

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»

Радіоелектроніки і телекомунікацій

(повне найменування інституту, факультету)

Мікро- і нанoeлектроніки

(повне найменування кафедри)

**Пояснювальна записка**

до дипломного проєкту (роботи)

магістр

(ступінь вищої освіти)

на тему Автоматична система пожежогасіння на базі Ардуіно

Виконав: студент(ка) Цкурсу, групи РТ311-м

Спеціальності 153 – «Мікро- та  
наносистемна техніка»

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Мікро- і нанoeлектронні прилади і пристрої

Тарасов М.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник Сніжної Г.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Манукян О.А.

(прізвище та ініціали)

20 22

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
**Національний університет «Запорізька політехніка»**  
 (повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет Радіоелектроніки і телекомунікацій

Кафедра Мікро- та наноелектроніки

Ступінь вищої освіти Магістр

Спеціальність 153 “Мікро- та наносистемна техніка”

(код і найменування)

Освітня програма (спеціалізація) “Мікро- та наноелектронні прилади та пристрої”

(назва освітньої програми (спеціалізації))

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

мікро- та наноелектроніки

Геннадій Сніжної

« 12 » 12 2022 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА**

Тарасову Максиму Олексійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Автоматична система пожежогасіння на базі Ардуіно

керівник проєкту (роботи) Сніжної Геннадій Валентинович, д.т.н, доцент

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «21» листопада 2022 року №393



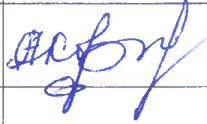
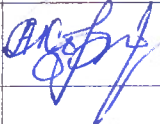
2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 05 грудня 2022 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) Система пожежогасіння, датчики контролю полум'я, Arduino Uno, програматор, програма Arduino IDE, мікроконтролера ATmega 328P, мережеве підключення.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Виконано огляд на основні можливості та застосування мікроконтролера ATmega328P, розглянуто принципи побудови автоматичної протипожежної системи (проведено огляд систем для моделювання та розробка програмного забезпечення), ознайомлення з перспективами розвитку автоматичних систем пожежогасіння, розкрито питання роботизованих установок.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)  
Презентація виконаної роботи

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

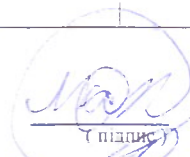
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-3	Сніжної Г. В., д.т.н., завідувач. каф. МіНЕ		
Нормо-контроль	Коротун А. В., к.ф.-м.н., доцент каф. МіНЕ		

7. Дата видачі завдання «10» жовтня 2022 року.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Огляд літературних джерел та ознайомлення зі статтями за заданою тематикою.	11.10 – 20.10	Виконано
2	Збирання та прошивка датчика контролю полум'я	21.10 – 2.11	Виконано
3	Встановлення та налаштування ОС Arduino IDE	3.11 – 5.11	Виконано
4	Розробка керованої системи автоматичного пожежогасіння на базі Arduino Uno.	6.11 – 13.11	Виконано
5	Моніторинг працездатності системи.	14.11 – 24.11	Виконано
6	Оформлення пояснювальної записки і презентації.	25.11 – 05.12	Виконано

Студент



Максим ТАРАСОВ  
(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)



Геннадій СНИЖНОЙ  
(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

ПЗ: 70 стор., 27 рис., 2 табл., 1 додаток, 27 джерел.

**Об'єкт:** автоматична система пожежогасіння (АСП)

**Мета роботи:** розробка простої та ефективної керованої системи автоматичного пожежогасіння (АСП) на основі мікроконтролера ATmega 328P.

**Методи:** аналіз і практичне застосування технологічних рішень.

**Результати:** визначено та обґрунтовано архітектуру системи пожежогасіння

**Рекомендації щодо впровадження:** результати роботи можуть бути використані при виборі апаратного та програмного забезпечення систем пожежогасіння та сигналізації.

**Практична цінність:** здійснено розробку простої та ефективної керованої системи автоматичного пожежогасіння (АСП) на основі мікроконтролера ATmega 328P. В розробці програмного забезпечення АСП використано безкоштовне програмне забезпечення Arduino IDE. Розглянуто типові системи виявлення пожежі, та її гасіння, проаналізовано та розглянуто різні основні гасячі речовини, види датчиків полум'я, їх недоліки та переваги. Проведено вибір основних компонентів керованого сопла для подачі вогнегасячої речовини та організовано їх підключення до платформи Arduino Uno. Представлена функціональна схема системи пожежогасіння, описані її основні функції, робота ефективності системи перевірена.

Описується структура програмного коду в середовищі розробки ArduinoIDE.

Представлено рекомендації щодо використання результатів розробки.

СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ПОЖЕЖОГАСІННЯ, СИСТЕМА СПОВІЩЕННЯ, ДАТЧИК ПОЛУМ'Я, МІКРОКОНТРОЛЕР, ARDUINO.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ. . . . .	6
ВСТУП. . . . .	7
1 ОСНОВНІ МОЖЛИВОСТІ ТА ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРА. . . . .	8
1.1 Технічні характеристики мікроконтролера АТМega328Р. . . . .	8
1.2 Вибір датчика контролю полум'я. . . . .	13
1.3. Основні принципи побудови автоматичної протипожежної системи . . . . .	23
2 РОЗРОБКА АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ ПОЖЕЖОГАСІННЯ НА ОСНОВІ МІКРОКОНТРОЛЛЕРА АТМЕГА328Р. . . . .	26
2.1 Огляд систем для моделювання. . . . .	26
2.2 Конструктивна частина. . . . .	31
2.2 Розробка програмного забезпечення. . . . .	37
2.3 Математичні моделі об'єкту управління системи водяного автоматичного пожежогасіння. . . . .	41
2.4 Застосування автоматичних установок пожежогасіння . . . . .	43
2.5 Розробка алгоритму роботи автоматичної системи пожежогасіння. . . . . . .	48
3 ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ АВТОМАТИЧНИХ СИСТЕМ ПОЖЕЖОГАСІННЯ. . . . .	51
3.1 Огляд вже існуючих автоматичних систем пожежогасіння . . . . .	51
3.2 Роботизовані установки. . . . .	54
ВИСНОВКИ. . . . .	66
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ . . . . .	68

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АСП –автоматична система пожежогасіння;

МК – мікроконтролер;

РІС – Peripheral Interface Controller;

РІ (Serial Peripheral Interface) – послідовний периферійний інтерфейс;

ВР – вогнегасна речовина;

ПК – персональний комп'ютер;

АЦП – аналогово-цифровий перетворювач ;

ІЧ – інфрачервоний;

РК-дисплей – рідкокристалічний дисплей;

ПР – пожежний робот.

## ВСТУП

У цьому дипломному проекті розглянуто проблему виявлення пожежі та її гасіння. Гасіння пожежі вогнегасником – це небезпечна робота для людини, вона часто ставить під загрозу життя цієї людини.

Ключовим аспектом протипожежного захисту є своєчасне виявлення пожежної аварійної ситуації, що розвивається, і оповіщення мешканців будівлі та організацій пожежної охорони. Це роль систем виявлення пожежі та сигналізації. Залежно від сценарію очікуваної пожежі, типу будівлі та використання, кількості персоналу, що знаходиться, а також критичності змісту, ці системи можуть виконувати кілька основних функцій.

По-перше, вони представляють собою засоби для виявлення пожежі, що розвивається, за допомогою ручних або автоматичних методів, а по-друге, вони попереджають мешканців будівлі про пожежу та необхідність евакуації. Іншою поширеною функцією є передача сигналу сповіщення про тривогу до пожежної служби або іншої організації реагування на надзвичайні ситуації. Вони також можуть вимкнути електричне, вентиляційне обладнання або спеціальні технологічні операції, які можуть бути використані для запуску систем автоматичного подавлення.

Постійна увага потрібна, щоб звести до мінімуму несприятливий вплив пожежі. Через швидкість і сукупність руйнівних сил вогню, він є однією з найбільш серйозних загроз. Неконтрольована пожежа може знищити всю кімнату протягом декількох хвилин і повністю згоріти протягом декількох годин.

Перший крок до припинення пожежі полягає в тому, щоб правильно ідентифікувати інцидент, підняти тривогу, а потім повідомити персонал про надзвичайну ситуацію. Це часто є функцією виявлення пожежі та системи сигналізації. Доступно кілька типів систем і опцій, залежно від конкретних характеристик об'єкта, що захищається.

# 1 ОСНОВНІ МОЖЛИВОСТІ ТА ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРА

## 1.1 Технічні характеристики мікроконтролера ATmega328P

Метою даного дипломного проекту є розробка та створення прототипу автоматичної системи пожежогасіння (АСП) на основі Ардуіно з ефективним та конкурентоспроможним використанням, яка може бути виготовлена за низьких витрат. Ця система розроблена для простоти управління будь-яким користувачем та зручна для користувача.

На основі існуючих дорогих систем пожежогасіння, доступних на ринку, було розроблено автоматичну систему пожежогасіння з низькою вартістю. АСП складається із трьох підсистем; система виявлення, тушіння та сигналізації. АСП було розроблено з використанням мінімального апаратного забезпечення на нижчому рівні обробки. Система не обмежена зазначеними входами та виходами, проте може бути змінена відповідно до потреб клієнта без необхідності проектування нової системи.

Мікропроцесори і мікроконтролери широко використовуються в побутовій техніці, автомобільній електроніці, аерокосмічній і військовій галузях і, звичайно ж, у промисловому виробництві.

Мікроконтролер - це мікроелектронний програмований пристрій, призначений для обробки інформації та управління процесами обміну цією інформацією у складі мікропроцесорної системи.

«Мікроелектронний» він, тому що процесори виготовляються за допомогою технологій сучасної мікроелектроніки на основі напівпровідникового кристала. Інформація в мікропроцесорній системі передається електричними імпульсами. В одній мікросхемі є багато всього - і цифрові порти, і аналогово-цифрові перетворювачі для вимірювань і всілякі таймери тощо.

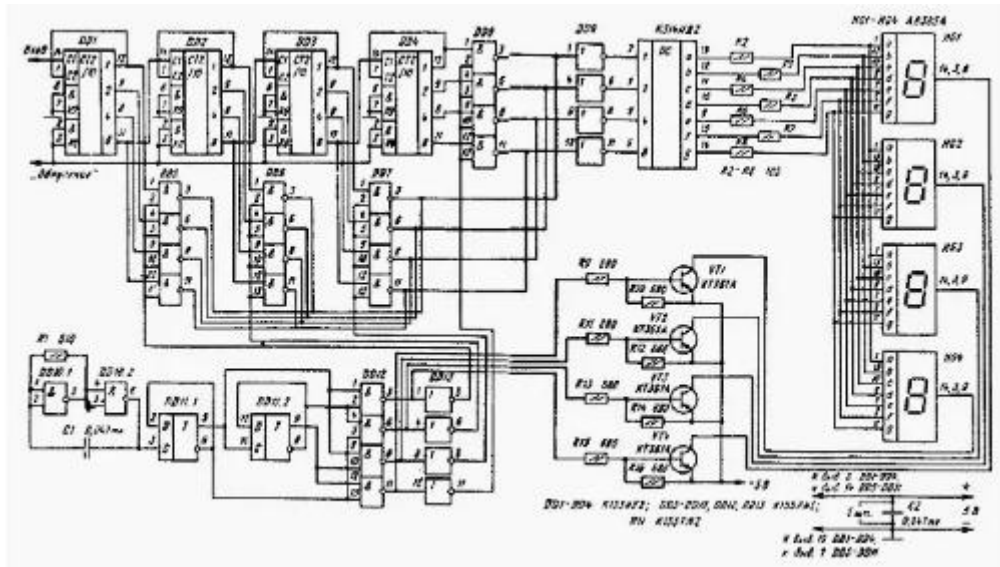


Рисунок 1.1. – Структурна схема мікроконтролера ATmega328P

На рис. 1.1 продемонстровано як влаштований мікроконтролер. До нього входять:

- Арифметико-логічний пристрій (процесор), який виконує обчислення та логічні операції;
- Оперативна пам'ять (RAM);
- Пам'ять програм (Flash), що є аналогом жорсткого диска ПК, в ній зберігається програма-прошивка;
- енергонезалежна пам'ять (EEPROM), туди програма може зберігати дані, які не будуть зникати при відключенні живлення. Пам'ять програм також енергонезалежна, але зберігати туди дані під час роботи програма не може (взагалі це можливо, але так не роблять через обмежену кількість циклів записи-стирання (10000 для AVR));
- Порти введення-виведення, які використовуються для зв'язку із «зовнішнім світом». Якщо в ПК порти стандартизовані і мають кожен своє призначення, то це просто виводи, які можна налаштувати програмно залежно від побажань розробника пристрою на МК.

- Інша периферія, наприклад, аналогово-цифровий перетворювач (фактично вимірює значення напруги на вході, виводячи результат у цифровій формі), аналоговий компаратор (порівнює напруги аналогових сигналів і видає значення більше/менше ніж 1 або 0), таймери, які використовуються для відмірювання відрізків часу, затримок та інших функцій;

- Також багато МК мають вбудовані інтерфейси UART (послідовний порт), JTAG (протокол для зневадження програми всередині контролера), USB та інші.

Призначення МК і область їх використання дуже велика:

1. Використання для заміни складних логічних схем. Якщо немає вимог до швидкодії, тому що все ж таки програма, буде обчислювати вашу логічну функцію може вносити затримку значно більше, ніж схема, побудована на елементах дискретної логіки (мікросхеми серії K155, K176 і аналогічні).

2. Одним з прикладів є, наприклад, схема, що реалізує динамічну індикацію на світлодіодних семисегментних індикаторах.

3. Застосування в різних роботизованих пристроях, включаючи безпілотні літальні апарати. Наприклад, квадрокоптер керується платою «Crius MultiWii SE», яка побудована на мікроконтролері AVR ATMEGA328P. Він обробляє сигнали з датчиків кутів нахилу, прискорень, тиску, магнітного поля (компас), і дозволяє здійснювати стабілізацію польоту

4. Також, у різних повсякденних гаджетах, типу годинників, термометрів тощо.

5. Блоки управління побутової техніки (пральна машина, кухонні комбайни, мікрохвильові печі тощо), аудіо технікою (регулювання з пультів д/у). також часто використовуються в якості керуючих пристроїв в стабілізаторах напруги. Наприклад, релейні стабілізатори в основному побудовані на мікроконтролері, який, вимірюючи представлену на вхід АЦП напругу, робить висновок, як слід включити обмотки трансформатора, щоб на виході було близько 220.

6. Різні програматори та інші пристрої, виступають перетворювачами інтерфейсу від ПК до інших пристроїв. Наприклад, K-Line адаптер для діагностики інжекторних двигунів.

У сучасному світі практично всі прилади так чи інакше пов'язані з такими пристроями як мікроконтролер і мікропроцесор, які за багато десятиріч років, з 1971 року, трансформувалися з великих пристосувань на транзисторах до маленьких гаджетів. Без них неможливо уявити собі зараз програмування. Адже всі обчислювальні процеси базуються саме на них.

Мікроконтролер Atmel ATmega328P - це 8-бітний megaAVR пристрій високої якості і володіє відмінною надійністю, який заснований на архітектурі RISC (поліпшеної AVR). Особливістю є технологія рiсоPower, яка забезпечує наднизьке енергоспоживання і режими сну з низьким енергоспоживанням, що ідеально підходять для додатків з батарейним харчуванням. Дані мікроконтролери є одними з найпопулярніших серій лінійки AVR. Прекрасно себе зарекомендували в різних областях застосування.

Технічні характеристики мікроконтролера ATMEGA328P:

- Живлення, В: 1,8...5,5 V
- Тип ядра: AVR
- Розрядність: 8-Bit
- Частота: 20MHz
- Робоча температура, ° C: -40...+85°C
- Ширина шини даних: 8-біт
- Тактова частота: 20 мгц.
- Кількість входів/виходів: 23
- Обсяг пам'яті програм: 32 кбайт (16k x 16)
- Тип пам'яті програм: flash
- Обсяг EEPROM: 1k x 8
- Обсяг RAM: 2k x 8
- Наявність АЦП/ЦАП: ацп 6x10b

- Вбудовані інтерфейси: i2c, spi, uart
- Вбудована периферія: brown-outdetect/reset, por, pwm, wdt
- Напруга харчування: 1.8... 5.5 в
- Робоча температура: -40...+85с
- Корпус: dip-28 (0.300 inch)
- Вага: 4 гр

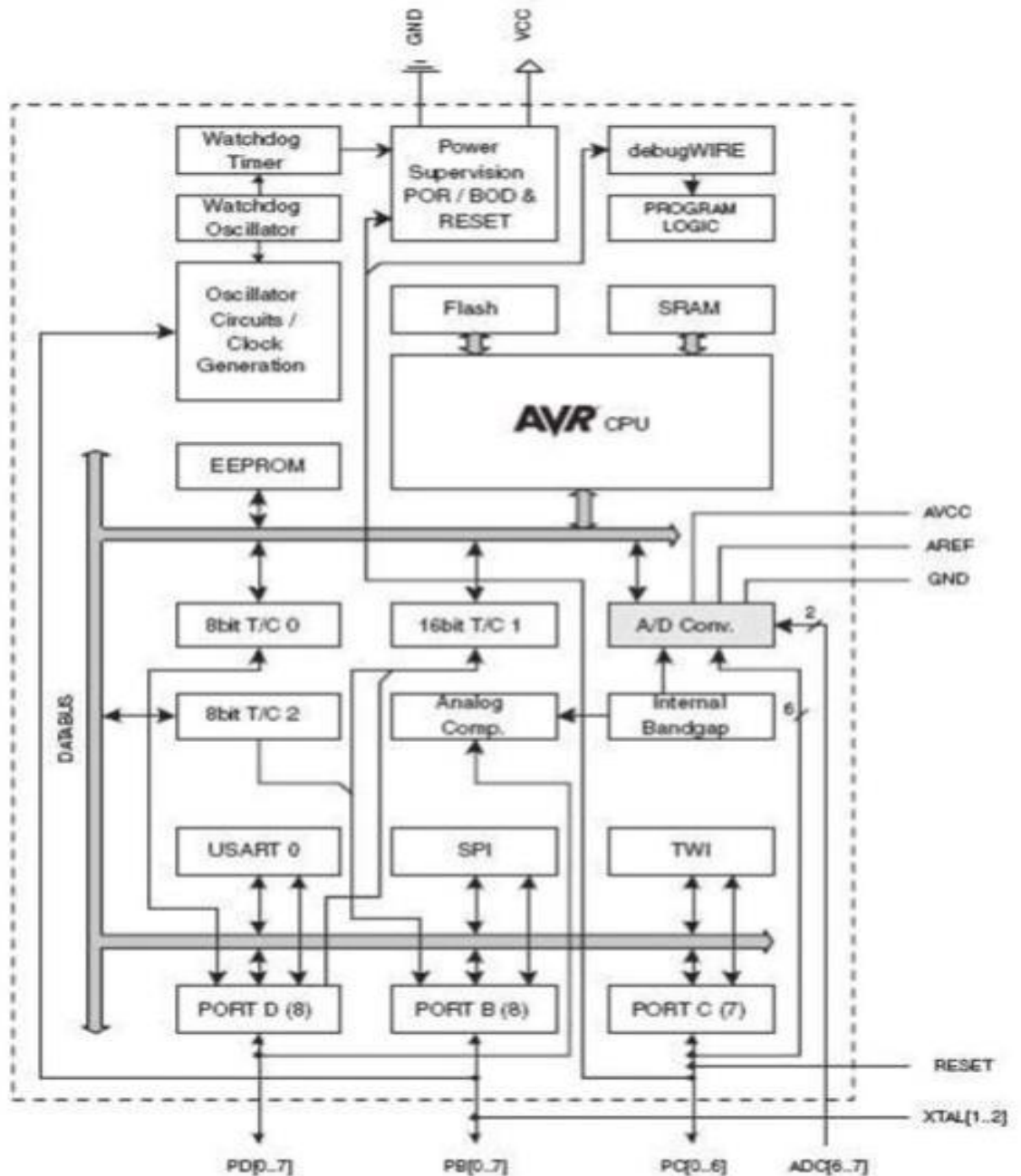


Рисунок 1.2 – Алгоритм роботи системи ATmega328P

Спеціальні функції мікроконтролера ATmega328P:

- o Скидання при включенні живлення і програмне розпізнавання зниження напруги живлення
- o Внутрішній калібрований генератор тактових імпульсів
- o Обробка внутрішніх і зовнішніх переривань
- o 6 режимів сну (знижене енергоспоживання і зниження шумів для більш точного перетворення АЦП).

## 1.2 Вибір датчика контролю полум'я

Датчик вогню – це датчик, призначений для виявлення та реагування на наявність полум'я або вогню. Відповідь на виявлене полум'я залежить від установки, але може включати сигналізацію, деактивацію паливної лінії (наприклад, пропан або лінію природного газу) і активацію системи пожежогасіння.

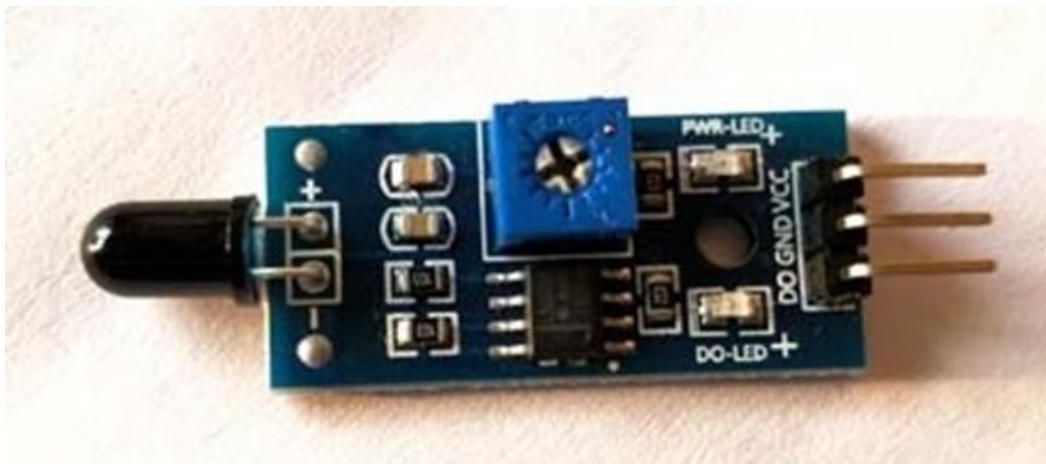


Рисунок 1.3. – Датчик полум'я

Датчик полум'я виявляє пожежу і подає додатковий сигнал на блоки пожежогасіння, щоб запустити насос і розпоршити воду.

Розглянемо всі датчики, що використовуються у виявленні загоряння.

## Теплові датчики



Рисунок 1.4. – Тепловий датчик

Працюють як термостат, тобто вимірюють та реагують на зміну температури в приміщенні. Можуть встановлюватись у будь-якому місці будинку, де недоступна реалізація інших детекторів. Теплові лінійні сповіщувачі рекомендується використовувати в запиленому, загазованому, агресивному середовищі або за низьких температур.

Так як такі сповіщувачі можна використовувати в агресивному середовищі, вони здобули популярність у промисловій пожежній безпеці.

## Димові датчики



Рисунок 1.5. – Датчик диму

Датчики диму або димоуловлювачі – більш ефективні через конструкційні особливості. Їм не потрібно реагувати на тепло, виміряти його. Реакція на дим може допомогти запобігти пожежі ще на стадії тління.

Є відмінності в роботі димоуловлювачів, тому за будовою їх можна поділити на два типи:

1. Оптичні – поширені аналізатори, принцип роботи яких заснований на роботі світлового випромінювача разом із фотоприймачем. Діляться оптичні на точкові та лінійні.

1.1 Точкові димові пожежні датчики надсилають у навколишнє середовище сигнали, які розсіюються, якщо в атмосфері немає диму. Якщо промені відбилися і потрапили на фотоприймач, значить вони відбилися від диму, і сигналізація увімкнеться.

1.2 Лінійні протипожежні датчики диму працюють як приймач-передавач. На чутливий елемент за допомогою світлодіода вирушає пучок світла. Якщо мета досягається, значить повітря чисте і перешкод не спостерігається. Якщо промінь світла не досягає своєї мети, датчик подає сигнал тривоги.

2. Іонізаційні – рідкісні детектори, принцип роботи яких складається із постійного контролю повітря через вентиляцію. У сповіщувачі встановлено камеру, що містить протилежно заряджені частинки. При постійному заборі повітря, якщо частинки диму потрапляють усередину, електрони починають реагувати на них. Детектор фіксує реакцію та відправляє тривожний сигнал.

Особенности точечных датчиков – они не восприимчивы к черному дыму. Они требуют поддержания чистоты в комнате и регулярной чистки. Ложные срабатывания могут вызываться через пар и насекомых.

Часто противопожарные дымовые извещатели используются любителями электроники и собираются на базе контроллера Arduino.

## Датчик полум'я



Рисунок 1.6. – Датчик полум'я з противандальним захистом

Світлові сповіщувачі або «полум'я» реєструють відкрите полум'я в приміщенні або осередки спалаху за допомогою світлового діапазону, а саме: інфрачервоного, ультрафіолетового, електромагнітного.

Обладнання досить дороге, та й загалом підходить для охоплення великих, промислових територій. Підійде для об'єктів, де підвищення та перепади температур звична справа, де задимленість, загазованість теж може бути прийнятною. Тому пожежа у таких місцях детектується за допомогою світлових сповіщувачів чи датчиків полум'я.

Мінус – реакція на іскри від зварювання. Рішення – встановлення додаткового фільтра на чутливий елемент датчика.

## Газові датчики



Рисунок 1.7. – Датчик газу

Пристрої реагують на склад чадного газу та інших різновидів газу у приміщенні. Сповіщувачі мають попит на об'єктах з газовим обладнанням, водонагрівачами, котлами і т.д. Якщо вентиляція справляється погано, концентрація газу може бути досить великою у приміщенні, і датчик про це поінформує.

### **Комбіновані сповіщувачі**

Ці сповіщувачі найточніші, оскільки до свого складу включає перераховані вище параметри. Їх можна гнучкіше налаштувати, наприклад, встановивши сповіщувач на кухні, відключивши детектування диму.

### **Ручні датчики**

Найпростіший сповіщувач, який запрацює у тому випадку, якщо людина його активує. Зазвичай це кнопка, яка може прив'язуватися до сирени (найчастіше) і сповіщати систему пожежної сигналізації про подію. Кнопка знаходиться у спеціальному корпусі, що прикріплений до стіни.



Рисунок 1.8. – Ручний датчик

Процес вибору повністю залежить від місця та мети розташування сповіщувача:

Тепловий - простий, дешевий і невибагливий до «середовища». Але, поріг спрацьовування низький. Ще проблемою теплового датчика є недовговічність.

Оптичний димовий - складний, дорогий і вибагливий до чищення як самого пристрою, так і повітря. Високий поріг спрацьовування. Недовговічний.

Іонізаційний димовий - дорожчий, вибагливий до місця розташування, складний у використанні. Високий поріг спрацьовування. Довговічний.

Комбінований – відмінний варіант, що включив оптичний і тепловий датчики. Дорогий, складний та оптимальний.

В цьому дипломному проекті розглянуто всі види датчиків, та обрано саме цей:



Рисунок 1.9. – датчик полум'я YG1006

На рис. 1.9. показано датчик полум'я. Цей датчик може виявляти полум'я, зчитуючи світлові хвилі з довжиною хвилі від 760 до 1100 нанометрів. Відстань випробування залежить від розміру полум'я і налаштувань чутливості. Кут виявлення становить 60 градусів, тому полум'я не обов'язково повинно знаходитися прямо перед датчиком [6]. Вся система програмується за допомогою плати Arduino UNO (мікроконтролер ATmega328P), яка формує мозок системи.

Датчик полум'я керується ось цим фрагментом програми:

```
int buzzer = 8;
int LED = 7;
int flame_sensor = 4;
int flame_detected;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(buzzer, OUTPUT);
  pinMode(LED, OUTPUT);
  pinMode(flame_sensor, INPUT);
}
```

```

void loop()
{
  flame_detected = digitalRead(flame_sensor);
  if (flame_detected == 1)
  {
    Serial.println("Flame detected...! take action immediately.");
    digitalWrite(buzzer, HIGH);
    digitalWrite(LED, HIGH);
    delay(200);
    digitalWrite(LED, LOW);
    delay(200);
  }
  else
  {
    Serial.println("No flame detected. stay cool");
    digitalWrite(buzzer, LOW);
    digitalWrite(LED, LOW);
  }
  delay(1000);
}

```

Існують різні типи методів виявлення полум'я. Деякі з них: детектор ультрафіолетового випромінювання, детектор навколо-інфрачервоних променів, інфрачервоний (ІЧ) детектор, інфрачервоні термокамери, комбінований ультрафіолетовий / ІЧ-детектор і т. д. Коли вогонь горить, він випромінює невелику кількість інфрачервоного світла, це світло буде (ІЧ-приймачем), розміщеним на сенсорному модулі. Далі, як правило, використовують операційний підсилювач (з інверт.входом) для перевірки зміни напруги на ІЧ-приймачі, так що, якщо виявлено пожежу, вихідна лінія

(DO) дасть 0V (низький рівень сигналу), і якщо немає вогню, вихідна лінія буде в стані 5V (високий рівень сигналу).

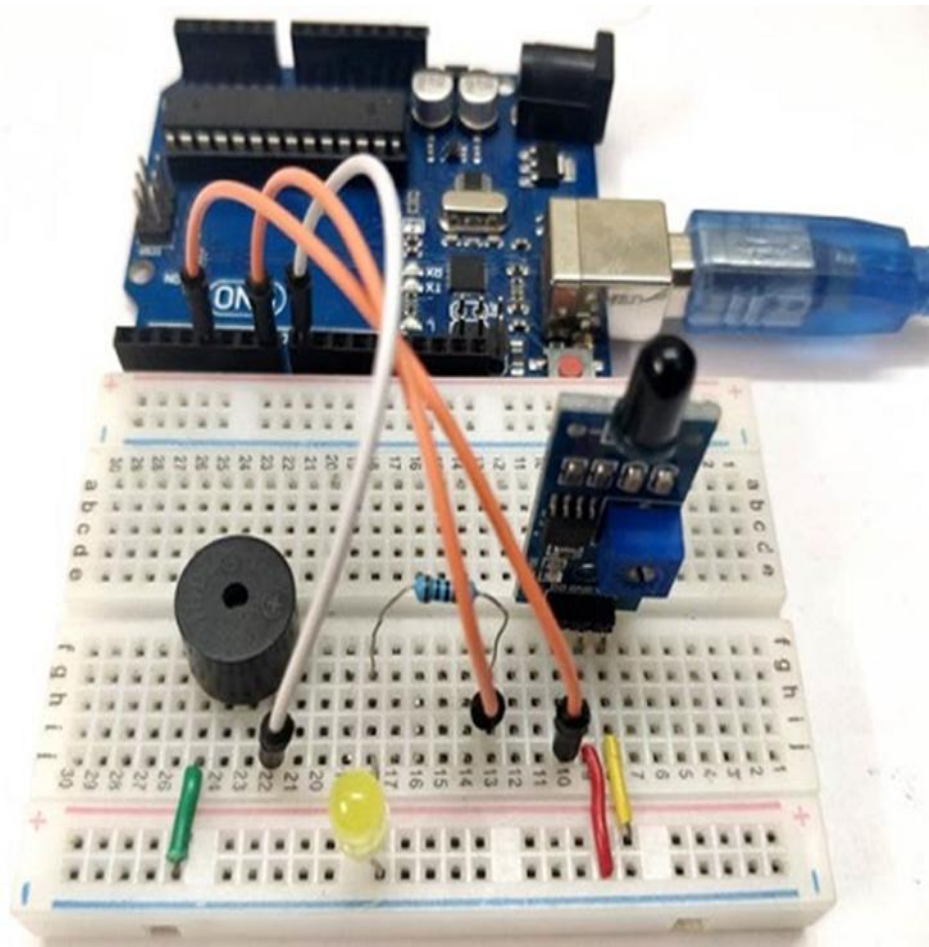


Рисунок 1.10 – Датчик полум'я на макетній платі підключений до Ардуіно

У цьому проєкті використовується інфрачервоний датчик полум'я. Він заснований на датчику YG1006, який є високошвидкісним та високочутливим кремнієвим фототранзистором типу NPN. Він може виявляти інфрачервоне світло з довжиною хвилі від 700 до 1000 нм, а кут його виявлення становить близько 60°. Модуль датчика полум'я складається з фотодіода (ІЧ-приймача), резистора, конденсатора, потенціометра та компаратора LM393 в інтегральній схемі. Чутливість може регулюватися шляхом зміни вбудованого модуль потенціометра. Робоча напруга становить від 3,3 до 5 В постійного струму, з цифровим виходом. Високий рівень

сигналу на виході вказує на наявність полум'я або вогню. Низький свідчить про відсутність полум'я чи вогню. Схема підключення Arduino до датчика полум'я показана нижче.

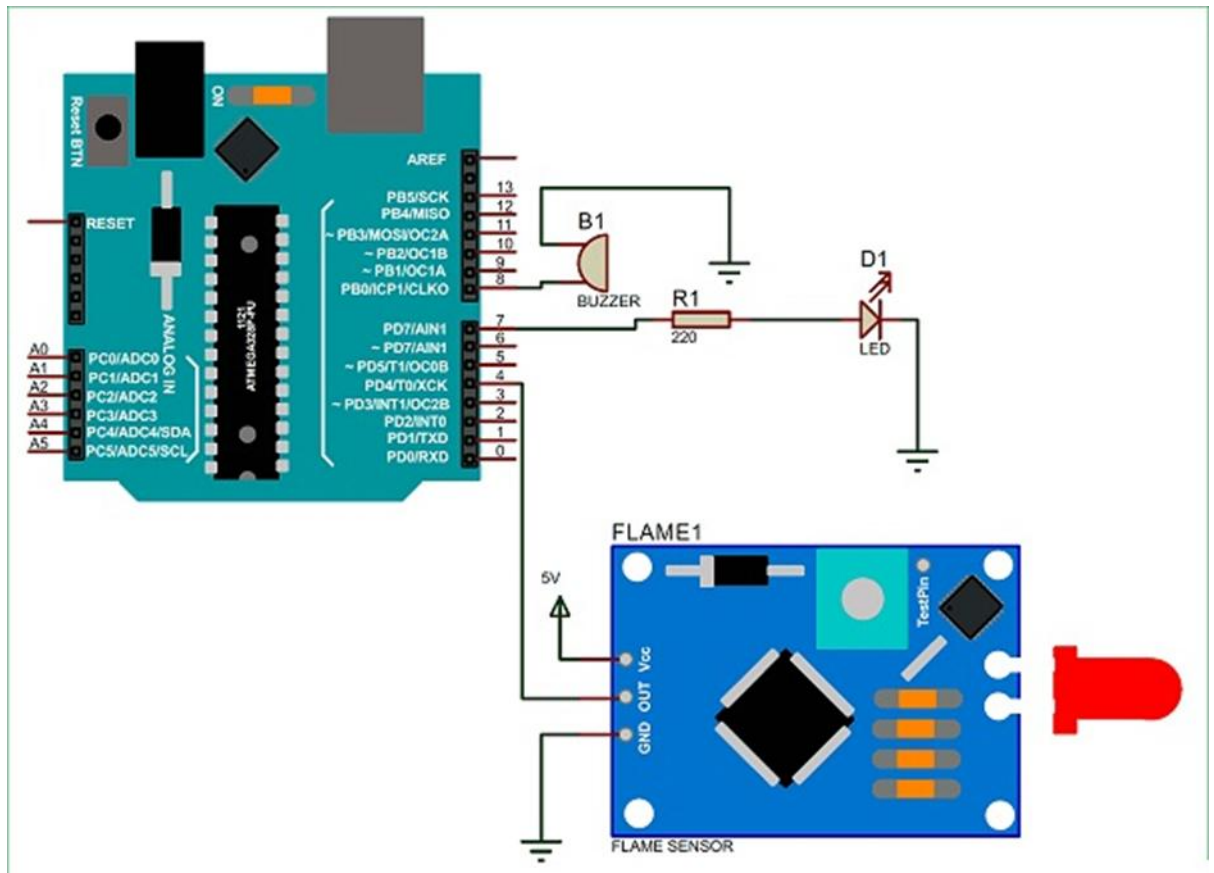


Рисунок 1.11. – Датчик полум'я в системі моделювання підключений до Ардуіно

Таким чином, автоматична система пожежогасіння обробляє інформацію від різних ключових апаратних елементів, таких як датчик полум'я, декодер DTMF через плату Arduino Uno (мікроконтролер) [2]. Програмування АСП здійснюється з використанням Arduino C, який є похідним від мов C і C++.

Для гасіння вогню використовується насос, що нагнітає воду в полум'я. Для перекачування води використовується простий мотор. Насосний двигун у системі пожежогасіння контролює потік води, що виходить з відкачування.

### **1.3. Основні принципи побудови автоматичної протипожежної системи**

Автоматична система пожежогасіння (АСП) забезпечує найбільш економічне витрачання електроенергії, яка йде на постачання подачі необхідної кількості води в осередок пожежі, так і своєчасну реакцію на виникнення самого вогнища загоряння. Підтримуючи значення регульованих параметрів, при яких загальні витрати енергії будуть мінімальними, можна забезпечити економічність обслуговування процесу пожежогасіння в цілому. Найбільш часто таким параметром є тиск в пожежній магістралі. Однак в ряді випадків ними можуть бути витрата води, температура, рівень, а також інші параметри, регульовані з метою забезпечення, як максимальної економічності реалізації обслуговування процесу, так і раціональних умов роботи і експлуатації власне обладнання.

АСП здатна визначити координати займання, передати їх і направити лафетні стовбури безпосередньо на вогнище займання. Усічена версія не здатна визначити точні координати. І, як правило, лафетні стовбури, що входять у усічену версія, заливають вогнегасним засобом або всю площу, що знаходиться під контролем 1 лафета (тобто весь сектор), або гасять вогнище загоряння по азимуту (тобто, визначається напрямом займання, і лафетний стовбур рівномірно заливає відстань від себе від 0 метрів до максимально можливої відстані, наприклад, у ЛС-С20У – максимальна дальність 50 метрів).

У перспективній версії роботизованої установки пожежогасіння крім кутових координат прорахунок ведеться навіть балістики струменя, тобто вогнище займання отримує максимально можливу кількість вогнегасної речовини. Данна версія виявляє вогнище за азимутом, не прораховує балістику, що менш ефективно.

Слід зазначити, що підтримка постійного тиску в пожежній магістралі не завжди забезпечує економічно доцільний розподіл води в магістралі

подачі. Тому при побудові АСП необхідно вибрати як величину контрольованого тиску, так і спосіб регулювання, при якому буде забезпечено необхідний розподіл води в магістралі подачі, яке гарантуватиме максимальну ефективність використання енергії.

Викладені міркування дозволяють сформулювати технічні вимоги до автоматизованої системи пожежогасіння:

1) підтримувати контрольований тиск з точністю, що забезпечує достатню для ліквідації загоряння витрату води при будь-яких займань, які можуть мати місце в роботі системи (глибина регулювання);

2) найбільш раціонально використовувати пристрої для зміни продуктивності системи при різних загоряннях;

3) обмежувати до допустимих меж величини короточасних (динамічна помилка регулювання) і тривалих (статична помилка регулювання) відхилень тиску від заданого значення;

4) реалізовувати встановлений характер перехідного процесу на всьому діапазоні навантажень, які можуть мати місце при роботі системи;

5) гарантувати надійність дії вузлів АСП і стійкість її роботи в цілому. Перераховані вимоги враховуються в схемі управління, структура якої приведена на рисунку нижче. Зв'язок між АСП об'єктом пожежогасіння здійснюється через персональний комп'ютер (ПК).

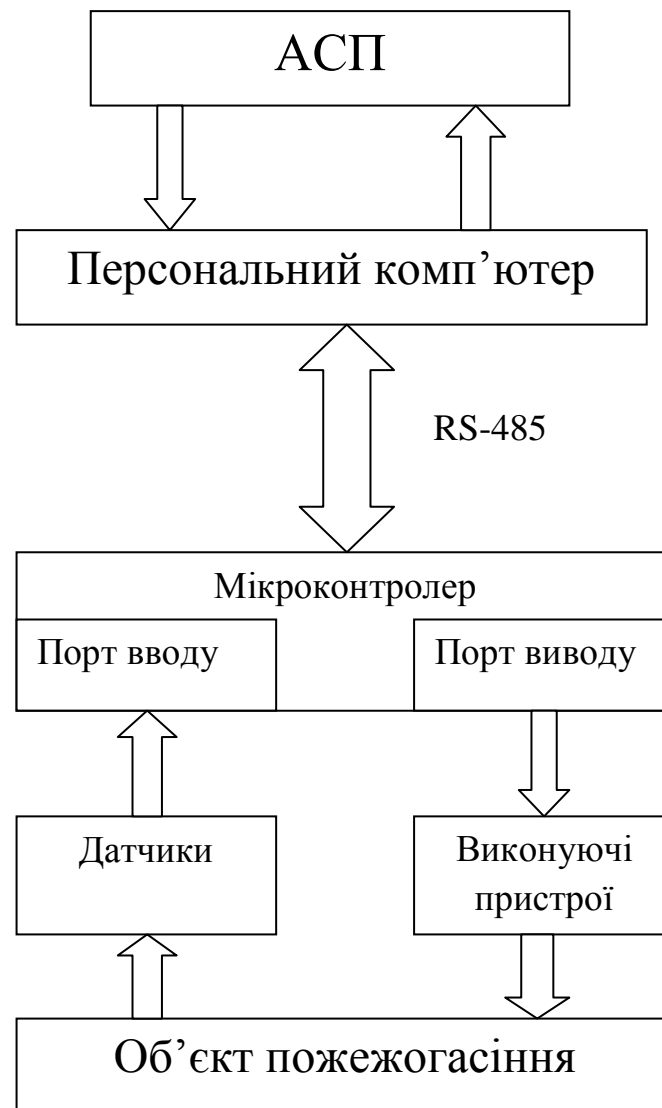


Рисунок 1.12. – Структурна схема АСП

АСП - автоматична система пожежогасіння; RS-485 - інтерфейс

## 2 РОЗРОБКА СИСТЕМИ ПОЖЕЖОГАСІННЯ НА ОСНОВІ МІКРОКОНТРОЛЛЕРА АТМЕГА328P

### 2.1 Огляд системи для моделювання

Процес проектування будь-якої АСП можна розділити на кілька етапів:

- аналіз об'єкта охорони;
- побудова його математичної моделі;
- вибір типу датчиків полум'я;
- вибір типу вогнегасящої речовини;
- оцінка якості роботи обраної системи тушіння;
- програмна реалізація отриманого алгоритму;
- налагодження програми на контролері.

Лінеаризація математичної моделі або неможлива, або небажана, оскільки найчастіше об'єкти управління істотно нелінійні. І спроби лінеризувати таку систему призведе до зниження ступеня відповідності оригіналу і моделі. Подібне спрощення може привести до того, що отримана при такому синтезі АСП виявиться нездатною тушити пожежу. І може бути і таке, що модель досить добре описує об'єкт, але виникають складнощі при програмній реалізації даної системи управління.

Налагодження програми управління при роботі на об'єкті небажана, а іноді і неможлива з кількох причин:

- різноманіття зворотних зв'язків і складність налаштування самої системи;
- необхідність ефективних засобів моніторингу та збору даних;
- ймовірність пошкодження об'єкта внаслідок логічних помилок у програмному забезпеченні;
- тощо.

Саме тому весь процес проектування АСП зазвичай ділять на два етапи:- теоретичний аналіз, синтез, моделювання;

- практична реалізація системи управління та її налагодження.

На сьогоднішній день на ринку існує досить багато засобів, що дозволяють розробнику вирішувати проблеми першого етапу, такі як програмні комплекси Matlab, Lab-VIEW, NI Multisim .

Набір програмних засобів для вирішення завдань другого етапу менш обмежений

– Matlab (Simulink), NI Multisim, LabVIEW, Proteus [4].

Пакет для моделювання електронних схем Ni Multisim містить готові бібліотеки, в яких є 68 моделей мікроконтролерів і 60 моделей мікропроцесорів. Однак ці мікросхеми можуть бути використані тільки для побудови принципової схеми і подальшої розводки друкованої плати за допомогою програми Ultiboard, що входить до складу пакету програм NI Multisim.

Спроба провести моделювання такої схеми не призведе до успіху через відсутність spice-моделей цих елементів.

Для моделювання роботи мікроконтролерів передбачена окрема бібліотека MCU, у складі якої всього чотири типи мікроконтролерів: 8051, 8052, PIC16F84 і PIC16F84A. крім мікроконтролерів, в цій бібліотеці міститься 6 мікросхем оперативної пам'яті (RAM) і 32 мікросхеми програмованих ПЗУ (CMOS EPROM і CMOS PROM). Що також не сприяє гнучкому проектуванню будь-яких мікроконтролерних пристроїв.

Фірма National Instruments випускає великий асортимент модулів для роботи з пакетом LabVIEW, які дозволяють проводити збір, обробку та аналіз даних самого різного роду, розробляти системи управління різними об'єктами. Однак даний підхід має ряд недоліків.

Перший з них це висока вартість програмного забезпечення та апаратних засобів, особливо на пакети для промислового застосування, які, на відміну від пакетів, призначених для навчання, володіють достатньою функціональністю і більш широкими можливостями.

Другим недоліком є те, що найчастіше програмна підтримка здійснюється для плат і модулів конкретних виробників, що не дає розробнику можливості вибору.

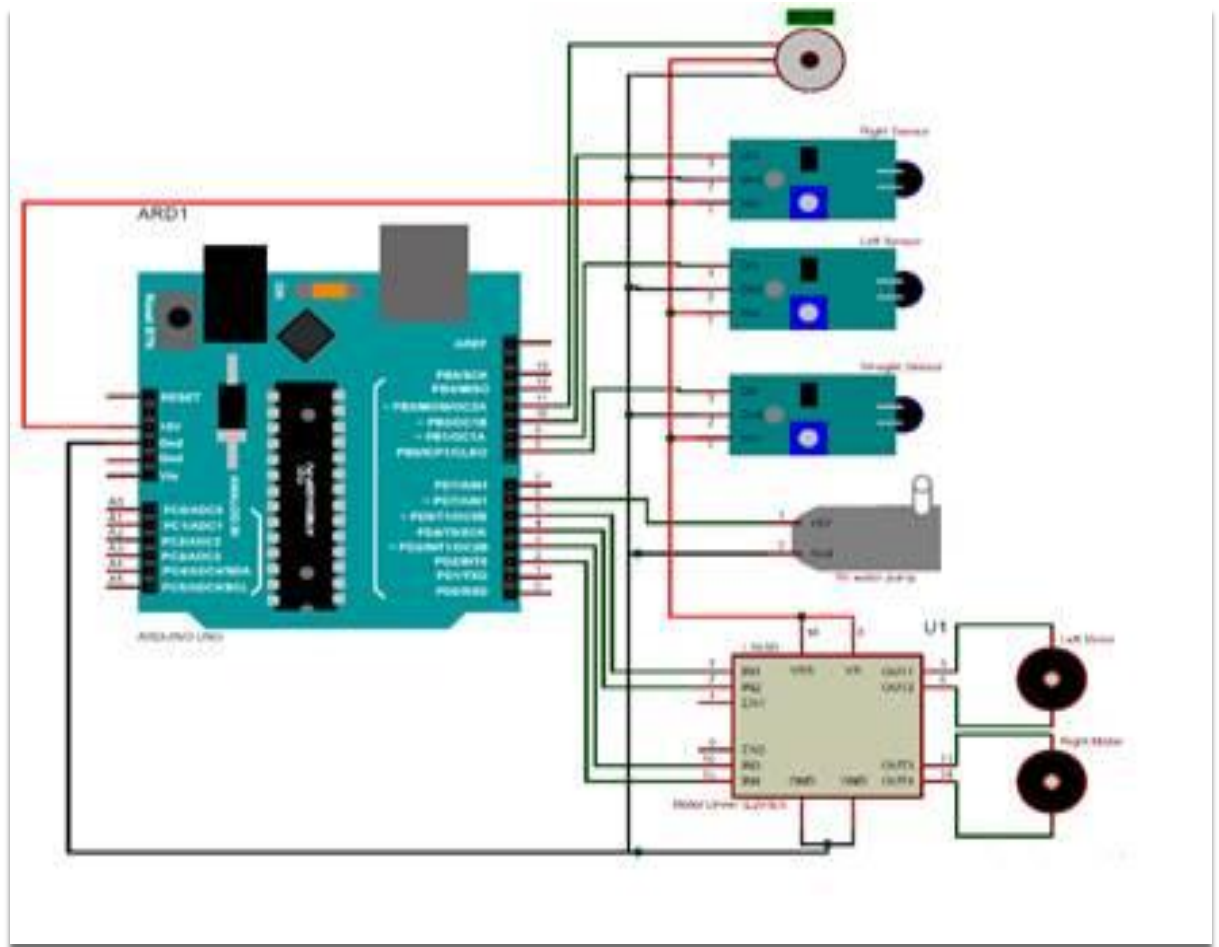


Рисунок 2.1. – 3 датчики полум'я в системі моделювання

Одним з найкращих рішень для проведення моделювання є застосування інтегрованого середовища для розробки електронних пристроїв, в т.ч. на мікроконтролерах Proteus.

Вона має такі відмінні риси:

- Розробка схеми електричної принципової (введення в графічному редакторі);
- моделювання схеми з використанням різноманітних віртуальних приладів;

- розробка друкованої плати, включаючи 3D-візуалізацію її збірки;
- можливості налагодження мікропрограмного забезпечення:
- спільне моделювання роботи мікроконтролера, виконуючого задану програму, і оточуючих його аналогової і цифрової схем;
- широкі налагоджувальні можливості, в т. ч. доступ до вмісту регістрів і пам'яті, завдання точок зупинки програми, покрокове виконання;
- налагодження на рівні вихідного коду (Сі, Бейсік, Асемблер, в залежності від типу використовуваного для налагодження файлу з випробовуваним мікропрограмним забезпеченням).

Система здійснює підтримку декількох сімейств мікроконтролерів від різних виробників, в т. ч.:

- PIC12, PIC16, PIC18 і PIC24 (Microchip);
- 8051/8052, в т. ч. похідні від них, що випускаються Philips і Atmel;
- AVR, Tiny AVR і Mega AVR (Atmel);
- ARM7, в т. ч. LPC2000 (NXP);
- HC11 (Freescale) і мікроконтролерні модулі BASIC Stamp (Parallax).

Також ведеться робота по додаванню підтримки інших МК.

Переваги використання даної інтегрованого середовища, наступні:

- виконання всіх етапів розробки електронного пристрою на основі мікроконтролера в єдиному середовищі;
- можливість написання, налагодження та тестування мікропрограмного забезпечення ще до фізичного виготовлення дослідного зразка системи;
- прискорює процес розробки електронного пристрою;
- підтримка спільної роботи з апаратними пристроями, підключеними через порт комп'ютера.

Розробники системи пропонують безліч комерційних виконань, що розрізняються можливостями програми для розробки друкованих плат і підтримуваними сімействами мікроконтролерів при моделюванні роботи схеми, а також дають 20%-у знижку на будь-яку комерційну версію для

навчальних закладів. Для ознайомлення ними пропонується демонстраційна версія, в якій є ряд обмежень.

Середовище розробки Atmel Studio (AVR studio) для мікроконтролерів AVR і Arduino.

З 2004 для мікроконтролерів фірми ATMEL отримали потужний програмний пакет AVR studio. В 2012 році, в неї була додана підтримка розробки для мікроконтролерів архітектури ARM, також випускаються фірмою Atmel, і середовище розробки отримала нову назву Atmel Studio. Поточна версія (Atmel Studio 7) підтримує всі випускаються на сьогоднішній день фірмою Atmel мікроконтролери архітектур AVR, AVR32 і ARM і засоби розробки.

Atmel Studio містить в собі менеджер проектів, редактор вихідного коду, інструменти віртуальної симуляції і внутрішньосхемної налагодження, дозволяє писати програми на асемблері або на C/C++.

Atmel Studio — засноване на Visual Studio безкоштовне пропрієтарне інтегроване середовище розробки для розробки додатків для 8- та 32-бітних мікроконтролерів сімейства AVR та 32-бітових мікроконтролерів сімейства ARM від компанії Atmel, що працює в операційних системах Windows NT/2000/XP/Vista/7 /8/10.

Характеристики AVR Studio:

- 1) інтегрований компілятор C/C++;
- 2) інтегрований симулятор;
- 3) за допомогою плагіна можлива підтримка компілятора GCC у вигляді збірки WinAVR;
- 3) Підтримка інструментів Atmel, сумісних з 8-розрядної AVR архітектурою, в тому числі AVR ONE!, JTAG ICE mkii, JTAG ICE mkII, AVR Dragon, AVRISP, AVR ISPMkII, AVR Butterfly, STK500 і STK600;
- 4) Підтримка плагіна AVR RTOS;
- 5) Підтримка AT90PWM1 та ATtiny40;
- 6) інтерфейс командного рядка з підтримкою TPI.

## 2.2 Конструктивна частина

Складність існуючої автоматичної системи пожежогасіння на ринку нині надто висока, з погляду на дизайн та структуру. Через складність системи потрібно регулярне профілактичне обслуговування, щоб переконатися, що система працює коректно. Понад те, планове технічне обслуговування збільшує вартість використання данної системи.

Тому запропонована автоматична система пожежогасіння спроектована з низькою вартістю і може використовуватися будь-яким користувачем з метою безпеки.

Існує кілька цілей, які необхідно виконати при розробці АСП, щоб визначити мету та напрямок цього проекту. Цей проект спрямований на досягнення наступних цілей:

1) Розробити недорогу систему пожежної сигналізації з урахуванням мікроконтролера.

2) Розробити прототип системи пожежної сигналізації з використанням датчика температури як входу до системи. Крім того, РК-дисплей та текстові повідомлення як виходи в систему.

3) Розробити прототип з можливістю налаштування системи відповідно до вимог замовника щодо входів та виходів без необхідності перепроектувати нову систему.

4) Розробити автоматичну систему пожежної сигналізації для захисту користувача та його оточення.

Датчик диму передає сигнал на мікроконтролер після спрацьовування, це повідомляє мікроконтролер про небезпеку оточення через пристрої виведення. Мікроконтролер, своєю чергою, управляє системою пожежогасіння. Мікроконтролер ATmega328 діє як серце системи пожежної сигналізації, яка контролює всю систему. ATmega328 порівнює сигнали, одержувані від датчиків, або для того, щоб наразити на небезпеку

навколишнє середовище через пожежу, або для небезпеки навколишнього середовища через наявність несправності в системі.



Рисунок. 2.2 – Плата Arduino Uno

Arduino Uno – це пристрій на основі мікроконтролера ATmega328.

До його складу входить все необхідне для зручної роботи з мікроконтролером: 14 цифрових входів/виходів (з них 6 можуть використовуватися як ШИМ-виходи), 6 аналогових входів, кварцовий резонатор на 16 МГц, роз'єм USB, роз'єм живлення, роз'єм для внутрішньосхемного програмування (ICSP) та кнопка скидання.

Для початку роботи з пристроєм досить просто подати живлення від AC/DC-адаптера або батарейки або підключити його до комп'ютера за допомогою USB-кабелю.

Крім плати Arduino та датчика вогню до схеми додані елементи пожежної сигналізації: світлодіод з струмообмежуючим резистором для світлової індикації та зумер для звукового оповіщення. Код програми для взаємодії Arduino та датчика полум'я наведено нижче. За високим рівнем

сигналу ми включаємо світлодіод і зумер, за низьким вони мають бути відключені.

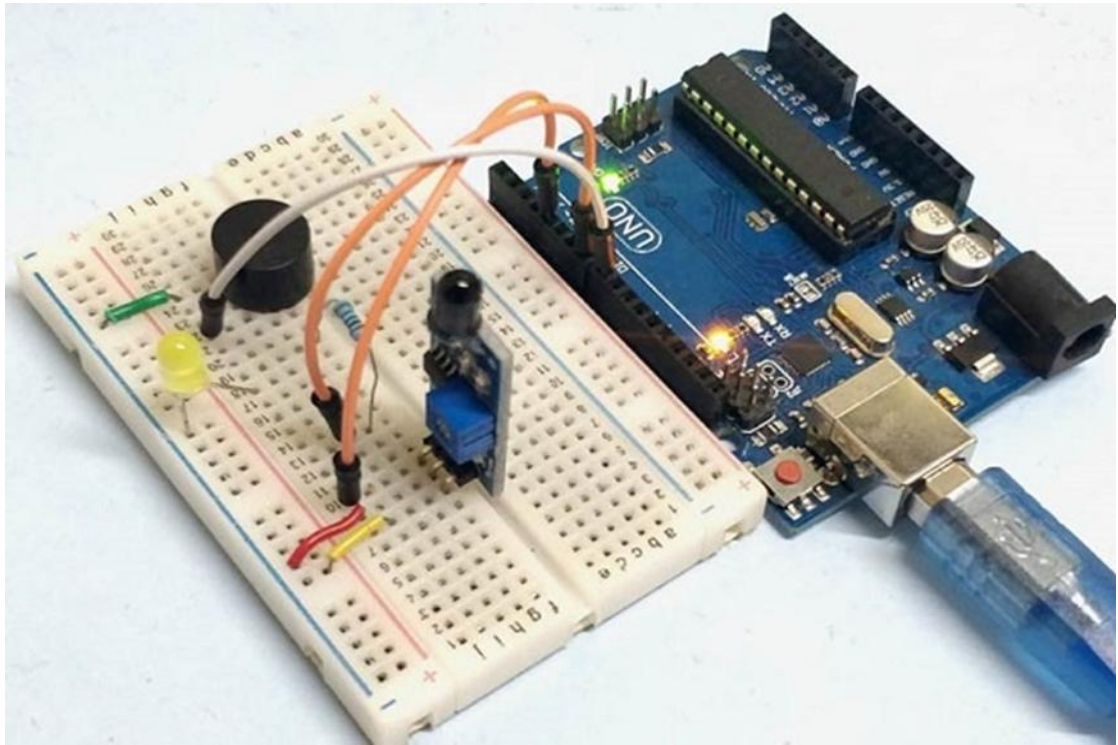


Рисунок 2.3 – Перевірка працездатності АСП

Технічні характеристики Arduino Uno

Мікроконтролер ATmega328

Робоча напруга 5В

Напруга живлення (рекомендована) 7-12В

Напруга живлення (гранична) 6-20В

Цифрові входи/виходи 14 (з них 6 можуть використовуватися якості ШИМ-виходів)

Аналогові входи 6

Максимальний струм одного виводу 40 мА

Максимальний вихідний струм виведення 3.3V: 50 мА

Flash – пам'ять 32 КБ (ATmega328), з яких 0.5 КБ використовуються завантажувачем.

SRAM 2 КБ (ATmega328)

EEPROM 1 КБ (ATmega328)

Тактова частота 16 МГц

Arduino Uno може бути запитаний від USB або зовнішнього джерела живлення - тип джерела вибирається автоматично. В якості зовнішнього джерела живлення (не USB) може використовуватися мережний AC/DC-адаптер або акумулятор/батарея. Штекер адаптера (діаметр – 2.1мм, центральний контакт – позитивний) необхідно вставити у відповідний роз'єм живлення на платі. У разі живлення від акумулятора/батареї, її дроти необхідно підключити до висновків Gnd та Vin роз'єму POWER.

Напруга зовнішнього джерела живлення може бути в межах від 6 до 20 В. Однак зменшення напруги живлення нижче 7В призводить до зменшення напруги на виведенні 5V, що може стати причиною нестабільної роботи пристрою. Використання напруги більше 12В може призводити до перегріву стабілізатора напруги та виходу плати з ладу. З огляду на це рекомендується використовувати джерело живлення з напругою в діапазоні від 7 до 12В.

Нижче наведено виводи живлення, розташовані на платі:

- VIN. Напруга, що надходить Arduino безпосередньо від зовнішнього джерела живлення (не пов'язане з 5В від USB або іншою стабілізованою напругою). Через цей вивід можна подавати зовнішнє живлення, так і споживати струм, коли пристрій запитано від зовнішнього адаптера.

- 5V. На вивід надходить напруга 5В від стабілізатора напруги на платі, незалежно від того, як запитано пристрій: від адаптера (7 - 12В), від USB (5В) або через вивід VIN (7 - 12В). Запитувати пристрій через виводи 5V або 3V3 не рекомендується, оскільки в цьому випадку не використовується стабілізатор напруги, що може призвести до виходу з ладу.

- 3V3. 3.3В, що надходять від стабілізатора напруги на платі. Максимальний струм, який споживається від цього виводу, становить 50 мА.

- GND. Виводи землі.

- IOREF. Цей вивод надає платам розширення інформацію про робочу напругу мікроконтролера Ардуїно. Залежно від напруги, зчитаного з

виведення IOREF, плата розширення може переключитися на відповідне джерело живлення або задіяти перетворювачі рівнів, що дозволить їй працювати як з 5В, так і з 3.3В пристроями.

Об'єм флеш-пам'яті ATmega328 становить 32 КБ (з яких 0.5 КБ використовуються завантажувачем). Мікроконтролер також має 2 КБ пам'яті SRAM и 1 КБ EEPROM.

З використанням функцій pinMode(), digitalWrite() і digitalRead() кожен із 14 цифрових висновків може працювати як вхід або вихід. Рівень напруги на висновках обмежений 5В. Максимальний струм, який може віддавати або споживати один висновок, становить 40 мА. Всі висновки пов'язані з внутрішніми резисторами (за замовчуванням відключеними) номіналом 20-50 кОм. Крім цього, деякі висновки Arduino можуть виконувати додаткові функції:

- Послідовний інтерфейс: висновки 0 (RX) та 1 (TX).

Використовуються для отримання (RX) та передачі (TX) даних за послідовним інтерфейсом. Ці висновки з'єднані з відповідними висновками мікросхеми ATmega8U2, яка виконує роль USB-UART-перетворювача.

- Зовнішні переривання: висновки 2 і 3. Можуть бути джерелами переривань, що виникають при фронті, спаді або низькому рівні сигналу цих висновках. Для отримання додаткової інформації див. функцію attachInterrupt().

- ШІМ: висновки 3, 5, 6, 9, 10 та 11. За допомогою функції analogWrite() можуть виводити 8-бітові аналогові значення у вигляді ШІМ-сигналу.

- Інтерфейс SPI: висновки 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). З застосуванням бібліотеки SPI дані висновки можуть здійснювати зв'язок інтерфейс SPI.

- Світлодіод: 13. Вбудований світлодіод, приєднаний до виводу 13.

При надсиланні значення HIGH світлодіод включається, при відправленні LOW - вимикається.

Arduino Uno має 6 аналогових входів (A0 - A5), кожен з яких може уявити аналогову напругу у вигляді 10-бітного числа (1024 різних значень). За замовчуванням вимірювання напруги здійснюється щодо діапазону від 0 до 5 В. Тим не менш, верхню межу цього діапазону можна змінити, використовуючи висновок AREF та функцію `analogReference()`. Крім цього, деякі з аналогових входів мають додаткові функції: TWI: висновок A4 або SDA та висновок A5 або SCL. З використанням бібліотеки `Wire` дані висновки можуть здійснювати зв'язок за інтерфейсом TWI.

Крім перерахованих на платі, існує ще кілька виводів:

- AREF. Опорна напруга для аналогових входів. Може використовувати функцію `analogReference()`.

- Reset. Формування низького рівня (LOW) на цьому виводі призведе до перезавантаження мікроконтролера. Зазвичай цей висновок служить для функціонування кнопки скидання на платах розширення.

Arduino Uno надає низку можливостей для здійснення зв'язку з комп'ютером, ще одним Arduino чи іншими мікроконтролерами. У ATmega328 є приймач UART, що дозволяє здійснювати послідовний зв'язок за допомогою цифрових висновків 0 (RX) та 1 (TX).

У пакет програмного забезпечення Arduino входить спеціальна програма, що дозволяє зчитувати та відправляти на Arduino прості текстові дані. При передачі даних через мікросхему-перетворювач USB-UART під час USB з'єднання з комп'ютером, на платі блиматимуть світлодіоди RX та TX. (При послідовній передачі даних за допомогою висновків 0 та 1, без використання USB-перетворювача, дані світлодіоди не задіяні).

Датчик температури виявляє ненормальну швидкість підвищення чи підвищення температури. На ринку є безліч різних детекторів тепла, які включають:

- 1) Термістор;
- 2) Термопара;
- 3) Опір температури пристрою (СТУ);

4) Діодний датчик температури.

Є певні особливості, які слід враховувати при вибір кращого датчика температури для будь-якого використання.

## 2.2 Розробка програмного забезпечення

Програмне забезпечення Arduino працює на різних платформах, таких як Mac, Windows та Linux. У разі програмного забезпечення Arduino можливе просте та зрозуміле програмування. Бібліотеки Arduino відіграють важливу роль у спрощенні програмування, надаючи широкий спектр бібліотек. У програмному забезпеченні Arduino є безліч вбудованих бібліотек, що дозволяє додавати додаткові бібліотеки, доступні для завантаження у відкритому вихідному коді. Можливе додавання нових плат до програмного забезпечення Arduino. Оскільки Arduino C є похідним від програмування C та C++ і набагато простіше порівняно з програмуванням інших контролерів

Arduino IDE (інтегроване середовище розробки) є платформний додаток від мікроконтролерів ATmega. Arduino IDE використовується для написання, налагодження та оптимізації додатків мікроконтролерів ATmega для розробки мікропрограмного забезпечення.

Програми Arduino написані на C або C++, та програмне забезпечення поставляється з бібліотекою, яка називається провідкою, яка значно спрощує загальні операції виведення та введення.

Фрагмент коду системи пожежогасіння з використанням Arduino

```
#include <SoftwareSerial.h>
```

```
#include <LiquidCrystal.h>
```

```
LiquidCrystal lcd (12, 11, 5, 4, 3, 2);
```

```
SoftwareSerial mySerial (9, 10);
```

```
int сенсор = A1;
```

```

float temp_read, Temp_alert_val, Temp_shut_val;
int sms_count = 0, Fire_Set;

void setup ()
{
  pinMode (датчик, вход);
  MySerial.begin (9600);
  Serial.begin (9600);
  lcd.begin (16,2);
  delay (500);
}

void loop ()
{
  CHECKFIRE ();
  CheckShutDown ();
}

void CheckFire ()
{
  lcd.setCursor (0,0);
  lcd.print («Fire Scan - ON»);
  Temp_alert_val = CheckTemp ();
  если (Temp_alert_val > 100)
  {
    SetAlert ();
  }
}

float CheckTemp ()
{
  TEMP_READ = analogRead (датчик);
  temp_read = temp_read * 5;
}

```

```

temp_read = temp_read / 10;
return temp_read;
}
void SetAlert ()
{
while (sms_count <3)
{
SendTextMessage ();
}
Fire_Set = 1;
lcd.setCursor (0,1);
lcd.print («Оповещение о пожаре! »);
}
void CheckShutDown ()
{
если (Fire_Set == 1)
{
Temp_shut_val = CheckTemp ();
если (Temp_shut_val <28)
{
lcd.setCursor (0,1);
lcd.print («Огонь закрой! БЕЗОПАСНО СЕЙЧАС»);
sms_count = 0;
Fire_Set = 0;
}}
}
void SendTextMessage ()
{
MySerial.println («AT + CMGF = 1»);
Задержка (2000);
MySerial.println («AT + CMGS = \» + 919544xxxxxx \ «\ r»);

```

```

Задержка (2000);
MySerial.println («Пожар в НОВОЙ КОМНАТЕ!»);
Задержка (200);
MySerial.println ((char) 26);
Задержка (5000);
MySerial.println («AT + CMGS = \» + 919847xxxxxx \ «\ r»);
Задержка (2000);
MySerial.println («Пожар в КОМНАТЕ!»);
MySerial.println ((char) 26);
Задержка (5000);
}

```

Важливі аспекти програми.

Коли розробляються системи пожежогасіння чи такі важливі системи, ми повинні пам'ятати про один важливий аспект – сценарій реального світу «Вогонь» може статися будь-коли ( $24 \times 7$ ). Це означає, що система повинна постійно контролювати вогонь  $24 \times 7$  протягом усього місяця та року. У коді є 2 виклики функцій усередині `void loop ()` - це `CheckFire()` та `CheckShutDown()`

`CheckFire()` - це функція, яка відслідковує виникнення пожежі  $24 \times 7$ . Ця функція витягує температуру, виміряну LM35, та зберігає її у змінній `Temp_alert_val` для порівняння. Це значення температури порівнюється із встановленим значенням 100 градусів Цельсія. Зазвичай кімнатна температура становить від 25 градусів до 30 градусів. Цельсія у тропічних районах. Це залежатиме від континентів та місць. Можна змінити це значення порівняння, вимірявши середню кімнатну температуру дома установки.

У разі пожежі кімнатна температура перетинає 25 градусів (протягом секунд), і викликається внутрішня підпрограма `SetAlert ()`. `SetAlert()` - це функція, яка контролює

CheckShutDown () - це функція, яка відстежує, чи була пожежа вимкнено. Потрібно використовувати цю функцію тільки якщо відбулася пожежна аварія. Щоб обмежити доступ до операторів усередині цієї підпрограми, була введена змінна Fire\_Set. Ця змінний статус буде встановлено значення 1 у разі виникнення пожежі. Оператори всередині CheckShutDown () будуть виконуватися тільки якщо значення Fire\_Set == 1 . (Якщо цього не сталося, пожежа не сталася, і не потрібно витратити час виконання перевірочних заяв ShutDown). Вважаємо, що вогонь припинився, як тільки температура у приміщенні повернулася до нормальної. Так що якщо змінна Temp\_shut\_val падає нижче 28 градусів, вважаємо, що вогонь був погашений, і все гаразд.

### **2.3. Математичні моделі об'єкту управління системи водяного автоматичного пожежогасіння**

Отримано моделі для процесу горіння рідини в умовах впливу на неї дрібно розпиленою водою.

Використання дрібно розпиленої води в системах автоматичного пожежогасіння (АСП) дозволяє підвищити ефективність їх роботи. Для реалізації потенційних можливостей таких систем, тим необхідно мати комплекс математичних моделей, описують процеси в елементах та пристроях систем, а також мати у розпорядженні відповідні алгоритми синтезу. Щодо АСП основні схеми їх побудови наведено нижче. В даний час розроблені формальні процедури для створення таких систем, однак вони практично не враховують властивостей об'єкта управління, в якості якого служить вогнище горіння в умовах впливу на нього дрібно розпиленою водою. Особливо слід відмітити, що зовсім не враховуються динамічні властивості об'єкту управління. Запропоновано алгоритм синтезу АСП, вільний від розглянутих недоліків, а розглядається в загальному вигляді

модель такого об'єкта управління. Модель представлена у вигляді рівняння теплопровідності з адитивною складовою, враховуючи що її потужність внутрішніх стоків тепла. Рішення рівняння у роботі не наводиться.

Метою роботи є отримання математичних моделей, описуючих об'єкт управління АСП, яким є палаюча рідина в умовах її гасіння дрібнорозпиленою водою стосовно на випадок, коли має місце слабе випаровування крапель води, а для рідини і справедливий закон Міхельсона.

Теплові процеси в рідині, що горить, при її охолодженні дрібнорозпиленою водою описуються рівнянням 1

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + v \frac{\partial T}{\partial x} - f(T), \quad (1)$$

де  $T(x,t)$  – температура рідини;  $a$  - фактор теплопровідності;  $v$  – лінійна швидкість розповсюдження полум'я;  $f(T)$  - приведена потужність внутрішніх запасів тепла, яка виражається виразом

$$f(T) = \frac{I_0 r}{c \rho L} (1 - K_0 - K_1) \left[ 1 - \left( 1 - \frac{4 \text{Nu} \lambda L (T - T_B)}{\rho_B V_2 D_0^2 [V_0 V_1^{-1} (1 - k_0 - k_1)]^{2/3}} \right)^{3/2} \right]. \quad (2)$$

У виразі (2) введені позначення:  $I_0$  – інтенсивність орошення газового середовища (на виході зрошувача);  $r$  – теплота випаровування води;  $c$ ,  $\rho$  – теплоємність та щільність рідини відповідно;  $L$  – відстань, яка проходить крапля води за час випаровування;  $K_0$ ,  $K_1$  – коефіцієнти випаровування води в газовому середовищі та на рівні палаючої рідини відповідно;  $\text{Nu}$  - Число Нуссельта;  $\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності рідини;  $T_B$  – температура краплі води;  $\rho_B$  – щільність води;  $V_0$ ,  $V_1$ ,  $V_2$  – швидкість краплі води в газовій середовищі, біля поверхні рідини та рідини відповідно;  $D_0$  – початковий діаметр краплі води (у газовому середовищі).

Початкова умова для (1) визначатиметься з рівняння Міхельсона, тобто

$$T(x,0) = T_0 + (T_K - T_0) \exp\left(-\frac{\psi c}{\lambda} x\right), \quad (3)$$

де  $T_K$ ,  $T_0$  - температура кипіння рідини і температура довкілля відповідно;  $\psi$  – масова швидкість вигорання рідини.

Таким чином, у разі слабкого випаровування крапель води отримані моделі об'єкта управління системи автоматичної пожежогасіння, в якості якого використовується рідина, що горить. Моделі представлені у безрозмірній формі.

#### 2.4 Застосування автоматичних установок пожежогасіння



Рисунок 2.4 – Перевірка роботоздатності системи розпилення

Застосування автоматичних установок пожежогасіння тонкорозпиленою водою для захисту кабельних споруд

До кабельних споруд відносяться: кабельні тунелі, канали, коробки, блоки, шахти, поверхи, напівповерхи, подвійні підлоги, кабельні естакади, галереї, камери, підживлювальні пункти.

Існують різні типи автоматичних систем пожежогасіння: водяні та пінні, газові, порошкові, аерозольні, тонкорозпилена вода.

Встановлюють використання як вогнегасну речовину (ВР) розпиленої води для пожежогасіння кабельних споруд.

Крім того, п.12.1 РД 153-34.0-49.101-2003 «Інструкція з проектування протипожежного захисту енергетичних підприємств» також встановлює використання розпорошеної води для пожежогасіння кабельних споруд. Застосування ТРВ у нормативних документах для захисту кабельних споруд, швидше за все, обумовлено не провідністю ВР електричного струму.

Тонкорозпорошена вода – ефективна вогнегасна речовина, яка успішно використовується для локалізації спалахів.

Як вогнегасну речовину установок пожежогасіння для локалізації спалахів кабельних споруд застосовується тонкорозпорошена вода. Це – ефективний та економічний засіб гасіння пожеж. Спосіб гасіння – поверхневий. Завдяки використанню як вогнегасну речовину води, що подається під високим тиском, і отриманню крапель величиною менше 150 мікрон створюється дрібнодисперсний туман, який швидко насичує об'єм приміщення, що захищається, скорочуючи при цьому концентрацію кисню, значно збільшуючи ефективність пожежогасіння при використанні мінімальної кількості води.

Водяний туман, що має високу теплоємність і велику сумарну активну площу поверхонь крапель, різко знижує температуру в зоні пожежі, припиняючи хімічну реакцію горіння. При цьому істотно зменшується збиток від пролітої води, так як її витрата на порядок менша, ніж у звичайній установці спринклерної.

Швидке розпилення та високий охолодний ефект водяного туману дозволяють евакуювати людей, які перебувають у приміщенні, та створюють умови для роботи спецперсоналу з переносними засобами пожежогасіння.

#### Особливості кабельних тунелів та шахт та проблеми їх тушіння

Кабельні тунелі характеризуються великою довжиною трас з великою кількістю кабелів, що йдуть в одному напрямку. Підвищена температура всередині кабельних споруд не завжди вчасно виявляється людьми, тому можуть завдати шкоди, через те що вигоріло багато кабелів і їх заміна призведе до додаткових витрат.

Для локалізації пожежі використовуються вогнетривкі перегородки (відсіки довжиною не більше 150 м при прокладанні силових та контрольних кабелів та не більше 100 м за наявності маслонаповнених кабелів). Кабельні споруди даного типу забезпечуються природною чи штучною вентиляцією. Вентиляційні пристрої обладнають заслінками для припинення доступу повітря у разі займання, а також для запобігання промерзанню тунелю в зимовий час.

#### Особливості зовнішніх кабеленесучих трас (лотки)

Зовнішні кабеленесучі траси характеризуються великою протяжністю трас, великою кількістю кабелів, що йдуть в одному напрямку, значним перепадом зовнішніх температур (від  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ ). Кабельні споруди цього типу забезпечуються природною вентиляцією. Великий перепад висот естакад спричиняє труднощі при монтажі пожежного обладнання. Додаткову проблему є перетину кабельних трас з трубопроводами інших систем. Саме тому їх гасіння людиною є дуже небезпечним та матиме високі витрати. Отже, в такому разі обов'язково потрібно використовувати автоматичні системи пожежогасіння.

Таблиця 2.1 Типи пожежних сповіщувачів

Типи сповіщувачів					
Тепловий	Димовий	Сповіщувач вогню	Газовий сповіщувач	Ручний пожежний	Комбінований
Застосовується, якщо на початкових стадіях пожежі виділяється забагато тепла, або якщо не має можливості використовувати і інший вид сповіщувача.	Найбільш поширений тип пожежного сповіщувача.	Застосовуються для захисту зон, де необхідна висока ефективність виявлення.	Здатні передбачити пожежу на початкових стадіях пожежі.	Існує для ручного включення сигналу пожежної тривоги в системах пожежної сигналізації і пожежогасіння	Містить в собі два та більше типу сповіщувачів
					

За відсутності можливості використання представлених сповіщувачів (велика довжина кабельних трас, робота систем виявлення на свіжому повітрі тощо) передбачено виявлення порушень за допомогою термокабелю.

Термокабель є сигнальним кабелем, який реагує на зміну граничної температури будь-якої ділянки по всій своїй довжині. Розрахункова довжина кабелю залежить від температури спрацьовування. При застосуванні сповіщувача в місцях з поганою вентиляцією можливий режим раннього виявлення підвищення температури (при відсутності видимого полум'я), що призводить до запобігання пожежі на його початковій стадії. Термокабель поєднує функції кабелю і датчика одночасно. Він придатний для застосування в будь-якому навколишньому середовищі (корозія, знос, негативні температури), при цьому, за необхідності, має можливість спрацьовування при різних температурах в кожній окремій зоні, що захищається, і дозволяє виявити пожежу в будь-якому місці по всій довжині сповіщувача.

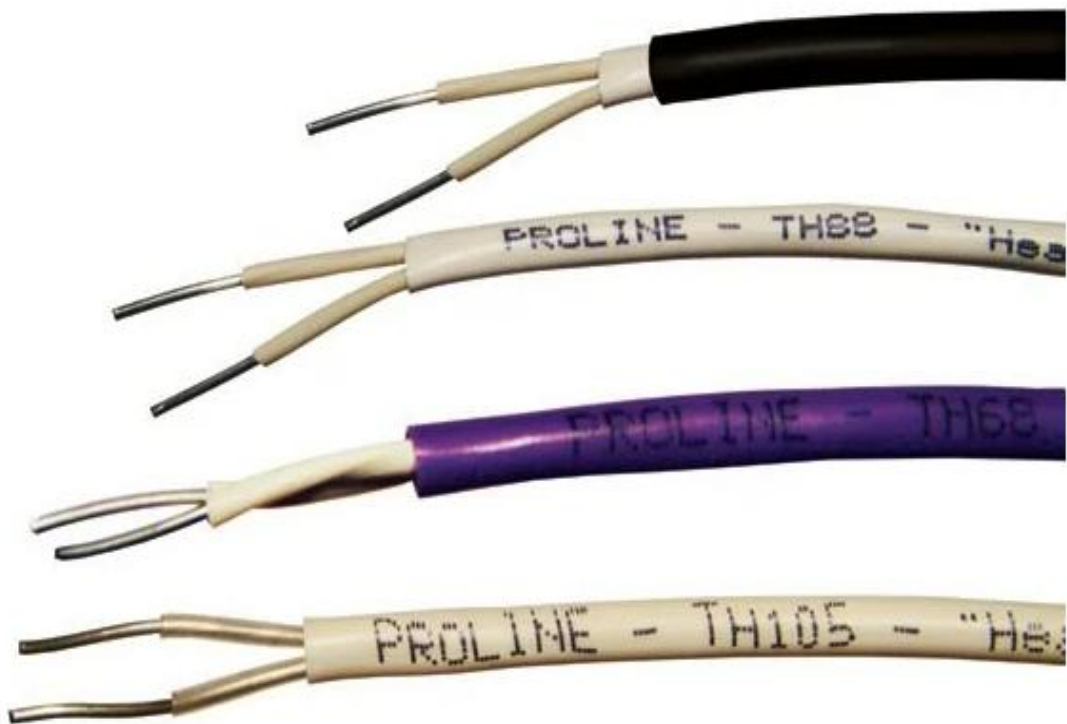


Рисунок 2.5 – Термокабель. Влаштування термокабелю

Термокабель можна ефективно експлуатувати в діапазоні температур від  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+125^{\circ}\text{C}$ , причому значення температури спрацьовування не залежить від довжини сповіщувача. Не вимагає повної заміни після пожежі, замінюється лише частина сповіщувача, пошкоджена вогнем. Мінімальна різниця температур між максимальною температурою навколишнього середовища та мінімальною температурою спрацьовування сповіщувача допускається не більше  $20^{\circ}\text{C}$ , при цьому температура навколишнього середовища не впливає на роботу сповіщувача по всій його довжині.

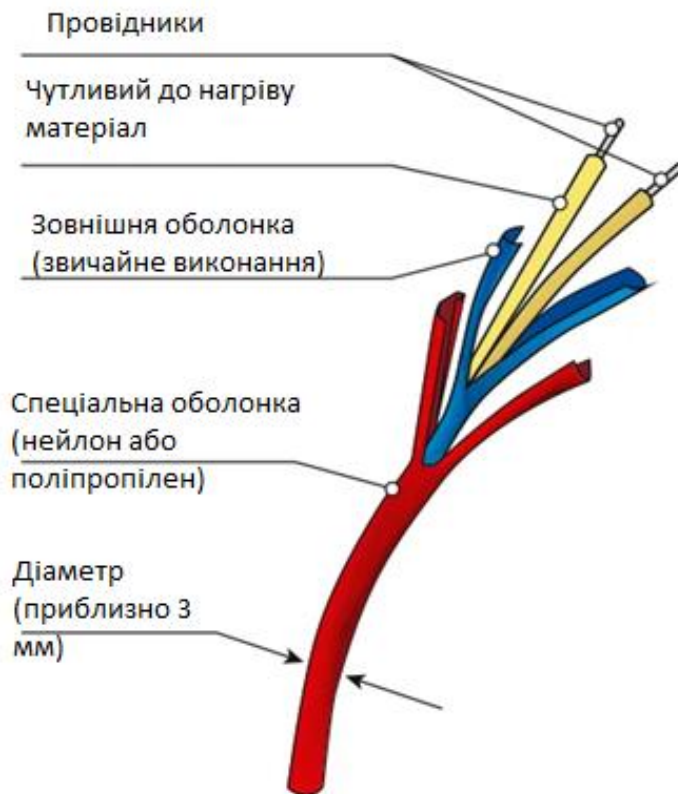


Рисунок 2.6 – Склад термокабелю

## 2.5 Розробка алгоритму роботи автоматичної системи пожежогасіння

«Прийняття» рішення чи взаємодія з іншими системами

Завдяки адресному визначенню порушень є можливість точного визначення місця задимлення чи займання. Потім подаються сигнали для запуску систем пожежогасіння. Система управління пожежогасінням приймає сигнал від сповіщувачів і згідно з заданими алгоритмами починає взаємодію з системами оповіщення, управляє відключенням кабельних трас від джерел напруги, включає пожежні вентиляційні системи тощо.

Системи автоматичного управління розробляються залежно від типу системи пожежогасіння, що використовується, із взаємодією з суміжними

інженерними системами, технічними можливостями та вимогами нормативних документів.

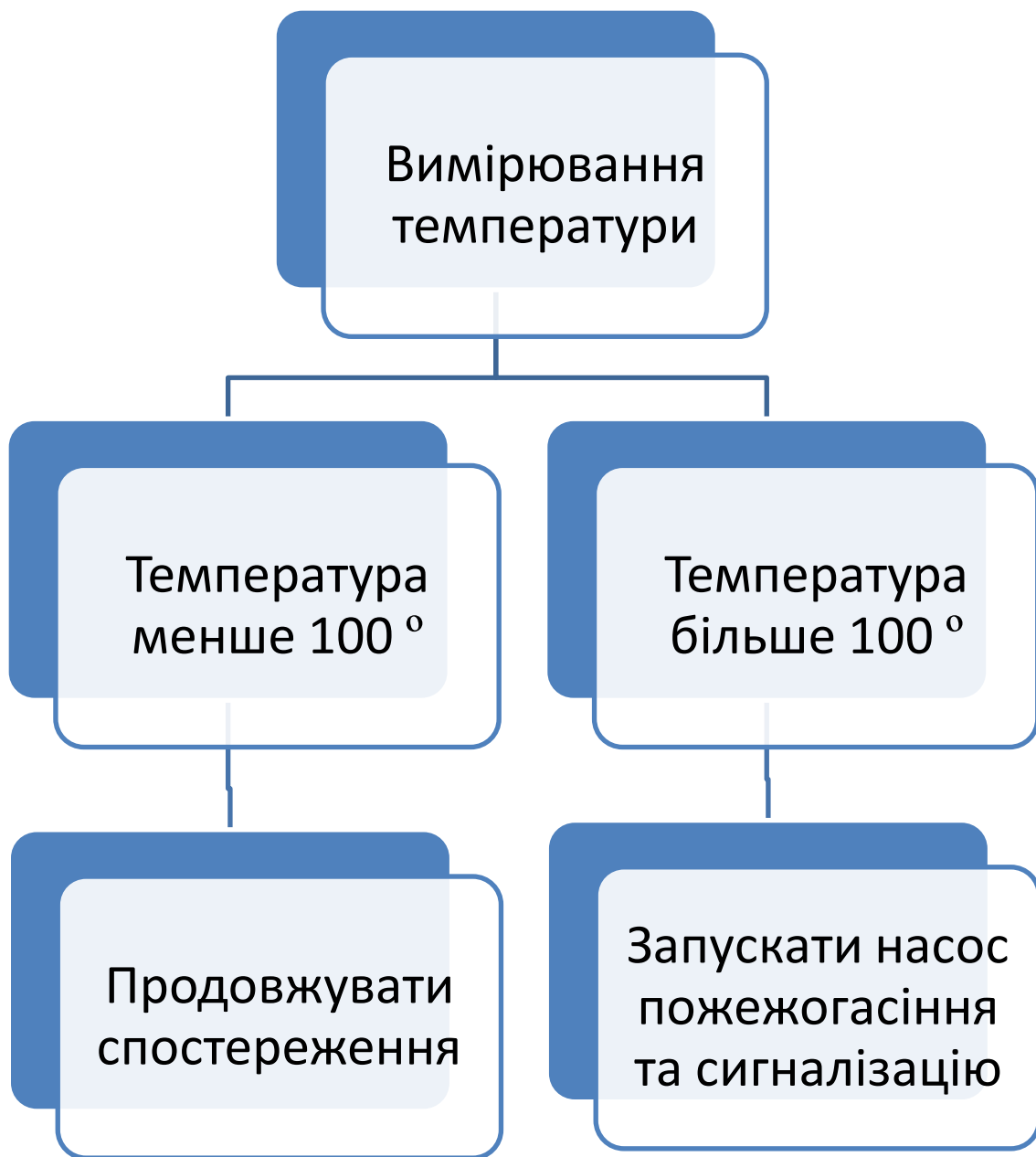


Рисунок 2.7 – Алгоритм роботи автоматичної системи пожежогасіння

#### Гасіння

Процес гасіння пожежі здійснюється з використанням ВР (вогнегасної речовини) у вигляді тонкорозпорошеної води. Для ефективної локалізації загоряння різних класів пожежі використовуються спеціальні добавки.

При спрацьовуванні установки пожежогасіння повинна бути передбачена подача сигналу на управління (відключення) технологічним обладнанням в приміщенні, що захищається (при необхідності до подачі вогнегасної речовини) відповідно до технологічного регламенту та вимог зведення правил СП 5.13130.2009. Тип автоматичної установки гасіння, спосіб гасіння, тип обладнання автоматики визначається організацією-проектувальником залежно від технологічних, конструктивних та об'ємно-планувальних особливостей будівель, що захищаються, і приміщень з урахуванням вимог даного переліку.

Також автоматична система пожежогасіння повинна подавати сигнал для евакуації, перекривати вентиляційні отвори та тунелі, вимикати живлення електроприладів задля їх безпечного тушіння та запобігання розповсюдженню пожежі.

### **3. ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ АВТОМАТИЧНИХ СИСТЕМ ПОЖЕЖОГАСІННЯ**

#### **3.1 Огляд вже існуючих автоматичних систем пожежогасіння**

До систем пожежогасіння пред'являється ціла низка вимог: вони повинні забезпечувати надійне функціонування навіть під час пожежі, надавати мінімально шкідливий вплив на обладнання, що захищається, і їх небезпечний для людини та навколишнього середовища вплив не повинен перевищувати допустимі норми. Саме тому існують декілька видів пожежних систем, які наведено нижче.

##### **Системи пожежогасіння тонкорозпорошеною водою**

Автоматичні системи пожежогасіння за допомогою води – одні з найпопулярніших. Універсальність і доступність цієї вогнегасної речовини загальновідома. Крім того, вода не шкодить навколишньому середовищу та безпечна для людини. Чи не підлягає сумніву і її висока ефективність при ліквідації загорянь. Вода в короткі терміни згасить пожежу, охолодить поверхню, що захищається, запобігає поширенню полум'я. Але такі установки не завжди застосовні. Нерідко великі обсяги рідини недоступні. Або ж застосована вода може пошкодити цінності, що захищаються. Саме в таких випадках ідеально допоможе пожежогасіння тонкорозпорошеною водою.

Оскільки більший час встановлення пожежогасіння тонкорозпиленою водою перебуває у стані очікування затребуваності, існує тенденція зашлаковування робочих отворів розпилювачів, що мають діаметр 1,2 мм. У такому разі установка втрачає свою працездатність. У конструкції непогано передбачити спеціальні клапани, що закривають, для запобігання зашлаковування отвору в соплах розпилювача.

І, як мінус, у частині експлуатаційних переваг системи пожежогасіння тонкорозпиленою водою, сприймається необхідність улаштування спеціальної системи водопідготовки.

До безперечних позитивних експлуатаційних якостей систем можна віднести економію речовини. При гасінні водою звичайними способами розмір краплі спостерігається від півтора до 2 мм. У такому форматі ефективна витрата води становить приблизно 30%. Решта не бореться з вогнем, а виступає як надлишки, що завдають додаткової шкоди цінностям у зоні пожежогасіння.

### Пінні АСП

Як вогнегасну речовину в них використовується піна - колоїдна система із заповнених вуглекислим або інертним газом бульбашок. За своєю конструкцією пінні АСП практично нічим не відрізняються від водяних, але додатково оснащені генераторами піни та її дозаторами. Класифікація пінних систем у основі має саме тип дозатора.

Переваги пінного пожежогасіння в тому, що генератори здатні збільшувати кількість вогнегасної рідини на два і більше порядків, а, крім того, за допомогою піни можна гасити як невеликі, так і великі пожежі. Піна не тільки заливає всю площу загоряння, а й заповнює об'єм приміщення. Ця вогнегасна речовина є екологічно безпечною і її можна використовувати без евакуації людей.

Газові АСП (ДСТУ Р 50969-96, ДСТУ Р 53280.3-2009, ДСТУ Р 53281-2009)

У газових АСП об'ємного пожежогасіння використовуються склади зі зріджених та стиснутих газів. Приклади складів на основі стислих газів - "Аргоніт" та "Інерген". Обидві суміші складаються з діоксиду вуглецю ( $\text{CO}_2$ ), азоту (N), аргону (Ar) і не завдають шкоди навколишньому середовищу. Сам механізм гасіння заснований на заміщенні газовою сумішшю повітря в приміщенні, оскільки при викиді стиснутих газів різко знижується відсоток вмісту кисню, необхідний процесу горіння. Однак різке падіння рівня кисню там, де знаходяться люди, може призвести до запаморочення або втрати свідомості, тому перед використанням газової АСП на основі стислих газів обов'язково потрібна евакуація.

Газ розподіляється по всій системі зберігання дуже швидко, концентрація кисню в повітрі швидко знижується до рівня нижче 8,8 відсотка, і пожежа гаситься в найкоротший термін. Внаслідок низького тиску не відбувається пошкодження компонентів, що зберігаються.

Переваги даної системи – не завдає шкоди меблям та електроприладам, безпечно гасити предмети під напругою. Коротке замикання не відбудеться.

Недоліки – може завдати шкоди людям із незахищеним диханням.

Порошкові АСП (ДСТУ Р 51091-97)

Установки порошкового пожежогасіння застосовуються для боротьби з займаннями в тих випадках, коли неможливо використовувати воду, хладони, двоокис вуглецю або піну через їх активну взаємодію з продуктами горіння, ризик корозії металів або небезпеку короткого замикання. Гасіння пожежі за допомогою порошкової системи ґрунтується на подачі в зону займання спеціального дрібнодисперсного порошку. За рахунок цього досягається охолодження ділянки загоряння завдяки передачі частини тепла частинкам порошку та витрат енергії на плавлення цих частинок. Зменшується обсяг кисню, що надходить, оскільки палаюче середовище розбавляється продуктами термічного розкладання порошку і сповільнюється сама хімічна реакція горіння. подача порошку може здійснюватися за допомогою високого тиску газу або шляхом підриву спеціального піротехнічного патрона.

Порошкові системи зазвичай застосовуються для гасіння локальних пожеж класу А, В, С, D, наприклад, для гасіння горючих рідин, витоків газу, нафтоналивних споруд і т.д. Недоцільно використовувати їх при гасінні матеріалів, здатних горіти без доступу кисню або схильних до самозаймання та тління. Порошок має негативний інгаляційний вплив на людину, тому застосування його допустиме тільки після евакуації.

Аерозольні АСП

В аерозольних АСП як вогнегасний засіб використовуються твердопаливні аерозолеутворюючі вогнегасні склади (АВС), в результаті горіння яких утворюється тонкодисперсний порошок. До складу аерозолію входять інертні гази та тверді частинки з величиною дисперсності не більше 10 мкм. Основний елемент установки - генератор вогнегасного контролю, в корпусі якого розташований заряд спеціального складу та пусковий пристрій для приведення генератора в дію.

Як у будь-якої системи пожежогасіння, у аерозольних систем є ряд недоліків і обмежень.

Принцип дії аерозольної протипожежної системи заснований на основі спалювання хімічних порошкоподібних складів, внаслідок чого відбувається розпилення гарячої суміші газів, що локалізують займання. Цей тягне за собою різке підвищення температури в приміщенні та погіршення видимості, що ускладнює евакуацію. Тому забороняється монтаж аерозольної системи пожежогасіння у приміщеннях, які не можуть бути залишені людьми до початку роботи системи, а також у приміщеннях з кількістю 50 і більше осіб.

### **3.2 Роботизовані установки**

В умовах розвитку промислових виробництв та використання нових матеріалів з'являється тенденція до виникнення надзвичайних ситуацій масштабного характеру, для ліквідації яких є доцільним використовувати роботизовану техніку, не сприйнятливую до шкідливих впливів та високих температур, ніж людей.

Автоматичні системи пожежогасіння – найдієвіший спосіб боротьби з пожежами. Вони приводяться в дію за об'єктивними показниками та забезпечують пожежогасіння без участі людини, що є більш безпечним. Гасіння пожежі завжди пов'язане з певним ризиком для пожежників, рятувальників. Існує небезпека отримати опіки, травми і навіть загинути під

час обвалення будівельних конструкцій. У багатьох випадках для збереження їх життя потрібно вести дистанційне керування гасінням пожежі.

Нові підходи, що ґрунтуються на застосуванні пожежних роботів (ПР), втілили в собі останні досягнення науки та техніки, значно розширили технічні можливості автоматичних установок пожежогасіння. Більше того, вони мають значні функціональні переваги в порівнянні з традиційними спринклерними та іншими системами.

Порівняльний аналіз роботизованих та спринклерних систем:

1) ПР формують струмені води та піни та адресно подають їх у вогнище загоряння на значні відстані. Конструкція ПР дозволяє змінювати напрямок струменя в діапазоні 360 град. по горизонталі та 180 град. по вертикалі, охоплюючи весь навколишній простір у радіусі її дії. Кут розпилення струменя може змінюватися від 0 до 90 град., утворюючи цілий спектр струменів. Площа, що захищається невеликим пожежним роботом із витратою 20 л/с та дальністю подачі струменя 50 м, становить понад 7500 м<sup>2</sup> ( $\pi R^2 = \pi \cdot 50^2$ ). Вся витрата вогнегасної речовини може бути спрямована на вогнище загоряння і забезпечувати інтенсивність зрошення більше 1,2 л/(м<sup>2</sup>) на площі 12 м<sup>2</sup>. Така висока інтенсивність дозволяє швидко придушувати вогонь у ранній стадії розвитку пожежі.

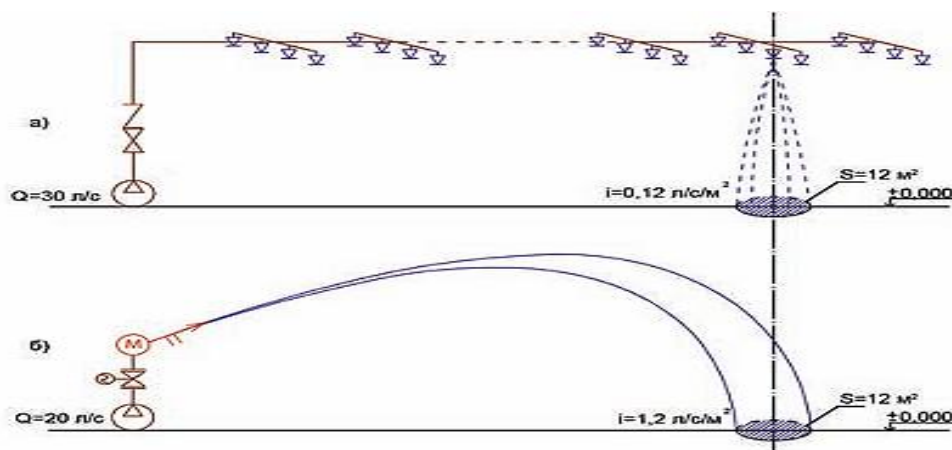


Рисунок 3.1 – Схеми спринклерної (а) та роботизованої системи пожежогасіння

На рис. 3.1 проілюстровано принципові схеми пожежогасіння спринклерної та роботизованої систем та їх можливості.

У спринклерних системах захисту площі  $7500 \text{ м}^2$  знадобилося близько 650 зрошувачів і 3 км труб. Незважаючи на те, що максимальна витрата для спринклерних систем визначена з розрахунку спрацьовування 10 зрошувачів на площі  $120 \text{ м}^2$ , вони можуть створювати тільки фіксовану інтенсивність зрошення. Так, у приміщеннях з пожежним навантаженням до  $1400 \text{ МДж/м}^2$  при нормованій витраті спринклерної установки 30 л/с приймається інтенсивність, що нормується,  $0,12 \text{ л/(с}\cdot\text{м}^2)$ . Більш високу інтенсивність спринклерна установка за своєю конструкцією забезпечити не може. Пожежний робот здатний на головному напрямку створити переважну вогонь водопінну атаку, що за інтенсивністю десятикратно перевищує спринклерні системи. При інтенсивності ж  $0,12 \text{ л/(с}\cdot\text{м}^2)$  може виробляти гасіння площі до  $120 \text{ м}^2$ .

Спринклерні зрошувачі встановлюються над зоною, що захищається, на відстані не більше 4 м один від одного. При загорянні тепловий потік спрямовується вгору, і після спрацьовування теплових замків розкриваються відповідні зрошувачі. Точність виявлення вогнища займання визначається кроком розстановки і становить 2,8 м (від центру квадрата), а площа, що захищається – 25 кв. м.

#### Переваги

До переваг спринклерних установок потрібно віднести розташування зрошувача безпосередньо над зоною, що захищається, і простий механізм дії: спрацював тепловий замок у зоні вогнища, і тут же проводиться гасіння цього вогнища.

#### Недоліки

Недоліки спринклерних установок такі: характерна для термочутливих елементів суттєва інерційність виявлення загоряння, необхідність частоті установки зрошувачів у великій кількості з прокладкою цілої мережі трубопроводів, обмеження по висоті – при значній висоті конвекційні теплові

потоки можуть пройти повз спринклерів, що захищають розрахункову зону, і тоді . Спринклери не мають дистанційного керування – не можна змусити спринклер увімкнутися там, де горить, та вимкнути його, коли гасити не треба, є лише автоматичний режим на включення.

#### Переваги пожежних роботів

Порівняльна оцінка технічних показників двох систем, що відрізняються на порядок, показує, які значні можливості закладені у нових роботизованих рішеннях:

- захист об'єктів великих виробничих площ;
  - створення спрямованого потоку вогнегасної речовини високої інтенсивності та подача його на великі відстані;
  - швидке гасіння вогнищ у ранній стадії розвитку пожежі;
- можливість пожежогасіння в 3D-форматі всього простору, що захищається, включаючи вертикальні поверхні;
- автоматичне припинення пожежогасіння під час ліквідації горіння.

Для захисту приміщень площею менше 1000 м<sup>2</sup> серійно випускаються пожежні роботи-зрошувачі ПРС-10-ІК-УФ, керовані інфрачервоною головкою самонаведення на осередок займання. Їх вартість значно нижча за пожежні роботи на базі лафетних стволів. ПРС-10-ІК-УФ встановлюються на стелях приміщень, що захищаються. Вони включають: насадок; приводи наведення струменя та регулювання кута розпилювання; ультрафіолетовий датчик; інфрачервону головку самонаведення; блок керування.



Рисунок 3.2 – Робот пожежогасіння ПРС-10-ИК-УФ

При цьому гасіння проводиться з однієї точки по всій зоні, що захищається, що дозволяє не застосовувати кілометри розподільчих труб і сотні зрошувачів. Необхідно відзначити і економічну складову: для площ, що захищаються, понад 400м<sup>2</sup> вартість обладнання та пусконаладжувальних робіт для роботизованих установок пожежогасіння дешевше, ніж для спринклерних.

Розстановка пожежних роботів проводиться з урахуванням того, щоб кожна точка приміщення або устаткування, що захищається, знаходилася в зоні дії не менше двох струменів. Розглянемо пожежний робот із витратою 20л/с та радіусом дії 50 м. З однієї точки таким роботом захищається площа 7850 кв. м, на яку потрібно близько 500 спринклерних зрошувачів і 2 км сталевих труб для їх підключення. В автоматичному режимі пожежогасіння зони, що захищається здійснюється скануванням по площі загорання навісними струменями води (рис. 3.2).

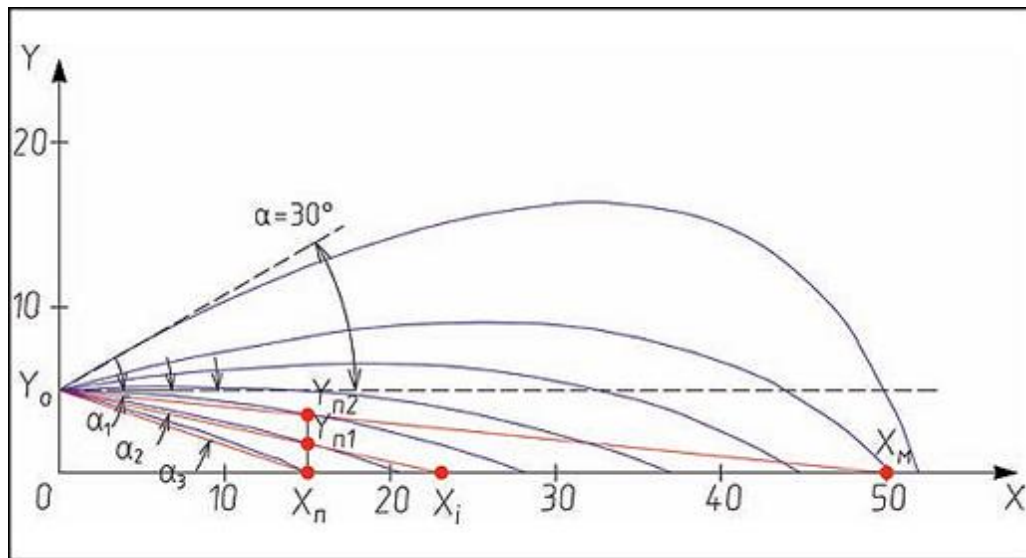


Рисунок 3.3 – Пожежогасіння зони в автоматичному режимі  
автоматичному режимі по площі загоряння

У дистанційному режимі роботизовані АСП містить усі необхідні органи керувати у системі " людина - машина " . Датчики полум'я високої швидкодії, які застосовуються в пожежних роботах, зазвичай з вузьким кутовим оглядом від 3 до 12 град. та визначають кутові величини напрямку розташування вогнища займання щодо пожежного робота методом сканування. Застосовуються також матричні ІЧ-датчики, які одразу видають кутові координати про загоряння.

Як правило, координату вогнища займають з двох точок, що дозволяє обчислити відстань до вогнища і задати потрібний кут піднесення для траєкторії струменя і підвищує достовірність виявлення. Необхідність визначення відстані до вогнища загоряння пов'язана з особливістю застосування ствольної техніки в автоматичних установках, оскільки пожежогасіння проводиться навісними струменями балістичними траєкторіями.

Ствол має механізми управління просторовим положенням і включає рухливі ланки. Для забезпечення руху у ланках можуть використовуватись електричний, гідравлічний чи пневматичний привід. Мехатронна система є

об'єднанням електромеханічних компонентів із силовою електронікою, які управляються за допомогою вбудованих мікроконтролерів. Це зменшує масу та розміри системи та підвищує її надійність. Положення робочого органу у просторі, дані довкілля визначаються сенсорною частиною системи: датчиками становища, тиску, ІЧ-датчиками.

Сигнали, що передаються датчиками, аналізуються, і за результатами аналізу приймається рішення про подальші дії. Система управління будується з урахуванням принципів зворотний зв'язок, підлеглого управління та ієрархічності системи управління роботом. Система керування приводом по положенню (по куту повороту ствола) замикається зворотним зв'язком по положенню.

Всередині системи управління за становищем функціонує система управління за швидкістю зі своїм зворотним зв'язком, усередині якої, у свою чергу, існує контур управління по струму з відповідним зворотним зв'язком. Ієрархія системи управління роботом має на увазі розподіл системи управління на горизонтальні шари, що управляють загальною поведінкою робота, розрахунком необхідної траєкторії руху стовбура, поведінкою окремих його приводів, та шари, що безпосередньо здійснюють управління двигунами приводів.

Пристрій управління формує керуючі команди з наведення стовбура та пожежогасіння. Пристрій виявлення загоряння та телеспостереження встановлено на стовбурі так, що його оптична вісь розташована у напрямку подачі вогнегасної речовини. Даний пристрій з'єднаний з пристроєм обробки сигналу в ІЧ та УФ діапазонах, в якому програмно реалізуються алгоритми визначення координат вогнища загоряння з відеоконтрольним пристроєм та пристроєм управління.

В результаті кожна точка зони, що захищається, зрошується не менше ніж двома струменями і контролюється двома пристроями виявлення загоряння і телеспостереження. На лафетних стовбурах додатково встановлені дисковий затвор з приводом та датчик тиску, з'єднані з блоком

комутації на вході та з пристроєм управління та адресними пожежними сповіщувачами на виході.

Виявлення полум'я здійснюється за рахунок комплексного покадрового аналізу зображення з ІЧ-матриці та відеокамери з підтвердженням УФ-датчиком, що дозволяє відсікти помилкові сигнали. На зображенні з ІЧ-матриці визначаються області підвищеної температури і для цих областей проводиться накопичення та оцінка параметрів флуктуації температури, динаміки кордонів та структури. Для цих областей проводиться аналіз характерних ознак полум'я на відеозображенні (флуктуації, колір, динаміка зміни меж). Алгоритми аналізу реалізовані таким чином, щоб унеможливити помилкові спрацьовування на випромінювання нагрітих тіл, зварювання, пробліскових маячків, сонця та штучних джерел освітлення. Для зниження рівня сигнал/шум на відео як джерело використовується відеокамера без стиснення стандарту HD-SDI, це дозволяє поліпшити дозвіл для відеоаналізу і видавати якісне відео формату FullHD на відеореєстратор.

Аналіз відеозображення здійснюється із частотою 25 Гц, аналіз ІЧ-зображення – 15 Гц. При виявленні полум'я пристрій виявлення передає координати вогнища пожежному роботу. Пожежні роботи передають інформацію про виявлені вогнища загоряння пристрій сполучення з об'єктом, яке методом тріангуляції з урахуванням похибок результатів вимірювань визначає місце розташування вогнища в зоні, що захищається, в тривимірній системі координат.

Лідером у створенні оптичних пристроїв виявлення загоряння, що працюють у видимому та ІЧ діапазонах, є фірма Тусо, США, що входить до компанії Johnson Controls. Розроблений цими компаніями детектор полум'я Flame Vision FV-312SC має вбудовану телекамеру. Виріб має високу вартість та знаходиться під санкціями. У порядку виконання робіт з імпортозаміщення ТОВ «ЕФЕР» вдалося створити вітчизняний сповіщувач полум'я ІІІ 328/330-1-1 у вибухозахищеному виконанні, який має значно меншу вартість та вищі показники швидкодії та точності визначення

координат загоряння. На їх базі створено пожежні роботи у вибухозахищеному виконанні.

Завданням роботизованої установки пожежогасіння і пожежних роботів, що входять до її складу, є наведення струменя на вогнище загоряння по заданих координатах і гасіння вогнища загоряння по заданій площі із заданою інтенсивністю зрошення. Куткові координати вогнища загоряння горизонтальній площині збігаються з кутовими координатами наведення стовбура. Через викривлену траєкторію струменя у вертикальній площині, для попадання в ціль кут нахилу ствола повинен бути вище кутової координати мети (осередку загоряння).

Різниця між ними утворює кут піднесення, який залежить від відстані до вогнища, кута мети, тиску в мережі, витрати, кута розпилювання, конструкції насадки. Завдання наведення струменя на вогнище загоряння заданими координатами зводиться до визначення кута піднесення. При цьому важливо, щоб розрахункова траєкторія з достатньою точністю збігалася із реальною траєкторією струменя. Теорією балістики запропоновано рівняння для траєкторії польоту тіл у повітрі.

Для наближеного розрахунку струменя ці рівняння можуть використовуватися тільки на початковій траєкторії польоту та вимагають визначення емпіричних коефіцієнтів. Це пов'язано з необхідністю врахування зміни площі перерізу струменя, форми і маси крапель води, що дробляться в польоті, переходу від компактного струменя до двофазного турбулентного потоку рідини і повітря з щільністю, що змінюється. З урахуванням великої кількості факторів, що впливають на траєкторію струменя, та відсутності точної математичної моделі траєкторії струменя, у цій роботі було розроблено спеціальний метод, який використовує експериментальні дані для сімейства траєкторій.

Проведена науково-дослідна робота з балістики струменів, заснована на досвідчених даних та підтверджена численними експериментами, дозволила вирішити задачу наведення струменя на вогнище загоряння за

заданими координатами та гасіння вогнища по заданій площі із заданою інтенсивністю зрошення.

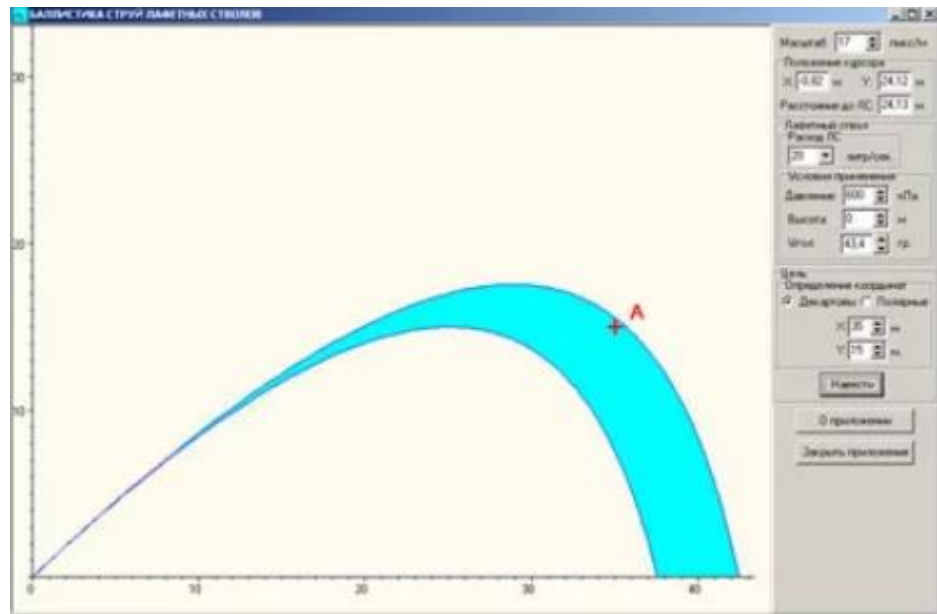


Рисунок 3.4 – Додаток для розрахунку траєкторій струменів та визначення кута наведення струменя до точки цілі.

Точність подачі струменя на вогнище загоряння за заданими координатами балістичної траєкторії залежить від зміни тиску в напірній мережі, а для зовнішніх установок - від швидкості вітру, що відхиляє струмись. Технічними рішеннями щодо Європатенту 2599525 «Automated FFC integrating a tv-system» у сповіщувач полум'я ІП 328/330-1-1 введено функцію визначення струменя щодо вогнища загоряння. Це дозволяє коригувати наведення струменя за розрахунковими даними для її балістичної траєкторії.

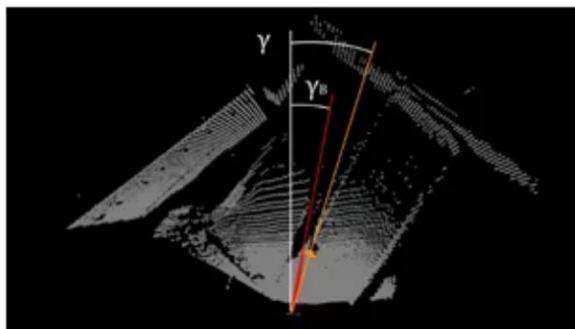
Роботизовані установки рекомендується використовувати для:

- всіх пожежонебезпечних об'єктів площею понад 1000 м<sup>2</sup>;
- високопрогонових будівель та споруд (ангари для літаків, виробничі цехи, спортивні комплекси та місця з масовим перебуванням людей);

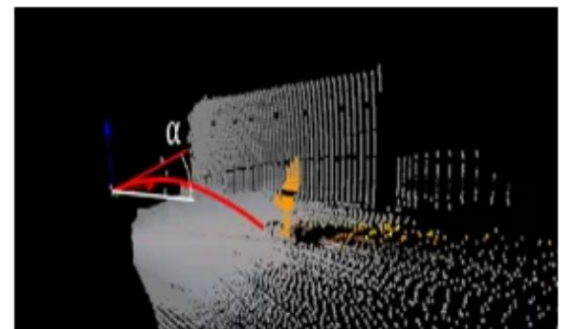
- зовнішніх об'єктів (резервуарні парки нафтопродуктів та зріджених газів, нафтові термінали та причали, вертодроми та ін.);
- охолодження металоконструкцій перекриттів пожежонебезпечних виробництв (машинні зали ТЕЦ, АЕС, ДРЕС)

В умовах експлуатації нафтогазовидобувних платформ за наявності вітрового впливу необхідно враховувати коригуючу складову при наведенні подачі водопінного струменя у вогнище загоряння.

З метою коригування наведення лафетних стволів для подачі водопінного струменя на вогнище горіння в умовах зовнішнього вітрового навантаження було проведено дослідження, в результаті яких було побудовано комплексовану систему технічного зору, що дозволяє оцінювати реальне відхилення струменя від заданого напрямку та вводити в алгоритм управління наведення стволів поправочні коефіцієнти представлені вище балістичні розрахунки струменів.



а)



б)

Рисунок 3.5 – Результат роботи прикладного програмного забезпечення щодо коригування наведення лафетного ствола

На рис. 3.5 наведено результати роботи створеного прикладного програмного забезпечення, що вирішує завдання визначення параметрів траєкторії струменя для керування лафетом по азимуту з використанням

горизонтальної проекції 3D-моделі (Рисунок 3.5 а) та піднесення з використанням вертикального перерізу 3D-моделі (Рисунок 3.5 б).

Дані методики використовуються в нових автоматичних системах пожежогасіння, що працюють в екстремальних умовах, небезпечних для життя людини, та в безлюдних технологіях, особливо важливих для об'єктів у малонаселених територіях Сибіру та Півночі, а також можуть застосовуватись для протипожежного захисту морських нафтовидобувних платформ.

У наш час комп'ютерних технологій пріоритет має бути за інтелектуальними рішеннями, що реагують на реальний розвиток подій і володіють функціями саморегулювання та гнучкістю перепрограмування. Завдяки значним еволюційним змінам у техніці та зниженню вартості електронних пристроїв до доступних споживчих цін пожежні роботи стають новим масовим продуктом пожежної автоматики, що вирішує завдання забезпечення пожежної безпеки у всіх сферах діяльності людини.

## ВИСНОВКИ

У нашому повсякденному житті, чи то промисловість, чи домашнє господарство, найчастіше трапляються нещасні випадки зі смертельним наслідком через пожежу. Це призводить як до людських втрат, і до втрати майна. Пожежі забирають життя ні в чому не винних людей по всьому світу щодня. Невелика кількість вогню здатна завдати шкоди величезній частині суспільства. Хоча детектори диму та пожежна сигналізація попереджають людей про небезпеку, вони часто не мають іншого вибору, окрім як вийти з будівлі та зателефонувати до пожежної служби. Враховуючи вищеперлічені факти стає відомо що очікування пожежників, щоб врятувати людей, не завжди може бути найкращим вибором. Сучасний будинок, склади паливно-мастильних матеріалів, кабельні тунелі, військові об'єкти, заклади освіти, автоматизоване виробництво та бізнес мають бути обладнані автоматичною системою пожежної безпеки. Боротьба з пожежами – це високотехнологічна професія, яка потребує великої підготовки та освіти, щоб стати професіоналом. Для цього кращим вибором буде автоматизована система пожежогасіння.

У цій дипломній роботі було розроблено автоматичну систему пожежогасіння та оповіщення про пожежу на базі Arduino. У цій системі використовувалися недорогі, надійні інструменти, які підходили для розробки і були доступні.

Переваги системи, розробленої на базі Arduino є те, що вона дуже гнучка: її за короткий термін можна переобладнати на більш дешеву сигналізацію, на стаціонарну систему пожежогасіння, або на більш дорогого робота-пожежного. Також можна додати додаткові функції, такі як протипожежні перешкоди, для запобігання розповсюдженню вогню під час пожежі з одного боку будівлі до іншої; можливо додати функцію перекриття вентиляційних отворів.

Ще одна перевага – це те, що розроблена автоматична система пожежогасіння на базі Arduino є більш дешева за деякі аналоги, але при цьому достатньо надійна у порівнянні з конкурентами.

Можливо використовувати різні основні гасячі речовини.

Для створення цієї роботи використовувалися широко поширені системи пожежної безпеки на ринку.

**ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. Макаров, С.Л. Arduino Uno и Raspberry Pi 3. От схемотехники к интернету вещей [Текст] / С.Л. Макаров. - М.: ДМК Пресс, 2018. - 204 с.: ил.
2. Proteus [Электроний ресурс]. - Режим доступа: <https://www.labcenter.com/> - Заглавие с экрана.
3. Arduino + [Электроний ресурс]. - Режим доступа: <https://arduinoplus.ru/avr-studio-sreda-razrabotki/>
4. Цариченко С.Г. Стан питання використання тонкорозпиленої води при гасінні пожеж // Алгоритм безпеки. – 2003. – №2. – С.14-16.
5. Пожаротушение. Программные комплексы систем автоматического водяного, пенного, аэрозольного и газового пожаротушения. – Харьков: АГЗУ, 2004. – 114 с.
6. М. С. Голубцов Микроконтроллеры AVR: от простого к сложному / М. С. Голубцов — М.: СОЛОН-Пресс, 2003. 288 с. — (Серия «Библиотека инженера»)
7. ARDUINO Workshop by John Boxall . –2013.
8. ARDUINO Cookbook, Second Edition by Michael Margolis 2012
9. Bantsi Massimo ARDUINO dlya nachinayuschikh volshebников M 2012 128s
10. Горбань Ю. И. Пожарные роботы и ствольная техника в пожарной автоматике и пожарной охране. // М. : Пожнаука, 2013. — 352 с.
11. Gorban Yu. I. Fire robots // Industrial Fire Journal. — 2016. — No. 103. P. 12-13.
12. Котов А.Г. Пожаротушение и системы безопасности. – К.: Репро-Графика, 2003. – 270 с.
13. .Абрамов Ю.А., Садковой В.П. Алгоритм синтеза систем автоматического пожаротушения // Науковий вісник будівництва. Вип.36. – Харків: ХТУБА, 2006. – С.199-202.

14. Садковой В.П., Абрамов Ю.А. Модели объекта управления системы водяного автоматического пожаротушения // Проблемы пожарной безопасности. Вып.20. – Харьков: УГЗУ, 2006. – С.74-81.
15. Блинов В.И., Худяков Г.Н. Диффузионное горение жидкостей. – М.: АН СССР, 1961. – 208 с.
16. Абрамов Ю.А. Основы пожарной автоматики. – Харьков: ХИПБ, 1993. – 288 с.
17. <http://www.armtecbrasil.com/index.php?pagina=clipping&id=170>.
18. <http://www.hizone.info/index.html?d=20070222>.
19. Arduino + [Электроний ресурс]. - Режим доступа: <https://arduinoplus.ru/avr-studio-sreda-razrabotki/>
20. Воронов, А.А. Основы теории автоматического управления: Особые линейные и нелинейные системы [Текст] / А.А. Воронов. - 2-е изд., перераб. - М.: Энергия. 1981. – 304с
21. Геращенко, О. А. Температурные измерения: Справочник [Текст] / О. А. Геращенко, А. Н. Гордов, Б. И. Стаднык, В. И. Лах, Я. Т. Луцик, Н. А. Ярышев, А. К. Еремина. – К.: Наук. думка, 1989. — 494 с.
22. What is Pyrometer : Working Principle and Its Types [Электроний ресурс]. - Режим доступа: <https://www.elprocus.com/what-is-pyrometer-working-principle-and-its-types>
23. Токарев, Л.Н. Физические процессы в электрических машинах и системах [Текст] / Л.Н. Токарев. - СПб: Литера, 2008. - 216 с.
24. Макаров, С.Л. Arduino Uno и Raspberry Pi 3. От схемотехники к интернету вещей [Текст] / С.Л. Макаров. - М.: ДМК Пресс, 2018. - 204 с.: ил.
25. Иващенко, Н.Н. Автоматическое регулирование. Теория и элементы систем: Учебник для вузов [Текст] / Н.Н. Иващенко. - М.: Машиностроение, 1978. - 736 с.
26. Proteus [Электроний ресурс]. - Режим доступа: <https://www.labcenter.com/> - Заглавие с экрана.

27. МРР-5.3-16 Системи протипожежної людини захисту та охоронної сигналізації. Інженерні людина системи. [Електронна людина ресурс] / Техексперт: Електронний фонд правової та нормативно-технічної документації; URL: <http://docs.cntd.ru/document/456036066>