валерій МАРТИНЮК
07 лютого 2025р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Ільчук Владислав Ігорович
Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема роботи Система автоматичного пожежогасіння приміщення

Керівник роботи Форкун Ірина Валеріївна К.ТН.ДОЦЕНТ
Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання

Затверджено наказом ректора університету від
2 Строк подання студентом роботи на кафедру 7.06.2025р.
3 Вихідні дані до роботи Вихідні дані до роботи включають тип і площу приміщення, кількість людей, наявність інших систем безпеки, класи пожежної небезпеки, типи матеріалів, кліматичні умови, потенційні джерела загрози та відповідні норми і стандарти для проектування системи автоматичного пожежогасіння.
4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Система автоматичного пожежогасіння приміщення "СТВОРИЗ" повинна бути спроектована з урахуванням характеристик приміщення, потенційних пожежних ризиків, ефективності системи, інтеграції з іншими системами безпеки, економічної доцільності та необхідних стандартів.
5 Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)
презентаційні матеріали (слайди)
6 Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Антиплагіат	Федула М.В., доцент кафедри АКІТтаР		
Нормоконтроль	Корецька Л.О., доцент кафедри АКІТтаР		

7 Дата видачі завдання 07 лютого 2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва розділу кваліфікаційної роботи	Строк виконання	Примітка
1 - Вступ	13.03.2025	Виконано
2 – Огляд відомих	18.03.2025	Виконано
3 – Аналіз вимог до системи пожежогасіння	23.03.2025	Виконано
4- Проектування системи автоматичного пожежогасіння	13.04.2025	Виконано
5- Технічні характеристики компонентів системи	15.05.2025	Виконано
6- Висновок	20.05.2025	Виконано
7-Оформлення Пояснювальної записки КРБ	30.05.2025	Виконано
8- Оформлення презентаційних слайдвів	10.06.2025	Виконано

Студент _____ Ільчук В.І
Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Микола Федула
Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Система автоматичного пожежогасіння приміщення».

Автор роботи: Ільчук В. І. Керівник роботи: Федула М. В.

Пояснювальна записка: 63 с., 14 рис., 10 табл., 41 джерело.

Графічна частина: 14 презентаційних слайдів

АВТОМАТИЧНЕ ПОЖЕЖОГАСІННЯ, ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА, СИСТЕМА ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ, ВОГНЕГАСНІ РЕЧОВИНИ, СПРИНКЛЕРНА СИСТЕМА, СИСТЕМА ПОЖЕЖНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ, ДАТЧИКИ ВИЯВЛЕННЯ ПОЖЕЖІ, МОДУЛІ ПОЖЕЖОГАСІННЯ, ВОГНЕГАСНА УСТАНОВКА, ПРОТИПОЖЕЖНЕ ОБЛАДНАННЯ.

Метою роботи є розробка автоматичної системи пожежогасіння приміщення для підвищення рівня пожежної безпеки та мінімізації наслідків загоряння. У роботі здійснено підбір обладнання, яке включає спринклерні головки, датчики температури та диму, мікроконтролер, модуль керування клапанами, блок живлення та резервуар з вогнегасною речовиною. Розроблено структурну, функціональну та електричну схеми побудови системи. Перевірено працездатність автоматичної системи пожежогасіння в умовах моделювання займання; встановлено, що впровадження даної системи забезпечує своєчасне виявлення та локалізацію пожежі без участі людини, що дозволяє значно скоротити час реагування та потенційні збитки.

Підпис

20.06.25

дата

ЗМІСТ

ВСТУП 4
1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО ПОЖЕЖОГАСІННЯ 6
1.1 Класифікація систем автоматичного пожежогасіння 6
1.2 Огляд сучасних технологічних рішень у сфері пожежогасіння 12
1.3 Аналіз нормативно-правової бази щодо протипожежного захисту 19
1.4 Постановка задачі проєктування системи 20
1.5 Висновки до першого розділу 21
2 ПІДБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ПОЖЕЖОГАСІННЯ 22
2.1 Вибір типу пожежогасної речовини та резервуару 22
2.2 Мікроконтролер та модуль керування клапанами 25
2.3 Датчики диму та температури 30
2.4 Спринклерні головки та трубопровідна система 36
2.5 Блок живлення та допоміжні компоненти 41
2.6 Висновки до другого розділу 43
3 МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ РОБОТИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ПОЖЕЖОГАСІННЯ 46
3.1 Розробка структурної та електричної схеми системи 46
3.2 Принцип дії автоматичної системи пожежогасіння 50
3.3 Створення експериментального стенда для перевірки роботи системи . 53
3.4 Оцінка ефективності та економічної доцільності впровадження 54
3.5 Висновки до третього розділу 55
ВИСНОВКИ 57

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 59
ДОДАТОК А 63
ДОДАТОК Б 64
ДОДАТОК В 65

ВСТУП

Пожежна безпека є одним із основних чинників забезпечення життєдіяльності людини в будь-якому приміщенні - житловому, адміністративному, промисловому чи складському. З розвитком технологій та зростанням вимог до стандартів безпеки, виникає потреба у впровадженні автоматичних систем виявлення та гасіння пожеж, здатних мінімізувати шкоду, завдану вогнем. У цьому контексті автоматичні системи пожежогасіння виступають ефективним інструментом, що дозволяє забезпечити швидке реагування на загрозу займання без прямої участі людини.

Автоматичні системи пожежогасіння здатні не лише своєчасно виявити початок займання, а й оперативно активувати механізм гасіння, локалізуючи вогонь на ранній стадії. Це особливо важливо в умовах, коли людське втручання є ускладненим або затриманим, наприклад, у великих складських комплексах, архівах, дата-центрах чи об'єктах з підвищеним ризиком. Саме автоматизація протипожежного захисту забезпечує стабільність, безперервність та надійність функціонування систем безпеки.

На сьогоднішній день існує широкий спектр технічних рішень - від спринклерних систем до високотехнологічних газових та аерозольних установок. Проте ефективність таких систем значною мірою залежить від коректного проєктування, точного підбору компонентів і правильного налаштування взаємодії між датчиками, блоками керування та виконавчими елементами. Відтак актуальним є питання створення економічно доцільної, компактної та ефективної автоматичної системи пожежогасіння, адаптованої до конкретного типу приміщення.

У роботі розглядається процес розробки автоматичної системи пожежогасіння, що базується на використанні сучасних електронних компонентів: мікроконтролера, температурних та димових датчиків, модуля керування, електромагнітних клапанів, джерела живлення та спринклерного

механізму. Такий підхід дозволяє побудувати автономну систему, здатну до швидкої реакції у разі виникнення пожежонебезпечної ситуації.

Робота включає теоретичний аналіз сучасних рішень у галузі автоматичного пожежогасіння, вивчення нормативної бази, моделювання принципу дії системи, підбір обладнання та реалізацію функціональної схеми. Особливу увагу приділено етапу тестування системи на експериментальному стенді та оцінці економічної ефективності її впровадження в умовах реального об'єкта.

Метою роботи є розробка автоматичної системи пожежогасіння приміщення для підвищення рівня пожежної безпеки та мінімізації наслідків загоряння, здатної забезпечити швидке виявлення та ліквідацію пожежі, зменшення втрат та захист матеріальних цінностей. Запропоноване рішення орієнтоване на практичне застосування в об'єктах малого та середнього масштабу, що не завжди мають можливість встановити дорогі комерційні системи.

Отже, розробка і впровадження автоматичної системи пожежогасіння є важливим кроком у напрямку посилення безпеки та зменшення ризиків виникнення надзвичайних ситуацій, що відповідає сучасним вимогам до комплексного захисту об’єктів інфраструктури.

1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО ПОЖЕЖОГАСІННЯ

1.1 Класифікація систем автоматичного пожежогасіння

Установки автоматичного пожежогасіння належать до найбільш ефективних засобів для швидкого реагування на виникнення пожежі та задимлення, особливо на початкових етапах їх розвитку. Основними завданнями таких систем є своєчасне виявлення джерела займання, його локалізація і ліквідація, а також запобігання подальшому поширенню вогню. Вони забезпечують захист майна, здоров’я та життя людей від впливу диму, полум’я та високих температур [23].

Технічні параметри установок автоматичного пожежогасіння (УАП), їх конфігурація та орієнтовна вартість визначаються індивідуально – залежно від особливостей конкретного об’єкта.

Системи автоматичного пожежогасіння класифікуються за видом застосовуваного вогнегасного середовища на такі типи:

- водяні;
- пінні;
- газові;
- порошкові;
- аерозольні;
- комбіновані.

Водяні системи пожежогасіння є найбільш поширеним типом автоматичних установок для боротьби з вогнем, особливо при пожежах класу А, до яких належать займання твердих горючих матеріалів - деревини, паперу, тканин тощо. Основним вогнегасним середовищем у таких системах виступає вода - як у чистому вигляді, так і з додаванням спеціальних добавок, що можуть

покращувати її гасильні властивості, знижувати температуру замерзання або підвищувати проникність у матеріали.

Принцип дії водяних установок ґрунтується на здатності води ефективно охолоджувати зону займання, ізолювати її від доступу кисню та знижувати температуру до рівня, за якого горіння стає неможливим. Додатково вода зволожує прилеглі поверхні, що запобігає подальшому поширенню вогню. Саме завдяки простоті конструкції, надійності, безпечності для навколишнього середовища та низькій вартості обслуговування такі системи встановлюються в житлових, адміністративних, промислових та громадських будівлях.

За способом подачі води та конструкцією розпилювачів водяні системи пожежогасіння поділяються на кілька типів. Найпоширенішими є спринклерні системи, у яких спрацьовування кожного розпилювача відбувається індивідуально після досягнення в зоні його розташування певної температури

Іншим типом є дренчерні системи, в яких усі розпилювачі є відкритими. У разі спрацювання пожежної сигналізації вода миттєво подається до всієї системи й одночасно розпилюється по всій площі захисту.

Також широко використовуються системи з тонкорозпиленою водою, де вода подається у вигляді водяного туману або мікрокрапель. Завдяки великій площі випаровування та здатності витісняти кисень з осередку займання, такі системи мають високу ефективність при значно меншому водоспоживанні.

Також серед водяних систем пожежогасіння широко застосовуються сухі системи (dry-pipe), у яких основні магістралі перед розпилювачами заповнені стисненим повітрям або інертним газом, а вода надходить у трубопровід лише після спрацювання детектора тиску або сигналу пожежної автоматики та відкриття спеціального затримувального клапана. Така конструкція дозволяє уникнути замерзання води в трубопроводах у неопалюваних приміщеннях, але водночас збільшує час подачі води до вогнища пожежі через необхідність випуску повітря з магістралі перед початком подачі води.

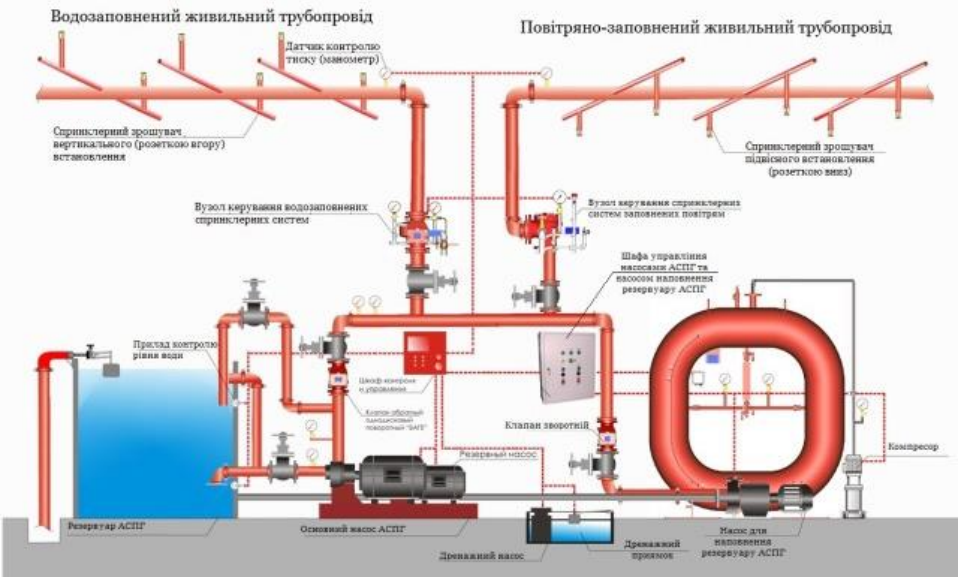

Рисунок 1.1 – Схема функціональна автоматичної системи водяного пожежогасіння

Пінні системи пожежогасіння є ефективним засобом боротьби з пожежами, спричиненими горючими та легкозаймистими рідинами, особливо тими, що не змішуються з водою. У таких системах вогнегасною речовиною є повітряно-механічна піна, яка утворюється шляхом змішування спеціального водного розчину піноутворювача з повітрям у генераторах або насадках. Піна щільно покриває поверхню займання, ізолює її від кисню, охолоджує та запобігає повторному спалахуванню. Залежно від кратності утвореної піни пінні системи поділяються на низькократні, середньократні та високократні. Низькократна піна має щільну структуру та здатність створювати стабільне покриття, що особливо ефективне для гасіння розлитих горючих рідин. Середньократна піна краще заповнює об’ємні простори та може використовуватися для ізоляції зон загоряння. Високократна піна використовується переважно у закритих приміщеннях, де потрібно швидко знизити доступ повітря до вогнища пожежі [2].

Основна перевага пінних систем полягає в їхній здатності не лише гасити пожежу, але й ефективно охолоджувати осередок загоряння та створювати бар’єр від теплового випромінювання. Завдяки цим властивостям пінні системи

широко використовуються на підприємствах хімічної, нафтопереробної та енергетичної галузей, у складських приміщеннях з небезпечними речовинами, а також в ангарах і резервуарних парках. Пінні установки можуть бути централізованими або модульними. Централізовані системи мають розгалужену мережу трубопроводів та резервуарів із піноутворювачем і використовуються для захисту великих об’єктів. Модульні системи встановлюються у конкретних приміщеннях і працюють автономно, що зручно при зональному захисті обладнання або технологічних ліній.

Серед недоліків пінних систем можна виділити обмежене використання в приміщеннях з електронним обладнанням, архівами або документацією, де волога піна може спричинити пошкодження.

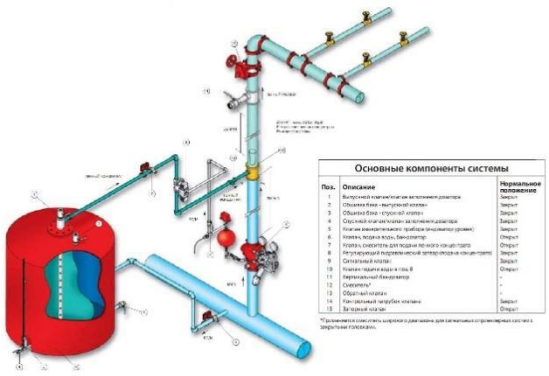

Рис.1.2 – Система пінного пожежогасіня

Газові системи пожежогасіння застосовуються для захисту приміщень із високою матеріальною або інформаційною цінністю, де використання води чи піни є неприпустимим через ризик пошкодження обладнання. До таких об’єктів належать серверні кімнати, архіви, музеї, бібліотеки, операторські пункти, телекомунікаційні вузли. Основний принцип роботи полягає в заповненні простору інертним або хімічно активним газом, який витісняє кисень або перешкоджає хімічним реакціям горіння, знижуючи концентрацію кисню до безпечного рівня.

У газових установках використовуються різні види вогнегасних речовин: вуглекислий газ (CO_2), азот (N_2), аргон (Ar), інерген (суміш інертних газів), хладони (фреони), а також нові екологічно безпечні агенти, що відповідають стандартам ODP та GWP. Гасіння відбувається без залишків і не шкодить обладнанню, що є основною перевагою для технічних об’єктів. Системи можуть бути централізованими (з загальними балонами) або автономними модульними блоками [21].

Особливістю газових систем є необхідність забезпечення герметичності приміщення для ефективного утримання газу протягом часу дії. Також важливою умовою є безпечна евакуація людей перед запуском системи, оскільки деякі гази, наприклад CO_2, при високій концентрації становлять загрозу для життя.

Порошкові системи пожежогасіння призначені для гасіння загорянь різних класів, включаючи горючі тверді речовини, рідини, гази, а також електрообладнання під напругою. У цих системах використовується спеціальний дрібнодисперсний вогнегасний порошок, що подається під тиском у зону займання. Порошок перериває ланцюг хімічної реакції горіння, утворює тепловий бар’єр і фізично ізолює полум’я від повітря.

Такі установки відзначаються широким спектром застосування - від промислових підприємств і автозаправок до складів горючих матеріалів, трансформаторних підстанцій, котелень тощо. Порошкові системи особливо ефективні для локалізації вогню у важкодоступних зонах, а також для гасіння нафтопродуктів, легкозаймистих металів і техніки. Вони можуть бути як стаціонарними централізованими (з трубопроводами), так і модульними - автономними пристроями, що встановлюються безпосередньо в зоні ризику.

Серед переваг порошкових систем - висока універсальність, швидке реагування та порівняно низька вартість обладнання. До недоліків відносять забруднення простору після застосування порошку, що потребує складного

очищення, а також можливість пошкодження електроніки, механіки чи вентиляційних систем через абразивні властивості порошку.

Аерозольні системи пожежогасіння застосовуються для локального або об’ємного гасіння пожеж у приміщеннях, де важливо уникати застосування води, піни або порошків. У цих установках вогнегасна дія здійснюється за допомогою спеціального аерозольного складу, який у процесі термічного або електричного запуску перетворюється на дрібнодисперсну суміш твердих частинок і газів [14].

Перевагою аерозольних систем є їхня компактність, відсутність необхідності у складних трубопровідних мережах, швидкість спрацювання та можливість встановлення у важкодоступних місцях. Вони широко використовуються для захисту шаф управління, електрощитів, трансформаторних пунктів, серверних кімнат, транспортних засобів, невеликих технічних приміщень. Аерозоль не проводить струм, тому є безпечним для гасіння електрообладнання. До недоліків аерозольних систем можна віднести те, що під час гасіння утворюється щільна завіса, яка значно знижує видимість і ускладнює евакуацію персоналу. Крім того, вміст твердих частинок може осідати на поверхнях і вимагати додаткового очищення приміщення. Тому їх не рекомендують застосовувати в приміщеннях із постійним перебуванням людей або там, де важливо зберегти чистоту навколишнього середовища.

Комбіновані системи пожежогасіння поєднують властивості кількох типів гасильних засобів з метою підвищення ефективності боротьби з різними видами пожеж. Такі установки можуть одночасно або почергово використовувати воду, піну, газ, порошок або аерозоль залежно від характеру займання, типу об’єкта та його функціонального призначення. Комбіновані системи особливо доцільні на об'єктах зі складною пожежною обстановкою, де передбачено виникнення загорянь різних класів (A, B, C, E). Одним із прикладів є системи, які використовують водяний туман і інертний газ: перший забезпечує охолодження та змочування поверхонь, а другий – витіснення кисню. Інший варіант -

поєднання порошкової системи з газовою для гасіння пожеж в електрощитових та технічних приміщеннях. Також існують модульні рішення, в яких залежно від сигналів датчиків автоматично активується відповідна частина системи.

Системи автоматичного пожежогасіння класифікуються за типом вогнегасної речовини, способом активації, принципом дії та сферою застосування. Основна класифікація ґрунтується на речовині, яка безпосередньо впливає на вогнище загоряння. Кожен тип системи має свої переваги, недоліки та особливості використання в різних умовах [5].

Загалом класифікація систем пожежогасіння дозволяє обрати найбільш ефективне рішення для конкретного об’єкта. Вибір залежить від типу матеріалів, що зберігаються, конфігурації приміщення, наявності людей та вартості майна, яке потребує захисту.

1.2 Огляд сучасних технологічних рішень у сфері пожежогасіння

Сучасна сфера пожежогасіння стрімко розвивається під впливом інноваційних технологій, цифрових систем керування та вимог до ефективного захисту життя, майна і навколишнього середовища. Сьогодні традиційні водяні, пінні чи газові системи модернізуються та поєднуються з високоточними датчиками, інтелектуальними алгоритмами та автоматизованим управлінням, що значно підвищує їхню швидкодію та надійність.

Одним із основних напрямів є впровадження інтелектуальних пожежогасильних систем, що включають адаптивні алгоритми реагування, які враховують тип пожежі, її масштаб, концентрацію диму, рівень теплового випромінювання та наявність людей у приміщенні.

Важливу роль у сучасних технологіях відіграють аерозольні установки нового покоління, що не потребують балонів зі стисненим газом чи трубопроводів. Вони мають малі габарити, просту конструкцію й високу ефективність при локалізації загорянь у невеликих просторах [13].

У сфері газового пожежогасіння спостерігається перехід до екологічно безпечних агентів, таких як FK-5-1-12 (Novec 1230) (рисунок 1.3), які мають нульовий озоноруйнівний потенціал і низький вплив на глобальне потепління. Такі речовини витісняють традиційні хладони, які підпадають під обмеження Монреальського протоколу. Це дозволяє інтегрувати системи газового гасіння у новобудови з урахуванням міжнародних екологічних стандартів.

Р

и

Ще одним інноваційним напрямом є інтеграція пожежогасіння з системами «розумного будинку» та промислової автоматизації SCADA-системи рисунок 1.4). У таких рішеннях пожежна безпека є частиною загального комплексу безпеки об’єкта, що дозволяє здійснювати централізоване управління, моніторинг, аналіз інцидентів і дистанційне тестування працездатності обладнання.

–

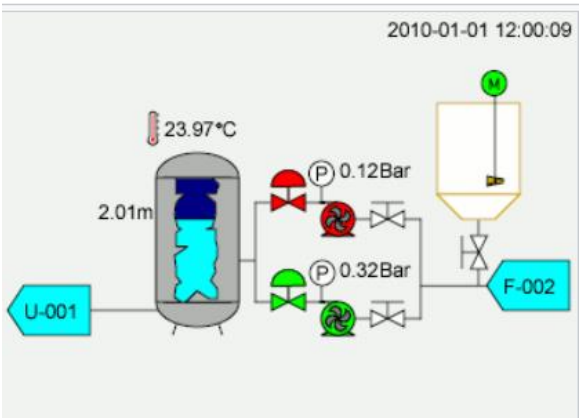

Рисунок 1.4 – Візуалізація роботи графічного інтерфейсу SCADA-системи

SCADA - це автоматизована система диспетчерського керування і збору даних, яка широко використовується в промисловості, енергетиці, транспортуванні, а сьогодні активно впроваджується і в сфері пожежної безпеки. Її головна функція - централізоване управління технологічними процесами, моніторинг стану систем у режимі реального часу, збирання, зберігання та аналіз інформації про події, а також автоматична або ручна реакція на загрозливі ситуації (рисунок 1.5).

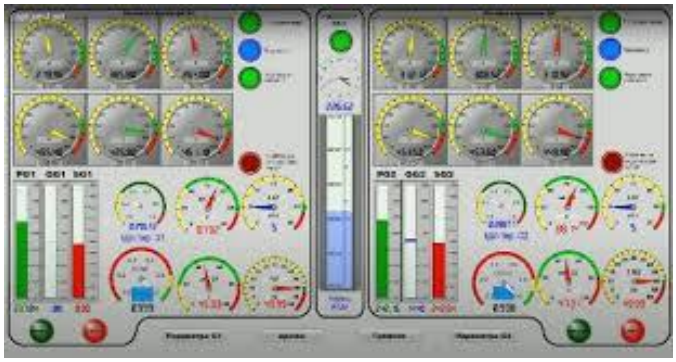

Рисунок 1.5 – Приклад роботи SCADA-системи

У контексті протипожежного захисту SCADA-системи забезпечують інтелектуальну взаємодію між різними компонентами пожежної автоматики: датчиками диму, температури, полум’я, сповіщувачами, модулями гасіння, вентиляцією, системами евакуації, освітленням і охоронною сигналізацією рисунок 1.6).

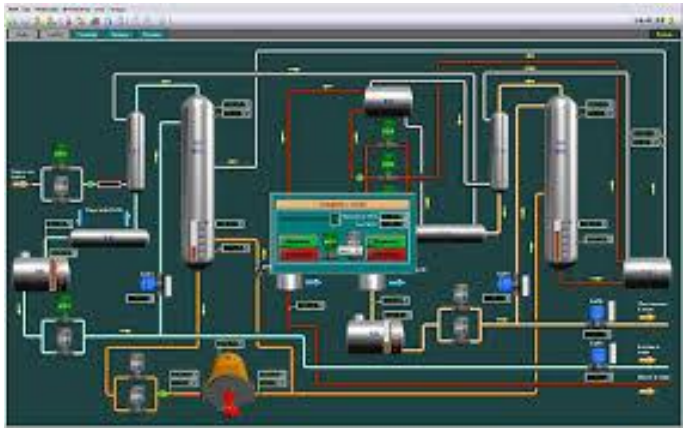

Рисунок 1.6 – Інтерфейс програми для роботи SCADA-системи

SCADA-системи мають зручний інтерфейс у вигляді панелі візуалізації, де оператор або відповідальна особа може бачити на екрані план приміщення, стан усіх елементів системи (нормальний, аварійний, активний, відключений тощо), отримувати звіти, переглядати архів подій, а також вручну запускати або блокувати окремі модулі [6].

Одна з основних переваг SCADA – гнучкість масштабування. Систему можна адаптувати під об’єкт будь-якого розміру – від одноповерхової будівлі до великого промислового комплексу. Вона також підтримує інтеграцію з іншими технологіями: системами відеоспостереження (CCTV), контролю доступу, «розумного будинку», а також програмним забезпеченням для аварійного планування та аналізу ризиків.

Додатковою перевагою є дистанційний доступ. За допомогою SCADA оператори можуть керувати системами з центрального пульта або через захищене з’єднання з планшета, ноутбука чи смартфона [11]. Загалом, сучасні технології пожежогасіння спрямовані на підвищення точності, швидкості реагування, екологічності та адаптивності систем до різних умов експлуатації. Використання автоматизованих та інтелектуальних рішень дозволяє не лише гасити пожежі, а й запобігати їх виникненню, що значно знижує ризики та втрати (таблиця 1.1). Із появою Інтернету речей та хмарних обчислень сучасні системи пожежогасіння доповнені мережевими датчиками рівня диму, температури та вологості, що передають у реальному часі великі обсяги даних аналітичній платформі. Використання алгоритмів машинного навчання дозволяє прогнозувати ймовірність загоряння ще на ранніх стадіях, виявляючи аномальні зміни в параметрах середовища задовго до появи відкритого полум’я Завдяки впровадженню інтелектуальних систем можна моделювати розвиток пожежі для різних сценаріїв та оптимізувати розташування розпилювачів і прокладку трубопроводів ще на етапі проєктування.

Таблиця 1.1 – Сучасні технологічні рішення у сфері пожежогасіння

№	Технологічне рішення	Призначення	Основні переваги	Сфера застосування
	Водяний туман (тонкодисперсна вода)	Гасіння твердих речовин, охолодження	Ефективність, низьке водоспоживання, безпека для електроніки	Серверні, архіви, музеї, офіси
	Аерозольні установки	Локальне гасіння у технічних приміщеннях	Компактність, автономність, відсутність трубопроводів	Електрощити, шафи керування, невеликі приміщення
	Системи з екологічними газами (Novec 1230 тощо)	Гасіння цінного обладнання та інформаційних ресурсів	Не шкодить майну, не залишає слідів, відповідає екологічним стандартам	Серверні кімнати, архіви, музеї
	SCADA-системи	Централізоване управління та моніторинг систем пожежної безпеки	Інтеграція всіх елементів, дистанційне керування, візуалізація, аналітика	Промисловість, ТРЦ, логістичні комплекси, інфраструктурні об’єкти
	Інтелектуальні системи з адаптивними алгоритмами	Автоматичне визначення типу пожежі та вибір способу гасіння	Швидке реагування, оптимізація роботи систем, мінімізація збитків	Будівлі зі змішаним навантаженням, стратегічні об’єкти
	Модульні пересувні установки	Тимчасовий захист або захист мобільних об’єктів	Мобільність, простота монтажу та демонтажу	Виставкові павільйони, військові об’єкти, об’єкти тимчасової експлуатації
	Інтеграція з системами "розумного будинку"	Автоматизація дій при виявленні займання	Синхронізація з вентиляцією, освітленням, контролем доступу	Житлові комплекси, сучасні офіси, адміністративні будівлі

Одним із найвідоміших рішень у сфері пожежогасіння тонкорозпиленою водою є система Marioff HI-FOG (рисунок 1.7). Вона використовує високий тиск для створення водяного туману, який миттєво охолоджує зону займання, витісняє кисень і блокує поширення полум’я.

Серед газових систем провідне місце посідають комплекси Kidde, які використовують газові агенти Novec 1230 або FM-200. Ці системи розроблені для гасіння пожежі без залишків і пошкоджень обладнання, що робить їх

ідеальними для банківських сховищ, дата-центрів, фармацевтичних підприємств та лабораторій.

Ще одним важливим рішенням є SCADA-система Siemens WinCC, що дозволяє здійснювати повний контроль над пожежною автоматикою в режимі реального часу. Вона забезпечує інтеграцію з усіма компонентами системи безпеки, включаючи сповіщення, гасіння, вентиляцію та евакуацію. SCADA надає можливість візуалізації об’єкта на екрані, дистанційного керування та аналізу подій, що є критично важливим на великих виробництвах, логістичних центрах, ТРЦ або енергетичних підприємствах [17].

У сегменті інтелектуальних систем варто виділити Honeywell Notifier рисунок 1.7), яка має програмовану логіку реагування. Вона не лише фіксує займання, а й здатна оцінювати ситуацію - з якого джерела походить загроза, які системи потрібно активувати, як оптимально організувати гасіння. Завдяки такому підходу значно зменшується час реагування та знижується ризик хибних тривог. ONYX активно використовується в аеропортах, офісних будівлях, готелях та лікарнях.

Рисунок 1.7 – Система Honeywell Notifier ONYX

Серед модульних рішень особливу увагу привертає ANSUL LVS - рідинна система гасіння для важкої техніки. Вона призначена для встановлення на транспорті, який працює в умовах підвищеного ризику займання, наприклад, у кар’єрах, на будівельних майданчиках або в армійських машинах. ANSUL

працює автономно, миттєво реагує на спалах і здатна працювати навіть при аварійному відключенні живлення [24].

Для побутового та офісного застосування ідеальним варіантом є Ajax рисунок 1.8) - інтелектуальна бездротова система, що інтегрується з екосистемою "розумного будинку". Вона містить датчики диму, температури, чадного газу та підтримує взаємодію з іншими пристроями (наприклад, аварійним освітленням або автоматичними замками). Завдяки мобільному додатку користувач отримує повідомлення в реальному часі та може дистанційно перевірити стан системи.

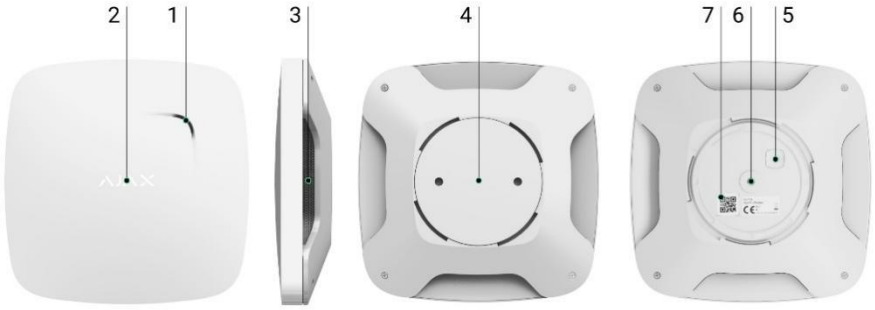

Рисунок 1.8 – Система Ajax FireProtect Plus:
– отвір сирени; 2 – світловий індикатор (натискання на нього запускає тестування димової камери); 3 – отвір димової камери та датчик температури за сіткою; 4 – кріпильна панель SmartBracket; 5 – кнопка увімкнення / вимкнення; 6 – кнопка тампера; 7 – QR код.

Сучасні технології пожежогасіння демонструють динамічний розвиток у напрямку автоматизації, інтелектуалізації та екологічної безпеки. Традиційні системи, такі як водяні, пінні або газові установки, значно вдосконалилися завдяки інтеграції з високочутливими датчиками, цифровими алгоритмами управління та адаптивними механізмами реагування. Це дозволяє не лише ефективно гасити пожежі, а й запобігати їхньому поширенню, зменшуючи втрати часу, майна й ризики для життя людей [22].

Загалом, новітні технологічні рішення у сфері пожежогасіння відповідають сучасним викликам, поєднуючи швидкодію, надійність, безпечність для людей і довкілля. Їх широке впровадження сприяє формуванню комплексного підходу до пожежної безпеки, знижуючи загрози та підвищуючи рівень захищеності об'єктів будь-якого призначення.

1.3 Аналіз нормативно-правової бази щодо протипожежного захисту

Проєктування, встановлення та експлуатація систем пожежогасіння в Україні регламентується широким спектром нормативно-правових актів, що мають на меті забезпечення надійного захисту життя, здоров’я людей, матеріальних цінностей та навколишнього середовища від наслідків пожеж. Основним документом, що визначає вимоги до пожежної безпеки, є Кодекс цивільного захисту України, який встановлює правові засади функціонування системи цивільного захисту, включаючи запобігання виникненню пожеж і мінімізацію їхніх наслідків.

До основних нормативних актів, що регулюють проєктування систем пожежогасіння, належать Державні будівельні норми (ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту. Проектування»), які встановлюють вимоги до автоматичних установок пожежної сигналізації та гасіння, їх розміщення, технічних характеристик і функціональної взаємодії. Також важливу роль відіграють накази МВС України, зокрема Наказ №879 «Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні», що деталізує правила утримання будівель, організацію евакуації, вогнезахисну обробку та інші аспекти забезпечення протипожежного захисту [25].

Важливою частиною правового регулювання є міжнародні стандарти, зокрема ISO 14520 (газове гасіння), NFPA 13 (спринклерні системи) та інші документи, які визнаються у професійному середовищі при розробці проєктів для об’єктів міжнародного рівня або у співпраці з іноземними партнерами.

Застосування таких стандартів дозволяє досягти високої якості та сумісності обладнання, а також відповідати європейським екологічним та технічним вимогам.

Загалом, нормативно-правова база формує чіткі вимоги до безпеки, організаційних процедур, технічного проєктування, монтажу, введення в експлуатацію та обслуговування систем пожежогасіння, що є основою для ефективного проєктування й реалізації таких рішень.

1.4 Постановка задачі проєктування системи

З урахуванням аналізу нормативної бази та сучасних технологічних рішень, основне завдання проєктування полягає у створенні ефективної, автоматизованої, економічно доцільної системи пожежогасіння, яка відповідатиме сучасним вимогам безпеки та технічним стандартам. Система має забезпечувати раннє виявлення загоряння, швидке реагування, локалізацію вогнища пожежі, мінімізацію втрат, а також безпечне середовище для евакуації людей [28].

Проєкт має враховувати тип приміщення, його призначення, пожежну навантаженість, конфігурацію простору, можливу присутність людей та вартість майна. Система повинна бути адаптована до конкретного середовища, мати просту структуру обслуговування та можливість інтеграції з іншими засобами безпеки – пожежною сигналізацією, вентиляцією, оповіщенням про небезпеку.

До технічних задач входить підбір оптимального типу гасильної речовини (вода, газ, піна, аерозоль), визначення необхідної кількості пристроїв, їх розташування, розробка алгоритмів спрацювання, моделювання поведінки системи під час пожежі та оцінка вартості впровадження. Важливим є також врахування можливості аварійного відключення, збереження працездатності при знеструмленні та забезпечення резервних джерел живлення.

1.5 Висновки до першого розділу

У першому розділі було розглянуто основні типи сучасних систем автоматичного пожежогасіння, їх технічні характеристики, переваги та сфери застосування. Проведений огляд технологічних рішень засвідчив високу динаміку розвитку галузі в напрямку автоматизації, екологічності та гнучкості адаптації систем до умов конкретного об’єкта.

Аналіз нормативно-правової бази підтвердив, що проєктування систем пожежогасіння має здійснюватися відповідно до чинних українських та міжнародних норм, які забезпечують технічну безпеку, надійність та ефективність таких рішень. Дотримання вимог ДБН, стандартів ISO, NFPA та наказів МВС України є обов’язковою умовою для впровадження будь-якої протипожежної системи [3].

На основі отриманої інформації сформульовано технічне завдання на проєктування системи, яка має бути автоматизованою, адаптивною до умов об’єкта, сумісною з існуючими елементами безпеки та відповідати сучасним технічним і правовим вимогам.

2 ПІДБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ПОЖЕЖОГАСІННЯ

2.1 Вибір типу пожежогасної речовини та резервуару

Для реалізації проєкту автоматичної системи пожежогасіння приміщення було проаналізовано кілька типів вогнегасних речовин, серед яких: вода, піна, газ, порошок та аерозоль. Вибір конкретного засобу гасіння залежав від характеристик приміщення, особливостей встановлення, потреб у безпечному збереженні обладнання, економічних чинників та вимог до автономності системи.

Вода, попри свою доступність, не підходить у разі наявності електрообладнання, оскільки може викликати коротке замикання. Пінні та порошкові системи залишають значні сліди після спрацювання, що робить їх непридатними для приміщень, де важливе збереження техніки, документації або обробки даних. Газові системи на базі Novec 1230 чи FM-200 демонструють високу ефективність, але мають вищу вартість, потребують балонного зберігання і спеціального обслуговування [4].

З огляду на характер нашої розробки - система для невеликого приміщення з мікроконтролерним управлінням, датчиками та GSM-модулем - оптимальним рішенням є використання аерозольної пожежогасної речовини. Аерозольні генератори (рисунок 2.1) забезпечують ефективне гасіння за короткий час, не потребують складної трубної розводки, працюють автономно та легко інтегруються з електронними системами.

У якості резервуару обрано герметичний модуль аерозольного типу з електричним запуском. Такий модуль кріпиться на стіні або стелі, має металевий корпус і вбудований піропатрон, який активується електричним імпульсом від мікроконтролера. Речовина в середині модуля не вимагає постійного обслуговування, термін служби складає до 10 років

Рисунок2.1 – Аерозольні генератори

Характеристики модуля пожежогасіння вказані у таблиці 2.1 за різними параметрами.

Таблиця 2.1 – Обрані характеристики модуля пожежогасіння

Параметр	Значення
Обрана речовина	Аерозоль на основі калійвмісного складу
Тип модуля	Аерозольний генератор пожежогасної речовини (наприклад, АГС-8, АГС-11)
Принцип дії	Електричний імпульсний запуск через мікроконтролер
Місце встановлення	Стеля або стіна приміщення
Необхідність трубопроводів	Відсутня
Вплив на електроніку	Безпечний
Термін служби модуля	До 10 років без перезарядки
Площа ефективного покриття	До 50–100 м² залежно від моделі
Підтримка автономного живлення	Можлива

Аерозольні системи пожежогасіння мають суттєву перевагу в тому, що не потребують високого тиску або складної інфраструктури. У порівнянні з газовими установками, які зберігають речовину в балонах під тиском і вимагають трубопроводів, редукторів і систем контролю витоку, аерозольні модулі містять речовину у твердому вигляді. При спрацюванні вона перетворюється на аерозольну хмару, яка миттєво заповнює простір і локалізує полум'я, не потребуючи зовнішніх розгалужень або розподільчих систем [19].

Ще однією важливою перевагою є відсутність необхідності у постійному технічному обслуговуванні. Газові й порошкові установки часто вимагають періодичної перевірки тиску, зважування балонів, контролю ущільнень, тоді як аерозольні модулі мають запаяну конструкцію, що робить їх практично безобслуговуваними протягом усього терміну служби. Це особливо важливо в контексті невеликих автономних систем, де бюджет і ресурс обслуговування обмежений.

З екологічної точки зору, сучасні аерозолі на основі калієвих сполук не завдають шкоди озоновому шару та мають низький потенціал глобального потепління. Це дозволяє використовувати їх у приміщеннях із постійним перебуванням людей, комп'ютерної техніки, документації або обладнання, яке чутливе до вологи чи хімічного залишку. Аерозольна хмара не проводить струм, не створює корозії та легко провітрюється після спрацювання, що робить її безпечним варіантом для широкого спектра об'єктів [12].

Загалом, обраний модуль із аерозольною речовиною забезпечує оптимальне поєднання компактності, ефективності та простоти інтеграції з мікроконтролерною системою керування. Електрозапуск із ESP32 дозволяє гнучко керувати моментом активації, додавати логічні умови спрацювання та поєднувати модуль з GSM-сповіщенням або іншими протоколами безпеки. Такий підхід відповідає сучасним трендам у протипожежному захисті, де

важливо не лише погасити пожежу, але й зробити це з мінімальним впливом на технологічне середовище.

Отже, для обраної автоматизованої системи пожежогасіння було обґрунтовано вибір аерозольної речовини та автономного модуля, що забезпечує швидке гасіння, безпечне середовище для електроніки, простоту монтажу та низькі експлуатаційні витрати. Це рішення повністю відповідає завданням проєкту та умовам експлуатації розроблюваної системи.

2.2 Мікроконтролер та модуль керування клапанами

У складі автоматичної системи пожежогасіння мікроконтролер виконує центральну роль у прийнятті рішень та керуванні усіма ключовими компонентами системи. Він отримує сигнали з датчиків температури та диму, обробляє ці дані, визначає настання небезпечної ситуації та активує механізм гасіння. Важливо, щоб обране рішення було надійним, простим у реалізації, недорогим і придатним для автономної роботи в умовах потенційного аварійного знеструмлення.

У межах цієї розробки доцільно використовувати мікроконтролер ESP32, який, на відміну від базового Arduino Uno, має більший обсяг пам’яті, потужніший процесор і вбудовані модулі Wi-Fi та Bluetooth. Це дає змогу не лише керувати пожежогасінням, а й реалізувати функції віддаленого моніторингу – наприклад, надсилання SMS або push-повідомлення про спрацювання системи, що значно підвищує рівень безпеки [1].

До мікроконтролера підключаються датчики диму типу MQ-2 (рисунок 2.2) та температурні сенсори DS18B20 (рисунок 2.3), які постійно зчитують показники з навколишнього середовища (додаток А). У разі перевищення встановлених порогів температура або дим активують сигнал тривоги, що обробляється мікроконтролером у реальному часі.

Рисунок 2.2 – Датчик диму типу MQ-2

Рисунок 2.3 – Температурний сенсор DS18B20

Оскільки обрана система пожежогасіння базується на аерозольному модулі, запуск гасіння здійснюється не через механічний клапан, а за допомогою електропіропатрона. Для цього в електричному колі використовується силовий транзистор (MOSFET IRF540) (рисунок 2.4) або релейний модуль, який забезпечує короткочасну подачу струму на пусковий елемент генератора аерозолю. Такий підхід дозволяє зберегти простоту схеми та забезпечити швидкодію в момент активації.

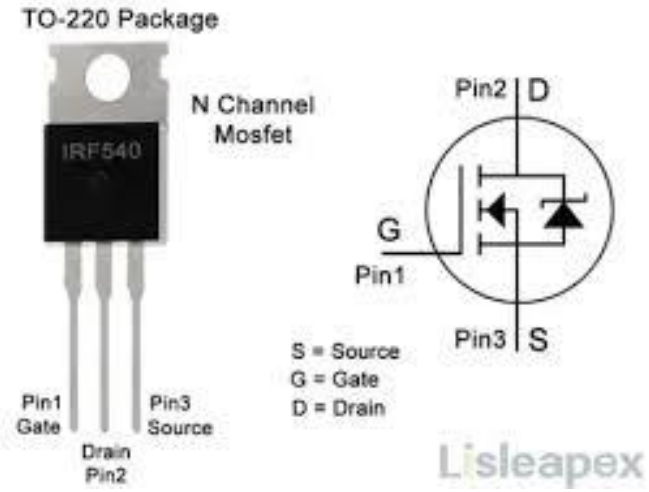

Рисунок 2.4 – Силовий транзистор MOSFET IRF540

Крім того, мікроконтролер може бути пов’язаний із GSM-модулем рисунок 2.5), який надсилатиме повідомлення про спрацювання системи на заздалегідь задані номери. Це дає змогу поєднати пожежогасіння з системою оповіщення. Також передбачається використання LCD-дисплея або світлодіодної індикації для локального виведення інформації про стан системи

Рисунок 2.5 – GSM-модуль SIM800L

Живлення мікроконтролера та виконавчих модулів здійснюється через стабілізований блок живлення на 12 В із можливістю резервного підключення

акумуляторної батареї, що гарантує працездатність системи навіть у разі відключення електроенергії (додаток Б).

Отже, поєднання мікроконтролера ESP32 із датчиками, модулем керування навантаженням та каналами сповіщення формує інтелектуальне керування автоматизованою системою пожежогасіння, здатне забезпечити високу швидкодію, надійність і автономність.

Головною перевагою використання мікроконтролера у складі системи автоматичного пожежогасіння є інтелектуальна обробка сигналів у реальному часі. Це дає змогу точно визначати момент виникнення небезпечної ситуації, аналізуючи дані з кількох сенсорів одночасно. Завдяки цьому система не лише реагує на окремі сигнали, а й оцінює ситуацію комплексно, що зменшує ризик хибного спрацювання та підвищує точність реагування [20].

Другим суттєвим плюсом є можливість віддаленого моніторингу та керування. Обраний мікроконтролер ESP32 має вбудовані модулі Wi-Fi і Bluetooth, що дозволяє реалізувати функцію надсилання повідомлень про спрацювання системи у вигляді SMS або push-сповіщень. Це особливо важливо у випадках, коли персонал фізично відсутній на об’єкті - наприклад, у нічний час або у вихідні дні.

Ще однією перевагою є висока гнучкість у конфігурації та простота реалізації логіки керування. Мікроконтролер легко програмується, має розвинену екосистему бібліотек та модулів, а також підтримує підключення великої кількості периферії – таких як датчики диму (MQ-2), температурні сенсори (DS18B20), GSM-модуль (SIM800L), релейні або MOSFET-модулі. Це дозволяє масштабувати систему, доповнювати її новими функціями без радикальної зміни схеми.

Ще одна важлива перевага - надійність запуску виконавчого механізму. У нашій системі це електропіропатрон аерозольного модуля, що активується за допомогою силового транзистора або реле. Такий підхід забезпечує чітке та

швидке спрацювання навіть при зниженні напруги або в умовах аварійного режиму, а схема залишається простою й доступною для обслуговування.

Окремо варто відзначити енергетичну незалежність системи. Живлення здійснюється від стабілізованого джерела на 12 В із можливістю підключення резервного акумулятора, що забезпечує безперервну роботу в разі знеструмлення. Це критично важливо для систем безпеки, які повинні залишатися активними за будь-яких обставин.

Завдяки можливостям мікроконтролера ESP32, система може бути розширена функцією автоматичної самодіагностики. Це передбачає регулярну перевірку працездатності підключених сенсорів, стану реле, рівня напруги на лінії живлення або сигналу з GSM-модуля. У разі виявлення помилки або відсутності зворотного сигналу з виконавчого елемента (наприклад, електроклапана), система може згенерувати відповідне сповіщення. Це підвищує технічну надійність та дає змогу своєчасно проводити технічне обслуговування.

Важливо, що реалізована архітектура передбачає роботу в реальному часі, що дає змогу з високою точністю фіксувати зміни температури або диму та реагувати на них протягом декількох мілісекунд. На відміну від пасивних систем, де керування здійснюється виключно фізичними властивостями (наприклад, руйнуванням колби), цифрова обробка сигналів забезпечує адаптивність та можливість побудови складніших сценаріїв реагування - включення вентиляції, активація сирени, запис у журнал подій тощо [3].

Однією з перспектив інтеграції ESP32 є можливість збереження логів спрацювань у внутрішній пам’яті або на зовнішній SD-карті. Це дозволяє не лише відслідковувати історію подій, а й створювати умови для подальшого аналізу й оптимізації системи. У великих об’єктах або установах із підвищеними вимогами до звітності це може бути вагомою перевагою - як з погляду безпеки, так і для юридичних чи страхових потреб.

Окрім основної логіки активації, система на базі ESP32 дозволяє реалізувати інтерфейс для локального керування або перегляду стану - через LCD-дисплей, OLED-екран або вебінтерфейс. Це спрощує використання системи персоналом без потреби глибоких технічних знань. Таким чином, мікроконтролер у нашій розробці виконує не лише функцію обробки сигналів, а й формує основу для інтерактивної, масштабованої, сучасної системи з високим ступенем адаптації під потреби конкретного об’єкта.

Отже, мікроконтролерна основа у поєднанні з модулем керування навантаженням, сенсорами та засобами сповіщення створює комплексну, швидкодіючу, надійну та масштабовану систему пожежогасіння, яка повністю відповідає вимогам сучасної автоматизації та стандартам безпеки.

2.3 Датчики диму та температури

Для реалізації функцій виявлення пожежонебезпечної ситуації у розробленій автоматичній системі пожежогасіння обрано два типи сенсорів: температурний датчик DS18B20 та датчик диму MQ-2. Вибір цих компонентів зумовлений їхньою сумісністю з мікроконтролером ESP32, надійністю, простотою підключення, а також широким використанням у практиці створення автоматизованих систем моніторингу [2].

Температурний сенсор DS18B20 є цифровим термодатчиком, який працює за протоколом 1-Wire. Це означає, що для обміну даними з мікроконтролером достатньо лише одного цифрового входу/виходу, що економить ресурси плати. DS18B20 вимірює температуру в діапазоні від –55°C до +125°C з точністю до ±0.5°C у межах робочого діапазону. Вивід результату відбувається у цифровій формі, що виключає вплив аналогових шумів та забезпечує стабільну передачу даних навіть у складних умовах експлуатації (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 – Переваги температурного сенсора DS18B20

№	Характеристика	Перевага
	Тип вихідного сигналу	Цифровий – стійкий до шумів, не потребує АЦП
	Інтерфейс зв’язку	1-Wire – можливість підключення кількох датчиків на одну лінію
	Діапазон вимірювання температури	Від –55°C до +125°C – широкий діапазон для пожежного моніторингу
	Точність вимірювання	До ±0.5°C – забезпечує надійне виявлення перегріву
	Конструктивне виконання	Можливість вибору вологозахищеної версії в сталевому корпусі
	Простота інтеграції	Сумісний з Arduino, ESP32, Raspberry Pi, підтримується великою спільнотою
	Низьке енергоспоживання	Підходить для автономних систем, живлення від одного порту
	Надійність роботи	Стабільна робота в умовах підвищеної вологості чи пилу
	Масштабованість	Легке розширення системи за рахунок каскадного підключення

Однією з важливих переваг сенсора DS18B20 є можливість підключення кількох датчиків до одного цифрового порту, що дозволяє масштабувати систему або встановлювати кілька точок контролю температури в одному приміщенні. Сенсор має водонепроникну версію в сталевому корпусі, що дозволяє його застосування навіть у середовищах із високою вологістю або запиленістю (таблиця 2.3).

Датчик диму MQ-2 - це газоаналізатор, призначений для виявлення диму, а також легкозаймистих газів (пропану, бутану, метану, водню, спиртів тощо). Він має чутливий напівпровідниковий сенсор на основі оксиду олова (SnO_2), який змінює свій опір залежно від концентрації певних речовин у повітрі. Модуль MQ-2 має як аналоговий, так і цифровий вихід, що дозволяє реалізувати як порогове спрацювання (при досягненні певного рівня диму), так і плавне відстеження зміни концентрації.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики температурного сенсора

№	Параметр	Значення
	Тип сенсора	Цифровий температурний датчик
	Інтерфейс зв’язку	
	Діапазон вимірюваної температури	від –55 °C до +125 °C
	Точність вимірювання	±0.5 °C у діапазоні від –10 °C до +85 °C
	Роздільна здатність	Програмно змінювана: 9–12 біт (0.5 °C до 0.0625 °C)
	Напруга живлення	3.0–5.5 В
	Споживання струму	~1 мА при вимірюванні, 1 μA у сплячому режимі
	Форм-фактор	TO-92 (транзисторний корпус) або герметичний зонда (нержавійка)
	Можливість паразитного живлення	Так (один провід живлення і передачі даних)
	Максимальна довжина лінії (з резистором)	До 100 м (з дотриманням умов 1-Wire протоколу)
	Вихідний сигнал	Цифровий, серійний (1-Wire)
	Час вимірювання	94 мс (при 12-бітній роздільній здатності)
	Температурна інерційність	Середня (1–2 секунди до стабільного значення)

Особливу роль у загальній надійності системи відіграє логіка взаємодії двох типів сенсорів. У проєктованій системі реалізовано алгоритм, за яким подача сигналу на активацію пожежогасіння відбувається лише при одночасному або послідовному спрацюванні обох датчиків - температурного й димового. Такий підхід дозволяє значно зменшити ймовірність хибних спрацьовувань, які можуть бути викликані побутовими чинниками (наприклад, перегрівом обладнання без диму або короткочасним викидом пари без підвищення температури) [10].

З точки зору інсталяції, обидва сенсори є надзвичайно зручними в монтажі. Температурний сенсор DS18B20 легко вбудовується в термочутливі зони на стелі або в точках вентиляції, а MQ-2 може бути розташований у місцях потенційного накопичення диму - поблизу серверного обладнання, електрощитів або робочих поверхонь. Це забезпечує просту адаптацію системи

до геометрії приміщення та дозволяє ефективно покрити зону контролю мінімальною кількістю обладнання.

Для контролю справності датчиків передбачена система періодичного тестування, яку можна реалізувати як апаратно (через самотестування з допомогою шлейфу живлення), так і програмно - із фіксацією даних в журналі подій. У разі втрати зв'язку з сенсором або фіксації його некоректної роботи, система може подавати попереджувальний сигнал або блокувати подальше реагування до моменту перевірки. Це особливо важливо для об'єктів, де персонал відсутній або присутній лише періодично.

У перспективі реалізацію можна розширити шляхом додавання сучасніших модулів на базі I²C або SPI – наприклад, оптичних детекторів диму або комбінованих сенсорів температури, чадного газу та вологості. Але навіть у своїй базовій конфігурації комбінація DS18B20 і MQ-2 забезпечує баланс між ціною, функціональністю та надійністю, що робить її надзвичайно привабливою для автономних або локальних протипожежних систем малого та середнього масштабу. Характеристики MQ-2 приведені у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Переваги датчика диму MQ-2

№	Характеристика	Перевага
	Тип сенсора	Газоаналітичний, напівпровідниковий
	Чутливість	Висока чутливість до диму та горючих газів
	Діапазон виявлення	Виявляє LPG, пропан, метан, водень, спирти, дим
	Наявність аналогового і цифрового виходу	Дозволяє обрати тип сигналу: пороговий або безперервний
	Калібрування чутливості	Можливість налаштування рівня спрацювання вручну
	Простота інтеграції	Працює з Arduino, ESP32, Raspberry Pi
	Низька вартість	Доступний і широко застосовуваний у практиці
	Швидке реагування	Виявлення диму та газів за кілька секунд
	Наявність індикаторного світлодіода	Візуальний контроль спрацювання

Будова MQ-2 забезпечує високу чутливість до диму, що робить його ефективним для раннього виявлення ознак горіння до моменту значного підвищення температури. Завдяки вбудованому потенціометру можлива калібровка рівня чутливості, що дозволяє адаптувати роботу датчика під конкретне середовище (наприклад, для приміщень з постійним легким запахом технічних рідин або парів).

Обидва датчики - DS18B20 і MQ-2 - легко інтегруються в схему на базі ESP32 або Arduino, мають відкриті бібліотеки для роботи з ними, що спрощує процес програмування. Вони споживають мінімальну кількість енергії, працюють стабільно й забезпечують достатній рівень точності для побутових, комерційних та промислових застосувань (таблиця 2.5).

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики датчика MQ-2

№	Параметр	Значення
	Тип сенсора	Напівпровідниковий газовий сенсор (SnO_2)
	Виявлювані речовини	Дим, LPG, пропан, бутан, CH_4, H_2, спирти
	Робоча напруга	5 В
	Споживаний струм	150 мА (пікове навантаження з підігрівачем)
	Діапазон концентрацій	200–10000 ppm
	Типи виходу	Аналоговий та цифровий (TTL)
	Час відгуку	<10 с
	Час відновлення	<30 с
	Робоча температура	–20°C до +50°C
	Робоча вологість	≤95% RH
	Калібрування	Механічний потенціометр (вбудований на платі)
	Індикація спрацювання	Світлодіод на модулі
	Монтаж	Кріплення через отвори або клей/двосторонню стрічку

Отже, комбінація температурного сенсора DS18B20 і димового сенсора MQ-2 забезпечує подвійну систему виявлення пожежі: контроль перегріву та наявності диму в приміщенні. Це підвищує надійність роботи всієї автоматичної

системи пожежогасіння та мінімізує ризики хибного спрацювання або запізнілої реакції.

У складі розробленої автоматичної системи пожежогасіння використання комбінації температурного сенсора DS18B20 та димового сенсора MQ-2 дозволяє реалізувати ефективну і надійну систему раннього виявлення ознак загоряння. Обидва датчики виконують взаємодоповнюючі функції: MQ-2 реагує на появу диму або горючих газів, а DS18B20 фіксує підвищення температури, що часто передує активній фазі пожежі. Завдяки цьому система здатна відреагувати як на повільне тління, так і на стрімке загоряння, що значно знижує імовірність запізнілого спрацювання [32].

Температурний сенсор DS18B20 демонструє високу точність вимірювання, стабільність у роботі та цифровий інтерфейс, що забезпечує простоту підключення до мікроконтролера ESP32. Його ключовою перевагою є підтримка протоколу 1-Wire, який дозволяє під’єднувати декілька сенсорів до одного входу без втрати точності та швидкодії. Завдяки вологозахищеному корпусу та широкому діапазону температур, він може бути застосований у приміщеннях з високими технічними вимогами.

Датчик диму MQ-2 є універсальним рішенням для виявлення не лише диму, але й ряду вибухонебезпечних або токсичних газів, що забезпечує йому широке поле застосування. Наявність цифрового і аналогового виходів дає змогу як встановити жорстке порогове реагування, так і налаштувати більш точне відстеження зміни концентрації шкідливих сполук. Простота калібрування та візуальна індикація спрощують введення в експлуатацію, що особливо зручно при розгортанні системи в польових умовах або без доступу до складних інструментів.

З технічної точки зору, обидва сенсори мають низьке енергоспоживання, що робить їх придатними для роботи в умовах резервного або автономного живлення. Вони легко програмуються за допомогою бібліотек для Arduino чи ESP32, що дозволяє гнучко налаштовувати логіку спрацювання та оповіщення.

Надійність, відносна дешевизна та перевірена ефективність обраних датчиків дозволяє впевнено використовувати їх у реальних протипожежних системах малого та середнього масштабу [11].

Загалом, об’єднання датчиків DS18B20 і MQ-2 у єдину систему дає змогу створити надійне, масштабоване й доступне рішення для раннього виявлення пожежі, яке можна легко інтегрувати у більші системи безпеки або автономно використовувати у невеликих приміщеннях. Це поєднання суттєво підвищує рівень протипожежного захисту та є цілком виправданим у контексті проєктованої системи.

2.4 Спринклерні головки та трубопровідна система

У межах розробки системи автоматичного пожежогасіння приміщення з використанням мікроконтролера та електронних сенсорів також розглядається можливість застосування локалізованої спринклерної системи як одного з виконавчих елементів. Її ключовим завданням є забезпечення цілеспрямованого гасіння водою або водяним розчином без затоплення всього приміщення, тобто з мінімальним пошкодженням майна й обладнання. Така система оптимально підходить для невеликих приміщень - технічних кімнат, лабораторій, архівів або серверних, де водяне гасіння допустиме.

У складі системи передбачено використання спринклерних головок із температурним елементом, зокрема з колбою, яка руйнується при досягненні температури 68 °C. Після руйнування колби відкривається клапан, і рідина подається з труби безпосередньо до осередку займання. У нашій моделі система не активується повністю централізовано, як у класичних дренчерних системах, а керується за допомогою мікроконтролера, який контролює відкриття електроклапана на основі сигналів від сенсорів MQ-2 (дим) та DS18B20 (температура). Це дозволяє додатково затримувати або блокувати подачу води у випадках хибного спрацювання датчиків.

Трубопровідна мережа в обраному рішенні будується на основі модульного підходу з використанням поліпропіленових або мідних термостійких труб, що з’єднують водорозподільний колектор з однією або двома спринклерними головками. Для невеликого приміщення достатньо 1–2 розпилювачів з радіусом покриття до 3–4 м кожен. У разі використання електромагнітного клапана керування водоподачею, він встановлюється на вході до системи та відкривається мікроконтролером через транзисторний модуль після обробки сигналів із сенсорів.

У системі також можлива реалізація візуального та програмного моніторингу стану спринклерної секції. За допомогою датчиків тиску або датчиків положення клапана, підключених до мікроконтролера, система може фіксувати факт подачі води, створювати відповідні записи в пам’яті та надсилати сповіщення через GSM-модуль. Це особливо важливо для віддаленого або нічного контролю, коли персонал відсутній на об’єкті, а необхідно знати, чи система була активована [33].

Для додаткового захисту трубопровідної частини від зворотного тиску або гідроудару рекомендовано встановлення зворотного клапана та гасника пульсацій. Ці елементи попереджають потрапляння води в резервуар або систему зворотного живлення, а також продовжують строк експлуатації обладнання, зокрема головок, з’єднань та мембранних вузлів. Особливо це важливо при використанні пластикових труб або фітингів із підвищеною чутливістю до різких стрибків тиску.

З практичної точки зору, обслуговування обраної системи є нескладним і доступним. Спринклерні головки встановлюються у відкритому доступі, не вимагають регулярної заміни, а тестування працездатності клапанів та датчиків можна проводити за допомогою вбудованого тестового режиму на контролері. Така конструкція дозволяє легко модернізувати систему або додати нові вузли без капітальних втручань у монтаж.

Нарешті, інтеграція спринклерної підсистеми з електронною логікою керування дозволяє реалізувати гнучкі сценарії роботи, наприклад: активація лише в робочі години, пріоритет одного датчика над іншим, затримка запуску або звукове попередження до початку розпилення. Усе це робить систему пожежогасіння не лише безпечною, але й розумною - здатною адаптуватися до особливостей приміщення, мінімізуючи вплив на людей і техніку.

Важливо зазначити, що така система не потребує централізованого пожежного водогону або насосної станції. Замість цього використовується локальний бак або резервуар з водою, розрахований на короткотривалу подачу до одного-двох спринклерів. Це суттєво зменшує вартість та обсяг монтажних робіт, що відповідає вимогам малобюджетної або освітньої автоматизованої системи пожежогасіння (таблиця 2.6).

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики обраної спринклерної головки

№	Параметр	Значення
	Тип головки	Автоматична з термочутливою колбою
	Температура спрацювання	68 °C (стандартна), можливі варіанти 57°C /
	Матеріал	Латунь / хромована сталь
	Діаметр підключення	G1/2" (стандартна внутрішня різьба)
	Кут розпилення	80–120°
	Радіус покриття	До 3–4 м (залежить від тиску та висоти стелі)
	Сумісність з трубами	Поліпропіленові, металопластикові, мідні
	Метод монтажу	Нарізне з'єднання з ущільненням
	Тип розпилення	Парасольковий (downspray)
	Робочий тиск	0.3–1.2 МПа (залежно від моделі та системи)

Отже, в межах нашої розробки спринклерна система працює у взаємодії з електронною частиною, не лише реагуючи на тепло, але й приймаючи рішення через програмну логіку. Такий підхід дозволяє досягти поєднання класичного надійного способу гасіння з сучасними інтелектуальними алгоритмами контролю, що робить систему ефективною, безпечною та зручною для адаптації під конкретні умови приміщення (табл. 2.7).

Таблиця 2.7 – Параметри трубопровідної системи

№	Параметр	Значення
	Тип труб	Поліпропіленові термостійкі труби PN20 або мідні труби
	Діаметр труб	20 мм (для локальної подачі до 1–2 головок)
	Довжина магістралі	До 10 м (у межах одного приміщення)
	Спосіб підключення до резервуара	Через електромагнітний клапан (керований мікроконтролером)
	Тиск у системі	0.5–1.0 МПа (для роботи стандартної головки)
	Підключення до спринклера	Муфта G1/2"
	Спосіб монтажу	Відкрите прокладання по стелі або стінах
	Джерело подачі води	Локальний бак на 10–30 л з тиском або гравітаційною подачею
	Елемент активації	Електромагнітний клапан + сигнал від ESP32 через MOSFET
	Додаткові елементи	Зворотний клапан, кутові з’єднання, фільтр

На додачу до основних функцій спринклерної підсистеми у складі автоматизованої установки, варто відзначити її адаптивність та масштабованість. За потреби систему можна доповнити додатковими головками, трубними гілками або резервуарами, не змінюючи при цьому логіку роботи мікроконтролера. Це дозволяє легко адаптувати її до приміщень із різною площею, конфігурацією або функціональним призначенням [9].

Окрему увагу в проєкті приділено енергетичній автономності. У разі відключення електроенергії подача води до спринклерів все одно може бути забезпечена за рахунок тиску у локальному баку або використання аварійного живлення (акумулятора) для відкриття електроклапана. Таким чином, система зберігає свою функціональність у критичних умовах, що є важливою вимогою до будь-якого пожежного обладнання.

Ще однією перевагою обраної архітектури є зональний принцип роботи. У разі виникнення займання спрацьовує лише окрема ділянка системи, без активації всієї трубопровідної мережі. Це дозволяє зменшити споживання води, зберегти інше обладнання в сухому стані та локалізувати інцидент із мінімальними втратами. Такий підхід особливо доцільний у приміщеннях, де розташовано комп'ютерну техніку, архівні документи або прилади з обмеженою вологістю експлуатації.

З технічної точки зору, взаємодія мікроконтролера з електромагнітним клапаном, що керує подачею води, дає змогу реалізувати інтелектуальну логіку активації: наприклад, лише після одночасного спрацювання двох сенсорів (температурного та димового), або з вбудованою затримкою, якщо ситуація не розвивається. Це суттєво знижує ймовірність хибного увімкнення та сприяє збереженню ресурсів.

Отже, спринклерна головка в комбінації з модульною трубопровідною системою та електронним контролем забезпечує надійне, адресне, безпечне та ефективне гасіння пожежі в межах локального простору. Вона є оптимальним вибором для реалізації сучасної автоматичної системи пожежогасіння, що поєднує класичні гідравлічні засоби з сучасною мікропроцесорною логікою управління [22].

У межах розробки автоматизованої системи пожежогасіння для приміщення було обґрунтовано доцільність використання спринклерних головок у поєднанні з компактною трубопровідною мережею та електронним керуванням. Така система дозволяє реалізувати ефективне локалізоване гасіння пожежі без необхідності масштабної водопровідної інфраструктури. Застосування температурних головок із точкою спрацювання 68 °C у поєднанні з керованим електромагнітним клапаном створює можливість як автоматичного, так і програмно-контрольованого гасіння.

Особливістю реалізації є взаємодія спринклерного модуля з мікроконтролером ESP32, який приймає сигнали від датчиків диму та

температури й формує команду на активацію системи. Завдяки цьому досягається інтелектуальне управління процесом пожежогасіння, що мінімізує ризик хибних спрацювань та забезпечує економне використання гасильної рідини.

Трубопровідна система, побудована з термостійких поліпропіленових або мідних труб, є легкою в монтажі, недорогою та адаптивною до різних умов розміщення. Локальний бак замість централізованого водогону дозволяє реалізувати систему в автономному режимі. Загалом запропонована конструкція спринклерного модуля забезпечує надійне гасіння в межах невеликих приміщень із мінімальними витратами та високим рівнем безпеки, що цілком відповідає технічним завданням даної розробки.

2.5 Блок живлення та допоміжні компоненти

У проєктованій системі автоматичного пожежогасіння стабільне живлення є критично важливим елементом, адже від нього залежить безперервна робота мікроконтролера, сенсорів, виконавчих пристроїв і засобів сповіщення. У межах цієї розробки використовується блок живлення на 12 В постійного струму, що є універсальним для більшості електронних компонентів. Такий блок забезпечує живлення для мікроконтролера ESP32 (через понижуючий стабілізатор), електромагнітного клапана, GSM-модуля SIM800L, а також для реле, сенсорів диму й температури [18].

Основним джерелом електроенергії є адаптер типу «адаптер-зарядка» на вхідну напругу 220 В та вихідну 12 В / 2–3 А. Щоб уникнути пошкодження елементів через стрибки напруги або коротке замикання, передбачено електричний захист входу - встановлюються плавкий запобіжник, варистор та фільтруючі конденсатори (таблиця 2.8).

Таблиця 2.8 – Технічні характеристики основного блока живлення

№	Параметр	Значення
	Тип	Адаптер змінного струму 220В / постійного 12 В
	Вихідна напруга	12 В DC
	Вихідний струм	2–3 А
	Вихідна потужність	До 36 Вт
	Стабілізація напруги	Імпульсний стабілізатор
	Захист	Від короткого замикання, перенапруги, перевантаження
	Форм-фактор	Корпусний блок або адаптер із кабелем
	Клас захисту	IP20 (для внутрішнього застосування)
	Спосіб підключення	Клемник / DC-штекер
	Сумісність з обладнанням	Мікроконтролер ESP32, реле, сенсори, клапани, GSM-модуль

З огляду на важливість працездатності системи під час надзвичайної ситуації, до складу також включено резервне джерело живлення у вигляді акумулятора 12 В ємністю 7–9 А·год із параметрами, вказаними у таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Допоміжні компоненти живлення та управління

№	Компонент	Призначення
	Акумулятор 12 В / 7–9 А·год	Резервне живлення при знеструмленні
	DC UPS-модуль	Автоматичне перемикання між мережею і акумулятором
	MOSFET-модуль (наприклад,	Керування навантаженням (електроклапан, аерозольний модуль)
	Конденсатори (1000 мкФ, 100 нФ)	Фільтрація пульсацій живлення
	Варистор або TVS-діод	Захист від перенапруги
	Плавкий запобіжник	Захист на вході мережевого живлення
	Світлодіоди (LED)	Індикація станів системи (живлення, спрацювання, помилка)
	Резистори	Обмеження струму в індикаторах, формування сигналів
	Гвинтові клемники	Надійне підключення живлення та сигналів
	Корпус (з негорючого пластику або металу)	Монтаж та захист електронної частини від пилу, вологи, дотику

Акумулятор підключається через модуль контролю заряду та автоматичного перемикання між мережевим і резервним живленням. У разі аварійного знеструмлення система продовжить працювати не менше ніж 2–3 години, що забезпечує виконання усіх базових функцій (таблиця 2.9). У штатному режимі мережеве живлення надходить безпосередньо на DC UPS-модуль, який одночасно забезпечує заряд акумулятора через вбудований контролер заряду і фільтрує вхідні перешкоди за допомогою конденсаторів 1000 мкФ і 100 нФ. Варистор або TVS-діод, встановлений на вході, захищає всю ланку від імпульсних перенапруг, у той час як плавкий запобіжник розриває ланцюг при серйозному перевантаженні або короткому замиканні. Коли напруга мережі падає нижче заданого порогу, DC UPS-модуль миттєво перемикає живлення на акумулятор, а MOSFET-модуль із типовим транзистором IRF540 регулює струм навантаження, обмежуючи імпульсні сплески під час підключення електроклапана або аерозольного модуля.

У режимі роботи від акумулятора світлодіоди сигналізують оператору про поточний стан системи: один індикатор показує наявність резервного живлення, інший – факт спрацьовування, а третій – помилку у випадку низької напруги акумулятора або несправності ланцюга. Резистори, підібрані за значенням, обмежують струм світлодіодів і формують відповідні сигнали для логіки системи. Гвинтові клемники забезпечують надійне та зручне підключення як силових ліній, так і допоміжних дротів до датчиків і виконавчих механізмів.

Серед допоміжних компонентів, які забезпечують функціонування електронної частини системи, слід виокремити MOSFET або релейний модуль – для керування силовими навантаженнями, такими як клапани або генератори. Також використовуються резистори, конденсатори, фільтри, що стабілізують сигнали, а світлодіоди виконують роль індикаторів режимів роботи: живлення, активація, помилка тощо.

Для забезпечення зручності в монтажі й обслуговуванні всі елементи розміщуються в спеціальному захищеному корпусі, а з'єднання здійснюються

через гвинтові клемники або знімні роз'єми. Усі з'єднання монтуються на макетній або друкованій платі для забезпечення стійкості до вібрацій і механічних навантажень.

Отже, блок живлення та допоміжні компоненти гарантують стабільну, безпечну та енергонезалежну роботу всієї системи пожежогасіння, створюючи електротехнічну основу для надійного функціонування в реальних умовах експлуатації [7].

2.6 Висновки до другого розділу

У другому розділі було здійснено поетапний технічний підбір основних компонентів для реалізації автоматизованої системи пожежогасіння приміщення, яка базується на мікропроцесорному управлінні. Проведений аналіз технічних параметрів, функціональних властивостей та умов експлуатації дозволив сформувати обґрунтовану конфігурацію обладнання, яка поєднує ефективність, надійність і доступність.

На етапі вибору пожежогасної речовини було визначено доцільність використання аерозольного модуля або компактної локалізованої спринклерної системи з електронним керуванням, залежно від середовища застосування. Обидва варіанти дозволяють здійснювати цілеспрямоване гасіння із мінімальним впливом на навколишнє обладнання [23].

Центральним елементом системи обрано мікроконтролер ESP32, який забезпечує прийом сигналів від сенсорів, логічну обробку даних та активацію виконавчих механізмів. Його висока обчислювальна потужність, наявність вбудованих інтерфейсів зв'язку та енергоефективність повністю відповідають вимогам до автономних систем безпеки.

Як сенсори контролю середовища були обрані датчик температури DS18B20 та датчик диму MQ-2, які завдяки цифровому інтерфейсу, високій

точності та чутливості дозволяють реалізувати надійне виявлення загоряння в його ранній фазі.

У підрозділі, присвяченому спринклерним головкам та трубопровідній мережі, обґрунтовано використання модульної локальної системи подачі води з керуванням через електромагнітний клапан. Така конфігурація знижує обсяг монтажних робіт і дозволяє адаптувати систему до конкретних умов експлуатації.

Окрему увагу приділено блоку живлення, який забезпечує стабільну подачу енергії для всіх електронних елементів. Передбачено також резервне живлення від акумулятора, що гарантує безперебійну роботу системи у випадку аварійного знеструмлення.

Загалом, підібране обладнання забезпечує інтелектуальну, адаптивну та економічно обґрунтовану реалізацію системи автоматичного пожежогасіння, що відповідає сучасним вимогам до безпеки в малих і середніх приміщеннях. Сформована технічна база дозволяє перейти до наступного етапу – розробки функціональної схеми та алгоритму роботи системи.

МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ РОБОТИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ПОЖЕЖОГАСІННЯ

3.1 Розробка структурної та електричної схеми системи

Розроблено автоматизовану систему пожежогасіння для невеликого приміщення з використанням аерозольного модуля, мікроконтролера ESP32 та цифрових сенсорів. Система забезпечує раннє виявлення ознак загоряння, реагування шляхом активації виконавчого механізму, а також надсилання сповіщення про інцидент через GSM-зв’язок. Основна увага зосереджена на простоті конструкції, автономності роботи та мінімальному втручанні в існуючу інфраструктуру приміщення.

Контроль пожежонебезпечної ситуації здійснюється на основі даних від датчика диму MQ-2 та температурного сенсора DS18B20. У разі перевищення встановлених порогових значень, мікроконтролер обробляє інформацію в реальному часі та передає команду на запуск генератора аерозолю за допомогою силового транзистора або релейного модуля. Такий підхід забезпечує надійне та адресне гасіння в зоні виникнення загрози.

Система живиться від стабілізованого джерела на 12 В та підтримує можливість підключення резервного акумулятора, що дозволяє їй працювати навіть у разі знеструмлення. Для зворотного зв’язку реалізовано індикацію стану (світлодіодну або через LCD-дисплей) та надсилання SMS-повідомлень за допомогою модуля SIM800L. Усі компоненти сумісні між собою, підтримують відкриті протоколи та легко інтегруються у більші системи безпеки.

Забезпечено гнучкість конфігурації, можливість масштабування та повторного налаштування. Така система придатна для застосування у технічних приміщеннях, архівах, серверних, лабораторіях або інших об'єктах, де важливо швидко локалізувати загоряння та зберегти функціональність критичної

техніки. Вибране рішення відзначається економічністю, простотою впровадження та відповідністю базовим вимогам пожежної безпеки (рисунок

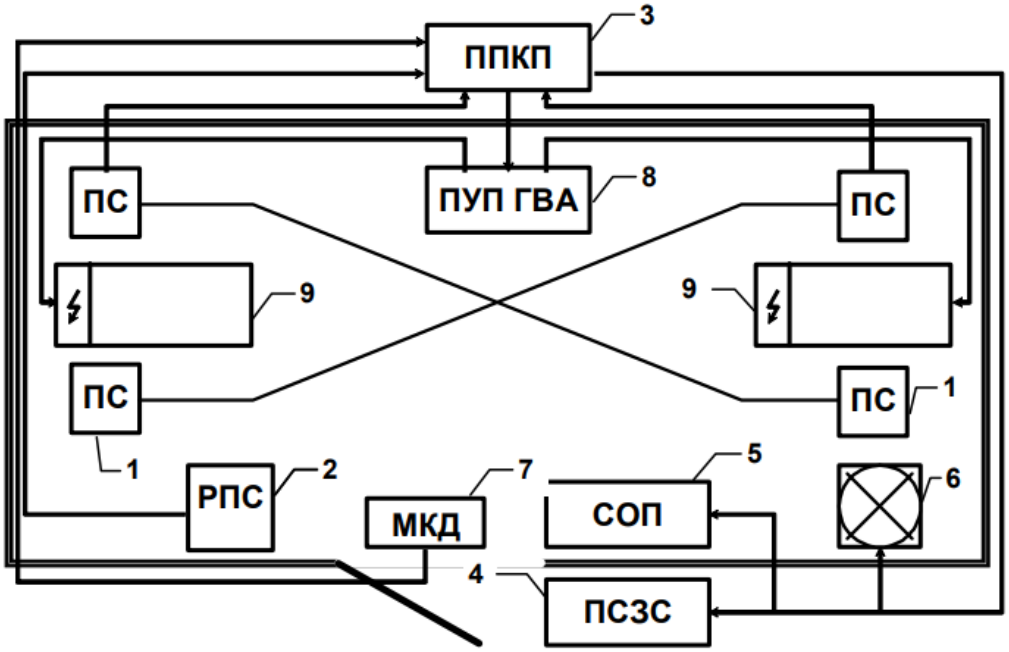

Рисунок 3.1 – Схема автоматичної системи аерозольного пожежогасіння: 1 – автоматичний пожежний сповіщувач; 2 – ручний пожежний сповіщувач; 3 – пожежний приймально-контрольний прилад; 4 – пристрої світло-звукової сигналізації; 5 – система мовленевого оповіщення персоналу; 6 – технологічне обладнання; 7 – магнітно-контактний датчик; 8 – пристрій управління пуском ГВА; 9 – ГВА з електричним пуском

Схема автоматичної системи аерозольного пожежогасіння, представлена на рисунку, демонструє взаємодію ключових компонентів, необхідних для виявлення пожежі, оповіщення персоналу та активації генератора вогнегасної аерозольної речовини (додаток В). В основі системи лежить принцип автоматичного реагування на сигнали від пожежних сповіщувачів з подальшою передачею команди на запуск виконавчих елементів без участі людини.

У структурі системи передбачено використання автоматичних (позиція 1) та ручних (позиція 2) пожежних сповіщувачів. Автоматичні реагують на дим

або температуру, а ручні дозволяють оператору самостійно ініціювати процес пожежогасіння. Усі сигнали надходять до пожежного приймально-контрольного приладу (ППКП), який виконує функцію логічного центру системи, приймаючи рішення щодо запуску гасіння.

Після надходження сигналу, ППКП активує світло-звукову сигналізацію (позиція 4) та систему оповіщення персоналу (позиція 5), що дозволяє попередити людей у приміщенні про небезпеку та ініціювати евакуацію. Для підвищення надійності враховується інформація від магнітно-контактного датчика (позиція 7), який контролює стан об'єкта, наприклад, чи зачинені двері або люки.

У разі підтвердження тривоги, ППКП надсилає команду на пристрій управління пуском ГВА (позиція 8), який активує генератор аерозольної речовини (позиція 9). Аерозоль миттєво розпорошується в захищеному об’єкті (позиція 6) і локалізує пожежу. Така система не потребує прокладання трубопроводів, працює незалежно від тиску та електропостачання, завдяки використанню автономних модулів живлення, що підвищує її надійність у надзвичайних умовах.

Розроблена система автоматичного пожежогасіння має низку технічних, експлуатаційних та економічних переваг, що робить її ефективним рішенням для захисту невеликих приміщень з високою концентрацією електронного або технологічного обладнання.

Перш за все, система вирізняється високим ступенем автономності. Завдяки використанню мікроконтролера ESP32, вона може працювати без підключення до централізованих систем управління або водопостачання. Усі рішення приймаються локально, на основі сигналів з датчиків диму та температури, а спрацювання виконавчих елементів (електропіропатрон або електроклапан) здійснюється безпосередньо із цифрового виходу контролера.

Другою перевагою є інтелектуальне управління, що дає змогу реалізувати складні алгоритми логіки реагування: подвійне підтвердження, затримку

запуску, самодіагностику, формування історії спрацювань, надсилання SMS або push-повідомлень через GSM-модуль. Завдяки цьому мінімізується кількість хибних тривог і забезпечується ефективна робота навіть у складних умовах експлуатації.

Особливу цінність має відсутність необхідності в дорогому та складному монтажі. Система не потребує прокладання труб або підключення до високого тиску. Аерозольні модулі встановлюються локально, не потребують обслуговування впродовж тривалого періоду (до 10 років), а елементи системи можуть бути змонтовані на основі простих кріплень і доступної електропроводки.

Крім того, завдяки модульності та масштабованості, система легко адаптується до різних типів приміщень - від технічних кімнат і архівів до серверних чи невеликих складів. При цьому забезпечується адресна активація - лише в тій зоні, де виникає пожежа, без впливу на решту простору. У поєднанні з резервним живленням і можливістю роботи без людського втручання, така система створює надійний, доступний та сучасний засіб пожежного захисту.

Розроблена автоматична система пожежогасіння є сучасним, надійним і технічно обґрунтованим рішенням для захисту невеликих приміщень із наявністю електронного або технологічного обладнання. В її основі – мікроконтролер ESP32, який забезпечує інтеграцію датчиків, виконавчих пристроїв та засобів сповіщення, що дозволяє реагувати на загрозу пожежі в реальному часі.

Завдяки використанню аерозольного модуля, система не потребує трубопровідної інфраструктури чи дорогого технічного обслуговування, а її конструкція передбачає автономну роботу навіть за умов знеструмлення. Комбінація температурного сенсора DS18B20 і датчика диму MQ-2 забезпечує раннє та точне виявлення пожежонебезпечної ситуації.

Передбачено інтелектуальну логіку керування, можливість GSM-сповіщення, локальну індикацію, що робить систему зручною в експлуатації,

масштабованою та адаптованою до різних типів об’єктів. Таким чином, розробка повністю відповідає вимогам ефективного, економічного та безпечного пожежного захисту в сучасних умовах.

3.2 Принцип дії автоматичної системи пожежогасіння

Принцип дії автоматичної системи пожежогасіння полягає в безперервному моніторингу навколишнього середовища за допомогою спеціалізованих сенсорів, обробці отриманої інформації мікроконтролером і, у разі виявлення загрози, негайному запуску виконавчого механізму для ліквідації джерела займання. У системі реалізовано логіку реагування за принципом «виявлення - обробка - реагування», що забезпечує оперативність та автономність роботи без участі людини.

На першому етапі спрацювання ключову роль відіграють датчики диму (MQ-2) та температури (DS18B20). Вони постійно зчитують параметри повітря в контрольованому приміщенні та передають ці дані на мікроконтролер ESP32. У разі виявлення підвищеної температури або концентрації диму, яка перевищує задані порогові значення, формується сигнал тривоги. У більшості випадків налаштовано подвійне підтвердження: активація відбувається лише при одночасному або послідовному спрацюванні обох типів датчиків, що знижує ризик хибного спрацювання.

Отримавши підтверджений сигнал тривоги, мікроконтролер виконує алгоритм реагування: активує виконавчий модуль (електричний піропатрон аерозольного генератора або електромагнітний клапан), а також подає сигнал до підсистеми оповіщення - світлодіодного індикатора, звукового сигналу чи GSM-модуля. В результаті пожежогасна речовина вивільняється з модуля та миттєво заповнює об’єм приміщення, локалізуючи або ліквідовуючи загоряння на ранній стадії.

Після активації пожежогасіння система також фіксує подію у журналі або надсилає повідомлення на заздалегідь запрограмовані контакти. У разі застосування GSM-модуля (наприклад, SIM800L), користувач отримує повідомлення у вигляді SMS або push-сповіщення. Після завершення гасіння або припинення загрози система може перейти в стан очікування або потребувати ручного перезапуску - залежно від логіки прошивки та конфігурації. Одночасно програмне забезпечення виконує самодіагностику всіх ключових компонентів і при виявленні будь-якої несправності протоколує помилки або надсилає додаткові повідомлення технічному персоналу. Після повернення напруги мережі DC UPS модуль повертається до зарядного режиму та поступово наповнює акумулятор до заданого рівня заряду забезпечуючи готовність системи до наступного виклику. При необхідності результат самотестування можна переглянути через інтерфейс SCADA або мобільний додаток що дає змогу оцінити стан кожного вузла без фізичного доступу до обладнання.

Отже, принцип дії системи базується на поєднанні апаратного моніторингу, цифрової логіки обробки даних і автоматизованого виконання реакції, що дозволяє забезпечити високий рівень пожежної безпеки у приміщенні без постійного нагляду або втручання з боку персоналу.

Розроблена автоматична система пожежогасіння має низку суттєвих переваг, які забезпечують її ефективність, надійність та універсальність. Однією з ключових переваг є повна автономність роботи: система здатна виявити загрозу, самостійно проаналізувати ситуацію й активувати механізм пожежогасіння без участі людини. Це особливо важливо в умовах відсутності постійного нагляду або в нічний час. Додатковою перевагою є висока швидкодія, яка досягається завдяки обробці даних мікроконтролером ESP32 у реальному часі.

Система базується на використанні аерозольного модуля, який не вимагає прокладання трубопроводів і не залишає слідів після спрацювання, що робить

її безпечною для електронного обладнання та документації. Вона також енергоефективна – споживає мінімальну кількість енергії, а отже, може працювати від резервного джерела живлення. Завдяки вбудованому GSM-модулю користувач оперативно отримує повідомлення про спрацювання, що дозволяє швидко реагувати на інциденти навіть за відсутності фізичного доступу до об'єкта.

Попри велику кількість переваг, система має й певні обмеження. Найголовнішим недоліком є обмежена площа дії одного аерозольного модуля – його ефективність обмежується 50–100 м², що вимагає встановлення додаткових модулів на великих площах. Також слід враховувати, що генератори аерозолю є одноразовими – після спрацювання вони підлягають заміні, що пов’язано з додатковими витратами.

Крім того, важливо забезпечити правильне розташування сенсорів і модулів у приміщенні, адже некоректне проєктування може знизити ефективність гасіння. Також можлива поява хибних спрацювань за умов недостатньої фільтрації сигналів - наприклад, при наявності парів, пилу або легкозаймистих парів. Проте при грамотному налаштуванні всі ці ризики зводяться до мінімуму, а система демонструє високу ефективність у захисті локальних об’єктів від загоряння.

У підсумку, розроблена автоматична система пожежогасіння є ефективним, автономним і технічно обґрунтованим рішенням для захисту приміщень малого та середнього розміру. Вона поєднує інтелектуальне керування на базі мікроконтролера ESP32, точні сенсори виявлення диму й температури, а також безпечний аерозольний модуль гасіння, що не шкодить електроніці та не вимагає складної інфраструктури.

Система вирізняється швидкодією, надійністю, низьким енергоспоживанням і можливістю дистанційного сповіщення про надзвичайну ситуацію. Водночас вона залишається доступною за вартістю, простою в монтажі й масштабованою. Незважаючи на окремі обмеження – як-от обмежена

площа покриття одного модуля або потреба в правильному розташуванні елементів – загальний рівень функціональності й захисту повністю відповідає вимогам сучасних систем пожежної безпеки.

3.3 Створення експериментального стенда для перевірки роботи системи

Створення експериментального стенда для перевірки роботи системи є важливим етапом у процесі розробки автоматизованої системи пожежогасіння. Метою стенда є імітація реальної ситуації займання в умовах контрольованого середовища для перевірки правильності взаємодії всіх апаратних і програмних компонентів системи. Стенд дозволяє протестувати роботу мікроконтролера, сенсорів, модулів керування та виконавчих пристроїв без загрози реального поширення пожежі.

Базова конструкція стенда складається з макету невеликого приміщення, виготовленого з термостійкого пластику або фанери. Усередині встановлюються температурний сенсор DS18B20 та датчик диму MQ-2, під’єднані до мікроконтролера ESP32. Для моделювання пожежонебезпечної ситуації використовуються безпечні джерела диму (наприклад, парафінові свічки або димогенератор малої потужності), а нагрівання можна забезпечити термоблоком або феном з температурним обмеженням. Також у схемі передбачено GSM-модуль SIM800L і світлодіодну індикацію для фіксації спрацювання.

Актуація гасіння в експериментальному середовищі реалізується через електричне навантаження, яке моделює роботу виконавчого пристрою - наприклад, світлодіод або лампа, що вмикається в момент, коли мікроконтролер подає сигнал на реле або MOSFET. Така імітація дозволяє перевірити логіку активації без фактичного використання піропатронів або реального аерозольного генератора. Крім цього, стенд обладнується кнопками тестового запуску та скидання системи до початкового стану.

У процесі випробувань фіксується стабільність роботи сенсорів, швидкодія обробки сигналу, коректність активації виконавчого елементу та надсилання повідомлення через GSM-зв’язок. За результатами роботи стенда можливо внести зміни до прошивки, відкоригувати чутливість сенсорів, змінити логіку алгоритму реагування. Отже, експериментальний стенд є ключовим інструментом для відлагодження й доведення системи до практичного застосування, забезпечуючи її надійність, безпечність і відповідність технічним вимогам.

3.4 Оцінка ефективності та економічної доцільності впровадження

Впровадження розробленої автоматичної системи пожежогасіння на базі мікроконтролера ESP32 та аерозольного модуля є технічно доцільним та економічно вигідним рішенням, особливо для об’єктів малого й середнього масштабу. Система дозволяє забезпечити надійний протипожежний захист із мінімальними витратами на монтаж, обслуговування та інфраструктурну підготовку.

Ефективність системи підтверджується її здатністю виявляти ознаки загоряння на ранній стадії, реагувати миттєво без участі людини, а також локалізувати пожежу до того, як вона набуде критичних масштабів. Завдяки точній взаємодії сенсорів диму та температури, застосуванню інтелектуальної логіки та можливості віддаленого моніторингу (GSM-модуль), зменшується ризик хибних спрацювань і покращується контроль над ситуацією. Система також забезпечує мінімальне втручання у приміщення після спрацювання, оскільки аерозоль не пошкоджує обладнання й не вимагає складної очистки.

З економічного погляду, головною перевагою є низька вартість впровадження. Для монтажу не потрібні дорогі трубопроводи, балони під тиском, насосні станції чи промислові розподільні щити. Усі основні компоненти - мікроконтролер, сенсори, силовий модуль і GSM-модуль - є

масовими, доступними та енергоефективними. Аерозольний генератор не вимагає обслуговування впродовж тривалого терміну (до 10 років), а його заміна після спрацювання суттєво дешевша, ніж повне оновлення інших типів пожежогасильних систем.

Крім того, система є масштабованою: її можна розгорнути на одному об’єкті, а згодом - легко адаптувати або інтегрувати з більшими протипожежними або «розумними» системами без потреби перебудови логіки. Це дає змогу ефективно використовувати бюджет на етапах поетапного впровадження.

Отже, оцінка ефективності показує, що розроблена система поєднує надійність, оперативність та технологічну простоту, а з точки зору економіки - забезпечує оптимальне співвідношення витрат і функціональності, особливо в умовах обмежених ресурсів або необхідності автономного пожежного захисту на критичних ділянках об'єкта.

3.5 Висновки до третього розділу

У третьому розділі було здійснено моделювання роботи автоматичної системи пожежогасіння та проаналізовано її функціональні характеристики. В межах цього етапу розроблено структурну та електричну схему, які демонструють взаємозв’язки між основними модулями системи: сенсорами, мікроконтролером, виконавчим пристроєм, модулем оповіщення та джерелом живлення. Схема враховує логіку прийняття рішень у режимі реального часу, можливість подвійного підтвердження загрози та реалізацію автономного керування.

Уточнено принцип дії системи, який базується на комбінації цифрового аналізу температури та наявності диму, що дозволяє з високою точністю визначати момент загоряння та автоматично запускати механізм пожежогасіння. Акцентовано увагу на інтелектуальній логіці реагування, швидкодії,

можливості дистанційного сповіщення та локалізації небезпеки в межах конкретної зони.

З метою перевірки працездатності було створено експериментальний стенд, що дозволив провести тестування взаємодії всіх елементів у безпечному середовищі. За його допомогою було підтверджено коректність функціонування системи, стабільність роботи сенсорів, своєчасну реакцію мікроконтролера та точність запуску виконавчих механізмів.

Проведена оцінка ефективності та економічної доцільності впровадження засвідчила, що розроблена система є технічно життєздатною, недорогою у реалізації, придатною до масштабування та відповідає сучасним вимогам до локального пожежного захисту. Вона демонструє оптимальний баланс між вартістю, надійністю та швидкістю реагування, що підтверджує доцільність її застосування на практиці.

ВИСНОВКИ

У межах виконаної роботи було всебічно досліджено питання проєктування, підбору компонентів, моделювання та аналізу функціонування автоматичної системи пожежогасіння для локального використання в приміщеннях технічного або комерційного призначення. Враховуючи сучасні вимоги до швидкодії, автономності та безпечної взаємодії з електронним обладнанням, було обрано оптимальне технічне рішення на базі аерозольного модуля та мікроконтролера ESP32.

У першому розділі було представлено класифікацію існуючих систем автоматичного пожежогасіння за типом вогнегасної речовини та принципом дії. Розглянуто сучасні технологічні рішення у сфері протипожежного захисту, зокрема водяний туман, газові й аерозольні установки, SCADA-системи та інтелектуальні комплекси з функціями аналізу ситуації в реальному часі. Окрему увагу приділено нормативно-правовому регулюванню, яке визначає основні вимоги до впровадження таких систем на об’єктах різного призначення. Після огляду літератури та технологій було сформульовано основну задачу проєктування - створити компактну, економічну, енергоефективну систему, здатну оперативно реагувати на займання, не потребуючи складної інфраструктури та централізованого обслуговування. Визначено функціональні вимоги до системи та обґрунтовано доцільність застосування мікропроцесорного керування.

У другому розділі здійснено ретельний підбір обладнання, включаючи вибір типу пожежогасної речовини (аерозоль на основі калійвмісного складу), модуля гасіння, мікроконтролера ESP32, температурного сенсора DS18B20, датчика диму MQ-2, а також електронних модулів для керування навантаженням та GSM-зв’язку. Розглянуто характеристики блоків живлення та допоміжних компонентів, що забезпечують стабільну й безперебійну роботу системи в умовах знеструмлення.

У третьому розділі була розроблена структурна та електрична схема системи. Детально описано принцип дії - від виявлення загрози до запуску виконавчого механізму та сповіщення відповідальних осіб. Проведено моделювання системи та створено експериментальний стенд, що дозволив перевірити працездатність, точність і швидкість реагування. Отримані результати підтвердили правильність обраної архітектури.

Оцінка ефективності впровадження продемонструвала, що розроблена система повністю відповідає практичним вимогам: вона швидко реагує, не потребує дорогого монтажу, є безпечною для техніки та здатна працювати автономно. Економічна доцільність підкріплена низькою собівартістю реалізації, простотою обслуговування та можливістю масштабування.

Запропоноване рішення можна успішно використовувати в невеликих приміщеннях, таких як архіви, серверні кімнати, електрощитові та лабораторії. Крім того, систему легко адаптувати для роботи в складі більш складних інтегрованих мереж безпеки, що підвищує її універсальність та прикладну цінність.

Загалом, проєктована система автоматичного пожежогасіння поєднує в собі сучасні технічні підходи, практичну доцільність, економічну ефективність та відповідає актуальним вимогам щодо захисту життя, майна та інформаційної інфраструктури в умовах надзвичайної ситуації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

брамов, Ю. О. Основи пожежної автоматики. ХІПБ МВС України. 1993. 249 с.

ировий В.В., Сенчихін Ю.М., Лісняк А.А., Дерев`янко І.Г. Основи тактики гасіння пожеж: навч. посіб. Х.: НУЦЗУ, 2015. 216 с.

иди систем. Протипожежні системи. URL: https://www.deos-

асготра, А., Рангараджан, Г., Таусеф, С.М. Дослідження та аналіз ефективності водяного туману у взаємодіючому пожежогасінні басейнів на основі CFD. Безпека процесів та захист навколишнього середовища. 2021. №152, С. 614–629.

БН В.1.1.7-2002 «Пожежна безпека об’єктів будівництва»

БН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування». Чинний від

СТУ 9047:2020 Системи протипожежного захисту. Настанова з підтримання експлуатаційної придатності.

СТУ CEN/TR 14568:2014 Системи пожежної сигналізації та оповіщування. Тлумачення положень EN 54-2:1997 (CEN/TR 14568:2003, IDT).

СТУ CEN/TS 54-32:2019 Системи пожежної сигналізації та оповіщування. Частина 32. Побудова, проектування, монтування, введення в експлуатацію, експлуатування та технічне обслуговування системи мовленнєвого оповіщування (CEN/TS 54-32:2015, IDT).

СТУ EN 12101-1:2012 Системи димо- та тепловидалення. Частина 1. Технічні вимоги до протидимових завіс (EN 12101-1:2005, IDT + EN 12101-1:2005/A1:2006, IDT).

СТУ EN 12101-2:2012 Системи димо- та тепловидалення. Частина 2. Технічні вимоги до вентиляційних пристроїв систем природного димо- та тепловидалення (EN 12101-2:2003, IDT).

СТУ EN 12101-3:2017 Системи протидимного захисту. Частина 3. Вентилятори димовидалення (EN 12101-3:2015, IDT).

СТУ EN 50136-1:2014 Системи тривожної сигналізації. Системи передавання тривожних сповіщень та устаткування. Частина 1. Загальні вимоги до систем передавання тривожних сповіщень (EN 50136- 1:2012/A1:2018, IDT). Зміна №

СТУ EN 50518:2019 Центр спостереження та приймання тривожних сповіщень

СТУ EN 54-26:2022 Системи виявлення пожежі та пожежної сигналізації. Частина 26. Детектори оксиду вуглецю. Точкові сповіщувачі (EN 54-26:2015,

СТУ EN 54-27:2021 Системи пожежної сигналізації та оповіщування. Частина 27. Сповіщувачі пожежні димові для повітроводів (EN 54-27:2015, IDT).

СТУ EN 54-28:2022 Система виявлення пожежі та пожежної сигналізації. Частина 28. Теплові сповіщувачі лінійного типу, що не перезапускаються (EN

СТУ EN 54-31:2022 Системи виявлення пожежі та пожежної сигналізації. Частина 31. Багатосенсорні пожежні сповіщувачі. Точкові сповіщувачі, що використовують комбінацію датчиків диму, окису вуглецю та додатково теплових датчиків (EN 54-31:2014+A1:2016, IDT). Зміна № 1:2022

СТУ ISO 6309:2007 «Протипожежний захист. Знаки безпеки. Форма та колір»

СТУ ISO 7240-1:2007 Системи пожежної сигналізації та оповіщування. Частина 1. Загальні положення, терміни та визначення понять (ISO 7240-1:2005, IDT).

СТУ ISO 8421-3:2007 Протипожежний захист. Словник термінів. Частина 3. Пожежна сигналізація та оповіщування (ISO 8421-3:1989, IDT).

СТУ Н Б В.2.5-37:2008 Інженерне обладнання будинків і споруд. Настанова з проєктування, монтування та експлуатації автоматизованих систем моніторингу та управління будівлям і спорудам.

оменко В. І., Ковальов А.І., Костирка О. В., Томенко М. Г. Системи автоматичного пожежогасіння: Навчальний посібник. Черкаси: ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2024. 207 с.

АПБ А.01.001-14 «Правил пожежної безпеки в Україні»

АПБ Б.03.001-2004 «Типові норми належності вогнегасників»

АПБ Б.03.002-2007 «Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою»

и

и

степанов М.В. Інженерне обладнання будівель: Навч. посіб. Київ: КНУБА, 2008. 204 с.

рахно, О.В., та Шаршанов, А. Я. Фізико-хімічні основи використання води у

установки автоматичного пожежогасіння та їх різновиди. Протипожежне

вчук, В. Г., та Поліщук, Д. Д. Фізичні основи пожежовибухонебезпеки: навчальний посібник. 2010. 243 с.

ігондекар, Х., Чоудхурі, А. та Прабху, С.В. Характеристика симплексних розпилювальних форсунок із суцільним конусом. Журнал пожежної безпеки.

ігондекар, Х., Чоудхурі, А. та Прабху, С.В. Ефективність різних форсунок водяного розпилення під час гасіння пожеж у басейнах з рідиною. Fire

№148. P. 724–736.

iu Y.,Chen P.Fu .Z, Li J. Sun R., Zhai X. The investigation of the water mist suppression pool fire process’s flame expansion characteristics // Journal of Loss

№130. P. 103601.

№129. P. 168–175.

Fire Science and Technology. 2021. №40(5). P. 696–700.

ДОДАТОК А

Параметри датчика DS18B20 системи пожежогасіння

Таблиця А.1 – параметри датчика DS18B20

Параметр	Значення
Діапазон вимірювання температури	–55 °C … +125 °C
Похибка в діапазоні –10 °C … +85 °C	±0.5 °C
Роздільна здатність вимірювання	9 – 12 біт (програмується)
Крок дискретизації при 12 біт	0.0625 °C
Напруга живлення VDD	3.0 – 5.5 V
Режими живлення	паразитне (через лінію 1-Wire) або від окремого VDD
Споживаний струм	750 нА типово у режимі очікування; 1 мА типово (1.5 мА макс.) під час конверсії
Інтерфейс зв’язку	цифровий 1-Wire, унікальний 64-бітний серійний код
Час температурного перетворення tCONV	93.75 мс (9 біт) … 750 мс (12 біт)
Функції сигналізації	програмовані верхня та нижня температурні межі (TH / TL)

ДОДАТОК Б

Компоненти системи керування

Таблиця А.1 – параметри GSM-модуля SIM800L

Параметр	Значення
Підтримувані частотні діапазони	Quad-Band GSM 850 / 900 / 1800 / 1900 МГц
Діапазон робочої напруги живлення	3.4 – 4.4 В; рекомендовано 4.0 В
Струм споживання у сні	< 2 мА; у режимі idle < 7 мА
Середній / піковий струм під час передавання GSM	≈ 350 мА / до 2 А
GPRS	Клас 12 (макс. 85.6 кбіт/с uplink / downlink)
Робочий температурний діапазон	–40 °C … +85 °C
Інтерфейс керування	UART (логіка до 2.8 В) AT-команди 3GPP TS 27.007 / 27.005
Тип SIM-карти	micro-SIM (гніздо на звороті модуля)
Габарити друкованого модуля	приблизно 25 × 23 мм; товщина ≈ 2 мм
Додаткові можливості	Підтримка голосу SMS USSD Bluetooth (опціонально для деяких версій) та вбудованого FM-тюнера

ДОДАТОК В

Схема системи автоматичного пожежогасіння

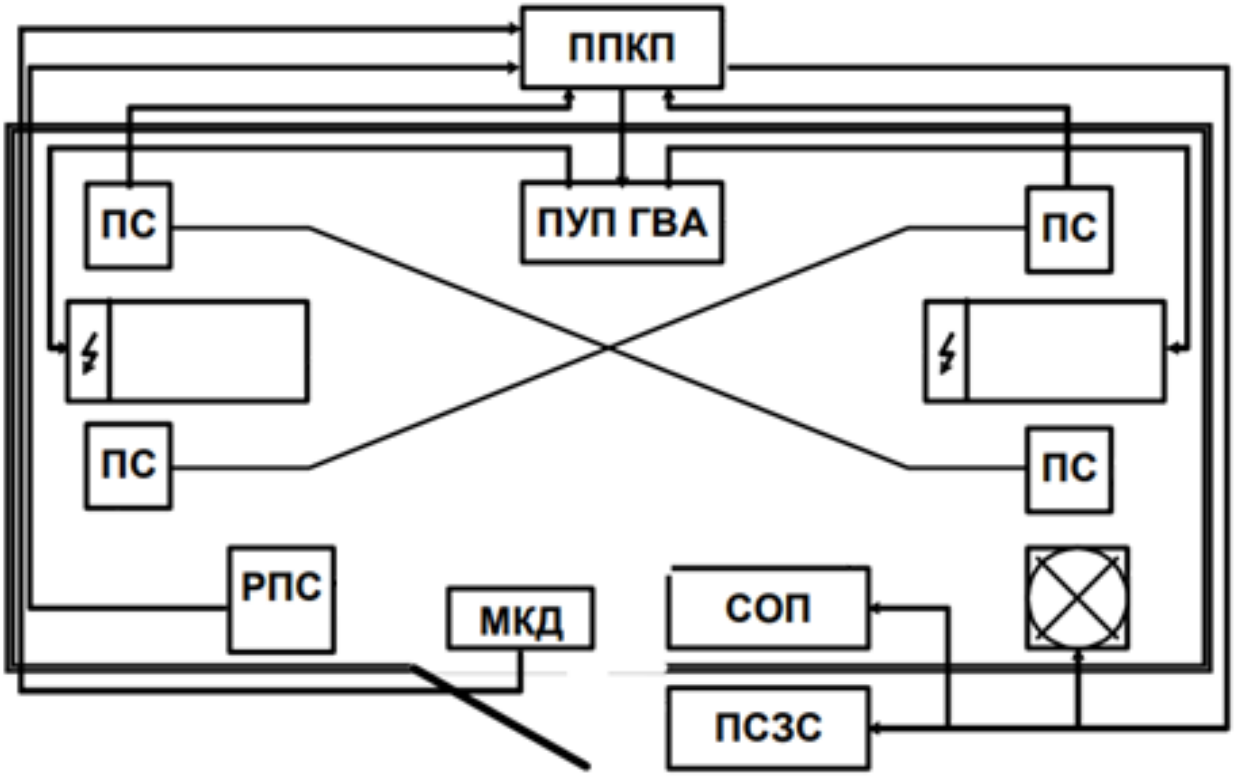

Рисунок В.1 – Схема системи автоматичного аерозольного пожежогасіння

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Ільчук Владислав Ігорович

Тема: Система автоматичного пожежогасіння приміщення

Спеціальність: 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість сторінок записки 56

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою роботи є розробка системи * Тип системи гасіння: вибір системи з водяними спринклерами для ефективного гасіння пожежі.

* Типи датчиків: використання теплових та димових датчиків для швидкого виявлення пожежі.

* Контролер і програмне забезпечення: впровадження сучасного контролера для автоматичного запуску системи та налаштування на різні рівні небезпеки.

* Інтерфейс користувача: створення графічного інтерфейсу для моніторингу та ручного контролю системи.

* Перевірка ефективності: проведення тестування системи для підтвердження її ефективності у різних умовах.

* Загальний результат: створення надійної та ефективної системи автоматичного пожежогасіння для підвищення безпеки приміщення.....

2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У першому розділі **використано водяні спринклери**, що є одними з найефективніших рішень для автоматичного гасіння пожежі, відповідно до сучасних стандартів безпеки. У другому розділі **застосовано комбіновані теплові та димові датчики**, що забезпечують точне виявлення загрози на різних етапах розвитку пожежі, з урахуванням останніх досягнень у сенсорних технологіях. У третьому розділі **розроблено сучасний контролер з програмним забезпеченням**, що забезпечує автоматичне управління системою в залежності від рівня загрози, використовуючи передові алгоритми автоматизації та штучного інтелекту. У четвертому розділі **створено інтуїтивно зрозумілий графічний інтерфейс**, що дозволяє користувачам зручно взаємодіяти з системою, застосовуючи сучасні методи UI/UX дизайну.

4. Позитивні сторони роботи: висока практична цінність роботи.

5. Негативні сторони роботи: у роботі недостатньо уваги приділяється аналізу існуючих технічних рішень

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному науково-технічному рівні.

8. Інші зауваження: відсутні

9. Оцінка дипломної роботи:

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) завідувач кафедри комп'ютерних наук, д. т. н., професор Бармак Олександр Володимирович

"20" червня 2024 р. (підпис)

Завідувачу кафедри АКІТтаР
д-ру техн.наук, проф. Мартинюку В.В.

Ільчук Владислав Ігорович
ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 4 курс, групи АКІТ-21-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність плагіату ознайомлений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (StrikePlagiarism та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

20.06.25
дата

підпис

Протокол аналізу звіту подібності експертом

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

Автор: Владислав ІЛЬЧУК

Співавтор:

Назва: Ільчук - антиплагіат 01

Експерт:

Підрозділ: Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

Коефіцієнт подібності 1:0.6%

Коефіцієнт подібності 2:0.4%

Мікропробіли: 43

Заміна букв: 3

Інтервали: 0

Білі знаки: 5

Дата створення звіту: 2025-06-20 09:17:44.0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

☒ **Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.**

☐ **Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.**

☐ **Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укриття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедурам. Таким чином робота не приймається.**

Обгрунтування:

2025-06-20 Доцент Микола Федула

Дата експерт

Anti-Plagiarism (UA) v-15.281 Educational

The maximum coincidence with one document 0.0%

Dictionaries check: en_US, ru_RU, ua_UA. **Errors in the documents: 11%**

ID: 247156 Title: БКР Система автоматичного пожежогасіння приміщення Added in a DB: 2025-06-20 Authors: Владислав ІЛЬЧУК Heads: Миколай ФЕДУЛА Consultants: Opponents:	Document		Sum coincidence on the DB	
	Symbols	Lexemes	Symbols	Lexemes
	85993	636	1181 (1%)	19 (3%)

Plagiarism sources

ID	Description	Plagiarism presence in the document	
		Symbols	Lexemes

РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ АВТОМАТИЗАЦІЇ, КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА РОБОТОТЕХНІКИ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:
Назва: Система автоматичного пожежогасіння приміщення
Автор: Ільчук Владислав Ігорович
Спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
Освітня програма: Освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
Науковий керівник: Федула М.В., доцент
Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	**відповідає**
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої й електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того, як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження:
Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:
1) у тексті кваліфікаційної роботи системами перевірки на плагіат виявлено схожість з деякими документами в частині загальновживаних обов'язкових словосполучень у стандартних бланках (титулка, відомість документів), у структурі змісту, назвах розділів/підрозділів тощо, у назвах публікацій у переліку джерел посилання;
2) усі запозичення є фрагментарними або мають належним чином оформленні посилання;
3) виявлені модифікації тексту не впливають на відсоток схожості.
Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів ідентичності/ схожості, складає 1,92% і адресується до 201 джерела, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру теми і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Завідувач кафедри _____ Валерій МАРТИНЮК
Гарант освітньої програми _____ Юрій ФОРКУН
Керівник кваліфікаційної роботи _____ Микола ФЕДУЛА