

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут інформатики та радіоелектроніки, ІРЕТ  
(повне найменування інституту, назва факультету)  
Інформаційні технології електронних засобів  
(повна назва кафедри)

## Пояснювальна записка

до магістерської роботи

маістр

(ступінь вищої освіти (освітній ступінь))

на тему Система автоматизованого  
потребовасіння на підприємстві

Виконав: студент VI курсу, групи РТ-513м  
спеціальності (спеціалізації)

142 „Телекомунікації та радіоелектроніка“ „Мікроелектроніка  
(код і назва спеціалізації, спеціальності) техніка

Микомеренко М.О.  
(прізвище та ініціали)

Керівник Машей О.Ю. к.т.н., доцент  
(прізвище та ініціали)

Рецензент Земленова Т.Я. к.т.н., доцент  
(прізвище та ініціали)

м.Запоріжжя  
2018 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
**Запорізький національний технічний університет**  
 (повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет Інститут інформатики та радіоелектроніки, ФРЕТ  
 Кафедра Інформаційні технології електронних засобів  
 Ступінь вищої освіти (освітній ступінь) \_\_\_\_\_  
 Спеціальність 142 „Телекомунікації та радіотехніка“  
 (код і назва)  
 Спеціалізації „Мікросистемна техніка“  
 (код і назва)

## ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІТЕЗ  
Мелько Т.М.  
 “13” Травня 2018 року

**ЗАВДАННЯ**  
 НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Мелько Сергій Миколайович  
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Система автоматизованого  
потереогаєння на підприємстві

керівник проекту (роботи) Мамий Александр Юрійович, к.т.н. доцент  
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “04” листопада 2018 року № 338

2. Строк подання студентом проекту (роботи) \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Використання оптико-електронних  
типів датчиків вогню; використання промислового обладнання для  
керування системою (програшова і об'єктні контролери); використання  
власного - ЧХЛ, група виконавця - 1.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Огляд обл. розробки і постановка завдань дипломного проекту;  
Розробка структурних, функціональної і електричної принципової схеми;  
Розробка програмного забезпечення системи; Розробка конструкції системи  
та методів розширення датчиків на об'єкт, що охоплюється; Аналіз  
необхідної к-ті та розташування датчиків вогню для безпомилкової визн.  
пожежі потереї в вкр. приміщ. задан. розміру; Техн.-екон. обґрунтув.; ОПта БВНС.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)  
Структурна схема сист. автомоб. потереогаєння; Газова конф. схема сист. автомоб.  
потереогаєння; Блок-схема алгоритму роботи сист. потереогаєння; Алгоритм  
визн. координат величезного потереї; Варіанти розташ. оптико-електронних  
датчиків в прямокутному приміщенні;

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
	Мамин О.Ю к.т.н. доц. кафедри ЕТП		
6	Остапенко В.В. к.т.н., доцент кафедри ЕТП	01.10.18	01.11.18
7	Коробков Д.В. ст. викл. кафедри ОПіНС		
МКДР	Яковенко Т.А. ст. викл. кафедри ЕТП		11.12.18

7. Дата видачі завдання 3 вересня 2018 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Огляд обл. розробки і побачення завдання	1 тиждень	
2.	Розробка структурних, функціональної і електричної принципової схем системи.	2 тижні	
3.	Розробка програмного забезпечення системи	1 тиждень	
4.	Розробка конструктивної системи та методів розміщення датчиків на об'єкті.	2 тижні	
5.	Аналіз необхідної к-ті та розміщення датчиків в об'єкті...	2 тижні	
6.	Техніко-економічне обґрунтування	1 тиждень	
7.	Охорона праці та безпека в НС.	1 тиждень	

Студент  
Керівник роботи

(підпис) Уколайченко М.С.  
(прізвище та ініціали)  
  
(підпис) Мамин О.Ю.  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Дипломний проект: 86 сторінок, 9 табл., 24 рис., 9 джерел.

Об'єктом дослідження і розробки дипломного проекту є розробка схеми, конструкції плати і програми керуючого контролера системи автоматичного пожежогасіння на підприємствах, а також наукове обґрунтування вибору кількості датчиків вогню для забезпечення безперебійної роботи автоматизованих систем пожежогасіння.

Мета роботи – дослідження існуючих методів визначення кількості датчиків вогню для безперебійної роботи систем автоматизації пожежогасіння, а також огляд конструкцій і схемотехнічних рішень в галузі управління пожежогасінням на підприємствах.

У процесі виконання дипломного проекту була розроблена і науково обґрунтована методика вибору кількості датчиків вогню для забезпечення безперебійної роботи системи автоматичного пожежогасіння. Також в процесі виконання дипломного проекту була розроблена система автоматичного пожежогасіння на основі мікроконтролера. Система, розроблена в результаті виконання дипломного проекту, дозволяє проводити вимірювання температури та інфрачервоного випромінювання в промислових приміщеннях з можливістю робити висновок про пожежонебезпечну ситуацію і включати виконавчі пристрої пожежогасіння. Пристрій виконаний модульно, що дозволяє в залежності від потреби користувача комплектувати його необхідними функціями. Управління приладом за допомогою контролера дозволяє зміну приладу.

ДАТЧИК, ТЕМПЕРАТУРА, ВИКОНАВЧИЙ ПРИСТРІЙ,  
ПРОГРАМОВАНИЙ ЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЕР, СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА  
ПРИНЦИПОВА, ПРОГРАМА

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	7
1 ОГЛЯД ОБЛАСТІ РОЗРОБКИ І ПОСТАНОВКА ЗАВДАНЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ .....	9
1.1 Необхідність застосування систем автоматичного пожежогасіння .....	9
1.2 Огляд існуючих систем автоматичного пожежогасіння.....	11
1.3 Постановка завдань дипломного проекту .....	17
2 РОЗРОБКА СТРУКТУРНИХ, ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ І ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ПОЖЕЖОГАСІННЯ.....	19
2.1 Структурна схема системи.....	19
2.2 Функціональна схема системи і вибір елементів системи .....	21
2.3 Схема комутаційна системи автоматичного пожежогасіння .....	28
3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ .....	31
3.1 Розробка блок-схеми алгоритму.....	31
3.2 Написання тексту програми керуючого мікроконтролеру .....	33
3.3 Відлагодження програмного забезпечення та перевірка роботи системи.....	35
4 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ СИСТЕМИ ТА МЕТОДІВ РОЗМІЩЕННЯ ДАТЧИКІВ НА ОБ'ЄКТІ, ЩО ОХОРОНЯЄТЬСЯ.....	39
5 АНАЛІЗ НЕОБХОДНОЇ КІЛЬКОСТІ ТА РОЗТАШУВАННЯ ДАТЧИКІВ ВОГНЮ ДЛЯ БЕЗПОМИЛКОВО ВИЗНАЧЕННЯ ПОЧАТКУ ПОЖЕЖІ В ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕННЯХ ЗАДАНОГО РОЗМІРУ .....	46
5.1 Постановка завдання дослідження оптимальної кількості датчиків вогню для побудови системи автоматичного пожежогасіння .....	46
5.2 Методи визначення координат полум'я і критерії оптимальності роботи системи автоматичного пожежогасіння з безліччю датчиків .....	47

5.3 Варіанти просторового розташування датчиків вогню в промисловому приміщенні на підставі запропонованої методики.....	54
6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ .....	58
6.1 Планування розробки системи автоматичного пожежогасіння.....	58
6.2 Визначення витрат на розробку системи.....	59
6.2.1 Розрахунок основної заробітної плати .....	60
6.2.2 Розрахунок додаткової заробітної плати.....	60
6.2.3 Відрахування єдиного соціального внеску .....	61
6.2.4 Визначення витрат на матеріали .....	61
6.2.5 Витрати на спеціальне обладнання .....	62
6.2.6 Розрахунок накладних витрат.....	65
6.2.7 Розрахунок економічної ефективності науково-дослідницької роботи .....	66
7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	69
7.1 Аналіз потенційних небезпек .....	69
7.2 Заходи по забезпеченню безпеки .....	70
7.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці .....	72
7.4 Заходи з пожежної безпеки .....	75
7.5 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях.....	77
ВИСНОВКИ.....	84
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	86

## ВСТУП

Від пожежі ніхто не застрахований. Це серйозне лихо супроводжується не тільки матеріальними втратами, а й загибеллю людей. Запобігти нещастю може допомогти система пожежогасіння – сукупність стаціонарних технічних засобів гасіння вогнищ пожежі за рахунок випуску вогнегасної речовини.

Система пожежогасіння – це проектно компонований виріб, що проектується і монтується індивідуально під конкретні умови кожного об'єкта. Всі сертифіковані засоби пожежогасіння умовно можна розділити на первинні засоби пожежогасіння, автоматичні системи пожежогасіння і димовидалення.

Автоматична система пожежогасіння – система пожежогасіння, автоматично спрацьовує при перевищенні фактором (факторами) пожежі порогових значень в захищається зоні. Відмінною особливістю автоматичних установок є виконання ними функцій автоматичної пожежної сигналізації. При цьому автоматичні установки пожежогасіння можуть приводитися в дію як ручним, так і автоматичним способом.

Будівлі, споруди та будівлі особливо на виробництві повинні бути оснащені автоматичними установками пожежогасіння у випадках, коли ліквідація пожежі первинними засобами пожежогасіння неможлива, а також в випадках, коли персонал не знаходиться в приміщеннях цілодобово.

Автоматичні установки пожежогасіння повинні забезпечувати ліквідацію пожежі в приміщенні (будівлі):

- до виникнення критичних значень небезпечних факторів пожежі;
- настання меж вогнестійкості будівельних конструкцій;
- заподіяння максимально допустимого збитку майну, що захищається;
- наступу небезпеки руйнування технологічних установок.

Об'єктом дослідження і розробки дипломного проекту є розробка схеми, конструкції плати і програми керуючого мікроконтролера системи

автоматичного пожежогасіння на підприємствах, а також наукове обґрунтування вибору кількості датчиків вогню для забезпечення безперебійної роботи автоматизованих систем пожежогасіння.

Мета роботи – дослідження існуючих методів визначення кількості датчиків вогню для безперебійної роботи систем автоматизації пожежогасіння, а також огляд конструкцій і схемотехнічних рішень в галузі управління пожежогасінням на підприємствах і розробка системи автоматичного пожежогасіння на підставі введених параметрів об'єкту, що охороняється.



# 1 ОГЛЯД ОБЛАСТІ РОЗРОБКИ І ПОСТАНОВКА ЗАВДАНЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

## 1.1 Необхідність застосування систем автоматичного пожежогасіння

Основне функціональне призначення комплексних систем пожежогасіння пов'язано з обмеженням поширення пожежі на початковому етапі виникнення вогнища загорання. Ці комплекси використовуються для запобігання від пожежі людей і цінностей, обладнання, що знаходяться в приміщенні. При ліквідації пожежі найбільш надійні і ефективні системи автоматичного пожежогасіння (АУПГ).

Всі системи автоматичного пожежогасіння в більшості випадків являють собою комплекси, в яких пожежна сигналізація з'єднана зі сповіщальною системою і системою управління за евакуацією людей. Установка АУПГ відбувається відповідно до норм пожежної безпеки. Обов'язково розміщення таких систем на наступних об'єктах:

- серверних;
- архівних кімнатах;
- приміщеннях з великою кількістю електричного обладнання;
- автостоянках;
- приміщеннях складського типу;
- ремонтних майстерень та ін.

Приведення в дію АУПГ здійснюється без допомоги людини, з використанням пожежного автоматичного механізму. Вся автоматизована система стежить за температурою в приміщенні, при найменшому її зміні – спрацьовує шляхом виникнення звукових і світлових сигнальних повідомлень. Завдяки цій системі відбувається автоматичне включення системи димовидалення, а також подається вогнегасна речовина (газ, піна, вода або аерозольні речовини). Сигнал «тривога» миттєво передається на пульт охорони.

Установки автоматичного пожежогасіння являють собою систему взаємопов'язаних елементів: резервуарів, елементів управління, мережі трубопроводів та розпилювачів елементів.

Всі АУПГ діляться на наступні типи (по різновиду вогнегасної речовини, що використовується для ліквідації вогнища загоряння):

- газові;
- водяні;
- пінні;
- водяні (з включенням до складу вогнегасної речовини піноутворювача);
- порошкоподібні;
- аерозольні та ін.

#### Поширені типи АУПГ

Водяні – одні з найпоширеніших АУПГ. Існує два типи пожежних установок водяного типу – дренчерні і спринклерні. Спринклерні застосовуються для гасіння пожеж локального плану. Вони затребувані в тих випадках, коли потрібно миттєво зупинити пожежу на обмеженій площі. При підвищенні температурних показників вище норми відбувається спрацьовування комплексу пожежогасіння, при цьому струмінь води ліквідує загоряння в безпосередній близькості від вогнища.

Зовні спринклерні комплекси являють собою мережу трубопроводів зі спеціальними пристроями – спринклерами, які і розбризкують воду. У спринклерів постійно закачана вода. В дренчерних же установках вода, необхідна для ліквідації пожежі, надходить в трубопровід в момент появи вогнища загоряння. АУПГ реагує під час пожежі подачею величезної кількості води на значну площу. За подачу води відповідає дренчерний вузол управління, який приводиться в дію пневматичним або гідравлічним способами.

Останнім часом популярністю, особливо в приміщеннях з електрообладнанням, музеях, серверних, архівах і бібліотеках, користуються

автоматичні системи газового пожежогасіння. Основу цих комплексів становлять балони з вогнегасною речовиною. Такі АУПГ екологічно безпечні, надійні і миттєво справляються з вогнем.

Затребуваний тип АУПГ – порошкові установки модульного різновиду. Модуль являє собою посудину з вогнегасною речовиною і газогенеруючим елементом. Після того, як газогенеруюча суміш досягне температури спрацьовування, в середині модульного елемента відбувається виділення газу, при цьому оболонка модульного елемента відкривається. Ці АУПГ відносяться до універсальних і доступним за ціною системам.

Вибір тієї чи іншої системи автоматичного пожежогасіння визначається типом приміщення і розміщених там матеріалів або речовин.

## 1.2 Огляд існуючих систем автоматичного пожежогасіння

Сучасний ринок товарів та послуг в області засобів пожежовиявлення і пожежогасіння насичений пропозиціями як вітчизняних виробників, так і провідних зарубіжних брендів і дозволяє закрити практично всі питання забезпечення пожежної безпеки об'єктів різних категорій:

- побутового призначення (житлові приміщення, готелі);
- культурно-розважальні центри, спортивні споруди, склади ТМЦ та логістичні підприємства, музеї, банки і т.д.;
- вибухопожежонебезпечні виробництва (підприємства нафтової і газової галузей, нафтопереробки, нафтохімії, збройові арсенали і т.д.)

І якщо обов'язок і відповідальність за забезпечення пожежної безпеки об'єктів перших двох з перерахованих категорій існуючим законодавством покладено на власників підприємств, то питання пожежної безпеки підприємств третьої категорії мають практично загальнодержавне значення. При цьому на обладнання накладаються підвищені вимоги до надійності і довговічності, завадозахищеності і достовірності, енергозабезпечення та енергонезалежності.

Пожежна автоматика включає в себе комплекс технічних засобів, призначених для виявлення, гасіння або локалізації пожежі всередині приміщень, а також оповіщення людей. До засобів пожежної автоматики відносяться: автоматичні установки пожежної сигналізації (далі – АУПС); автоматичні установки пожежогасіння (далі – АУПТ); системи оповіщення та управління евакуацією людей при пожежі (далі – СОУЕ); автоматичні системи протидимного захисту (димовидалення, або припливно-витяжної вентиляції); автоматичні системи управління (виконавчі пристрої) різних інженерних та технологічних обладнанням будівель і споруд (ліфтами, електропостачанням, СКУД та ін.).

Вищеназвані системи можуть бути автономні або інтегровані. Засоби пожежної автоматики здатні виявити пожежу на ранній стадії за первинними ознаками – температура, дим, інфрачервоне випромінювання і т.д. А далі – діяти відповідно до закладеної програми: включити систему оповіщення та димовидалення, зупинити ліфти, розблокувати аварійні виходи і т.д.

Всі дії направлені на досягнення головної мети – зберегти життя людей в умовах НС і максимально знизити матеріальні збитки. Залежно від умов застосування, автоматика пожежної безпеки повинна відповідати наступним вимогам: можливість виявлення НС на об'єкті; припинення розвитку процесу в небезпечному напрямку; високу швидкодію для виконання протиаварійних заходів; стабільність в часі, тобто мінімальне старіння і стомлюваність елементів; незалежність від зовнішніх факторів (температура, вологість, електричні перешкоди, удари, тиск і т.д.); безвідмовність при тривалій роботі; висока надійність; мінімальне споживання енергії; можливість замінювати вийшли з ладу елементи без повторного монтажу всієї системи.

Системи пожежної автоматики складні і мають кілька рівнів. Тому установці в обов'язковому порядку передують проект, де враховані вимоги діючих нормативних актів і специфіка об'єкта. Проектування, пусканалагоджувальні роботи та обслуговування систем і елементів можна довіряти виключно компаніям, які мають державними сертифікатами і

ліцензіями на здійснення подібної діяльності. Ця умова поширюється на всі типи пожежної автоматики.

В основі класифікації систем пожежної автоматики – покладені на них функції. Так, технічні пристрої можуть бути націлені на виявлення загоряння, гасіння вогню або організацію евакуації і захист людей і майна.

Можна виділити наступні засоби пожежної автоматики:

1. Сповіщувачі пожежні (далі – СП). Це технічні пристрої, які реагують на зміну характеристик зовнішнього середовища при виникненні пожежі – задимлення, підвищення температури, інфрачервоне випромінювання. Залежно від контрольованого параметра, сповіщувачі пожежної сигналізації можуть бути димові, газові, теплові, світлові і комбіновані. Неелектричні інформаційні параметри вони перетворюють в електричні сигнали, які надходять на приймально-контрольні прилади. При підборі СП слід звертати увагу на такі параметри, як: чутливість (поріг спрацьовування) – мінімальне значення величини параметра, на який реагує СП; інерційність – інтервал часу між впливом контрольованого параметра до видачі СП сигналу; контрольована площа – дальність дії і площа приміщення, підконтрольного ВП.

2. Прилади приймально-контрольні пожежні (далі – ППКП). Технічні засоби, що приймають сигнали від сповіщувачів в охоронно-пожежної сигналізації, контролюючи цілісність шлейфу. ППКП також передають інформацію на пульт централізованого управління пожежної охорони. Мають малу (від 1 до 5 шлейфів), середньої (від 6 до 50 шлейфів) або великий (понад 50 шлейфів) інформаційною ємністю. У числі інших характеристик – інформативність (кількість видів сповіщення) і можливість резервування складових частин ППКП.

3. Прилади пожежні управління (далі – ППУ). Це пристрої, призначені для формування сигналів управління автоматичними засобами гасіння пожежі, контролю їх стану, а також управління звуковими, світловими сигналами і інформаційними табло. Запуск ППУ походить від імпульсу,

переданого ППКП. ППУ класифікуються залежно від об'єктів управління (водяне, газове, порошкове пожежогасіння і т.д.), інформаційної ємності (перелік підконтрольних зон), розгалуженості (кількість комутованих ланцюгів в кожній зоні) і можливості резервування. Конструктивно ППКП і ППУ можуть бути інтегровані в єдиному пристрої.

4. Технічні засоби оповіщення та управління евакуацією людей. Призначені для оперативного інформування людей про пожежу та вказівки черговості і шляхів евакуації. Оповіщення відбувається одним з нижчеперелічених способів (або їх поєднанням): світлові і звукові сигнали в приміщеннях, де знаходяться люди; трансляція заготовлених текстів про евакуацію, шляхи виходу та інша інформація, яка допомагає великій кількості людей без паніки і метушні покинути приміщення; включення аварійного освітлення; відкриття евакуаційних виходів і т.д. Вибір типу СОУЕ залежить від функціонального призначення будівлі, його міцності і кількості, що одночасно знаходяться всередині людей, поверховості, площі пожежного відсіку.

5. Системи передачі сповіщень про пожежу (надалі – СПС). Це сукупність технічних засобів, призначених для передачі повідомлень про пожежу за встановленими каналами зв'язку. Прийом відбувається в пункті централізованого спостереження сповіщень про пожежу. СПС можуть використовувати телефонний зв'язок, радіоканали та інші лінії зв'язку, в тому числі комбіновані. Можлива передача як одного повідомлення, так і декількох. Серед інших критеріїв класифікації СПС – інформаційна ємність (кількість об'єктів, що охороняються), спосіб передачі інформації, формат повідомлення і т.д.

6. Інші прилади та обладнання для побудови систем пожежної автоматики. Вони актуальні і для інших засобів пожежної автоматики. Це: електрична та інформаційна сумісність всіх технологічних елементів системи; працездатність технічних засобів в умовах задимлення і високих температур протягом часу, який буде потрібно для евакуації людей і

вирішення інших завдань, покладених на систему; наявність безперервного електроживлення на період роботи під час пожежі; стійкість до електромагнітних завад; забезпечення електробезпеки; відповідність принципу управління обладнанням АУПС типу керованого обладнання і вимогам конкретного об'єкта.

При виборі обладнання системи пожежної сигналізації вкрай важливі показники надійності: ймовірність безвідмовної роботи, ймовірність помилкового спрацювання, середнє напрацювання на відмову і т.д. Все це характеризує безпеку системи і її ефективність. Точні характеристики в обов'язковому порядку мають бути присутніми в технічній документації на виробі. Системи автоматичного пожежогасіння

До окремого класу пожежної автоматики відносяться АУПГ або автоматизовані системи пожежогасіння (АСП). Це сукупність стаціонарних технічних засобів боротьби з вогнем за допомогою вогнегасної речовини. Основне завдання – забезпечити локалізацію пожежі і його ліквідацію. Вкрай важливо зробити це до появи небезпечних факторів пожежі, настання меж вогнестійкості будівельних конструкцій, руйнування технологічних установок або заподіяння максимально допустимого збитку майну.

АСП бувають різних типів. В основу класифікації може бути покладений режим роботи, ступінь автоматизації, конструктивне виконання і т.д. Однак найбільш поширеним прийнято вважати поділ по виду і агрегатному стані вогнегасних хімічних сполук, способу гасіння.

Всі АСП класифікуються за такими ознаками.

1. За конструктивним виконанням:

- а) спринклерні;
- б) дренчерні;
- в) агрегатні;
- г) модульні.

2. По виду вогнегасної речовини:

- а) водяні;

- б) пінні;
- в) газові;
- г) аерозольні;
- д) порошкові;
- е) парові.

3. За способом гасіння:

- а) об'ємні;
- б) по площі;
- в) локальні.

4. За способом пуску:

- а) ручні;
- б) автоматичні;
- в) з електричним пуском;
- г) гідравлічним пуском;
- д) пневматичним пуском;
- е) механічним пуском;
- ж) комбінованим пуском.

5. За інерційності:

- а) надшвидкодійні (час спрацьовування АСП ( $\tau_{\text{вкл}}$ )  $< 0,1$  с);
- б) швидкодійні або малої інерційності ( $0,1 < \tau_{\text{вкл}} < 3$  с);
- в) середньої інерційності ( $3 < \tau_{\text{вкл}} < 30$  с);
- г) підвищеної інерційності ( $30 \text{ с} < \tau_{\text{вкл}} < 30 \text{ хв}$ ).

6. За тривалістю подачі засобів гасіння:

- а) імпульсної дії ( $\tau_{\text{гас}} < 30$  с);
- б) короткочасної дії ( $30 \text{ з} < \tau_{\text{гас}} < 15 \text{ хв}$ );
- в) середньої тривалості дії ( $15 \text{ хв} < \tau_{\text{гас}} < 60 \text{ хв}$ );
- г) тривалої дії ( $\tau_{\text{гас}} > 60 \text{ хв}$ ).



### 1.3 Постановка завдань дипломного проекту

У дипломному проекті пропонується розробка системи автоматичного пожежогасіння, що має наступні характеристики:

- за конструктивним виконанням: модульна.
- по виду вогнегасної речовини: водяна;
- за способом гасіння: по площі;
- за способом пуску: комбінована;
- за інерційності: надшвидкодійна;
- за тривалістю подачі засобів гасіння: короткочасної дії ( $\tau_{\text{гас}} < 15$  хв).

Установки водяного пожежогасіння дозволяють знизити ризик виникнення великих пожеж і значно зменшити соціально-економічні збитки. Дані АСП застосовуються в різних виробничих сферах і використовуються для захисту об'єктів при застосуванні та переробці наступних речовин і матеріалів: бавовняне або лляне волокно, різні тканини, деревина, пластмаси, гума, а також ряд горючих (легкозаймистих) сипучих і рідких речовин. Ці установки використовуються також для захисту технологічного устаткування, кабельних ліній, об'єктів культури, театрів, будинків культури та інших аналогічних споруд.

АСП повинна забезпечувати:

- час спрацьовування менше гранично допустимого;
- час спрацьовування менше часу вільного розвитку пожежі (критичного часу);
- час дії в режимі гасіння, необхідне для ліквідації пожежі;
- час дії в режимі локалізації, необхідне для прибуття і бойового розгортання оперативних підрозділів;
- інтенсивність подачі та концентрацію вогнегасної речовини не нижче нормативних;
- надійність функціонування.

Крім того, АСП повинна бути оснащена:

- пристроями, які видають звуковий і світловий сигнали оповіщення про пожежу;

- призначено для ремонту і контролю працездатності контрольно-пускових пристроїв (КПУ), розподільних пристроїв і насосів (за умови знаходження вогнегасної речовини всередині розподільної мережі або ємності);

- забезпечувати підведення рідини з метою промивки, продувки і випробування трубопроводів;

- забезпечувати монтаж і обслуговування зрошувачів і трубопроводів (з урахуванням висоти їх розташування).

АСП має оснащуватися ручним пуском, який повинен розташовуватися:

- дистанційно від пристроїв, розташованих біля входу в приміщення, що підлягає, а при необхідності і з пожежного поста;

- поруч з пристроями, що знаходяться на станції пожежогасіння;

- поруч з пристроями, що знаходяться на запірно-пусковому вузлі (ЗПУ).

Крім розробки електронного модуля системи автоматичного пожежогасіння в дипломному проекті пропонується розробка методики визначення оптимальної кількості датчиків для такої системи.

## 2 РОЗРОБКА СТРУКТУРНИХ, ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ І ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ПОЖЕЖОГАСІННЯ

### 2.1 Структурна схема системи

Структурна схема системи, що розробляється в дипломному проекті наведена на рис. 2.1.

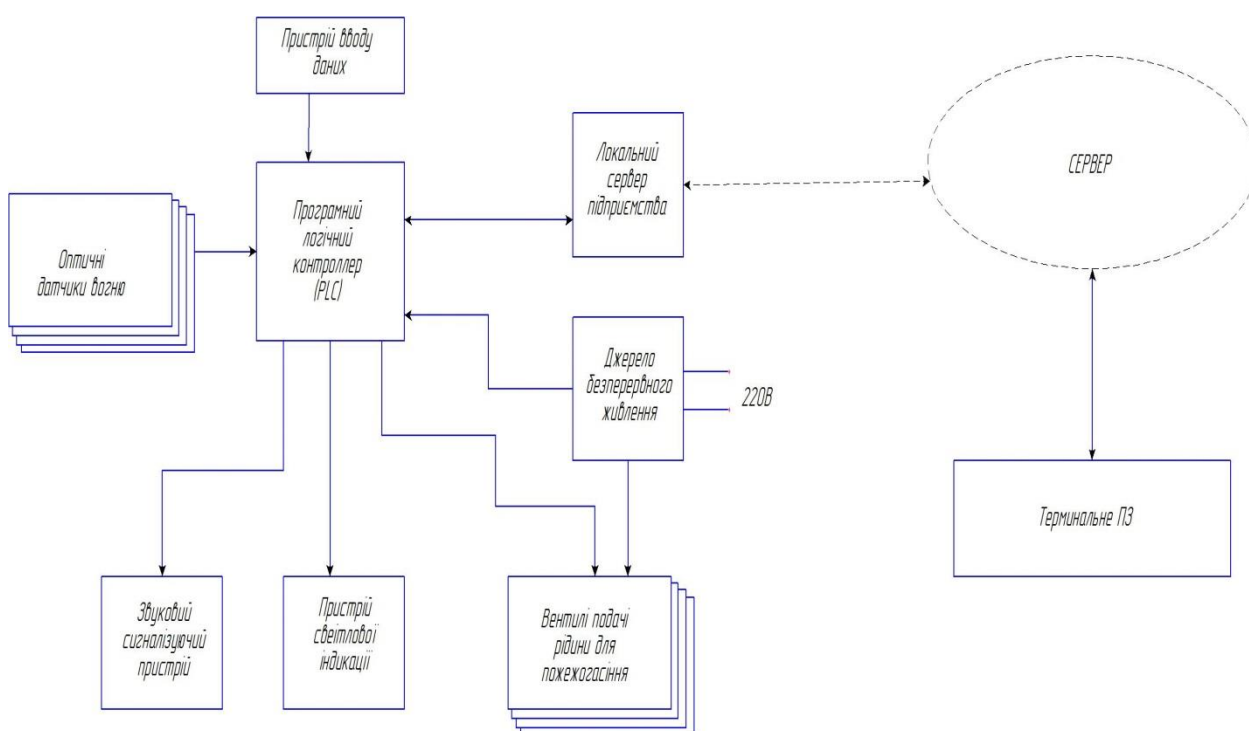


Рисунок 2.1 – Структурна схема системи автоматичного пожежогасіння

Центральним та керуючим елементом системи є програмований логічний контролер (ПЛК), оскільки система використовується на виробництві. Використання окремих мікроконтролерів або мікропроцесорів не бажане через високий ризик відмови через вплив багатьох спливаючих факторів таких, як можливе коливання температури, вологості, запиленість приміщення, електромагнітні перешкоди та зміна напруги мережі живлення. Промислові контролери розроблені таким чином, що дозволяють

враховувати можливий вплив зовнішніх спливаючих факторів та зводити їх до мінімуму, дозволяючи системі працювати безвідмовно не дивлячись на перешкоди.

Основними датчиками, що дозволяють автоматично визначати можливі точки виникнення пожежі, чи потенційно небезпечно нагріті точки в приміщенні, що в подальшому можуть призвести до пожежі, є оптоелектронні датчики вогню.

Пристрій вводу даних забезпечує обслуговуючому персоналу можливість введення даних, що до параметрів приміщення, що охороняється, параметрів сигналу що відповідає рівню небезпеки виникнення пожежі, варіанту розташування датчиків у приміщенні, що охороняється. Ті ж самі параметри можуть бути введені віддалено через локальний сервер підприємства, що може контролювати одразу декілька подібних систем на підприємстві.

Локальний сервер підприємства – забезпечує відображення системних повідомлень на екрані і зберігає в енергонезалежному буфері (архіві) з можливістю перегляду. Має функцію автоматичного керування виходами приймально-контрольних приладів, пускових і релейних блоків. Має можливість підключення ПЛК за допомогою послідовного інтерфейсу RS-232 або RS-485 для документування подій, відображення подій, станів розділів і шлейфів сигналізації.

Для оповіщення персоналу про небезпеку пожежі в системі присутні звуковий та світловий сповіщувачі, що за допомогою спеціальних сигналів сповіщають про небезпеку та її рівень. У випадку коли пожежа ймовірна, але ще не відбулась, звуковий сигнал буде подавати періодичні сигнали, а світловий сповіщувач буде світитися жовтим. Такий самий сигнал буде супроводжувати оповіщення персоналу про те, що один з давачів вийшов зі строю та його треба замінити чи відремонтувати за для запобігання некоректної роботи системи. В разі ж виникнення повноцінної пожежі

система сповістить персонал постійних гучним сигналом та красним блиманням світлового сповіщувача.

Вентилі подачі речовини для пожежогасіння використовуються в системи для того, щоб не лише сповістити персонал про пожежу, а максимально заблокувати чи зовсім ліквідувати джерело пожежі, що виникла шляхом подання на епіцентр пожежі напору речовини для пожежогасіння.

Джерело безперервного живлення служить для того, щоб у разі вимкнення загальної мережі живлення у зв'язку з аварією, система автоматичного пожежогасіння не перестала працювати та надалі захищала та сповіщала персонал підприємства.

Віддалений сервер дозволяє контролювати роботи системи автоматичного пожежогасіння у будь якій точці земної кулі. В першу чергу це дозволяє виявляти можливі точки потенційної пожежної небезпеки навіть у не робочий час та приймати додаткові заходи у разі виникнення пожежі на виробництві.

Для зручної роботи з сервером краще застосовувати термінальне програмне забезпечення, що встановлюється на персональний комп'ютер чи сучасний мобільний телефон та дозволяє переглядати стан системи та корегувати її параметри з використанням мережі інтернет.

## 2.2 Функціональна схема системи і вибір елементів системи

### Вибір типу датчика

Основні положення розробки оптоелектронних датчиків полум'я зводяться до наступних:

- В ході вибору пожежних датчиків особливу увагу слід приділяти основним функціональним елементу, який визначає тактико-технічні та експлуатаційні характеристики датчика – приймачу випромінювання. Його виготовлення повинно бути складовою частиною технологічного процесу виготовлення датчика в цілому.

- Адекватність датчика різноманітних видів займання досягається за рахунок варіативності фотоелектричних характеристик приймача випромінювання.

- Адаптація датчиків до умов експлуатації та сумісність їх з приймально-контрольними приладами (в тому числі адресними) досягається застосуванням спеціальних конструкцій і електронних схем обробки сигналів.

- Засоби контролю працездатності датчика відповідно до своїх оптичних характеристик, які повинні відповідати реальним вогнищам пожеж.

Під час проектування системи автоматичного пожежогасіння було обрано датчик FS24X оскільки він забезпечує самодіагностику та має можливість передачі даних по протоколу RS-485, що добре підходить для монтажу мереж підприємства з відстанню між точками до декількох км в залежності від швидкості передавання даних та забезпечує швидке з'єднання з промисловими контролерами (ПЛК) різних виробників.

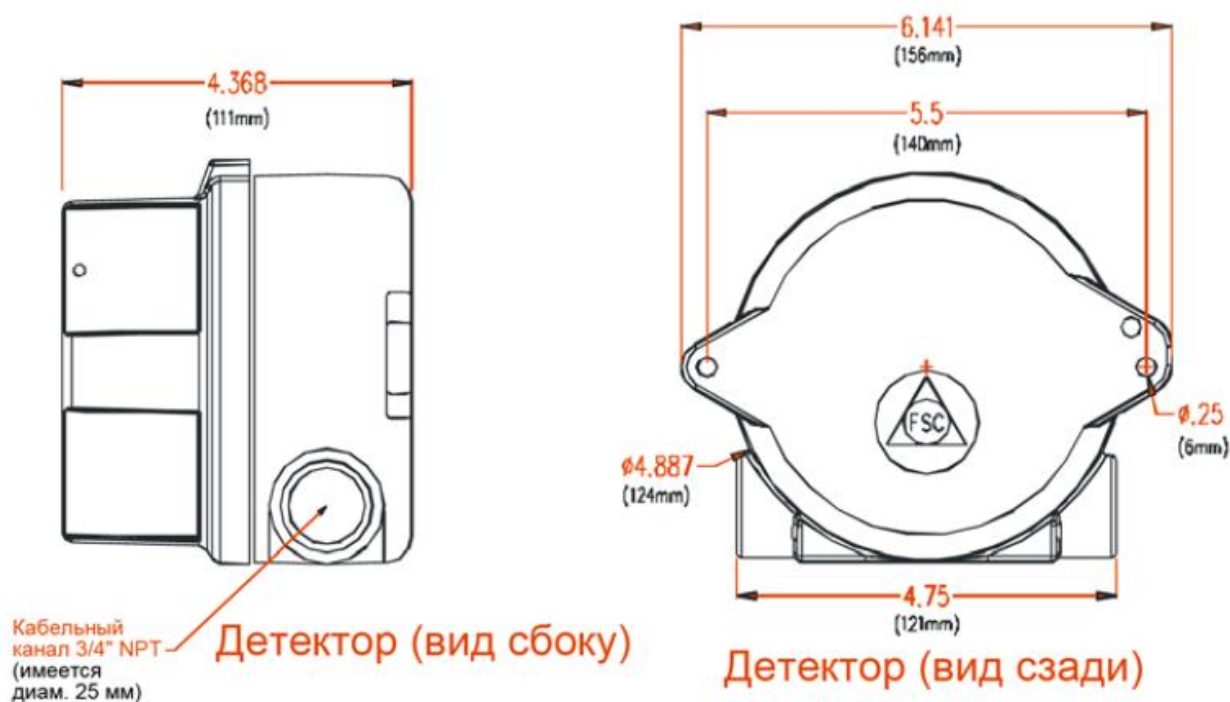


Рисунок 2.2 – Загальний вигляд та основні габаритні розміри обрано датчика вогню



Рисунок 2.3 – Монтажні роз'єми датчика вогню

Детектори обраного типу автоматично здійснюють самодіагностику потоку «через лінзу», забезпечуючи перевірку чистоти об'єктива вікна, а також діагностику внутрішньої електроніки і програмного забезпечення. Як у випадку з будь-якими оптичними детекторами вогню та полум'я, це не означає повне наскрізне тестування, оскільки самодіагностика відноситься тільки до тестування внутрішніх компонентів і є частковою перевіркою експлуатаційної готовності детектора.

Для повної «наскрізної» перевірки функціональності і експлуатаційної готовності будь-якого детектора пожежі і полум'я без можливості використання полум'я (що заборонено в небезпечних зонах) необхідно протестувати детектор (и) за допомогою зовнішньої контрольної лампи.

Оскільки обраний датчик має промислове виконання та для зв'язку використовує протокол RS-485 для управління системою автоматичного пожежогасіння та отримання даних з датчиків доцільно використовувати промислові контролери.

Вибір промислового контролера для керування системою

Промислові контролери використовуються, як правило, в тих областях, де контроль з боку людини є незручним, небезпечним, а то й зовсім неможливим. Саме промислові контролери дозволяють організувати

виробництво таким чином, щоб робота всіх апаратів практично не вимагала людського втручання. Безперечно, що промислові контролери істотно полегшили процес виробництва. Якщо сформулювати основну задачу промислового контролера на виробництві, то вона звучатиме дуже коротко: автоматизація всіх технологічних процесів.



Рисунок 2.4 – Siemens Simatic S7 – 300 пасі в зборі



Рисунок 2.5 – SLC 500 пасі в зборі



Обрати одну з них тільки за функціоналом практично не є можливим, через те, що види модулів та обчислювальні можливості CPU модулів знаходяться на одному рівні. А тому не пред'являє яких або особливих вимог до контролера, то і заглиблюватися в характеристики модулів немає сенсу.

Таблиця 2.1 Порівняльна характеристика модулів за вартістю

Тип модуля	Ціна на платформі SLC 500, дол.	Ціна на платформі S7-300, євро
Дискретний ввід	55	158
Дискретний вивід	93,2	186.6
CPU	580	872 (з вбудованим блоком живлення)
Шасі	158	
Живлення	161	

Виходячи з даних таблиці, робимо висновок, що використовувати модулі фірми Allen Bradley доцільніше.

Модуль вводу

1746-IB16 – модуль дискретного вводу. Працює з напругами сигналів від 10 до 30 В. Обрано саме цей модуль через те, що пристрій вводу, який до нього під'єднується, живиться від напруги 12 В.

Зовнішній вигляд модуля дискретного вводу зображено на рис. 2.6.

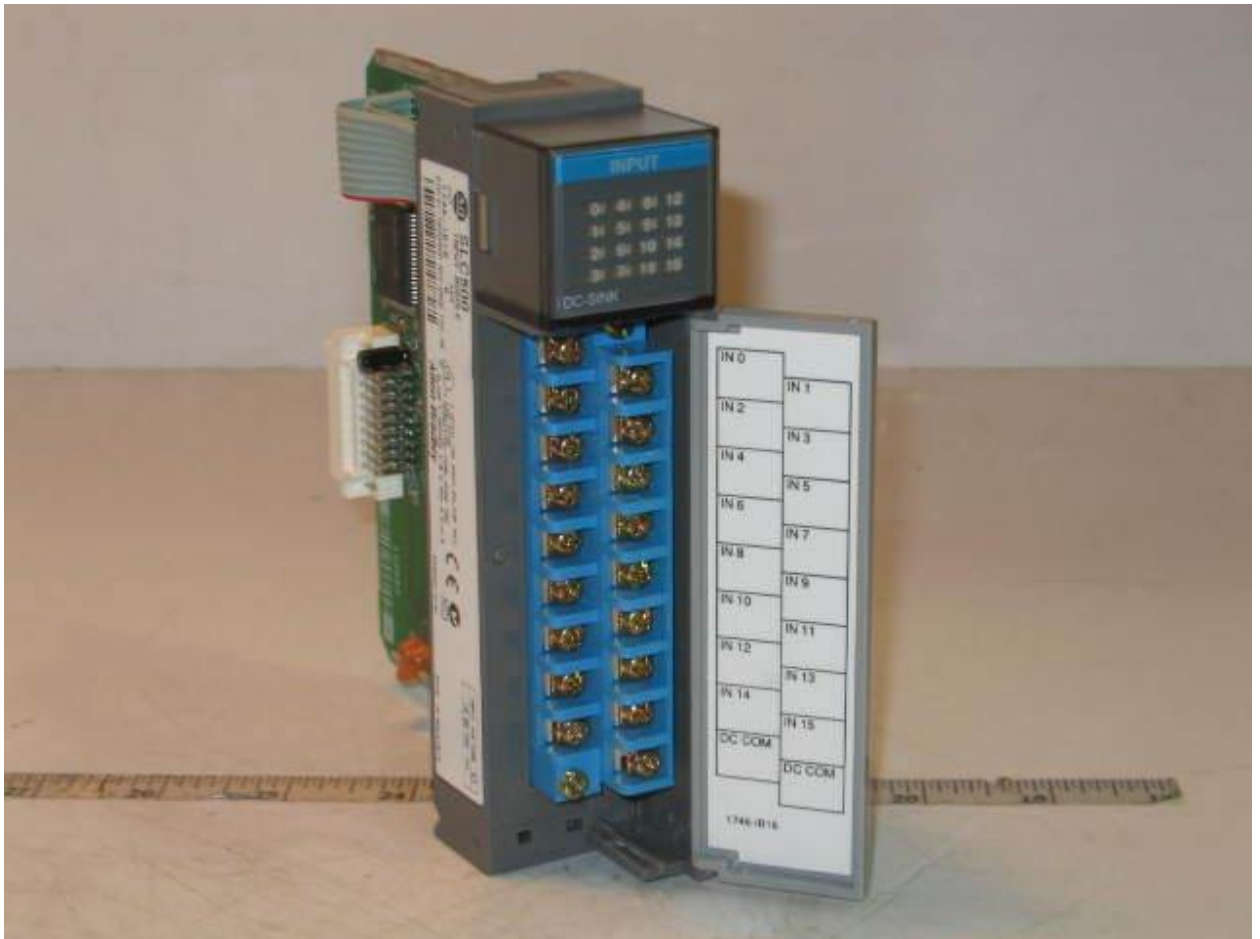


Рисунок 2.6 – Зовнішній вигляд модуля вводу

### Модуль виводу

Через відсутність імпульсних дискретних модулів виводу використана їх заміна у вигляді релейних модулів виводу 1746-OX8. Вони мають 8 пар виводів та працюють з напругами 5..125В DC. В першу чергу вибір релейних модулів обумовлено необхідністю дискретного вмикання/вимикання обладнання, що живиться різними рівнями змінної напруги (виконавчі клапани для подачі речовини для пожежогасіння, світловий та звуковий сповіщальні пристрої). Зовнішній вигляд модуля виводу зображено на рис. 2.7.



Рисунок 2.7 – Зовнішній вигляд модуля виводу

### Модуль PLC

В якості програмованого логічного контролера обрано SLC 5/03 Processor.  
Зовнішній вигляд PLC модуля зображено на рис. 2.8



Рисунок 2.8 – Зовнішній вигляд модуля PLC

## 2.3 Схема комутаційна системи автоматичного пожежогасіння

Загальна схема з підключення чотирьох датчиків вогню наведена на рис. 2.9.

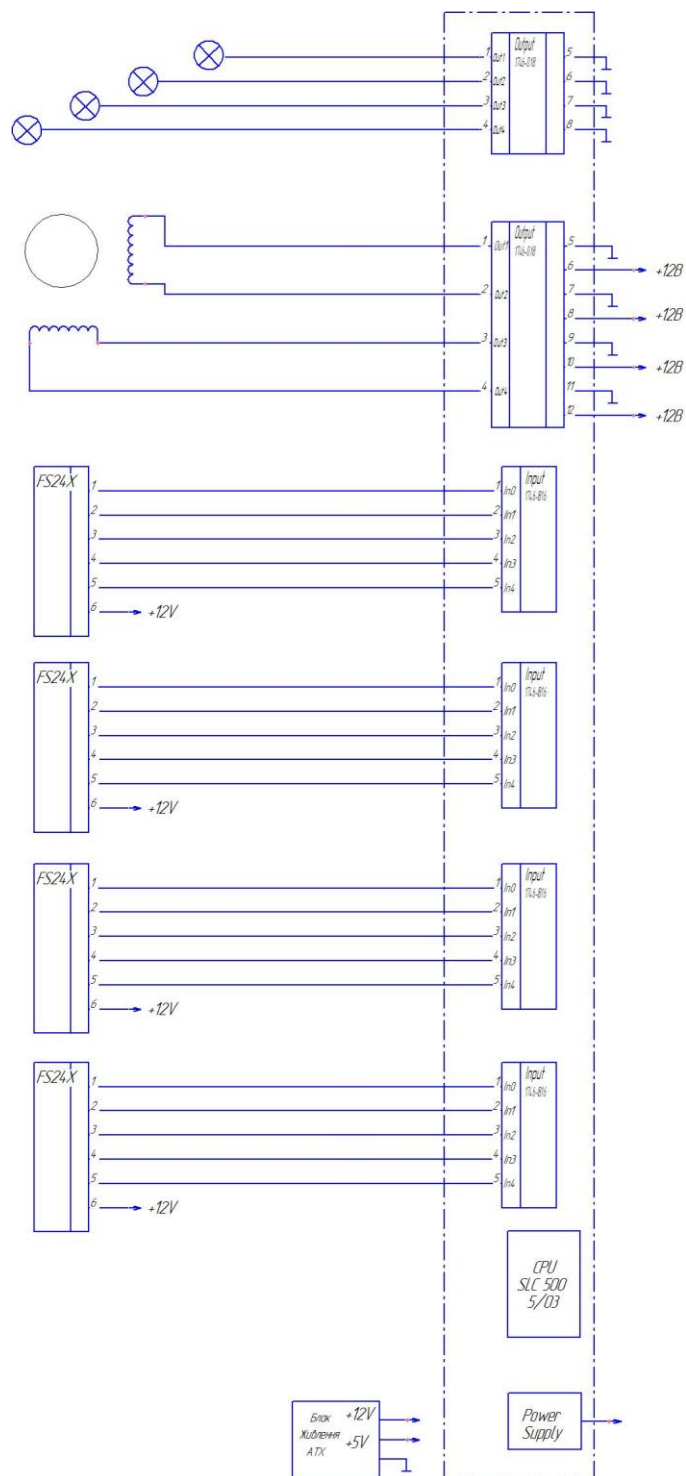


Рисунок 2.9 – Комутаційна схема з'єднання блоків системи

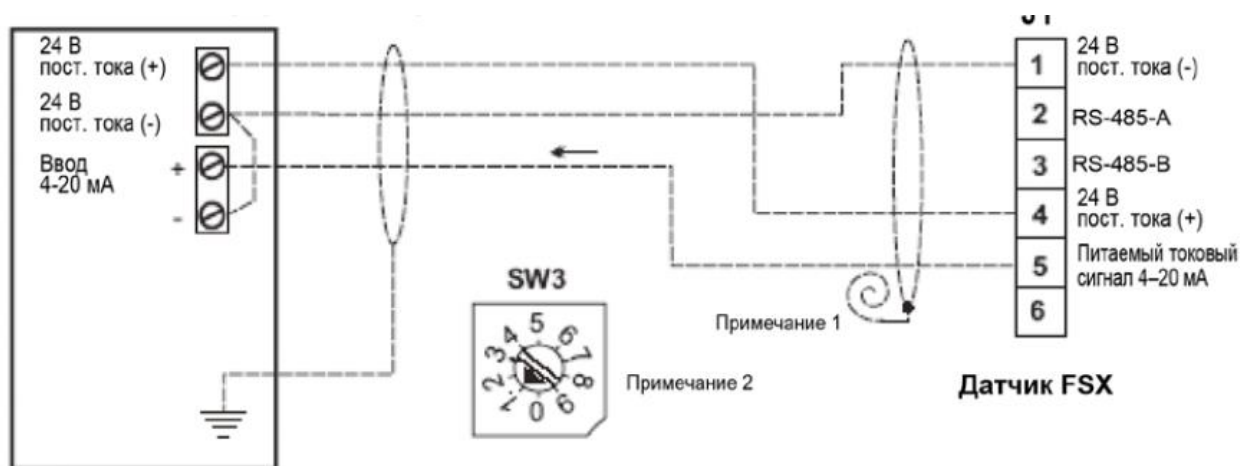


Рисунок 2.10 – Схема з'єднання живлення датчика вогню з контролером

Порядок комутації живлення датчика:

- Кабельні обплетення заземляються тільки на стороні панелі управління. Обшивка крученого і плоского кабелю – на стороні детектора.
- Встановлюється поворотний перемикач SW3 в положення один (1) для розведення проводів напруги сигналу.
- Встановлюється поворотний перемикач SW3 в положення нуль (0) для розведення проводів питомого сигналу.

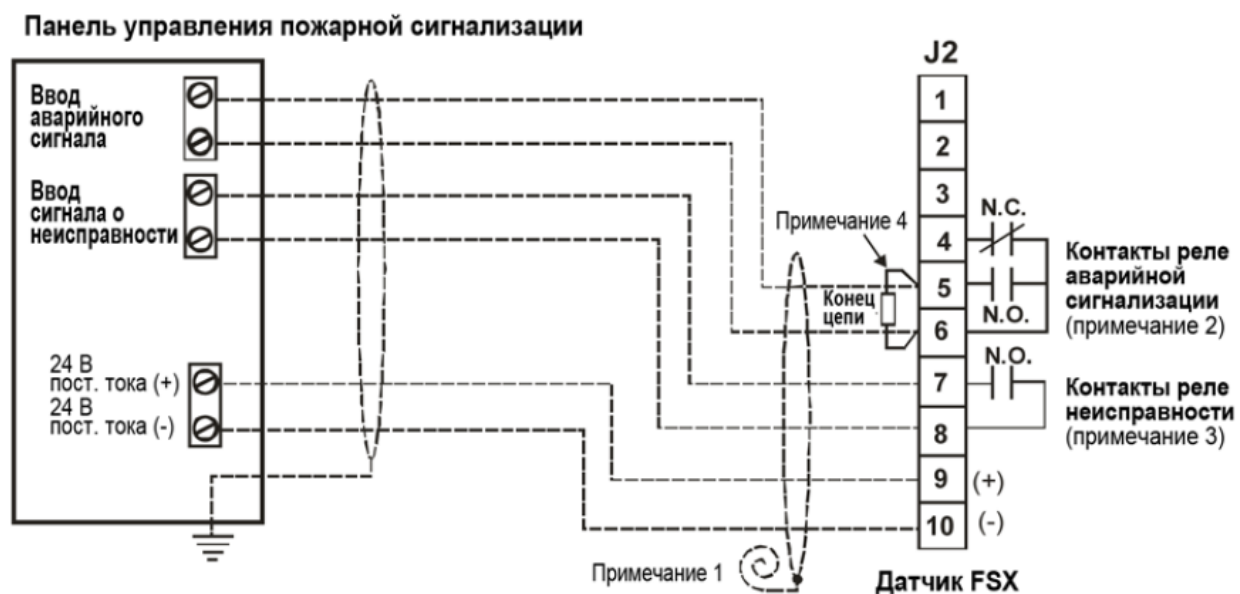


Рисунок 2.11 – Схема з'єднання датчика вогню з пристроєм

Порядок комутації датчика з сигналізує пристроєм:

- Кабельні обплетення повинні бути підключені до заземлення тільки на стороні панелі управління. Обшивка скручених і плоских кабелів – тільки на стороні детектора.

- Зображені контакти реле сигналу несправності знеструмлені. Під час звичайної роботи і без несправностей дане реле зазвичай знеструмлено, а зазвичай розімкнуті контакти замкнуті.

## 3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ

### 3.1 Розробка блок-схеми алгоритму

Загальний алгоритм роботи програми керуючого ПЛК наведено на рис.

3.1.

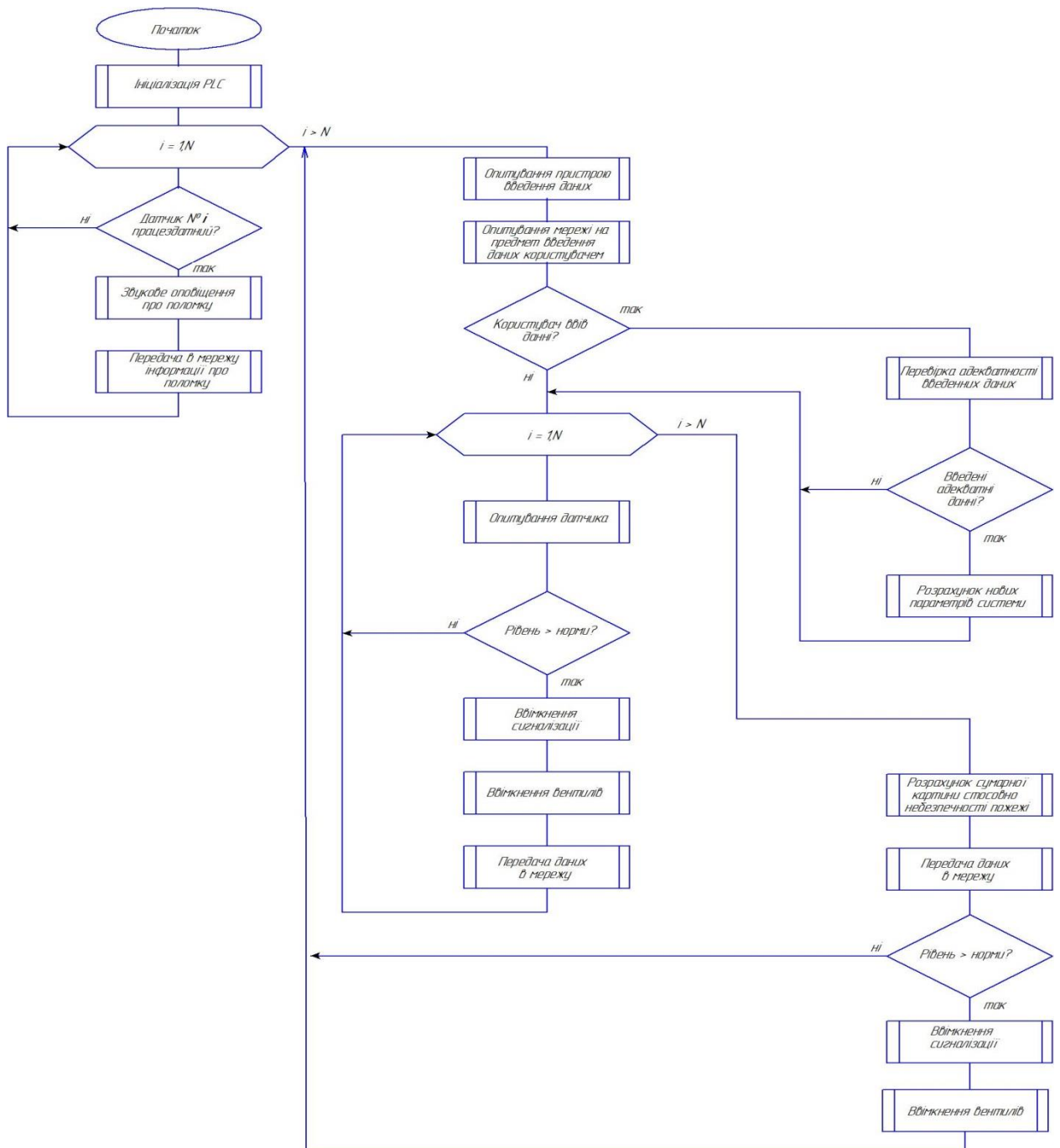


Рисунок 3.1 – Загальний алгоритм роботи програми ПЛК системи

Оскільки розроблена система використовується не лише для автоматичного пожежогасіння, а й для оповіщення персоналу не тільки про сам факт виникнення пожежі чи пожежонебезпечної ситуації, а й вказання координат точки де знаходиться джерело пожежі – основною підпрограмою є підпрограма визначення цих координат (рис. 3.2).

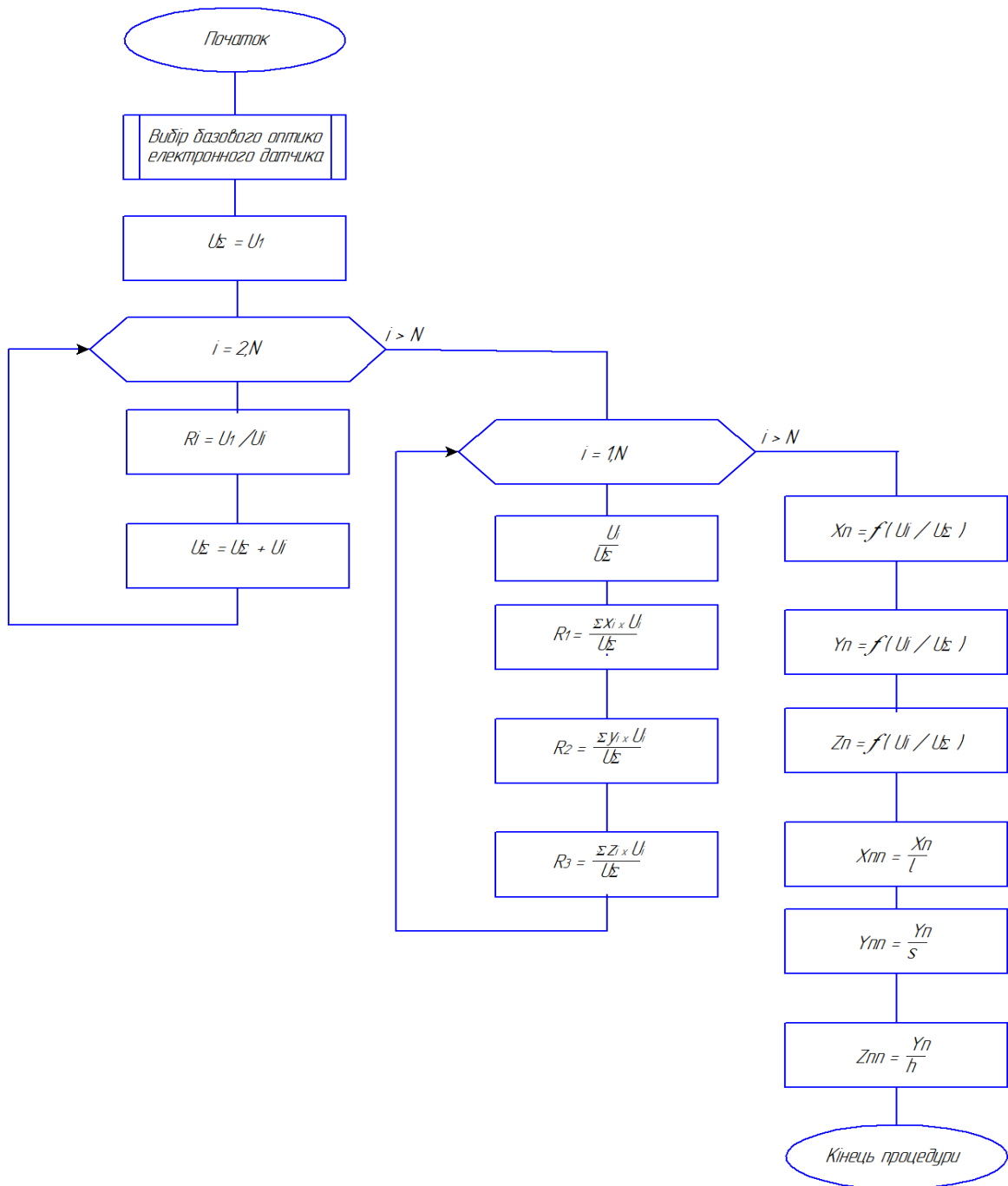


Рисунок 3.2 – Блок-схема алгоритму підпрограми визначення координат точки виникнення пожежі



### 3.2 Написання тексту програми керуючого мікроконтролеру

Основною процедурою при роботі з обладнанням під час написання програмного забезпечення для ПЛК для керування системою автоматичного пожежогасіння є процедура обміну даними з датчиками вогню.

Інформація про дані, які контролер отримує з датчика вогню.

Стан приладу

Біт 7 («Несправність приладу») встановлюється, якщо прилад видає сигнал несправності. Опис стану несправності див. в керівництві користувача.

Біт 5 («Холодний запуск») встановлюється, якщо відбулося скидання приладу, або при першому включенні електроживлення.

Біт 4 («Чи доступні додаткові стану») встановлюється, якщо виявлена якась несправність або зміну режиму роботи. Докладні відомості можна отримати за допомогою команди № 48

Біт 3 («Аналоговий канал зафіксовано») встановлюється, якщо прилад знаходиться в стані примусової подачі сигналу по струму, заблокований або знаходиться в багатоточковому режимі.

Польовий пристрій не може заздалегідь прогнозувати час, коли потрібно провести обслуговування. «Попереджувальний сигнал змінної приладу» встановлюється, якщо ПП не відображає нормальних умов, наприклад, коли прилад виявляє наявність полум'я.

Команда № 48 повертає дев'ять байтів даних. В бітах № 6 і № 8 міститься інформація про стан, як показано в табл. 3.1.

Невикористані біти завжди мають значення 0. У кожному разі біт № 0 є бітом молодшого розряду.

Універсальні команди датчика

Команда № 3 повертає ПП, одиниці виміру і струм контуру. Перша (ПП) і остання (струм контуру) змінні однакові.

Таблиця 3.1 – Структура даних для команди №48

Байт	Біт	Значення	Умова
0	0..7	Не використовується	
1	0..7	Не використовується	
2	0..7	Не використовується	
3	0..7	Не використовується	
4	0..7	Не використовується	
5	0..7	Не використовується	
6	0	Несправність детектора	Знято кришку або прилад забруднений, температура або напруга знаходяться поза допустимого діапазону, внутрішня несправність
	1	Стан тривоги детектора	Знайдене полум'я
	2..7	Не використовується	
7	0..7	Не використовується	
8	1..3	Не використовується	
	4	Параметри джерела живлення за межами допускного діапазону	Збій напруги
	5..7	Не використовується	

Команда № 14 містить серійний номер приладу (3 байти), за яким йдуть одиниці виміру (1 байт) і 3 змінні з плаваючою десяткової коми для максимального, мінімального і проміжного значення струму контуру в мА.

Реалізовані наступні загальні команди:

- №38 – скидання прапорця «Конфігурація змінена»
- №48 – зчитування додаткового статусу приладу

Команда № 48 повертає 2 байти даних.

Пакетний режим: польовий пристрій не підтримує пакетний режим.

Захоплення змінного приладу: польовий пристрій не підтримує захоплення змінного приладу.

Спеціальні команди: польовий пристрій не підтримує спеціальні команди приладу.

Таблиця 3.2 – Коди типу одиниць вимірювання

Код	Опис	Замітки
39	міліампери	Електростатична одиниця вимірювання сили струму

Таблиця 3.3 – Робочі режими струму контуру

Режим	Опис	Струм контуру в мА (двоточковий)	Струм контуру в мА (багатоточковий)
0	Справно	4 мА	4 мА
1	Оптична несправність	2 мА	4 мА
2	Неоптична несправність	1 мА	4 мА
3	Сигнал тривоги	20 мА	4 мА

### 3.3 Відлагодження програмного забезпечення та перевірка роботи системи

При розробці програм найбільш трудомістким є етап налагодження і тестування програм. Мета тестування, тобто випробування програми, полягає у виявленні наявних у програмі помилок. Мета налагодження полягає у виявленні та усуненні причин помилок.

Порушення відповідності між детально розробленої записом алгоритму в процесі кодування програми відноситься до помилок, які проходять внаслідок неуважності програміста. Відключення уваги призводить і до всіх інших помилок, що виникають в процесі підготовки вихідних даних і введення програми в ЕОМ. Помилки, що виникають внаслідок неуважності, можуть мати непередбачувані наслідки, оскільки поруч із втратою міток і описів масивів, дублюванням міток, порушенням балансу дужок можливі і

такі помилки, як втрата операторів, заміна букв в позначеннях змінних, відсутність визначень початкових значень змінних, порушення адресації в масивах, зсув вихідних даних відносно полів значень, визначених специфікаціями формату.

Враховуючи різноманітність джерел помилок, при складанні плану тестування класифікують помилки на два типи: 1 – синтаксичні; 2 – семантичні (змістовні).

Синтаксичні помилки – це помилки в записі конструкцій мови програмування (чисел, змінних, функцій, виразів, операторів, міток, підпрограм).

Семантичні помилки – це помилки, пов'язані з неправильним змістом дій і використанням неприпустимих значень величин.

У план тестування зазвичай входять наступні етапи:

- Порівняння програми зі схемою алгоритму;
- Візуальний контроль програми на екрані дисплея або візуальне вивчення роздрукованого програми і порівняння її з оригіналом на програмному бланку. Перші два етапи тестування здатні усунути більше кількість помилок, як синтаксичних (що не так важливо), так і семантичних (що дуже важливо, оскільки дозволяє виключити їх трудомісткий пошук в процесі подальшого налагодження);

- Трансляція програми на машинних мову. На цьому етапі виявляються синтаксичні помилки. Серед розробки RsLogix 500 видає діагностичне повідомлення про синтаксичні помилки в лістингу програми (лістингом називається вихідний документ транслятора, супроводжуючий відтрансльовану програму на машинній мові – об'єктний модуль);

- Редагування зовнішніх зв'язків та компоновка програми. На етапі редагування зовнішніх зв'язків програмних модулів програма-редактор зовнішніх зв'язків, або компоновальник завдань, виявляє такі синтаксичні помилки, як невідповідність числа параметрів в описі підпрограми і

зверненні до неї, виклик неіснуючої стандартної програми, наприклад, «51 Н» замість «51»;

- Виконання програми. Після усунення виявлених транслятором і редактором зовнішніх зв'язків (компонувальник задач) синтаксичних помилок переходять до наступного етапу – виконання програми на ЕОМ на машинною мовою: програма завантажується в оперативну пам'ять, у відповідність з програмою вводяться вихідні дані і починається рахунок. Прояв помилки в процесі вода вихідних даних або в процесі рахунку призводить до переривання рахунку та видачу діагностичного повідомлення робочої програми. Прояв помилки дає привід для виконання налагоджувальних дій; відсутність же повідомлень про помилки не означає їх відсутності в програмі. План тестування включає при цьому перевірку правильності отриманих результатів для будь-яких допустимих значень вихідних даних;

- Тестування програми. Якщо програма виконується успішно, бажано завершити її випробування тестуванням при завданні вихідних даних, що приймають граничні для програми значення, а також виходять за допустимі межі значення на вході.

Програма розроблялася в спеціалізованому середовищі програмування «сходової логіки» RSLogix 500. Робоче вікно програми показано на рис. 3.3.

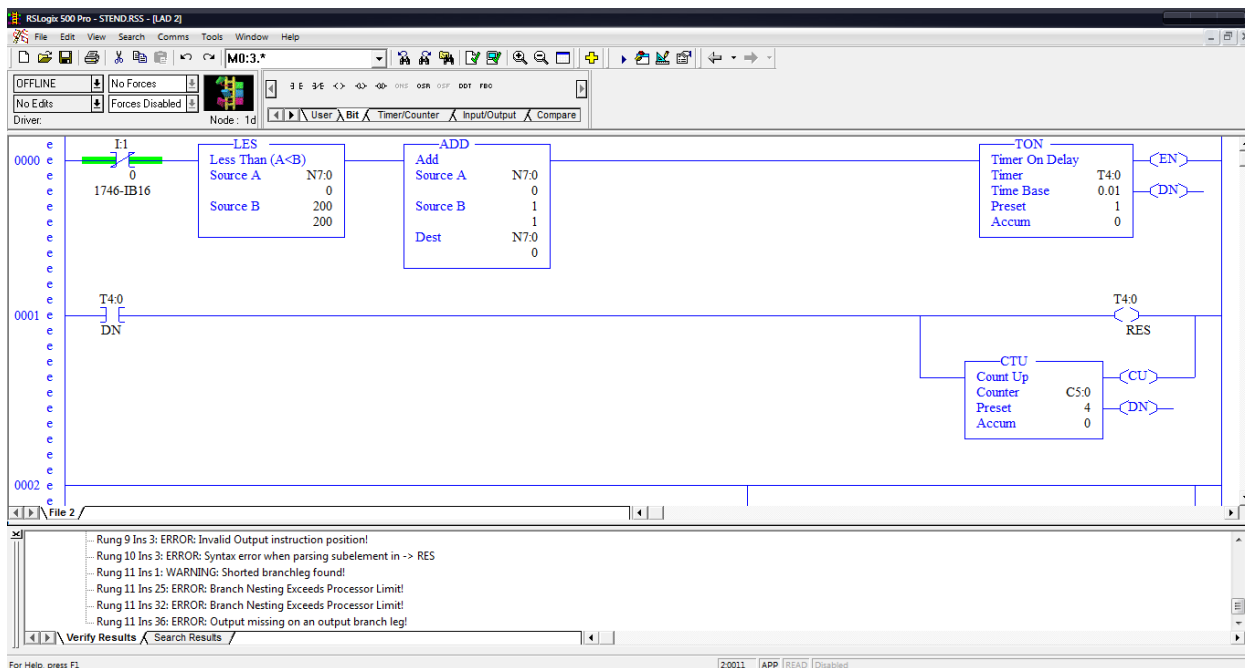


Рисунок 3.3 – Вікно програми RsLogix 500

Це спеціалізоване середовище для програмування промислових контролерів на базі шасі SLC 500.

Програма складається з чотирьох складових, роздільником яких є опитування біта модуля вводу.

☒

– перевірка на «зачинено», тобто умова виконується коли сигналу немає.

☒

– перевірка на «відчинено», тобто умова виконується, коли сигнал є.

T4:0  
RES

– операція встановлення біта в «1».

## 4 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ СИСТЕМИ ТА МЕТОДІВ РОЗМІЩЕННЯ ДАТЧИКІВ НА ОБ'ЄКТІ, ЩО ОХОРОНЯЄТЬСЯ

Загальний вигляд конструкції системи автоматичного пожежогасіння з можливістю ввімкнення до 8 датчиків вогню наведено на рис. 4.1.

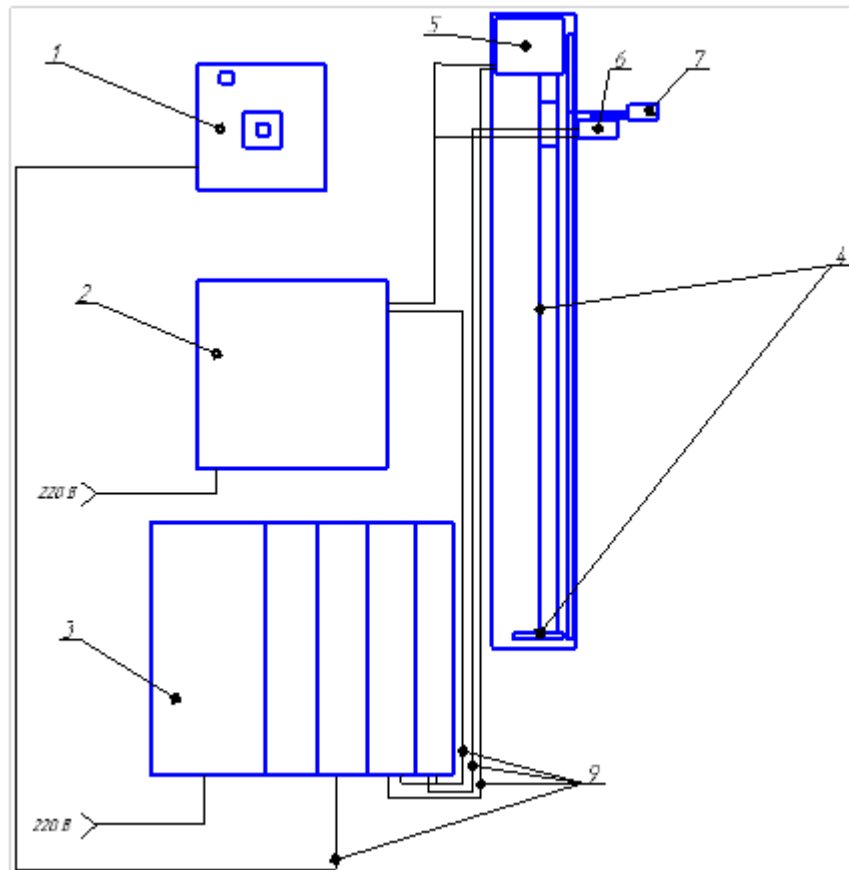


Рисунок 4.1 – Загальний вигляд конструкції системи  
автоматичного пожежогасіння

Особливості:

- управління установками водяного, пінного, газового, аерозольного і порошкового пожежогасіння;
- адресне визначення місця розташування джерела загоряння і пуск вогнегасної речовини;
- аварійне відключення технологічного обладнання, що захищається;

- об'єднання всіх об'єктів, що захищаються в єдину диспетчерську систему за рахунок з'єднання з локальним сервером підприємства.

Автоматична система пожежогасіння призначена для виявлення вогнищ загоряння і автоматичного управління насосними агрегатами, запірною арматурою установок водяного і пінного пожежогасіння, виконавчими механізмами системи газового пожежогасіння (електромагнітними клапанами), піропатронами аерозольного і порошкового пожежогасіння, системою оповіщення на об'єктах різних галузей промисловості, в тому числі:

- видобутку, транспортування, зберігання, переробки нафти та нафтопродуктів;

- видобутку і транспортування газу;

- хімічного і нафтохімічного виробництва;

- енергетики;

- гірничорудної промисловості та ін.

Система реалізує автоматичне пожежогасіння. Забезпечується управління такими пристроями:

- датчики пожежі;

- два насоси для перекачки води;

- два насоси для перекачки піноутворювальної речовини;

- електрифіковані засувки.

При виникненні пожежі, квадрат або квадрати з номерами секцій, в яких спрацював пожежний датчик, на екрані АРМа фарбуються в червоний колір. У верхньому правому куті з'являється кольорова сигналізація «Пожежа на об'єкті», одночасно з нею виникає звуковий сигнал і всі засувки переводяться в автоматичний режим.

АСУ системи пожежогасіння реалізована на ПЛК серії 1746 фірми Allen-Bradley. ПЛК системи контролює стан пожежних датчиків і управляє засувками, насосами для перекачування води і піноутворювальної речовини.



Зв'язок ПК АРМа оператора з ПЛК здійснюється за допомогою мережі Ethernet.

Для АРМ оператора використовується SCADA система RSVIEW32 фірми Allen-Bradley (рис. 4.2).

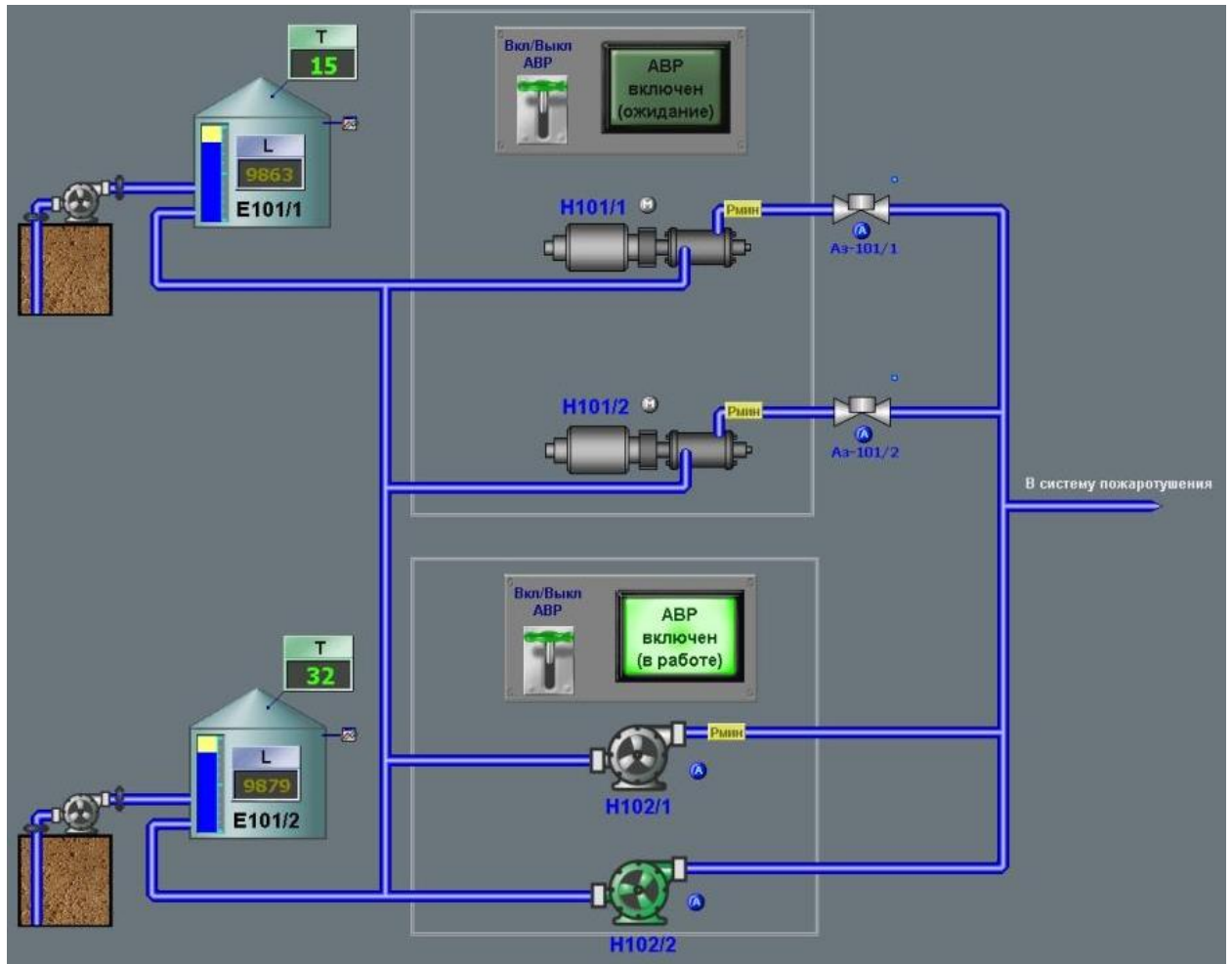


Рисунок 4.2 – Структура системи в RSVIEW32

(Т – тара; Е – ємність; Н – насос; Аз – автоматична засувка)

Одним з конструктивних рішень також є варіанти розташування датчиків на об'єкті, що захищається. Було запропоновано 8 варіантів розташування датчиків для варіанту прямокутного приміщення з подальшою можливістю визначення координат виникнення пожежі (рис. 4.3 – 4.10).

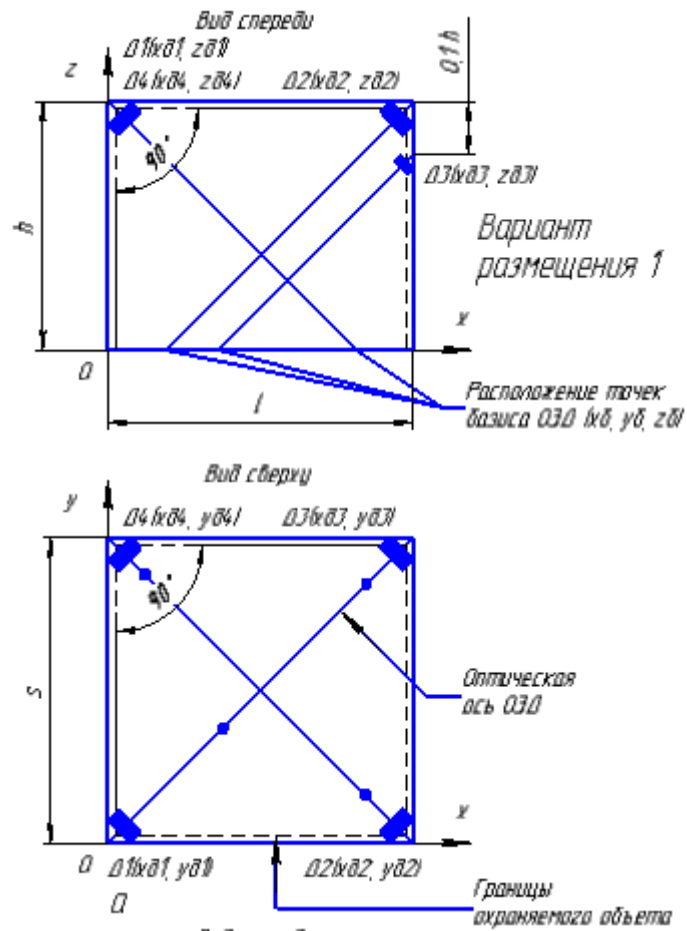


Рисунок 4.3 – Перший варіант розташування датчиків

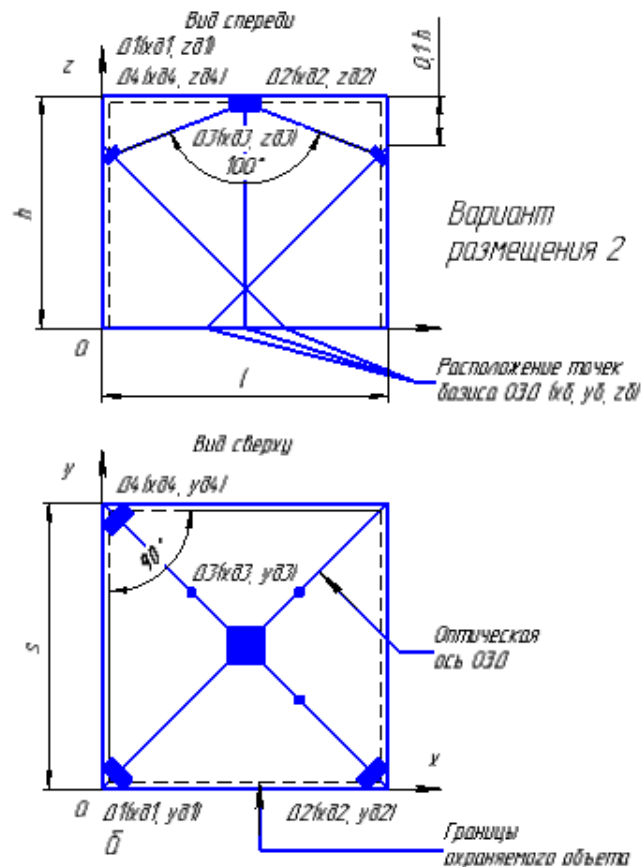


Рисунок 4.4 – Другий варіант розташування датчиків

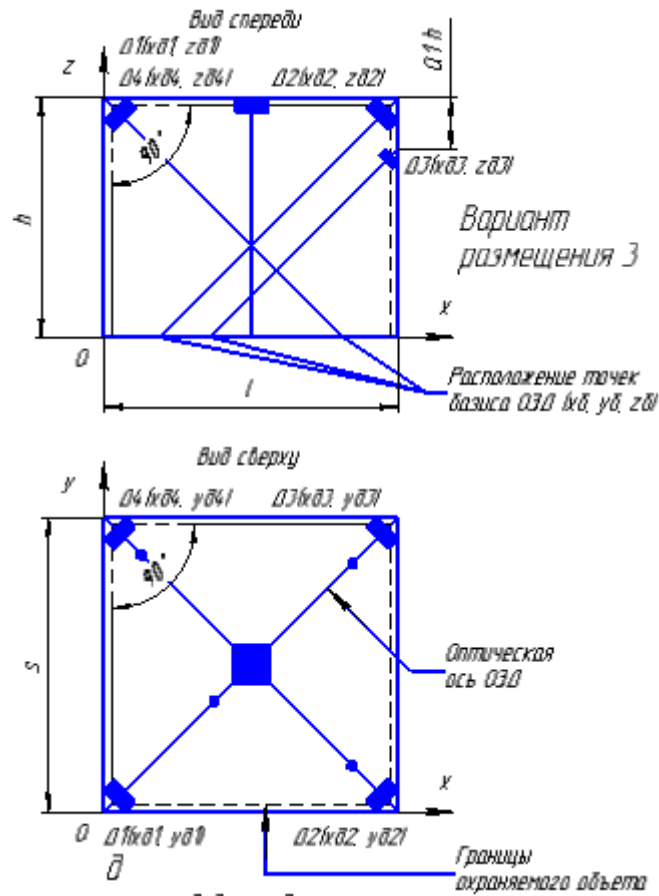


Рисунок 4.5 – Третій варіант розташування датчиків

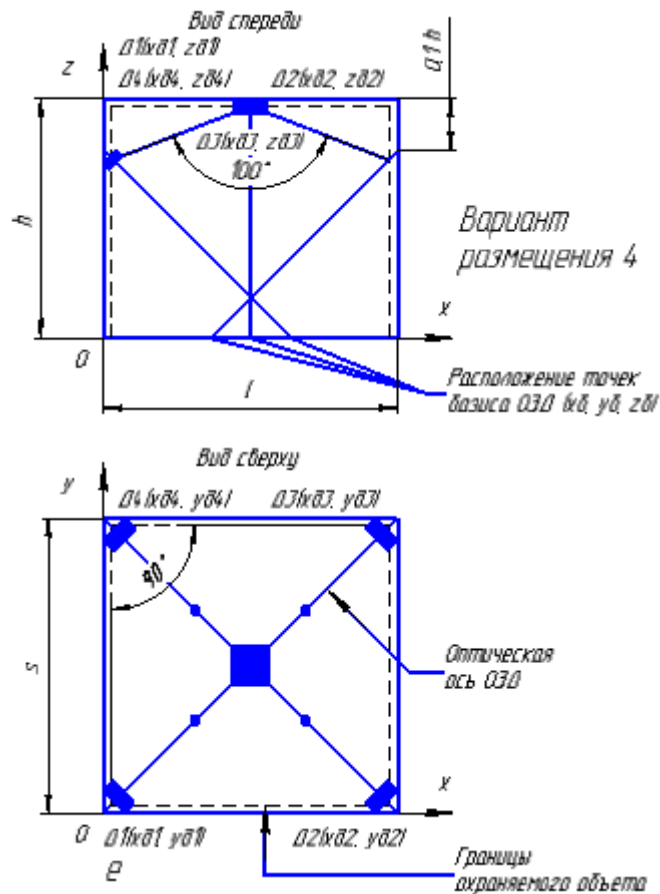


Рисунок 4.6 – Четвертий варіант розташування датчиків

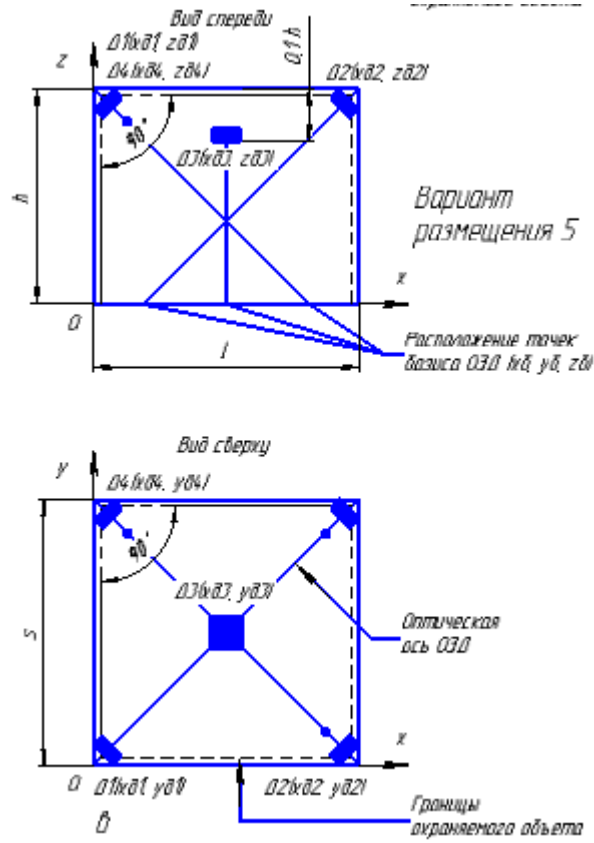


Рисунок 4.7 – П'ятий варіант розташування датчиків

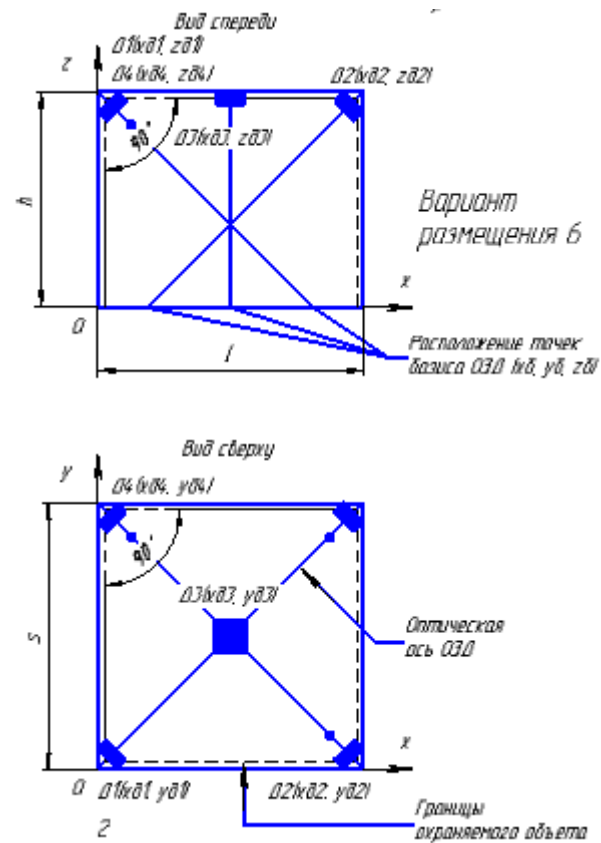


Рисунок 4.8 – Шостий варіант розташування датчиків

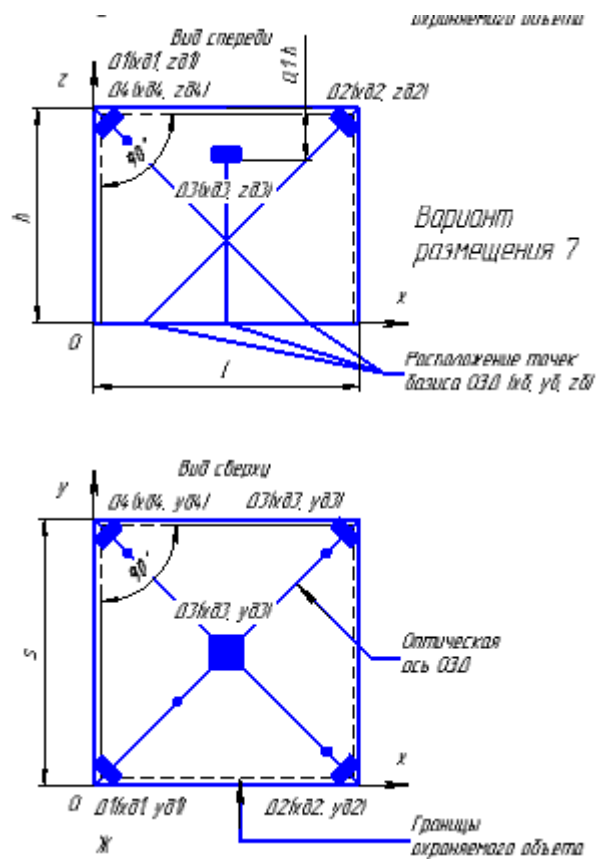


Рисунок 4.9 – Сьомий варіант розташування датчиків

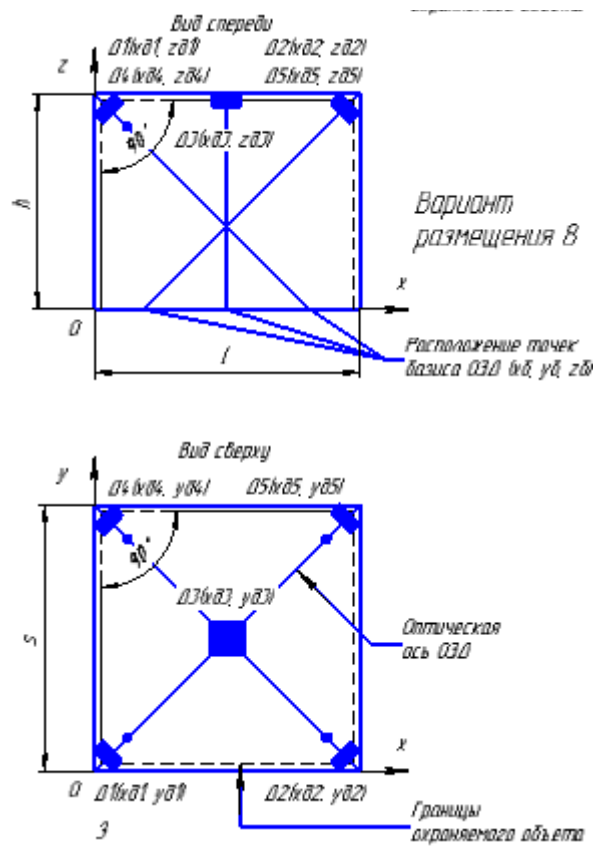


Рисунок 4.10 – Восьмий варіант розташування датчиків

## 5 АНАЛІЗ НЕОБХОДНОЇ КІЛЬКОСТІ ТА РОЗТАШУВАННЯ ДАТЧИКІВ ВОГНЮ ДЛЯ БЕЗПОМИЛКОВО ВИЗНАЧЕННЯ ПОЧАТКУ ПОЖЕЖІ В ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕННЯХ ЗАДАНОГО РОЗМІРУ

5.1 Постановка завдання дослідження оптимальної кількості датчиків вогню для побудови системи автоматичного пожежогасіння

Оптико-електронний датчик (ОЕД) вогню реєструє потік оптичного випромінювання від полум'я некоординатним методом. Датчик вогню має просту конструкцію і високу чутливість, що підвищує ймовірність виявлення полум'я в умовах запиленого середовища. За рахунок високого кутового поля датчиків вогню і характеру їх розташування забезпечується можливість виявлення полум'я по всьому об'єму приміщення, що охороняється і підвищується надійність визначення просторових координат полум'я. На основі інформації про просторове розташування датчиків вогню, відносинах амплітудних значень вихідних сигналів датчиків і з урахуванням законів освітленості, можна визначити просторові координати джерела оптичного випромінювання всередині зони, що охороняється. Розрахунок координат виконується по амплітудним значенням вихідних сигналів датчиків для забезпечення високої швидкодії системи (не більше 10мс).

Одним з етапів при розробці системи є визначення оптимальної кількості точок контролю і їх розташування на об'єкті, що охороняється.

При визначенні координат полум'я автоматизованої паспортної системи необхідно виконати рішення системи рівнянь:

$$\begin{cases} x_n = f_1(R_1, R_2, \dots, R_S); \\ y_n = f_2(R_1, R_2, \dots, R_S); \\ z_n = f_3(R_1, R_2, \dots, R_S); \end{cases}$$

де  $x_n, y_n, z_n$  – координати полум'я;

$R_1, R_2, \dots, R_S$  – відношення вихідних сигналів датчиків вогню;

$S$  – кількість відношень сигналів датчиків вогню.

Аналітичний опис рівнянь, що входять в систему (5.1) є досить складним завданням, оскільки параметри горіння (площа, температура і т.п.), що визначають вихідні сигнали датчика вогню, заздалегідь невідомі. Також на показники датчиків вогню впливає пропускання проміжного середовища у вигляді задимленої атмосфери, яке також невідомо.

Метою дослідження є визначення числа точок контролю та їх просторового розташування на промисловому об'єкті, що охороняється від пожежі, для розробленої автоматизованої системи пожежогасіння.

Для досягнення даної мети дослідження були поставлені такі завдання:

- сформулювати критерії оптимальності застосування розробленої в дипломному проекті автоматизованої системи з урахуванням методів визначення координат з використання багатоточкового розташування датчиків вогню;

- розробити варіанти розташування точок контролю для окремо взятого прикладу приміщення, що охороняється від пожежі;

- розробити методику проведення дослідження з перевірки оптимальності числа точок контролю і їх просторового розташування на об'єкті, що охороняється з урахуванням запропонованих критеріїв оптимальності;

- провести дослідження з визначення оптимального числа точок контролю і їх просторового розташування і проаналізувати отримані результати.

## 5.2 Методи визначення координат полум'я і критерії оптимальності роботи системи автоматичного пожежогасіння з безліччю датчиків

Основними критеріями оптимальності використання швидкодіючої багатоточкової оптико-електронної системи виявлення полум'я на ранній стадії і визначення його просторових координат на промислових об'єктах є похибка визначення координат полум'я і швидкодія оптико-електронної

системи. Факторами, від яких залежать критерії оптимальності, є кількість точок контролю і спосіб їх розташування на об'єкті, що охороняється.

Було встановлено, що при практичній реалізації оптико-електронних систем визначення координат полум'я приведена похибка розрахунку координат не повинна перевищувати 10%. Вимоги до похибки встановлюються з урахуванням конструкції пристроїв пожежогасіння та вибухопридушення і особливостей їх розташування на об'єкті, що охороняється.

Швидкодія оптико-електронної системи з практичних міркувань не повинно перевищувати 10мс. Вимоги до швидкодії визначаються швидкістю поширення полум'я при горінні вуглеводню повітряних сумішей.

Зменшення похибки визначення координат може бути досягнуто за рахунок збільшення числа датчиків вогню використовуваних в системі. Однак збільшення числа ОЕД призводить до зниження швидкодії системи і необґрунтованого зростання вартості кінцевої системи пожежогасіння. Таким чином необхідна похибка визначення координат повинна забезпечуватися при збереженні високої швидкодії системи.

Аналітичний опис рівнянь, що входять в систему (5.1) є досить складним завданням. Це обумовлено тим, що потік оптичного випромінювання від полум'я реєструється некоординатними ОЕД. Зміна амплітуди вихідного сигналу ОЕД, реєструючого випромінювання полум'я обернено пропорційно квадрату відстані між центром зони полум'яного горіння і ОЕД, а також визначається законом Ламберта (освітленість пропорційна косинусу кута падіння променів на освітлювану поверхню).

З урахуванням законів освітленості визначення координат джерела випромінювання одним ОЕД не представляється можливим. Однак можна визначати просторове розташування джерела оптичного випромінювання з використанням сукупності ОЕД розміщених на об'єкті, що охороняється певним чином.



Для цього обчислюються відношення амплітудних значень сигналів ОЕД, потім відносини обробляються за допомогою методів заснованих на регресивному аналізі і методів вирішення систем нелінійних рівнянь.

Похибка визначення координат залежить від підходів і методів, використовуваних для визначення координат полум'я багатоточковою системою на основі оптико-електронних датчиків вогню.

Відносини амплітудних значень сигналів ОЕД можуть бути складені по-різному:

1) У літературі запропонований спосіб, коли вибирається базовий ОЕД і складаються відносини значення вихідного сигналу (напруги) базового ОЕД до значень сигналів інших ОЕД –  $R_2=U_1/U_2$ ,  $R_3=U_1/U_3$ ,  $R_4=U_1/U_4$  и т.д. При складанні відносин використовується не менше чотирьох ОЕД. Розглянутий варіант завдання відносин є найбільш простим.

2) Розраховується відношення величини сигналу окремого ОЕД до суми сигналів всіх ОЕД:

$$\frac{U_{Dv}}{\sum_{v=1}^M U_{Dv}}$$

де  $v$  – номер датчика.

Особливістю даного варіанту є використання для визначення просторових координат не менше чотирьох ОЕД і складених чотирьох відносин. При завданні відносин, таким чином, передбачається ввести алгоритмічну надмірність (введення в рівняння системи (5.1) додаткових відносин без збільшення числа використовуваних датчиків).

3) Відносини сигналів ОЕД можуть бути складені на основі рішення задачі про координати центру ваги системи матеріальних точок, проводячи аналогії між масами матеріальних точок і вихідними сигналами ОЕД (сигнали на виходах датчиків  $U_{Dv}$  відповідають масам частинок). Просторові координати матеріальних точок відповідають координатам розташування ОЕД. Відношення сигналів ОЕД розраховуються за формулами:

$$R_1 = \frac{\sum_{v=1}^M x_{Dv} \cdot U_{Dv}}{\sum_{v=1}^M U_{Dv}}; \quad R_2 = \frac{\sum_{v=1}^M y_{Dv} \cdot U_{Dv}}{\sum_{v=1}^M U_{Dv}}; \quad R_3 = \frac{\sum_{v=1}^M z_{Dv} \cdot U_{Dv}}{\sum_{v=1}^M U_{Dv}}$$

Для оцінки просторових координат необхідно використовувати не менше чотирьох ОЕД, при цьому датчики не повинні розташовуватися в одній площині.

Таким чином, для визначення координат джерела випромінювання для всіх варіантів відносин необхідно скласти мінімум три відношення сигналів ОЕД і використовувати мінімум чотири ОЕД, щоб вирішити систему рівнянь (5.1) з трьома невідомими.

Рішення задачі визначення просторових координат полум'я (рішення системи (5.1) з урахуванням можливих варіантів завдання відносин вихідних сигналів НОЕД) виконується на основі наступних методів:

- метод багатofакторної поліноміальної регресії;
- метод регресії нейронними мережами;
- чисельні методи рішення систем нелінійних рівнянь.

При використанні методів регресії поліномами і нейронними мережами вирішується завдання по встановленню функціональних зв'язків  $f_1, f_2, f_3$  між факторами – відношеннями сигналів ОЕД  $R_1, R_2 \dots R_S$  та залежними від них величинами – координатами полум'я  $x_n, y_n, z_n$ .

За першим варіантом завдання відношень амплітудних значень сигналів ОЕД складається система рівнянь:

$$\begin{cases} x_n = f_1(U_{D1}/U_{D2}, U_{D1}/U_{D3}, U_{D1}/U_{D4}); \\ y_n = f_2(U_{D1}/U_{D2}, U_{D1}/U_{D3}, U_{D1}/U_{D4}); \\ z_n = f_3(U_{D1}/U_{D2}, U_{D1}/U_{D3}, U_{D1}/U_{D4}). \end{cases} \quad (5.2)$$

Система рівнянь за другим варіантом завдання відношень має вигляд:

$$\begin{cases} x_n = f_1(U_{D1}/\sum_{n=1}^4 U_{Dv}, U_{D2}/\sum_{n=1}^4 U_{Dv}, U_{D3}/\sum_{n=1}^4 U_{Dv}, U_{D4}/\sum_{n=1}^4 U_{Dv}); \\ y_n = f_2(U_{D1}/\sum_{n=1}^4 U_{Dv}, U_{D2}/\sum_{n=1}^4 U_{Dv}, U_{D3}/\sum_{n=1}^4 U_{Dv}, U_{D4}/\sum_{n=1}^4 U_{Dv}); \\ z_n = f_3(U_{D1}/\sum_{n=1}^4 U_{Dv}, U_{D2}/\sum_{n=1}^4 U_{Dv}, U_{D3}/\sum_{n=1}^4 U_{Dv}, U_{D4}/\sum_{n=1}^4 U_{Dv}). \end{cases} \quad (5.3)$$

Система рівнянь за третім варіантом завдання відношень має вигляд:

$$\begin{cases} x_n = f_1 \left( \frac{\sum_{v=1}^M x_{Dv} \cdot U_{Dv}}{\sum_{v=1}^M U}, \frac{\sum_{v=1}^M y_{Dv} \cdot U_{Dv}}{\sum_{v=1}^M U}, \frac{\sum_{v=1}^M z_{Dv} \cdot U_{Dv}}{\sum_{v=1}^M U} \right); \\ y_n = f_2 \left( \frac{\sum_{v=1}^M x_{Dv} \cdot U_{Dv}}{\sum_{v=1}^M U}, \frac{\sum_{v=1}^M y_{Dv} \cdot U_{Dv}}{\sum_{v=1}^M U}, \frac{\sum_{v=1}^M z_{Dv} \cdot U_{Dv}}{\sum_{v=1}^M U} \right); \\ z_n = f_3 \left( \frac{\sum_{v=1}^M x_{Dv} \cdot U_{Dv}}{\sum_{v=1}^M U}, \frac{\sum_{v=1}^M y_{Dv} \cdot U_{Dv}}{\sum_{v=1}^M U}, \frac{\sum_{v=1}^M z_{Dv} \cdot U_{Dv}}{\sum_{v=1}^M U} \right). \end{cases} \quad (5.4)$$

Координати полум'я при виконанні регресії попередньо нормуються на діапазон від 0 до 1 і не залежать від фактичних розмірів об'єкту, що охороняється, а тільки від їх співвідношень:

$$x_{\text{пн}} = \frac{x_n}{l}; \quad y_{\text{пн}} = \frac{y_n}{s}; \quad z_{\text{пн}} = \frac{z_n}{h},$$

де  $x_{\text{пн}}$ ,  $y_{\text{пн}}$ ,  $z_{\text{пн}}$  – нормовані координати;  $l$ ,  $s$ ,  $h$  – довжина, ширина и висота приміщення, що охороняється, м.

Початок системи координат розташовується в нижньому лівому кутку приміщення, координатна вісь  $x$  розташовується уздовж стіни приміщення по його довжині, координатна вісь  $y$  – уздовж стіни приміщення по його ширині, координатна вісь  $z$  – уздовж стіни приміщення по його висоті.

При використанні методу багатофакторної поліноміальної регресії для визначення просторових координат полум'я в якості функцій  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$  використовуються поліноміальні функції. Оцінки коефіцієнтів рівняння регресії обчислюються за методом найменших квадратів. Ступінь поліномів у функціях  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$  заздалегідь невідома, і розрахунки виконують кілька разів, збільшуючи ступінь полінома до тих пір, поки отримане рівняння регресії не стане адекватним.

При вирішенні задачі визначення просторових координат полум'я на основі методу регресії нейронними мережами в якості архітектури нейронної мережі використовується двошаровий персептрон. Для навчання нейронної мережі використовується алгоритм зворотного поширення помилок. Це ітеративний градієнтний алгоритм навчання, який використовується з метою мінімізації середньоквадратичного відхилення поточного виходу і бажаного виходу багатошарових нейронних мереж.

На практиці для визначення архітектури нейронної мережі, здатної адекватно виконувати регресію даних, проводиться дослідження для набору мереж з різною архітектурою.

Основні зміни в архітектурі мережі при дослідженні її роботи полягають в підборі кількості нейронів в прихованому шарі і активаційної функції нейронів всієї мережі або окремих її шарів.

Рішення задачі визначення координат полум'я може бути виконано з використанням чисельного методу Ньютона для розв'язання системи нелінійних рівнянь. Система нелінійних рівнянь в загальному вигляді представлена формулою:

$$\begin{cases} f_1(x_n, y_n, z_n) = 0; \\ f_2(x_n, y_n, z_n) = 0; \\ f_3(x_n, y_n, z_n) = 0. \end{cases}$$

Функції  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$ , що входять в рівняння, складаються на основі залежності напруги ОЕД від розташування полум'я, одержуваної з урахуванням закону зворотних квадратів і закону Ламберта. Залежно складаються для кожного ОЕД, співвідносяться відповідно до запропонованими варіантами і в результаті отримують рівняння для кожного відношення. Таким чином, система рівнянь для першого варіанта завдання відношень має вигляд:

$$\begin{cases} \frac{U_1}{U_2} - \frac{l_2^2 \cdot \cos\theta_1}{l_1^2 \cdot \cos\theta_2} = 0; \\ \frac{U_1}{U_3} - \frac{l_3^2 \cdot \cos\theta_1}{l_1^2 \cdot \cos\theta_3} = 0; \\ \frac{U_1}{U_4} - \frac{l_4^2 \cdot \cos\theta_1}{l_1^2 \cdot \cos\theta_4} = 0, \end{cases}$$

де  $U_1 \dots U_4$  – вихідні сигнали ОЕД,  $l_1 \dots l_4$  – відстань від відповідного ОЕД до полум'я;  $\theta_1 \dots \theta_4$  – кут між нормаллю-базисом і вектором центру зони полум'яного тертя для відповідного ОЕД [3].

Для другого і третього варіанту відношень система рівнянь складається аналогічно.

При цьому під нормаллю-базисом розуміється вектор  $n$  перпендикулярний чутливому елементу (фотодіоду) ОЕД, початок якого відповідає точці з просторовими координатами ОЕД, а кінець відповідає точці базису  $x_6, y_6, z_6$ . Точка базису відповідає перетину оптичної осі ОЕД з площиною підлоги приміщення. Під вектором центру зони полум'яного горіння розуміється вектор, початок якого відповідає точці з просторовими координатами ОЕД, а кінець – точці з координатами полум'я.

Відстань від  $v$ -го ОЕД до полум'я розраховується відповідно до виразу:

$$l^2 = (x_n - x_{dv})^2 + (y_n - y_{dv})^2 + (z_n - z_{dv})^2.$$

Косинус кута між нормаллю-базисом і вектором центру полум'яного горіння для  $v$ -го ОЕД визначається відповідно до виразу:

$$\cos\theta_v = \frac{p + q + \psi}{g \cdot \omega},$$

де  $p = |x_v - x| \cdot |x_v - x_n|$ ;  $q = |y_v - y| \cdot |y_v - y_n|$ ;  $\psi = |z_v - z| \cdot |z_v - z_n|$ ;

$$g = \sqrt{(x_v - x_n)^2 + (y_v - y_n)^2 + (z_v - z_n)^2};$$

$$\omega = \sqrt{(x_v - x_\delta)^2 + (y_v - y_\delta)^2 + (z_v - z_\delta)^2}.$$

Таким чином, розглянуті методи дозволять визначити координати полум'я, які будуть зіставлені з дійсними координатами полум'я і обчислена похибка визначення координат.

Швидкодія оптико-електронної системи обчислюється на основі даних про швидкодію ОЕД і обчислювального комплексу системи, швидкості передачі даних від ОЕД до обчислювальному комплексу системи:

$$t_{0\text{ЭС}} = t_{\text{ex}} + t_{\text{д}} + M \cdot \frac{I_{\text{inf}}}{BR},$$

де  $t_{\text{ex}}$  – швидкодія обчислювального комплексу, с;  $t_{\text{д}}$  – час спрацьовування ОЕД, с;  $M$  – кількість ОЕД системи;  $BR$  – швидкість передачі даних, біт/с;  $I_{\text{inf}}$  – кількість інформації, що передається, біт.

5.3 Варіанти просторового розташування датчиків вогню в промисловому приміщенні на підставі запропонованої методики

Просторове розташування точок контролю в приміщенні, що охороняється пов'язано з розмірами і формою приміщення, що охороняється і параметрами ОЕД.

Для перевірки запропонованих методик та оцінки оптимальності вибору кількості і просторового розташування ОЕД був розглянутий приклад розміщення датчиків в виробничому приміщенні. При розгляді варіантів розташування точок контролю задається приміщення, що охороняється в вигляді прямокутного паралелепіпеда (розміри приміщення, що охороняється складають  $6 \times 6 \times 5$  м).

Розташування і кількість ОЕД має забезпечувати вимоги, що пред'являються до багатоточкової оптико-електронної системи: виявлення полум'я по всьому об'єму приміщення, що охороняється; визначення просторових координат полум'я з мінімальною похибкою; високу швидкодію; облік реальних умов при високій запиленості в умовах виробництва і вимог нормативних документів.

Мінімальна кількість ОЕД, контролюючих обсяг приміщення, що охороняється, згідно розглянутим методам визначення координат дорівнює чотирьом.

ОЕД розташовуються з протилежних сторін приміщенні (стін, стелі), що забезпечує контроль за всім об'ємом, що захищається, ОЕД розташовуються у верхній частині приміщення, з практичних міркувань (з метою виключення їх випадкових ушкоджень під час роботи на виробництві).

При цьому кут огляду ОЕД повинен становити не менше  $90^\circ$  з урахуванням контролю обсягу приміщення у вигляді прямокутного паралелепіпеда.

Виходячи з підходів до визначення просторових координат полум'я, не рекомендується розташовувати всі ОЕД на одній висоті, оскільки для координати відповідній висоті третій варіант відношення сигналів ОЕД складеться некоректно (всі ОЕД лежать в одній площині). Однак для 1 і 2 варіантів відношення розташування ОЕД на одній висоті допустимо. Передбачається, що розташування ОЕД на різній висоті дозволить з більш високою точністю визначати розташування полум'я по висоті. Пропонується встановити різницю по висоті при розміщенні ОЕД не менше 0.1 висоти приміщення.

З урахуванням сформульованих вимог пропонується 8 варіантів розташування точок контролю (ОЕД) на об'єкті, що охороняється. Варіанти розташування 1-8 наведені на рис. 4.3 – 4.10.

У перших 4х випадках застосовуються чотири ОЕД, у других 4х варіантах – п'ять ОЕД. ОЕД орієнтовані таким чином, щоб перетин зон виявлення ОЕД забезпечувало контроль усього обсягу приміщення, що охороняється.

Введення п'ятого ОЕД є апаратною надмірністю для багатоточкової оптико-електронної системи і передбачає введення додаткових відносин сигналів датчиків. За рахунок введення додаткового ОЕД передбачається підвищити точність визначення розташування полум'я.

Розглянемо запропоновані варіанти розташування точок контролю (ОЕД) на об'єкті, що охороняється.

1) Використовується чотири ОЕД, з кутовим полем не менше  $90^\circ$  і розташовані в кутах приміщення, що охороняється. Три з чотирьох ОЕД розташовуються на висоті, що дорівнює висоті приміщення і один ОЕД на висоті рівній 0.9 висоті приміщення. Оптичні осі ОЕД нахилені до площини підлоги приміщення.

Даний варіант розміщення ОЕД є найбільш простим і задовольняє всім вимогам до розміщення на заданому об'єкті, що охороняється.

2) Три з чотирьох ОЕД з кутом огляду не менше  $90^\circ$  розташовуються в кутах приміщення, що охороняється на висоті, рівній 0,9 висоти приміщення, і один ОЕД з кутом огляду не менше  $100^\circ$  розташовується в центрі стелі приміщення. Оптичні осі всіх ОЕД нахилені до площини підлоги приміщення.

Відмінністю даного варіанту від першого є те, що один з чотирьох ОЕД розташовуються в центрі стелі приміщення і його вектор нормалі базису спрямований перпендикулярно площині підлоги приміщення, що охороняється. Таке розташування ОЕД дозволяє забезпечити максимальну зміну величини амплітуди вихідного сигналу ОЕД в залежності від висоти розташування полум'я. При цьому передбачається підвищити точність визначення розташування полум'я по висоті.

Три з чотирьох ОЕД з кутом огляду не менше  $90^\circ$  розташовуються на висоті, рівній 0.9 висоти приміщення для забезпечення різниці по висоті відповідно до способу.

3) Три з чотирьох ОЕД с кутом огляду не менше  $90^\circ$  розташовуються в кутах приміщення, що охороняється на висоті, що дорівнює висоті приміщення. Один ОЕД с кутом огляду не менше  $100^\circ$  розташовується в центрі стелі приміщення на висоті, рівній 0.9 висоти приміщення. Оптичні осі трьох ОЕД нахилені до площини підлоги приміщення. Для ОЕД, наявного на стелі, вектор нормалі базису спрямований перпендикулярно площині підлоги приміщення, що охороняється.

4) Три з чотирьох ОЕД з кутом огляду не менше  $90^\circ$  розташовуються в кутах приміщення, що охороняється на висоті, що дорівнює висоті приміщення, і один ОЕД з кутом огляду не менше  $100^\circ$  розташовується в центрі стелі приміщення на висоті, що дорівнює висоті приміщення. Оптичні осі трьох ОЕД нахилені до площини підлоги приміщення. Для ОЕД, розташованого в центрі стелі, вектор нормалі базису спрямований перпендикулярно площині підлоги приміщення, що охороняється.



5) Чотири з п'яти ОЕД з кутом огляду не менше  $90^\circ$  розташовуються в кутах приміщення, що охороняється, з них три ОЕД на висоті рівній висоті приміщення і один на висоті рівній  $0,9$  висоті приміщення. Один ОЕД з кутом огляду не менше  $100^\circ$  розташовується в центрі стелі приміщення. Оптичні осі чотирьох ОЕД нахилені до площини підлоги приміщення. Для ОЕД, наявного на стелі, вектор нормалі базису спрямований перпендикулярно площині підлоги приміщення, що охороняється.

6) Чотири з п'яти ОЕД з кутом огляду не менше  $90^\circ$  розташовуються в кутах приміщення, що охороняється на висоті, рівній не більше  $0,9$  висоті приміщення, і один ОЕД з кутом огляду не менше  $100^\circ$  розташовується в центрі стелі приміщення. Оптичні осі чотирьох ОЕД нахилені до площини підлоги приміщення. Для ОЕД, наявного на стелі, вектор нормалі базису спрямований перпендикулярно площині статі приміщення, що охороняється.

7) Чотири з п'яти ОЕД з кутом огляду не менше  $90^\circ$  розташовуються в кутах приміщення, що охороняється на висоті, що дорівнює висоті приміщення. Один ОЕД з кутом огляду не менше  $100^\circ$  розташовується в центрі стелі приміщення на висоті, рівній  $0,9$  висоті приміщення. Оптичні осі трьох ОЕД нахилені до площини підлоги приміщення. Для ОЕД, наявного на стелі, вектор нормалі базису спрямований перпендикулярно площині підлоги приміщення, що охороняється.

8) Чотири з п'яти ОЕД з кутом огляду не менше  $90^\circ$  розташовуються в кутах приміщення, що охороняється на висоті, що дорівнює висоті приміщення, і один ОЕД з кутом огляду не менше  $100^\circ$  розташовується в центрі стелі приміщення на висоті, що дорівнює висоті приміщення. Оптичні осі чотирьох ОЕД нахилені до площини підлоги приміщення. Для ОЕД, наявного на стелі, вектор нормалі базису спрямований перпендикулярно площині статі приміщення, що охороняється.

## 6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

### 6.1 Планування розробки системи автоматичного пожежогасіння

Весь процес розробки комплексної системи автоматичного пожежогасіння, можна розділити на етапи. Для кожного етапу вказують трудомісткість, кількість виконавців та тривалість робіт. В розробці приймають участь фахівець протягом 2 місяців та консультант протягом 0,25 місяця. Робота починається 3 вересня та має бути закінчена до 3 листопада 2018 року.

Тривалість робіт визначають за формулою (6.1):

$$T_{ц} = \frac{Q}{R}, \quad (6.1)$$

де  $T_{ц}$  – тривалість циклу, днів;

$Q$  – трудомісткість, людино-днів;

$R$  – кількість виконавців, чол.

Отриману інформацію зведено у табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Характеристика робіт з розробки системи

Назва роботи	Трудомісткість		Виконавці	Кіл-ть, днів
	людино-дні	% до підсумку		
1. Постановка технічного завдання	2	4	Фахівець Консультант	1
2. Вивчення об'єкта та пожежний аудит	2	4	Фахівець Консультант	1
3. Проектування структури системи та підрахунок кошторису	4	8	Фахівець Консультант	2
4. Створення схеми системи та написання програми	10	20	Фахівець	10

Продовження таблиці 6.1

Назва роботи	Трудомісткість		Виконавці	Кіл-ть, днів
	людино-дні	% до підсумку		
5. Монтаж та впровадження системи	20	40	Фахівець	20
6. Запуск та відладка системи	8	16	Фахівець Консультант	8
7. Складання документації	4	8	Фахівець Консультант	2
Підсумок	50	100		44

Таблиця 6.2 – Зведений стрічковий графік планування розробки

Найменування робіт	Календарний період, дні								
	03.09-07.09	10.09-14.09	17.09-21.09	24.09-28.09	01.10-05.10	08.10-12.10	15.10-19.10	22.10-26.10	29.10-02.11
1. Постановка технічного завдання	■								
2. Вивчення об'єкта та пожежний аудит	■								
3. Проектування структури системи та підрахунок кошторису	■								
4. Створення схеми системи та написання програми		■	■						
5. Монтаж та впровадження системи				■	■	■	■		
6. Запуск та відладка системи								■	■
7. Складання документації									■

■ – Фахівець      ■ – Консультант

За даними табл. 6.1 складається зведений стрічковий графік планування розробки системи, що представляє собою таблицю, в першому стовбці якої в

порядку зростання розміщені терміни початку виконання всіх видів робіт, а навпроти — календарний період їх виконання. Даний графік наведено у табл. 6.2.

## 6.2 Визначення витрат на розробку системи

Для визначення витрат складається калькуляція кошторисної вартості робіт, яка включає наступні статті:

- Основна заробітна плата;
- Додаткова заробітна плата;
- Відрахування єдиного соціального внеску;
- Витрати на спеціальне обладнання;
- Матеріали та комплектуючі вироби;
- Накладні витрати;
- Податки.

### 6.2.1 Розрахунок основної заробітної плати

Витрати за цією статтею складаються з планового фонду зарплати всіх категорій робітників, зайнятих в розробці. Розрахунок зарплати ведеться на основі даних о трудомісткості, що представлені у табл. 6.3.

Таблиця 6.3 – Розрахунок основної заробітної плати

Посада виконавця	Чисельність, люд.	Місячний оклад, грн	Кіл-ть місяців роботи	Сума ЗП, грн
Фахівець	1	7 500	2	15 000
Консультант	1	9 400	0,25	2 350
Підсумок	2			17 350

### 6.2.2 Розрахунок додаткової заробітної плати

Додаткову заробітну плату приймають рівною 10% від основної заробітної плати робітників та розраховують за формулою:

$$ЗП_{\text{дод}} = ЗП_{\text{осн}} \cdot 0,1 \quad (6.2)$$

Підставивши величину основної заробітної плати в цю формулу, отримуємо:

$$ЗП_{\text{дод}} = 17\,350 \cdot 0,1 = 1\,735 \text{ грн.}$$

### 6.2.3 Відрахування єдиного соціального внеску

Розмір ставки ЄСВ складає 22%, що сплачується від основної та додаткової заробітної плати. Розраховується за наступної формулою:

$$ОТ = (ЗП_{\text{осн}} + ЗП_{\text{дод}}) \cdot 0,22 \quad (6.3)$$

$$ОТ = (17\,350 + 1\,735) \cdot 0,22 = 4\,198,70 \text{ грн.}$$

### 6.2.4 Визначення витрат на матеріали

Використовується 3 найменування матеріалів: диск CD-R 3 грн.; картридж 30 грн. та папір 30 грн. (1 упаковка).

Витрати на матеріали розраховують на формулою (6.4):

$$М = \sum_{i=1}^n (Ц_i \cdot N_i \cdot (1 + K_{\text{т.з.}}) - Ц_{\text{іо}} \cdot N_{\text{іо}}), \quad (6.4)$$

де М – витрати на матеріали, покупні полуфабрикати та комплектуючі вироби, грн.;

$K_{\text{т.з.}}$  – коефіцієнт, що враховує транспортно-заготівельні витрати;

$Ц_i$  – ціна і-го найменування матеріалу, полуфабрикату та комплектуючого, грн.;

$N_i$  – потреба в і-му матеріалі, напівфабрикати та комплектуючих;

$Ц_{\text{іо}}$  – ціна зворотних відходів і-го найменування матеріалу, грн.;

$N_{\text{іо}}$  – кількість зворотних відходів і-го найменування;

$n$  – кількість найменованих матеріалів, полуфабрикатів та комплектуючих.

$$Ц_{i0} = 0; N_{i0} = 0; K_{т.з.} = 0,05;$$

$$M = (1 + 0,05) \cdot (3 + 30 + 30) = 66,15 \text{ грн.}$$

Загалом, витрати на матеріали складають 66,15 грн.

### 6.2.5 Витрати на спеціальне обладнання

В цю статтю входять витрати на придбання, транспортування, монтаж та відладка нестандартного обладнання.

Враховуються витрати на оплату машинного часу ЕОМ для написання та відладки даної програми. Для цього необхідно скласти кошторис «витрат на утримання та експлуатацію обладнання» виходячи з якої визначити вартість одного машино-часу роботи ПК, після множення якої на машинний час, що пішло на написання та відладку програми, отримаємо витрати на оплату машинного часу.

Амортизаційні відрахування визначають за формулою:

$$A = \Phi_6 \cdot \frac{N_a}{100}, \quad (6.5)$$

де  $\Phi_6$  – балансова вартість обчислювальної техніки, грн.;

$N_a$  – норма амортизаційних відрахувань на повне відновлення обчислювальної техніки, %

Балансова вартість обчислювальної техніки складає 3 000 грн.

$$A = 3\,000 \cdot 0,25 = 750 \text{ грн.}$$

Статтю «Експлуатація обладнання» обчислюють сумуванням витрат на електроенергію та допоміжні матеріали.

$$C_e = N_H \cdot \Phi_{еф} \cdot K_{зч} \cdot K_{зп} \cdot C_e, \quad (6.6)$$

де  $N_H$  номінальна потужність ЕОМ, кВт;

$\Phi_{еф}$  – річний ефективний фонд часу роботи ЕОМ, машино-годин;

$K_{зч}$  – середній коефіцієнт завантаження по часу;

$K_{зп}$  – коефіцієнт завантаження по потужності;

$C_e$  – ціна одного кВт·год електроенергії, грн./(кВт·год).

Номинальна потужність ЕОМ – 0,2 кВт. Річний ефективний фонд часу роботи ЕОМ складає 1800 годин. Середні коефіцієнти завантаження по часу та по потужності дорівнюють відповідно 0,9 та 0,6. Ціна одного кіловат-години електроенергії дорівнює 2,11 грн.

$$C_e = 0,2 \cdot 1\,800 \cdot 0,9 \cdot 0,6 \cdot 2,11 = 410,19 \text{ грн.}$$

Заробітна плата обслуговуючого персоналу розраховується за формулою:

$$ЗП_{обсл} = ФЗП_p \cdot (1 + K_{відр}) \cdot \frac{t_{обсл}}{\Phi_{еф.обсл}}, \quad (6.7)$$

де  $ФЗП_p$  – річний фонд заробітної плати (основний та додатковий) обслуговуючих робітників, грн.;

$K_{відр}$  – коефіцієнт, що враховує відрахування на соціальне страхування та в інші фонди;

$t_{обсл}$  – час, протягом року, що необхідний на технічне обслуговування ЕОМ, год/рік;

$\Phi_{еф.обсл}$  – річний ефективний фонд часу обслуговуючого персоналу, год/рік.

Місячна заробітна плата обслуговуючого персоналу складає 3 723 грн., а річний фонд заробітної плати відповідно дорівнює 44 676 грн. Річний ефективний фонд робочого часу обслуговуючого ПК робітника дорівнює 1 750 год/рік. На обслуговування одного ПК витрачається по 1 годині в місяць, що в рік складає 12 годин.

Отримуємо наступне:

$$ЗП_{обсл} = 44\,676 \cdot (1 + 0,22) \cdot 12/1\,750 = 373,75 \text{ грн.}$$

Стаття «Поточний ремонт обладнання» приймається рівною 3% від балансової вартості обладнання та складає 90 грн.

Стаття «Інші витрати» приймається рівною 5% від суми всіх попередніх статей витрат на утримання та експлуатацію обладнання. Сума

всіх попередніх статей дорівнює 1 623,93 грн., 5% від суми складають 81,20 грн.

Розраховані статті витрат на утримання та експлуатацію обладнання внесені в табл. 6.4.

Таблиця 6.4 – Кошторис витрат на утримання та експлуатацію обладнання

Найменування статей витрат	Сума, грн.
Амортизація обладнання	750
Експлуатація обладнання (окрім витрат на поточний ремонт)	410,18
Заробітна плата основна та додаткова обслуговуючих робітників з відрахуванням на соціальні заходи	373,75
Поточний ремонт обладнання	90
Інші витрати	81,20
Підсумок	1705,13

Витрати на оплату машинного часу ЕОМ для написання та відладку даної системи визначаються за формулою (1.8):

$$C_{\text{МО}} = P_{\text{екс}} \cdot t_{\text{МО}}, \quad (6.8)$$

де  $C_{\text{МО}}$  – витрати на оплату машинного часу, грн.;

$P_{\text{екс}}$  – експлуатаційні витрати на один час машинного часу цієї цифрової ЕОМ, грн./машино-годин;

$t_{\text{МО}}$  – машинний час цифрової ЕОМ для написання та відлагодження даного програмного продукту, машино-годин.

Експлуатаційні витрати на одну годину машинного часу, що використовується ЕОМ, розраховується поділом суми витрат за кошторисом «Витрати на утримання та експлуатацію обладнання (ЕОМ)» на річний ефективний фонд часу роботи ЕОМ. Річний ефективний фонд часу роботи ЕОМ дорівнює 1 800 годин. В результаті експлуатаційні витрати на одну годину машинного часу дорівнюють:



$$P_{\text{екс}} = 1705,13/1\ 800 = 0,95 \text{ грн./машино – годин}$$

ЕОМ експлуатується 50 днів в одну зміну (8 год.), що складає в сумі 400 годин. Таким чином, витрати на оплату машинного часу складають:

$$C_{\text{МО}} = 0,95 \cdot 400 = 380 \text{ грн.}$$

#### 6.2.6 Розрахунок накладних витрат

До накладних витрат відносять витрати на загальне управління та загальногосподарські потреби (заробітна плата апарату управління, канцелярські витрати тощо), утримання та експлуатацію будови. Накладні витрати включаються в вартість розробки програми непрямым шляхом – в процентах до основної заробітної плати розробників. В даному випадку накладні витрати складають 40% від основної заробітної плати розробників, та дорівнює 6 940 грн.

Результати визначення витрат на розробку програми у вигляді калькуляції кошторисної вартості робіт наведено у табл. 6.5.

Таблиця 6.5 – Калькуляція кошторисної вартості робіт з розробки програми

№	Найменування статей витрат	Сума, грн	Питома вага до підсумку, %
1	Основна заробітна плата	17 350,00	47,14
2	Додаткова заробітна плата	1 735,00	4,71
3	Відрахування ЄСВ	4 198,70	11,41
4	Матеріали та комплектуючі	66,15	0,18
5	Витрати на спец. обладнання	380,00	1,03
6	Накладні витрати	6 940,00	18,86
7	Підсумок ( $S_{\text{рп}}$ )	30 669,85	–
8	ПДВ	6 133,97	16,67
9	Підсумок	36 803,82	100

### 6.2.7 Розрахунок економічної ефективності науково-дослідницької роботи

Ефективність прикладених НДР визначається, як зіставлення річного економічного ефекту від застосування результатів досліджень в умовах виробництва та використання капіталовкладень для здійснення досліджень (по кошторису витрат на НДР) та втілення їх у виробництво.

$$E_{\text{фак}} = \frac{\text{Економ. ефект}}{\text{Капіталовкладення}}$$

Зіставляючи фактичну економічну ефективність ( $E_{\text{фак}}$ ) із нормативною ( $E_{\text{н}} = 0,10 \dots 0,15$ ), робиться висновок про доцільність досліджень. Якщо  $E_{\text{фак}} \geq E_{\text{н}}$ , то дослідження визнаються економічно ефективними. У зворотному випадку дослідження недоцільно виконувати, тому що економічний зиск від таких досліджень малий.

Економічну ефективність досліджень можливо оцінити по строку окупності витрат на їхнє проведення та втілення.

$$T_{\text{ок}}^{\text{фак}} = \frac{\text{Капіталовкладення}}{\text{Економ. ефект}}$$

Фактичний строк окупності капіталовкладень зіставляється з нормативним строком окупності капіталовкладень, прийнятий для промисловості (приблизно 6 років), і на основі порівняння робиться висновок про доцільність досліджень. Природне, що фактичний строку окупності капіталовкладень повинен бути якомога коротший.

Для теоретичних досліджень у більшості випадків важко чи навіть неможливо розрахувати економічний ефект, тому доцільно визначити їхню техніко-економічну ефективність з урахуванням наступних показників:

- Важливості дослідження для народного господарства;
- Складності розробки;
- Результативності й можливості використання;

Важливість теоретичного дослідження оцінюють по його призначенню:

- Рішення проблемних питань;
- Задоволення вимог соціальної техніки;
- Пошук принципово нових конструктивних і технологічних рішень і т.п.

Складності виконання роботи визначають порівнянням отриманих результатів даного дослідження з результатами відомих аналогічних досліджень з обліком грошових і трудових витрат на їхнє проведення.

Результативність НДР можна визначити по повноті рішень поставленого завдання: отриманий результат відповідає плановому, задовільний (часткове рішення) чи негативний.

Аналіз залежності між цими показниками й витратами на їхнє досягнення дає можливість кількісної оцінки техніко-економічної ефективності теоретичних НДР за формулою:

$$K_{\text{НДР}} = \frac{J^n \cdot R \cdot T}{B_{\text{НДР}} \cdot t_{\text{НДР}}}, \quad (6.9)$$

де  $K_{\text{НДР}}$  – рівень ефективності дослідження (коефіцієнт техніко-економічної ефективності НДР);

$J^n$  – важливість роботи;

$R$  – результативність роботи;

$T$  – технічна складність виконання;

$B_{\text{НДР}}$  – витрати на проведення НДР, грн.;

$n$  – показник використання результатів НДР:

$n = 0$  – результати НДР не використовуються;

$n = 1$  – результати НДР використовуються частково;

$n = 2$  – результати НДР використовуються в дослідницько-конструкторських роботах (ДКР);

$n = 3$  – результати НДР можуть бути використані без проведення ДКР.

Розрахунок кількісної оцінки техніко-економічної ефективності теоретичної НДР:

$$K_{\text{НДР}} = \frac{2^3 \cdot 1 \cdot 2}{36,802 \cdot \frac{44}{250}} = \frac{8 \cdot 1 \cdot 2}{36,802 \cdot 0,176} = 2,47$$

Таким чином, оскільки розрахований коефіцієнт техніко-економічної ефективності  $K_{\text{НДР}}$  є більшим за 1, наукове дослідження вважається ефективним, а його проведення та використання отриманих результатів на промисловому підприємстві доцільним. Науковий підхід до розрахунку кількості та позицій розміщення датчиків, дозволяє більш ефективно використовувати площу приміщення для розміщення датчиків. Крім того, використання подібної системи дозволяє суттєво скоротити час на обслуговування всіх детекторів системи, завдяки автоматичній самодіагностиці, що забезпечує перевірку функціональності та діагностику внутрішньої електроніки без використання вогню.

## 7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В дипломній роботі розглядаються розробка і наукове обґрунтування методики вибору кількості датчиків вогню для забезпечення безперебійної роботи системи автоматичного пожежогасіння. Також в процесі виконання дипломного проекту було розроблено систему автоматичного пожежогасіння на основі мікроконтролера. Система, розроблена в результаті виконання дипломного проекту, дозволяє проводити вимірювання температури та інфрачервоного випромінювання в промислових приміщеннях з можливістю робити висновок про пожежонебезпечну ситуацію і включати виконавчі пристрої пожежогасіння.

Основним виконавцем цього виду робіт є інженер-конструктор радіоелектроніки.

### 7.1 Аналіз потенційних небезпек

В сучасному світі існує безліч небезпек, які підстерігають нас на кожному кроці. Однак, крім наявних відомих нам небезпек, існують ще небезпеки, які можуть виникати безпосередньо на робочих місцях. Серед них можна виділити наступні:

- ураження електричним струмом, у наслідок несправності електрообладнання, невиконання правил техніки безпеки при користуванні електричним обладнанням, що може призвести до електротравм або летального наслідку;

- негативні відносини у колективі в наслідок постійних емоційних зривів, які призводять до підвищених емоційних навантажень;

- негативний вплив електромагнітних, в тому числі і рентгенівських випромінювань при використанні моніторів персональних комп'ютерів з електронно-променевою трубкою, що призводить до погіршень зору, зниження імунітету;

- недостатнє освітлення виробничих приміщень і робочих місць, у зв'язку з несправністю, або хибного вибору освітлювальних приладів, що призводить до погіршення зору;

- недостатня усвідомленість при експлуатації нового, придбаного обладнання, і через це неправильні дії робітників, що може призвести до травм та загибелі людей;

- незадовільні параметри мікроклімату робочого місця, у зв'язку із відсутністю приладів, що забезпечують необхідний повітрообмін та опалювальної системи, які можуть викликати загальні захворювання;

- виникнення небезпеки морально-психічної форми у робітників, які звикли працювати на старому обладнанні, до яких вже звикли, через що можуть з'явитись нервово-психічні навантаження внаслідок специфіки виконуваних робіт, що призводить до захворювань загального характеру;

- вірогідність загоряння, у зв'язку із несправністю електричного обладнання, недотримання, або порушення правил протипожежної безпеки обслуговуючим персоналом, що призводить до пожежі;

- неправильні дії персоналу в умовах надзвичайних ситуацій, які призводять до паніки та загибелі людей.

## 7.2 Заходи по забезпеченню безпеки

Для запобігання ураження електричним струмом встановлено електроустаткування, яке відповідає вимогам: «Правил устрою електроустановок» (далі «ПУЕ») і ГОСТ 12.1.030-81 (2001) «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление», величина опору захисного заземлення електрообладнання приміщення - 4 Ом; ПУЕ-2014, приміщення, в якому розташовуються ЕОМ, різноманітне устаткування, відноситься до класу пожеженебезпечної зони П-Па, тому передбачений мінімальний ступінь захисту ізоляції обладнання IP44; ГОСТ 12.1.009-76 (1999) «ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения» обладнання

офісу має подвійну ізоляцію, яка складається з робочої та додаткової ізоляції; ГОСТ 12.2.007.0-75\* (2001) «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности» ЕОМ, периферійні пристрої ЕОМ та устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження ЕОМ за способом захисту людини від ураження електричним струмом, належать до І класу, оскільки мають подвійну ізоляцію, елемент для заземлення та дріт для приєднання до джерела живлення, що має заземлюючу жилу і вилку з заземлюючим контактом. Експлуатація електроустановок і електроустаткування проводиться відповідно до НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок» та НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів».

Для оптимізації відносин у колективі проводяться тренінги з залучанням психологів на теми: «Адаптація у новому колективі», «Поведінка в суспільстві».

Внаслідок роботи за ПК, на фізіологію людини негативно впливають електромагнітні випромінювання. Щоб зменшити наслідки впливу на людину та знизити негативні показники у робочій зоні до допустимих значень, згідно з ГОСТ 12.2.007.0-75 «Изделия электротехнические. Общие требования безопасности», вироби, які створюють електромагнітні поля, повинні мати захисні елементи (екрани, поглиначі і т.д.). Вимоги до захисних елементів повинні бути вказані в стандартах та технічних умовах на конкретні види виробів. Згідно з НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» та ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин», на робочих місцях обладнаних ПК встановлені рідкокристалічні монітори, які не є джерелами рентгенівського та електромагнітного випромінювань.

В офісному приміщенні, згідно ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» передбачене природне та штучне освітлення. Природне

освітлення здійснено через світлові прорізи, які забезпечують коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5%. Для захисту від прямих сонячних променів, які створюють прямі та відбиті відблиски на поверхні екранів і клавіатури, передбачено сонцезахисні пристрої, на вікнах встановлені жалюзі або штори. Штучне освітлення в приміщенні, здійснено системою загального рівномірного освітлення. Значення освітленості на поверхні робочого столу в зоні розміщення документів становить 400 лк. Як джерела штучного освітлення в приміщенні застосовані люмінесцентні лампи типу ЛБ. При застосуванні яких дотримались наступних умов:

- температура навколишнього повітря не повинна бути нижче, ніж 5°C;
- напруга на освітлювальних приладах повинна бути не менше, ніж 90% номінальної.

Для попередження небезпеки та можливих травм робітників, а також заради запобігання нервово-психічного навантаження внаслідок специфіки виконуваних робіт необхідно дати робітникам пройти адаптаційний термін, щоб робітники звикли до роботи. При встановленні нового обладнання, обов'язково треба проводити передбачені інструктажі з експлуатації цього нового обладнання.

### 7.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Внаслідок роботи за ПК, на фізіологію людини негативно впливають електромагнітні випромінювання. Щоб зменшити наслідки впливу на людину та знизити негативні показники у робочій зоні до допустимих значень, згідно з ГОСТ 12.2.007.0-75 «Изделия электротехнические. Общие требования безопасности», вироби, які створюють електромагнітні поля, повинні мати захисні елементи (екрани, поглиначі і т.д.). Вимоги до захисних елементів повинні бути вказані в стандартах та технічних умовах на конкретні види виробів. Згідно з НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» та



ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин», на робочих місцях обладнаних ПК встановлені рідкокристалічні монітори, які не є джерелами рентгенівського та значного електромагнітного випромінювань.

Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приміщення відповідають вимогам ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» та ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку». Зниження рівня шуму в приміщенні здійснено за допомогою:

- використання більш сучасного обладнання;
- розташування принтерів та різноманітного устаткування колективного користування на значній відстані від більшості робочих місць працівників;
- переведення жорсткого диска в режим сну (Standby), якщо комп'ютер не працює протягом визначеного часу;
- використання блоків живлення ПК з вентиляторами на гумових підвісках.

Під час виконання робіт з ПК у виробничих приміщеннях значення характеристик вібрації на робочих місцях не перевищують допустимого рівню, які відповідають вимогам ДСН 3.3.6-039-99 «Государственные нормы производственной общей и локальной вибрации» та ГОСТ 12.1.012-90 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования». Персонал не має потреби в додатковому захисті від вібрації, яку виробляють ПК. Оскільки ПК установлені на спеціальній комп'ютерних столах, які поглинають залишкову вібрацію.

Метеорологічні умови в виробничих приміщеннях – температура повітря, відносна вологість повітря й швидкість його переміщення відповідають вимогам ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми

мікроклімату виробничих приміщень» і ГОСТ 12.1.005-88 (1991) «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». Роботи в офісному приміщенні, належать до категорії Іб – легка робота, тому передбачені наступні оптимальні значення параметрів мікроклімату:

- у холодний період року: температура 21-23°C; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,1 м/с;

- у теплий період року: температура 22-24°C; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,2 м/с.

Оптимальні рівні позитивних (n+) і негативних (n-) іонів у повітрі приміщення з ВДТ відповідають вимогам ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень» і становить: n+=1500-30000 (шт. на 1см<sup>3</sup>); n- = 3000-5000 (шт. на 1см<sup>3</sup>). Підтримку оптимального рівня легких позитивних і негативних аероіонів у повітрі на робочих місцях забезпечуються за допомогою біполярних коронних аероіонізаторів.

Для визначення необхідного повітрообміну у приміщенні потрібно розрахувати два значення повітрообміну: по кратності і по кількості людей та вибрати більше з цих двох значень.

Маємо приміщення площею s=30 м<sup>2</sup>, висотою Н=3.5 м та в якому працюють 5 робітників.

Для розрахунку необхідного повітрообміну в приміщенні розраховуємо два значення повітрообміну :

- по кратності:

$$L = n * S * H, \text{ м}^3/\text{год}, \text{ де}$$

n – нормована кількість повітрообміну для офісів, n = 2,5

L – повітрообмін у приміщенні, м<sup>3</sup>/год

$$L = 2,5 * 30 * 3,5 = 262,5 \text{ м}^3/\text{год}$$

- по кількості людей:

$$L = N * L_{\text{норм}}, \text{ м}^3/\text{год}$$

$L_{\text{норм}}$  – норма витрати повітря на одну людину, робота в офісі – 60 м<sup>3</sup>/год

$$L = 5 \cdot 60 = 300 \text{ м}^3/\text{год}$$

Для визначення необхідного повітрообміну в приміщенні площею 30 м<sup>2</sup> користуємось двома формулами. Беремо до уваги другу формулу, оскільки в офісних приміщеннях розташовується велика кількість людей, тобто ми маємо дізнатися на яку площу та на яку кількість людей повинен бути повітрообмін в кімнаті для забезпечення нормальної життєдіяльності робітників, в цьому випадку норма витрати повітря на людину в офісі становить 300 м<sup>3</sup>/год.

Для належного повітрообміну в приміщенні використовують вентиляції. Вентиляція – організований і регульований повітрообмін, що забезпечує видалення з приміщення повітря, забрудненого шкідливими газами, парами, пилом, а також поліпшує метеорологічні умови праці. За способом подачі в приміщення свіжого повітря і видалення забрудненого, вентиляції ділять на природну, механічну і змішану. Також для кращого повітрообміну в приміщенні встановлюють сучасні системи провітрювання, відкривають вікна, але все ж таки найкращий повітрообмін забезпечує вентиляція.

#### 7.4 Заходи з пожежної безпеки

Горінням називається складний фізико-хімічний процес взаємодії горючої речовини та окислювача, який супроводжується виділенням тепла та випромінюванням світла. Процес горіння призводить до пожежі.

Пожежа – неконтрольоване горіння поза спеціальним вогнищем, що розповсюджується в часі і просторі.

Залежно від агрегатного стану й особливостей горіння різних горючих речовин й матеріалів пожежа за ДБН В.1.1.7-2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва» поділяють на відповідні класи та підкласи:

- клас А – пожежі твердих речовин, переважно органічного походження, горіння яких супроводжується тлінням;

- клас В – пожежі горючих рідин або твердих речовин, які розтоплюються;

- клас С – пожежі газів;

- клас D – пожежі металів та їх сплавів;

- клас Е – пожежі, пов'язані з горінням електроустановок.

Так як всі кабінети офісів обладнані офісною технікою (персональними комп'ютерами) можливу пожежу відносимо до класу Е.

Методика з допомогою якої визначають категорію приміщень та будівель за вибухопожежною та пожежною небезпекою регламентується у НАПББ.03.002-2007 «Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установ, за вибухопожежною та пожежною небезпекою».

За вибухопожежною небезпекою приміщення й будівлі поділяються на п'ять категорій: А, Б, В, Г, Д.

Приміщення в офісі відносимо до категорії В, так як в офісі знаходиться багато техніки і легко займистих матеріалів.

Визначення видів та кількості первинних засобів пожежогасіння слід проводити з урахуванням фізико-хімічних та пожежонебезпечних властивостей горючих речовин, їх взаємодії з вогнегасними речовинами, а також розмірів площ виробничих приміщень, відкритих майданчиків та установ. Необхідну кількість первинних засобів пожежогасіння визначають окремо для кожного поверху та приміщення.

Для гасіння великих площ горіння, коли застосування ручних та пересувних вогнегасників є недостатнім, на об'єкті мають бути передбачені додатково ефективні засоби пожежогасіння, наприклад стаціонарні установки автоматичного пожежогасіння та інші.

Вибір типу та визначення потрібної кількості вогнегасників здійснюється залежно від вогнегасної здатності вогнегасників, граничної площі, класу пожежі та за категорією приміщення (стандарт ISO 3941-77).

Загальна площа приміщення, яку займає офіс складає 30 м<sup>2</sup>. Так як офіс відноситься до категорії приміщення В, класу пожежі Е і займає площу 30 м<sup>2</sup>, рекомендовано два вуглекислотних вогнегасника ємкістю 5 літрів, які слід розмістити у крайніх сторонах приміщення.

У даному розділі дипломного проекту проаналізовано нормативно-правові документи, що регламентують дотримання вимог охорони праці на підприємстві.

Ступень вогнестійкості будівлі, де розташовано офіс – В (цегляна триповерхова будівля).

Для протипожежного захисту офісу площею 30 м<sup>2</sup> необхідно два вуглекислотних вогнегасника ємністю 5 літрів, які розташовані у крайніх сторонах коридору.

У випадку пожежі передбачено шляхи евакуації робітників проходи, проїзди, евакуаційні виходи у відповідності до ДБН В.1.1.7-2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва». Евакуаційні виходи розташовано розосереджено у кількості не менше двох на споруду.

#### 7.5 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях

Інженерно-технічні заходи, спрямовані на підвищення стійкості виробничих об'єктів до впливу світлового випромінювання, вторинних факторів ядерного вибуху, проникаючої радіації і радіоактивного зараження.

Інженерно-технічні заходи містять в собі роботи, що забезпечують стійкість виробничих будівель і споруд, обладнання та комунально-енергетичних систем.

Заходи для підвищення стійкості об'єктів господарювання здійснюються у відповідності з вимогами «Норм проектування інженерно-технічних заходів ЦО». Норми проектування запроваджуються в дію постановою Уряду і періодично поновлюються.

Вимоги «Норм» призначені для того, щоб завчасно виконати заходи, щодо:

- запобігання виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру;
- забезпечити захист населення та знизити масштаби руйнувань (пожеж, затоплень, заражень);
- підвищити стійкість роботи об'єктів господарювання і галузей економіки;
- створити умови для успішного проведення робіт з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

Виділяють оцінки стійкості роботи об'єкта до впливу світлового випромінювання, вторинних факторів ядерного вибуху, проникаючої радіації і радіоактивного зараження.

Критерієм стійкості об'єкта до дії світлового опромінювання є значення того мінімального імпульсу світлового опромінювання, при якому може виникнути займання матеріалів чи споруд, в результаті чого на об'єкті виникнуть пожежі.

Величину світлового імпульсу, який викликає займання, визначає за допомогою спеціальних таблиць. Значення світлового імпульсу, що викликає займання і початок пожеж на об'єкті, є граничним рівнем стійкості до світлового опромінювання.

Якщо об'єкт складається з групи будівель і споруд, то визначають можливу пожежну обстановку в цій групі будов, враховуючи щільність забудови.

У висновках про стійкість об'єкта до дії світлового опромінювання вказують граничний рівень стійкості об'єкта, найбільш небезпечні в пожежному відношенні ділянки, можливий пожежний стан на об'єкті, граничний рівень доцільного підвищення стійкості до світлового опромінювання, необхідні протипожежні й інженерно-технічні заходи.

Критерієм стійкості об'єкта до дії ударної хвилі є максимальне значення надлишкового тиску, під час дії якого будівлі, споруди та обладнання об'єкта ще зберігаються або отримують слабкі чи середні руйнування. Ці значення надлишкового тиску прийнято вважати граничним рівнем стійкості об'єкта щодо ударної хвилі. Стійкість об'єкта визначають стійкістю кожного елемента виробництва окремо (цеху, ділянки, системи).

Оцінка стійкості об'єкта до дії ударної хвилі зводиться до знаходження граничного рівня стійкості і проводиться в такій послідовності:

- виділяють основні елементи об'єкта, від функціонування яких залежить випуск продукції чи функціонування об'єкта. Такими основними елементами, як правило, є будівлі цехів чи складів, енергетичне обладнання, інженерно-технічні пристрої, системи водопостачання, каналізації, вентиляції, опалення тощо;

- складають детальні характеристики кожного елемента, наприклад: будівля механічного цеху цегляна, одноповерхова, висота 9 м, покрита руберойдом по дереву;

- визначають ступінь руйнувань елементів об'єкта залежно від надлишкового тиску за допомогою спеціальних таблиць. Для кожного елемента об'єкта знаходять ті значення надлишкового тиску, які спричиняють до слабких, середніх, сильних і повних руйнувань;

- визначають граничний рівень стійкості до дії ударної хвилі кожного елемента об'єкта, при якому той одержує не більш як середні руйнування. Наприклад: складське приміщення залізобетонної конструкції може одержати середні руйнування при надлишковому тиску 20...30 кПа. У цьому разі за граничний рівень стійкості слід брати мінімальне значення, тобто 20 кПа;

- визначають граничний рівень стійкості всього об'єкта до дії ударної хвилі за мінімальним значенням граничного рівня стійкості тих елементів, що входять до складу об'єкта. Так, якщо складська будівля має рівень стійкості 20 кПа, складське обладнання – 35 кПа, мережа електропостачання – 15 кПа,

то граничний рівень стійкості складу – 15 кПа, хоча будівля складу і його обладнання не будуть виведені з ладу;

- проводять аналіз результатів оцінки і роблять висновки про стійкість об'єкта до ударної хвилі, при цьому вказують мінімальне значення надлишкового тиску, яке виводить об'єкт з ладу. Визначають найбільш вразливі місця та елементи і пропонують конкретні заходи щодо підвищення стійкості об'єкта до ударної хвилі. При цьому враховують як важливість об'єкта, так і економічні витрати, які пов'язані з пропонованими заходами по підвищенню рівня стійкості об'єкта. Той рівень стійкості, до якого слід підвищувати стійкість об'єкта, як правило, встановлює вищестоящий штаб ЦЗ або міністерство.

Вторинними вражаючими факторами є пожежі, вибухи, затоплення, забруднення атмосфери та місцевості і т. ін. Втрати від вторинних вражаючих факторів у ряді випадків можуть значно перебільшувати втрати, які одержує господарство в результаті дії первинних факторів, притаманних більшості надзвичайних ситуацій.

Джерела вторинних вражаючих факторів на об'єкті й в небезпечному віддаленні від нього повинні виявлятися заздалегідь з метою завчасного прийняття заходів, що направлені на виключення чи зменшення вражаючої дії.

Оцінка стійкості об'єктів до дії вторинних вражаючих факторів проводиться в такій послідовності:

- виявляють всі можливі джерела вражаючих факторів, як внутрішні, так і зовнішні;
- визначають найкоротшу відстань від об'єкта до кожного джерела вторинного ураження (на місцевості або на мапі чи плані);
- визначають характер вражаючої дії вторинного фактора (пожежа, затоплення, загазованість т. ін.);
- встановлюють чи вираховують час від моменту появи до моменту початку дії на об'єкт вторинного вражаючого фактору;



- визначають тривалість дії вражаючого фактора й можливі розміри втрат.

Одержані результати аналізують і роблять конкретні висновки для розробки організаційних, інженерно-технічних та технологічних заходів щодо виключення або обмеження дії на роботу об'єкта вторинних вражаючих факторів.

Критерієм стійкості роботи об'єкта до дії радіоактивного забруднення є допустима доза опромінення, яку можуть одержати робітники й службовці зміни, що працюють, за час роботи при дотриманні встановленого режиму захисту.

У розрахунках виходять з того, що при радіоактивному забрудненні робітники й службовці знаходяться на робочих місцях у продовж усієї робочої зміни (у воєнний час 10-12 годин), а потім перебувають в захисних спорудах.

Вихідними даними для оцінки є:

- характеристика виробничих приміщень, будов, їх здатність послаблювати опромінювання (значення коефіцієнта зменшення опромінювання);

- характеристика захисних споруд;

- встановлена доза опромінення;

- тривалість роботи зміни.

На основі вихідних даних розраховують максимальний рівень радіації (на першу годину після аварії на АЕС чи після ядерного вибуху), за якого працююча протягом вказаних годин зміна не одержить дозу опромінення, більшу встановленої на першу добу.

Оцінюють також ступінь герметизації виробничих приміщень, можливість її покращення, щоб зменшити проникнення до приміщення радіоактивного пилу.

Одержані результати аналізують, роблять висновки й накреслюють заходи, спрямовані на підвищення стійкості роботи в умовах радіоактивного

забруднення. У висновках також зазначають умови забруднення радіоактивними речовинами, за яких об'єкт має змогу стійко працювати після деякої перерви, необхідної для здійснення захисту робочої зміни на період випадання радіоактивних речовин (вказують проміжок часу, на який слід перервати роботу об'єкта).

Під час оцінки можливості роботи об'єкта в умовах хімічного забруднення або зараження бактеріологічними засобами, аналізують стан герметизації виробничих приміщень, можливість її проведення в разі необхідності, забезпеченість робітників і службовців протигазами та їх вивчення. При цьому вивчають та аналізують можливість роботи без руйнування герметизації приміщень.

Оцінюють можливість проведення робіт зі знезараження об'єкта і прилеглих ділянок, їх трудомісткість, доцільність.

На основі проведеного аналізу пропонують й розробляють заходи щодо покращення системи заходів, які дозволяють забезпечити стійку роботу об'єкта в умовах хімічного та бактеріологічного забруднення.

Потрібно зазначити, що в даному розділі дипломної роботи було визначено та проаналізовано потенційні небезпеки, які виникають на робочому місці у працівників офісних приміщень, а також було розроблено заходи безпеки та шляхи усунення потенційних небезпек в офісі. Було вивчено та розроблено заходи щодо забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці, зроблено детальний розрахунок повітрообміну в офісному приміщенні, який займає площу 30 м<sup>2</sup>, також було розглянуто заходи з пожежної безпеки, та встановлено категорію приміщення офісу, який займає площу 30 м<sup>2</sup>, клас пожежі та було рекомендовано кількість вогнегасників для цього приміщення. А також було запропоновано ряд заходів щодо забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Одним з найважливіших завдань охорони праці є забезпечення таких умов праці, які б вилучали можливість дії на працюючих різного роду небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Нанесення травми людині на

виробництві зумовлюється наявністю фізичних, хімічних, біологічних та психофізіологічних небезпечних і шкідливих виробничих чинників. Безпечність виробничих процесів досягається комплексом проектних та організаційних рішень. Це – вибір технологічного процесу, робочих операцій, черговості обслуговування обладнання тощо. Безпечність виробничих процесів полягає у запобіганні впливу небезпечних і шкідливих факторів на працюючих.

Згідно ПУЕ-2014 та ГОСТ 12.1.030-81 (2001) «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление», величина опору захисного заземлення електрообладнання приміщення – 4 Ом.

В офісному приміщенні, згідно ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» передбачене природне та штучне освітлення.

Згідно з НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» та ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин», на робочих місцях обладнаних ПК встановлені рідкокристалічні монітори, які не є джерелами рентгенівського та значного електромагнітного випромінювань.

У випадку пожежі передбачено шляхи евакуації робітників проходи, проїзди, евакуаційні виходи у відповідності до ДБН В.1.1.7-2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва». Евакуаційні виходи розташовано розосереджено у кількості не менше двох на споруду.

На основі кодексу цивільного захисту населення України розглянули інженерно-технічні заходи, спрямовані на підвищення стійкості виробничих об'єктів до впливу світлового випромінювання, вторинних факторів ядерного вибуху, проникаючої радіації і радіоактивного зараження при надзвичайних ситуаціях.

## ВИСНОВКИ

У дипломному проекті проведена розробка системи автоматичного пожежогасіння на підприємстві включаючи розробку схеми, вибір датчиків і інших ЕРЕ, написання програми керуючого мікроконтролера, розробку конструкції.

Система, розроблена в результаті виконання дипломного проекту, дозволяє проводити вимірювання температури та інфрачервоного випромінювання в промислових приміщеннях з можливістю робити висновок про пожежонебезпечну ситуацію і включати виконавчі пристрої пожежогасіння. Пристрій виконаний модульно, що дозволяє в залежності від потреби користувача комплектувати його необхідними функціями. Управління приладом за допомогою мікроконтролера дозволяє зміну приладу.

Описано підхід до визначення числа точок контролю і їх розташування на об'єкті, що охороняється для швидкодіючої багатоточкової оптико-електронної системи виявлення полум'я і визначення його просторових координат (ОЕС). Сформульовано критерії оптимальності застосування ОЕС для забезпечення пожежної безпеки у вугільних шахтах з урахуванням методів визначення координат полум'я багатоточковою оптико-електронною системою. Розроблено варіанти розташування точок контролю в приміщенні, що охороняється. Розроблено методику проведення дослідження з перевірки оптимальності числа точок контролю і їх просторового розташування на об'єкті, що охороняється з урахуванням запропонованих критеріїв оптимальності. Сформульовано рекомендації про: кількість некоординатних оптико-електронних датчиків, необхідних для побудови системи; способах розміщення оптико-електронних датчиків на об'єкті, що охороняється, виборі методів розрахунку координат полум'я для забезпечення необхідної точності.

Розглянуті підходи дозволяють реалізувати швидкодіючу багатоточкову оптико-електронну систему виявлення полум'я і визначення його просторових координат. Пропускання проміжного середовища істотно впливає на похибку визначення координат полум'я.

Надалі необхідно перевірити адекватність отриманих теоретичних результатів по визначенню оптимальної кількості точок, варіанти їх розташування і обраного варіанту відносин сигналів з методом визначення координат полум'я багатоточкової ОЕС на практиці шляхом проведення експериментальних досліджень лабораторного зразка багатоточкової оптико-електронної системи.

В даній науково-дослідницькій роботі (НДР) пропонується розробка системи автоматичного пожежогасіння, що призначена для швидкісного виявлення джерела вогню та його гасіння, а також оповіщення сигналами тривоги та центрального пульта керування. Науковий підхід до розрахунку кількості та позицій розміщення датчиків, дозволяє більш ефективно використовувати площу приміщення для розміщення датчиків. Крім того, при необхідності дану систему можливо доукомплектувати різноманітними модулями.

Особливістю цієї системи є швидкодія спрацювання ( $< 10\text{мс}$ ) датчиків, що досягається за рахунок наукового обґрунтування необхідної кількості датчиків та їх розміщення в окремо взятому приміщенні.

Програмний комплекс, що описується в даній роботі, має модульне конструктивне виконання та комбінований спосіб пуску, що є беззаперечною перевагою перед іншими системами. Крім того, розробка електронного модуля системи пожежогасіння також пропонує методику визначення оптимальної кількості датчиків для такої системи.

Використання подібної системи дозволяє суттєво скоротити час на обслуговування всіх детекторів системи, завдяки автоматичній самодіагностиці, що забезпечує перевірку функціональності та діагностику внутрішньої електроніки без використання вогню.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бабуров, В. П. Автоматические установки пожаротушения. Вчера. Сегодня. Завтра : учеб.-справ. пособие / В. П. Бабуров, В. В. Бабурич, В. И. Фомин. – М. : Пожнаука, 2009. – 291 с.
2. Кирюхина, Т. Г. Установки пожаротушения : учеб. пособие / Т. Г. Кирюхина, Н. В. Смирнов. – М. : ТАКИР, 2006. – 302 с.
3. Собурь, С. В. Установки пожаротушения автоматические : справочник / С. В. Собурь. – 4-е изд., с изм. – М. : Пож. кн., 2004. – 402 с.
4. Храпский, С. Ф. Производственная и пожарная автоматика : учеб. пособие / С. Ф. Храпский, В. И. Стариков, Д. В. Рысев. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2013. – 152 с.
5. Медведев Ф. К., Варфоломеев С. П. и др. Электронно-оптические извещатели пламени. ИК-приемники нового поколения // Электроника НТБ. 2000. №6.
6. Дийков Л. К., Медведев Ф. К. и др. Новые октроны для спектрально-аналитической аппаратуры // Компоненты и технологии. 2004. № 6.
7. ДБН В.2.5-13-98. Пожежна автоматика будинків і споруд. – Київ: Держбуд України, 2006. – 98 с.
8. НАПБ А.01.001-2004. Правила пожежної безпеки в Україні. – К.: МНС України, 2005.– 196 с.
9. Христич В.В., Дерев'янюк О.А., Бондаренко С.М., Антошкін О.А. Системи пожежної та охоронної сигналізації. –Харків: АПБУ МВС України, 2001. – 104 с.