

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Приладобудівний факультет  
Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю**

«До захисту допущено»  
В.о. завідувача кафедри  
\_\_\_\_\_ Галина БОГДАН

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

**Дипломний проєкт**  
**на здобуття ступеня бакалавра**  
**за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерно-інтегровані системи**  
**та технології в приладобудуванні»**  
**спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»**  
**на тему: «Автоматизована система розпізнавання пожежі на базі плати**  
**Arduino»**

Виконав:  
студент IV курсу, групи ПК-11  
Попов Владислав Олександрович \_\_\_\_\_

Керівник:  
доцент, к.т.н.  
Богдан Галина Анатоліївна \_\_\_\_\_

Рецензент:  
доцент, к.т.н.,  
Козир Олег Васильович \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті  
немає запозичень з праць інших авторів без  
відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

**Київ – 2025 року**

# ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

[illegible]

|           |             |       |      |                                 |                                                        |        |
|-----------|-------------|-------|------|---------------------------------|--------------------------------------------------------|--------|
|           |             |       |      | ДП ПК11 00.000.00               |                                                        |        |
|           | ПІБ         | Підп. | Дата | Відомість<br>дипломного проєкту | Лист                                                   | Листів |
| Розробн.  | Попов В.О.  |       |      |                                 | 1                                                      | 1      |
| Керівн.   | Богдан Г.А. |       |      |                                 | КПІ ім. Ігоря<br>Сікорського<br>Каф. АСНК<br>Гр. ПК-11 |        |
| Консульт. |             |       |      |                                 |                                                        |        |
| Н/контр.  |             |       |      |                                 |                                                        |        |
| Зав.каф.  |             |       |      |                                 |                                                        |        |

**Пояснювальна записка  
до дипломного проєкту  
на тему: «Автоматизована система розпізнавання  
пожежі на базі плати Arduino»**

**Київ – 2025 року**

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Приладобудівний факультет**

**Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

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

Освітньо-професійна програма «Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

\_\_\_\_\_ Галина БОГДАН

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проєкт студенту**

**Попову Владиславу Олександровичу**

1. Тема роботи «Автоматизована система розпізнавання пожежі на базі плати Arduino», керівник роботи Богдан Галина Анатоліївна, кандидат технічних наук, доцент, затверджені наказом по університету від «26» травня 2025 р. №1765-с
2. Термін подання студентом проєкту 1.06.2025
3. Вихідні дані до проєкту: розробка автоматизованої системи розпізнавання пожежі на базі плати Arduino.
4. Зміст пояснювальної записки
  1. Вступ
  2. Аналітичний огляд
  3. Розробка
  4. Висновки
  5. Список використаних джерел
5. Перелік ілюстративного матеріалу
  - 1 – Схема електрична структурна
  - 2 – Схема електрична функціональна

3 – Схема електрична принципова

4 – Плакат

5 - Алгоритм

7. Дата видачі завдання 01.02.2025

Календарний план

| № з/п | Назва етапів виконання дипломної роботи | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|-----------------------------------------|--------------------------------|----------|
| 1     | Формулювання завдання проекту           | 12.02.2025                     |          |
| 2     | Проведення аналітичного огляду          | 18.03.2025                     |          |
| 3     | Розробка                                | 21.04.2025                     |          |
| 4     | Розробка алгоритму роботи               | 10.05.2025                     |          |
| 5     | Подача ПЗ                               | 01.06.2025                     |          |
|       |                                         |                                |          |
|       |                                         |                                |          |
|       |                                         |                                |          |
|       |                                         |                                |          |

Студент

Владислав ПОПОВ

Керівник

Галина БОГДАН

## **Анотація**

В моєму дипломному проєкті було створено автоматизовану систему розпізнавання пожежі на базі плати Arduino. Метою даної роботи є забезпечення своєчасного виявлення загоряння за допомогою модуля датчика вогню та сповіщення користувача про вияв небезпеки.

У процесі дослідження було виявлено аналіз існуючих систем, також вияснено їхні плюси, мінуси. Вибір апаратного та програмного забезпечення був обміркований. Було створено електричні схеми даної системи, написано програмний код з метою обробки сигналів від модуля датчика вогню і виведення сповіщення в монітор порту в середовищі Arduino IDE . Далі система доповнена звуковим та візуальним сповіщенням за допомогою світлодіодів.

Згідно з результатами проведених досліджень система виявилась дієздатною. Вигідні технічні шляхи дали змогу розробити дану систему нескладну, доступну для використання в різних будівлях.

Робота складається з вступу, 3 розділів, висновків, 17 рисунків, 9 таблиць, списку використаних джерел із 9 позиції та додатків. Загальний обсяг роботи – 41 сторінка, з яких основна частина викладена на 30 сторінках.

**Ключові слова:** автоматизація, модульна система, сенсор вогню, пожежна система.

### **Annotation**

In my diploma project, an automated fire detection system based on the Arduino board was created. The purpose of this work is to ensure timely detection of fire using a fire sensor module and notify the user about the detection of danger.

In the process of research, an analysis of existing systems was revealed, their pros and cons were also clarified. The choice of hardware and software was considered. The electrical circuits of this system were created, a program code was written to process signals from the fire sensor module and output a notification to the port monitor in the Arduino IDE environment. Then the system was supplemented with sound and visual notification using LEDs.

According to the results of the research, the system turned out to be operational. Beneficial technical methods made it possible to develop this system simple, accessible for use in various buildings.

The work consists of an introduction, three chapters, conclusions, 17 figures, 9 tables, a reference list with 9 sources, and appendices. The total length is 41 pages, of which 30 pages comprise the main part.

Keywords: automation, modular system, flame sensor, fire alarm system.

## Зміст

|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП .....                                                                | 9  |
| ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ .....                                                    | 10 |
| РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ВИЯВУ ВОГНЮ .....              | 11 |
| 1.1. Загальна інформація щодо систем пожежної сигналізації .....           | 11 |
| 1.3. Компоненти систем вияву пожежі .....                                  | 14 |
| 1.4. Постановка технічного завдання .....                                  | 23 |
| Висновки до 1 Розділу .....                                                | 24 |
| РОЗДІЛ 2. ВИБІР ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ .....                                      | 26 |
| 2.1. Пояснення вибору системи на базі Arduino .....                        | 26 |
| 2.3. Вибір компонентів та їх опис .....                                    | 28 |
| Висновки до 2 розділу .....                                                | 33 |
| РОЗДІЛ 3. АЛГОРИТМ РОБОТИ ТА СТВОРЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ ..... | 34 |
| 3.1. Створення електричної принципової схеми .....                         | 34 |
| 3.2. Алгоритм, його опис та код програми .....                             | 34 |
| Висновки до 3 розділу .....                                                | 39 |
| ВИСНОВКИ .....                                                             | 40 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....                                           | 41 |

|             |             |      |       |      |                                                                   |                   |      |         |
|-------------|-------------|------|-------|------|-------------------------------------------------------------------|-------------------|------|---------|
|             |             |      |       |      | <b>ДПБ ПК-11.02.1760.00.000.ПЗ</b>                                |                   |      |         |
| Змн.        | Ар          | № до | Підпи | Дата |                                                                   |                   |      |         |
| Розробив    | Попов В     |      |       |      | Автоматизована система розпізнавання пожежі на базі плати Arduino | Літ.              | Арк. | Акрушів |
| Перевір.рев | Богдан Г.А. |      |       |      |                                                                   |                   | 8    |         |
| Реценз.     |             |      |       |      |                                                                   | <b>ПБФ, ПК-11</b> |      |         |
| Н. Контр.   |             |      |       |      |                                                                   |                   |      |         |
| Затверд.    | Богдан Г.А. |      |       |      |                                                                   |                   |      |         |

## ВСТУП

Сучасне суспільство потребує високі вимоги до забезпечення життєдіяльності, найбільш всього в галузі виникнення надзвичайних ситуацій та завчасного вияву вогню. Кожного року виникає велика шкода, створена через вогонь, може загрожувати здоров'ю та життю людей. Через це необхідно створити недорогу, вигідну систему вияву вогню.

Одним із варіантів вирішення цього питання є використання мікроконтролерів та сенсорних модулів, що можуть створити комбіновані, зручні пристрої з величезними параметрами. В даному випадку платформа Arduino стала найбільш популярним вибором через свою доступність, нескладному програмуванню та наявністю великої кількості компонентів.

Метою мого дипломного проекту є створення системи, яка здатна виявити раптову пожежу завдяки таким компонентам, як мікроконтролер Arduino та модуль датчика вогню. Система має завчасно виявити вогонь та в разі необхідності сповістити користувача та надіслати відповідні сигнали, повідомлення.

Після створення даного проекту було визначено аналіз систем виявлення вогню, розглянуто апаратне та програмне забезпечення подальших приладів.

В результаті створення проекту виявилась модель, яка здатна виявити полум'я в разі необхідності, має змогу застосовуватись в різних приміщеннях, підприємствах, будівлях, як засіб пожежної безпеки.

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ПС – пожежний сповіщувач;

СО – система оповіщення;

LED BLUE – світлодіод синього кольору;

LED RED – світлодіод червоного кольору;

ІЧ – інфрачервоний;

|      |      |          |        |      |                                    |           |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------------|-----------|
|      |      |          |        |      | <b>ДПБ ПК-11.02.1760.00.000.ПЗ</b> | Арк.      |
|      |      |          |        |      |                                    |           |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                    | <b>10</b> |

# РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ВИЯВУ ВОГНЮ

## 1.1. Загальна інформація щодо систем пожежної сигналізації

Пожежі – одна з найбільш небезпечних загроз, які можуть з’явитися в побутовому, промисловому середовищі. Їх небезпека являє собою знищення майна, а також здоров’я, навіть людського життя. Через подібні ситуації людство потребує в створенні систем пожежної сигналізації, призначення яких полягає у завчасному виявленні загоряння, попередження людей про раптову ситуацію. Дані системи є найважливішим чинником з метою забезпечення протипожежної безпеки в різних приміщеннях, будівлях.

Завданнями даної системи полягають у: вияву вогню, задимлення; сповіщення людства про раптову пожежу за допомогою звукового, візуального сигналу; запуск в дію систем знищення вогню, якщо є.

Функціями та призначеннями системи є:

- Вияв загоряння (тобто підвищення температури, поява диму, газу);
- Оповіщення людей про небезпеку (попередження людей світловими та звуковими пристроями, наприклад, сирена, індикатор, голосове повідомлення);
- Евакуація (виведення людей в безпечне місце);
- Передача сигналу (надання інформації до диспетчера, служби порятунку) [2];

В свою чергу системи оповіщення діляться на::

- локальне (застосовується при таких пристроях, як: сирени та світлові оповіщувачі);
- текстове оповіщення (надсилаються повідомлення за допомогою мобільного зв’язку, інтернету);
- зв’язок з пультом централізованого спостереження (застосовуються цифрові протоколи по дротових або бездротових каналах) [9].

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДПБ ПК-11.02.1760.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                             | 11   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             |      |

## 1.2. Типи систем вияву вогню

Наведемо різні типи систем вияву вогню у формі таблиці 1.1:

Таблиця 1.1 [2].

Типи систем вияву вогню

| Тип системи            | Опис                                                                                                                                                                                                                             | Приклади систем                     |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Адресна                | Кожен датчик має персональну адресу, за допомогою якої можна визначити точне місце виникнення пожежі. Найбільш ефективний для великих будівель                                                                                   | Tiras Technologies, СКБ Електронмаш |
| Адресні-аналогові      | На відміну від попереднього типу, можна отримати також певні параметри, а саме: дим, температура.                                                                                                                                | Honeywell Notifier, MAVILI          |
| Неадресні системи      | Якщо значення сигналу перевищує порогове значення, відбувається сповіщення, але без можливості визначення точного місця виникнення пожежі. Застосовується в невеликих об'єктах. Це можуть бути школи, дитсадки, малі приміщення. | Tiras Technologies, Рубіж           |
| Автономні системи      | Працюють окремо, не під'єднанні до пульта управління. Призначені для квартир, приватних будинків, малих приміщень.                                                                                                               | Kidde, First Alert                  |
| Централізована система | Є під'єднання до централізованого пульта, миттєва реакція на раптову пожежу, активуються системи по знищенню вогню, забезпечена евакуація людей. Застосовують на виробництві.                                                    | Tiras Technologies, Mavigard        |

В Таблиці 1.2 наведено порівняння технічних характеристики розглянутих систем виявлення пожежі

Таблиця 1.2.

Порівняння технічних характеристик систем виявлення пожежі

| Вимоги                                      | Адресна                                             | Адресно-аналогова | Неадресна                       | Автономна          | Централізована система сповіщення |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------|---------------------------------|--------------------|-----------------------------------|
| Точність визначення місця виникнення пожежі | Висока                                              | Дуже висока       | низька                          | середня            | відсутня                          |
| Надання інформації                          | низька                                              | висока            | низька                          | Низька             | відсутня                          |
| Вартість                                    | дорога                                              | Дуже дорога       | дешева                          | Дуже дешева        | середня                           |
| Установка                                   | складна                                             | складна           | проста                          | Дуже проста        | складна                           |
| Якість обслуговування                       | середня                                             | складна           | проста                          | Дуже проста        | середня                           |
| Сфера застосування                          | Промислові підприємства, торгово-розважальні центри | Великі об'єкти    | Школи, садки, офісні приміщення | Житлові приміщення | всюди                             |

Можна зробити висновок, що для житлових будинків оптимальним буде використання простих (неадресних) систем, а для складних інфраструктурних об'єктів доцільніше використовувати централізовані системи.

На мою думку, найкращим типом системи є адресно-аналоговий тип системи завдяки своїй точності, затребуваності. На відміну від адресних, даний тип систем відслідковує зміну параметрів оточуючого середовища, окрім місця загоряння. Дуже затребуваний для великих об'єктів. Проте для малих рішень достатньо буде автономних систем завдяки тому, що вони дешеві, нескладні у встановленні.

У контексті створення автоматизованої системи розпізнавання пожежі на базі плати Arduino, доцільно орієнтуватися на архітектурну модель, наближену до адресно-аналогової системи. Зважаючи на можливості Arduino щодо обробки аналогових сигналів від температурних, димових чи полум'яних датчиків, можна реалізувати моніторинг змін фізичних параметрів середовища в режимі реального часу.

Таке рішення дозволяє досягти:

- підвищеної точності виявлення завдяки використанню кількох типів сенсорів;
- адресації зон або точок виявлення, якщо кожен датчик буде асоційовано з конкретною ділянкою;
- низької вартості системи у порівнянні з комерційними аналогами;
- гнучкості інтеграції з GSM-модулями, модулями Wi-Fi або Ethernet для передачі сигналу тривоги.

### 1.3. Компоненти систем вияву пожежі

Більшість сучасних систем пожежної сигналізації складаються з комплексу різноманітних сенсорів, кожен з яких виконує специфічну функцію виявлення ознак пожежі. Нижче наведено розширений опис основних типів сповіщувачів:

1. Димові сповіщувачі. Призначені для виявлення присутності диму в повітрі. Поділяються на:

- Оптичні (фотоелектричні) (рис. 1.1 та 1.2): працюють за принципом розсіювання або переривання інфрачервоного/лазерного променя димовими

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДПБ ПК-11.02.1760.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                             | 14   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             |      |

частинками. Добре виявляють тліюче займання. Вони найбільш популярні в місцях швидкоутворюючих дим. Прикладом можуть бути: склади тканин, деревини [3].

- Іонізаційні: визначають зміну електропровідності повітря, викликану димом. Швидко реагують на полум'яне займання, проте чутливі до пилу.

- Аспіраційні: постійно відбирають повітря і аналізують його за допомогою чутливого оптичного модуля. Високоточні.

2. Теплові сповіщувачі. Реагують на підвищення температури повітря. Діляться на:

- Максимальні: активуються при досягненні певного температурного порогу.

- Диференціальні: спрацьовують при швидкому зростанні температури.

- Комбіновані: об'єднують обидва типи для більшої точності.

3. Світлові (ультрафіолетові або інфрачервоні). Використовуються для виявлення випромінювання полум'я у спектральному діапазоні.

4. Газові сповіщувачі. Призначені для виявлення горючих, токсичних або інших газів (CO, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S тощо).

5. Ручні сповіщувачі (тривожні кнопки). Дозволяють вручну активувати сигнал тривоги у разі виявлення пожежі.

6. Комбіновані сповіщувачі [2]. Об'єднують кілька принципів виявлення (наприклад, дим + тепло, дим + CO). Забезпечують підвищену достовірність тривоги та зменшують ризик хибного спрацювання. Часто використовуються в сучасних інтелектуальних системах виявлення пожеж.



Рис. 1.1. Оптичний сповіщувач [6]

В таблиці 1.3 наведено технічні характеристики оптичного сповіщувача.

Таблиця 1.3 [6].

Технічні характеристики оптичного сповіщувача

|                               |              |
|-------------------------------|--------------|
| Чутливість, дБ/м              | 0,05 - 0,2   |
| Напруга, В                    | 9-30         |
| Струм при режимі «ПОЖЕЖА», мА | 5-30         |
| Опір при режимі «ПОЖЕЖА», Ом  | 500          |
| Час готовності, с             | 30           |
| Діапазон температур, °С       | -10 ... + 55 |
| Виробник                      | Артон        |

Фотоелектричні детектори диму застосовують світло, щоб виявити дим. Реакція даних ПС набагато швидша, ніж у оптичних. Найбільш всього застосовується на кухнях [3].

Нижче на рисунку 1.2. можна побачити вигляд фотоелектричного детектору диму.



Рис. 1.2. Фотоелектричний детектор [3]

Фотоелектричний ПС має будову, наведену на рисунку 1.3.

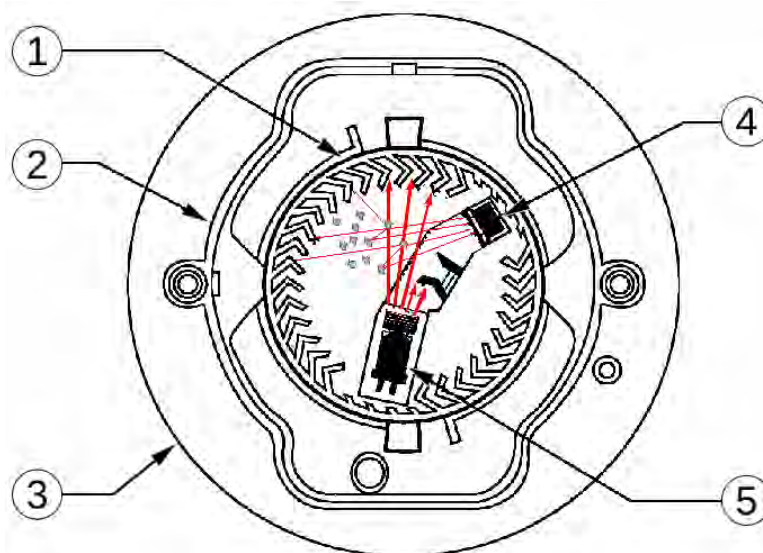


Рис. 1.3. Будова фотоелектричного ПС [1]

1. Оптична камера.
2. Кришка.
3. Корпус.

4. Фотодіод.
5. Інфрачервоний діод [1].

Іонізаційні детектори, на відмінну від фотоелектричних, вимірюють рівень іонів навколишнього середовища. Застосовується в хімічно активних середовищах [3].

Принцип роботи іонних сповіщувачів полягає в наступному: якщо оповіщувач відчув дим, відбувається іонізація повітря, виникнення електричного струму. Зменшення сили струму сигналізує про ознаки наявності пожежі [4].



Рис. 1.4. Іонні сповіщувачі [4].

Теплові датчики застосовують з метою виявлення підвищеної температури. Принцип роботи полягає у наступному: якщо значення перевищено порогу температури, звучить сигнал, відбувається сповіщення [3]. Призначення полягає у виявленні вогню в вакуумних приміщеннях.



Рис. 1.5. Тепловий сповіщувач [5].

В таблиці 1.4 наведено технічні характеристики теплового сповіщувача.

Таблиця 1.4 [5].

Технічні характеристики теплового сповіщувача

|                               |              |
|-------------------------------|--------------|
| Напруга, В                    | 17 - 28      |
| Струм при режимі “Пожежа”, мА | 1,8 – 2,3    |
| Опір, Ом                      | 0,2          |
| Температура, °С               | -10 ... + 55 |
| Виробник                      | Іста         |

Газові датчики застосовують з метою виявлення газів, наприклад, чадний газ. Найбільш всього застосовують в промисловості [3].

Розглянемо будову та принцип дії даного сповіщувача.

Головною складовою газового ПС є сенсор. Він перетворює концентрацію певного газу в електричний сигнал. Коли газ потрапляє на поверхню датчика, змінюється електрична характеристика, датчик спрацьовує [1].

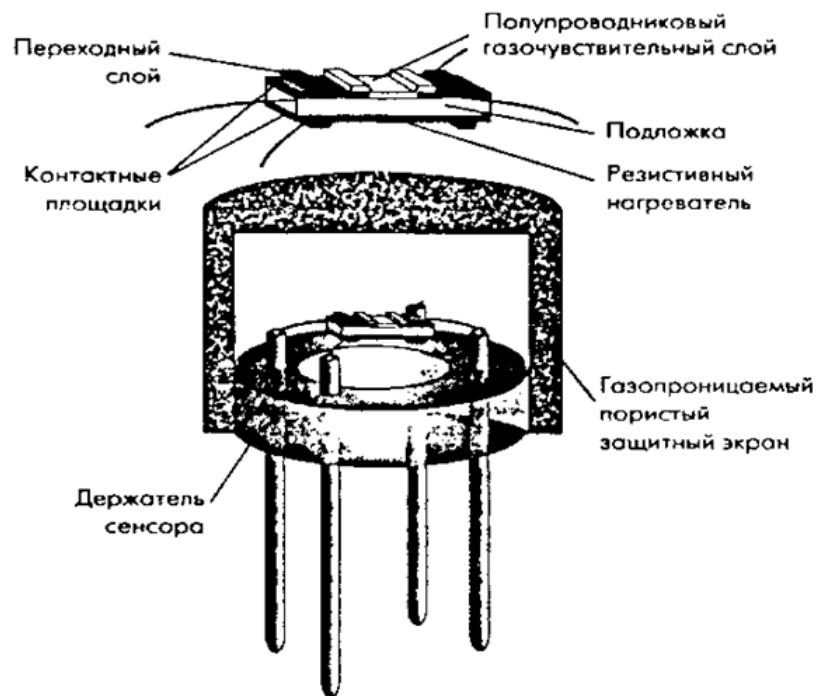


Рис. 1.6. Будова газодетектора [1]



Рис. 1.7. Газовий сповіслювач [1]

В таблиці 1.5. наведено технічні характеристики газового сповіслювача.

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДПБ ПК-11.02.1760.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                             | 20   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             |      |

Таблиця 1.5[1].

Технічні характеристики газового сповіщувача

|                         |                                   |
|-------------------------|-----------------------------------|
| Напруга, В              | 12                                |
| Режим роботи            | неперервний                       |
| Проміжок температур, °С | -10...+55                         |
| Час реакції             | За СО – 12 хв<br>За теплом – 2 хв |

В таблиці 1.6 наведено характеристики сповіщувачів.

Таблиця 1.6.

Порівняльна характеристика типів сповіщувачів

| Тип сповіщувача      | Принцип дії                                                     | Переваги                                                          | Недоліки                                                    | Час реакції        | Стійкість до хибних спрацювань | Типові місця використання                            | Стандарти виготовлення                          |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Димовий оптичний     | Виявлення диму шляхом розсіювання світла у видимому спектрі     | Простий, недорогий, чутливий до тліючих пожеж                     | Може хибно спрацьовувати від пилу, пару                     | Середній (10–30 с) | Середня                        | Житлові будинки, офіси, школи                        | EN 54-7, UL 268                                 |
| Димовий аспіраційний | Відбір повітря через трубопровід з аналізом за допомогою лазера | Дуже висока чутливість, раннє виявлення, працює в складних умовах | Висока вартість, потребує калібрування та обслуговування    | Високий (до 5 с)   | Висока                         | Серверні, музеї, промислові об'єкти з чистими зонами | EN 54-20, UL 268                                |
| Димовий іонізаційний | Визначення змін електропровідності повітря між електродами      | Швидко реагує на полум'яні пожежі, компактний                     | Неефективний при тліючому горінні, залежність від вологості | Високий (5–15 с)   | Низька                         | Кухні, машинні приміщення, складські зони            | EN 54-7 (обмежено), застарілий у деяких країнах |

|      |      |          |        |      |
|------|------|----------|--------|------|
|      |      |          |        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

ДПБ ПК-11.02.1760.00.000.ПЗ

Арк.

21

|                   |                                                                                |                                                                           |                                                                    |                       |                      |                                                      |                           |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------|------------------------------------------------------|---------------------------|
| Тепловий          | Реєстрація температури або її швидкого зростання                               | Простий, довговічний, не реагує на пил чи дим                             | Пізнніше виявлення, не реагує на тління без підвищення температури | Низький (30–90 с)     | Висока               | Паркінги, котельні, промислові кухні                 | EN 54-5, UL 521           |
| Світловий (УФ/ІЧ) | Детекція випромінювання полум'я в ультрафіолетовому або інфрачервоному спектрі | Миттєве виявлення відкритого полум'я, підходить для небезпечних середовищ | Дорожчі, можуть спрацювати на блискавку, сонце, електрозварювання  | Дуже високим (до 3 с) | Висока (з фільтрами) | Заправки, склади ЛЗР, авіація, хімічна промисловість | EN 54-10, FM 3260, UL 268 |

Було зроблено порівняльну характеристику різних типів сповіщувачів. Перед тим, як обрати нам сповіщувач, нам необхідно врахувати такі параметри, як: середовище, цілі, вимоги.

Для побуту та офісу більше підійде оптичний димовий сповіщувач, його легко встановити, якісно обслуговується. Добре чутливий до загоряння.

Для критичної інфраструктури більш доцільно використати такі системи, як: аспіраційні системи, які здатні реагувати до задимлення; комбіновані, які більш надійні.

Для складів та виробництв підійдуть теплові, вони менш чутливі до пилу, пари.

Для широких просторів, тобто ангари, автозаправочні станції дуже підходять світлові сповіщувачі, здатні виявити ІФ випромінювання. Швидко реагують на раптовий вогонь, який може відбутися в результаті вибуху.

Для приміщень з раптовим витоком газу застосовують газові сповіщувачі. Ручні сповіщувачі потрібні для ручної активації вияву вогню.

Проаналізувавши кожний тип сповіщувач, стає зрозуміло, що кожен особливий по-своєму, застосовується в різних галузях. Найбільш вигідним варіантом є комбінований сповіщувач, він містить у собі поєднання кількох

способів вияву пожежі, а саме: дим, газ, температура. Вони дуже чутливі, низька кількість хибних реакцій, похибок.

У моєму дипломному проєкті доцільно комбінувати кілька сенсорів (наприклад, дим + температура + газ) для створення бюджетної, але багатофункціональної системи раннього виявлення пожежі, що поєднує переваги різних типів детекторів, підвищуючи достовірність тривоги і знижуючи ризик помилкових спрацювань.

#### 1.4. Постановка технічного завдання

На підставі проведеного аналітичного огляду можна створити систему, яка матиме змогу розпізнавати вогонь на базі плати Arduino. Також будуть присутні дешеві та доступні компоненти, головний із яких є модуль датчика вогню.

Метою мого проєкту є створення доступної, ефективної системи, яка швидко, своєчасно сповістить користувача про раптову пожежу.

Завданнями будуть:

- вибір необхідних складових даної системи;
- розробка різних схем, а саме: структурна, функціональна, принципова;
- написання коду для взаємодії з модулем датчика вогню;
- швидка реакція на вияв вогню;

Дана система призначена для вияву вогню в межах кімнати.

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДПБ ПК-11.02.1760.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                             | 23   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             |      |

## Висновки до 1 Розділу

У першому розділі дипломного проєкту було проведено аналітичний огляд існуючих типів систем пожежної сигналізації, з урахуванням їхніх принципів дії, технічних характеристик, переваг і недоліків, а також галузей застосування. Отримані результати дозволяють сформулювати наступні ключові висновки:

Системи пожежної сигналізації є критично важливими інженерними рішеннями для попередження, раннього виявлення та реагування на займання. Вони дозволяють мінімізувати матеріальні збитки, захистити життя людей та забезпечити своєчасну евакуацію.

Розглянуто п'ять основних типів систем: неадресні, адресні, адресно-аналогові, автономні та централізовані. Кожна з них має свої сфери застосування: автономні системи — для побуту; неадресні — для невеликих об'єктів; адресні та адресно-аналогові — для великих і технічно складних об'єктів. централізовані — для підприємств із високими вимогами до безпеки.

Вивчено основні типи пожежних сповіщувачів: димові (оптичні, іонізаційні, аспіраційні), теплові, світлові (УФ/ІЧ), газові, ручні та комбіновані. Порівняння показало, що комбіновані сповіщувачі мають найвищу ефективність завдяки інтеграції кількох каналів виявлення, що суттєво знижує ймовірність хибного спрацювання.

У дипломному проєкті обґрунтовано доцільність використання архітектури, наближеної до адресно-аналогової системи, з реалізацією на базі Arduino. Це дозволяє забезпечити: аналіз динаміки зміни параметрів середовища (дим, температура, гази); низьку вартість розробки; розширення функціональності за рахунок додаткових модулів (GSM, Wi-Fi, Bluetooth).

Сформульовано технічне завдання, яке передбачає створення компактної, ефективної системи на основі Arduino, з метою її використання в навчальних, демонстраційних або побутових умовах.

Таким чином, проведений аналіз підтверджує доцільність застосування гнучких, доступних рішень для виявлення пожежі, заснованих на сучасних

|      |      |          |        |      |                                    |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>ДПБ ПК-11.02.1760.00.000.ПЗ</b> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                    | 24   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                    |      |

мікроконтролерах. Обрана концепція дозволяє реалізувати систему, що поєднує надійність, функціональність і економічну ефективність.

|      |      |          |        |      |                                           |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i><b>ДПБ ПК-11.02.1760.00.000.ПЗ</b></i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                           |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                           | 25   |

## РОЗДІЛ 2. ВИБІР ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ

### 2.1. Пояснення вибору системи на базі Arduino

Для того, щоб створити дану систему, яка здатна виявити вогонь, вирішено обрати плату Arduino. Це зумовлено наявністю технічних, дешевих, доступних переваг, завдяки яким Arduino найбільш вигідне рішення для створення системи вияву вогню з малим функціоналом.

Аргументи вибору системи на базі Arduino:

- доступність платформи (апаратне та програмне забезпечення є у відкритому доступі, дають можливість виконати завдання під певні вимоги користувача);
- дешева ціна (Arduino є в наявності);
- забезпечення сенсорів, датчиків;
- нескладне для застосування та початкового вивчення.

### 2.2. Створення структурної та функціональної схеми

На рисунку 2.1 наведено типову структурну схему звичайної системи вияву вогню.



Рис. 2.1. Типова структурна схема системи вияву вогню

Містить у собі такі складові, як: мікроконтролер Arduino, до нього підключено живлення, сповіщувачі, оповіщення за допомогою світломиготіння та звуку тривоги. Кількість сповіщувачів, які одночасно можна підключити обмежена технічними можливостями обраного мікроконтролера.

На рисунку 2.2 можна побачити структурну схему нашої системи вияву вогню, яка створена на основі мікроконтролера Arduino.

надається за запитом до авторів

Рис. 2.2. Структурна схема системи на основі Arduino

Система складається з таких компонентів, як: блок живлення (через порт USB типу B), акумулятор від комп'ютера, блок управління пищалкою та світлодіодами, блок зв'язку. Дана схема дає можливість створити нам дешеву, доступну систему, яка буде здатна виявити раптову пожежу.

На рис. 2.3. зображена функціональна схема системи для виявлення пожежі.

надається за запитом до авторів

Рис. 2.3. Функціональна схема системи на основі Arduino

Дана схема показує принцип дії системи, що здатна виявити вогонь. Система складається з певних складових, перелік яких наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1.  
Характеристика складових

| Компонент           | Опис                                                                                            |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Датчик диму         | Реагує на дим в навколишньому середовищі                                                        |
| Датчик чадного газу | Виявляє на шкідливий газ, виділений в процесі горіння                                           |
| Датчик температури  | Активний при підвищенні температурного порогу                                                   |
| Arduino             | Є головним елементом даної системи. Він приймає сигнали, опрацьовує та передає на інші складові |

|                                  |                                                                                                               |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Звуковий та світловий сповіщувач | Є можливість сповістити про пожежу за допомогою звукової та світлової сигналізації.                           |
| Керування реле                   | Дає можливість підключити додаткові засоби пожежогасіння, або додаткові пристрої.                             |
| Блок живлення                    | Підтримує та подає живлення до всіх складових нашої системи. Зазвичай це акумулятор, наприклад, від ноутбуку. |

### 2.3. Вибір компонентів та їх опис

Дана система має виявляти відкритий вогонь за допомогою модуля датчика вогню, підключений до плати Arduino Uno. Даний датчик призначений для вияву вогню в межах невеликого приміщення, тобто кімнати, з метою запобігання пожежі.

Основними складовими є:

- Модуль датчика вогню – виявляє вогонь за допомогою ІЧ випромінювання;
- Arduino Uno – приймає та передає сигнали;
- Система оповіщення – відбувається сповіщення про пожежу за допомогою звукового та світлового сигналу.

Для створення системи обрано доступні, дешеві компоненти, здатні безперешкодно взаємодіяти між собою. Найголовнішим з усіх компонентів є плата Arduino Uno R3.



Рис. 2.4. Плата Arduino UNO R3 [7]

Таблиця 2.2 [7].

Характеристики плати Arduino UNO R3

|                      |            |
|----------------------|------------|
| Мікроконтролер       | АТmega328P |
| Напруга звичайна     | 5 В        |
| Цифрові входи/виходи | 14         |
| Аналогові входи      | 6          |
| Частота              | 16 МГц     |

Дана плата живиться від USB живлення, або від зовнішніх джерел. В моєму випадку від USB.

USB порт має тип В, зазвичай кабель даний використовується для принтера [7].

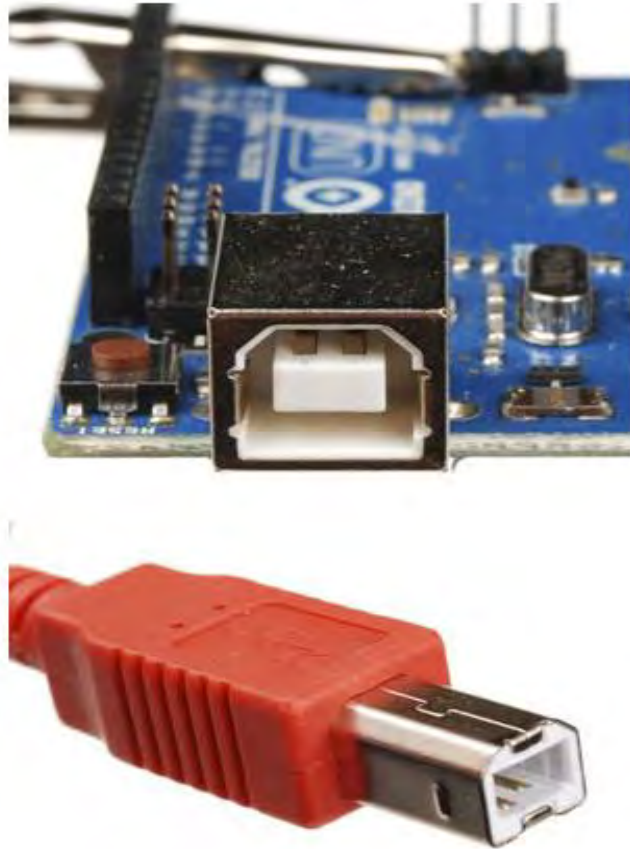


Рис. 2.5. Порт, кабель типу USB-B [7]

Платформа працює при напрузі в діапазоні від 6 до 20 В. При напрузі нижче 7 В робота слабка, при напрузі більше 12 В відбудеться перегрів. Тому краще всього застосувати діапазон від 7 до 12 В, тобто 9 В. Arduino споживатиме 5 В, решта буде застосовано для інших складових [7].

Наступний, не менш важливий компонент, є модуль датчика вогню.

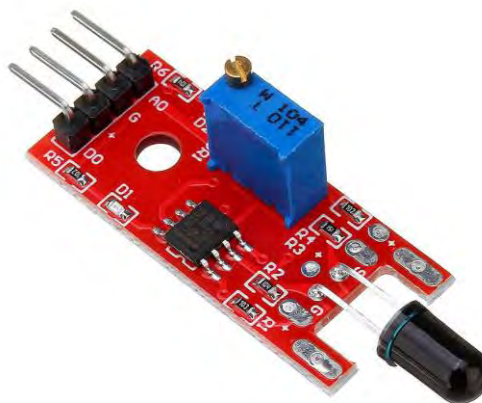


Рис. 2.6. Модуль датчика вогню [8]

Даний датчик здатний реагувати на ІЧ випромінювання. Має чутливість до хвиль, які мають довжину в діапазоні від 760 нм до 1100 нм. Пристрій має аналоговий та цифровий вихід. Також на платі розташовано два світлодіоди – один означає живлення, тобто система підключена до плати Arduino, інший – вихід з компаратора через вияв вогню [8]. Чутливість можна регулювати за допомогою вбудованого потенціометра, синій квадратний елемент з круглою головкою. Потенціометр має проріз, куди можна вставити плоску викрутку для обертання. Якщо обертати за годинниковою стрілкою, чутливість буде збільшуватися, тобто спрацює при слабкому вогні. Якщо проти – то навпаки.

Також користувачу потрібно отримати попередження про наявність пожежі. Було використано активний динамік (buzzer). Інколи його ще називають "піщалка".

В таблиці 2.3 наведено технічні характеристики динаміка



Рис. 2.7. Активний динамік [9]

Таблиця 2.3 [9].

Характеристики динаміка

|          |         |
|----------|---------|
| Живлення | 5 В     |
| Частота  | 2,3 кГц |
| Діаметр  | 12 мм   |
| Струм    | 30 мА   |
| Висота   | 9.6 мм  |

Також було застосовано світлодіоди двох кольорів, червоний та синій. Вони допомагають візуально виявити раптову подію. Червоний вмикається в разі вияву вогню, а синій означає нормальну роботу, очікування.

Для того, щоб обмежити струм до безпечного рівня, були застосовані резистори номіналом 220 Ом в коло кожного світлодіода. Це допоможе уникнути їх перегрівання, а також продовжить термін служби.

Другорядними елементами нашої системи є: макетна плата, набір перемичок типу тато-тато, мама-тато з метою з'єднання всіх необхідних компонентів між собою.

## Висновки до 2 розділу

У другому розділі було обґрунтовано вибір апаратно-програмної платформи для побудови прототипу системи виявлення пожежі, розглянуто структурну й функціональну архітектуру рішення, а також детально описано вибрані компоненти.

Було обрано Arduino, як центральне ядро системи для виявлення пожежі. Arduino Uno R3, побудована на мікроконтролері ATmega328P, обрана завдяки: відкритому коду та апаратному забезпеченню; простоті підключення датчиків та модулів; низькій вартості при достатній функціональності для побутових і навчальних завдань.

Створено структурну та функціональну схеми, які демонструють логіку взаємодії всіх компонентів: сенсорна частина (датчики диму, температури, вогню); модуль Arduino як центр обробки інформації; блок оповіщення (звук + світло); можливість підключення додаткових пристроїв через реле (наприклад, вентиляція або автоматичне пожежогасіння).

Усі елементи системи — світлодіоди, динамік, резистори, джерело живлення, макетна плата — доступні, стандартизовані й легко замінювані. Це гарантує простоту складання, тестування та масштабування.

Обрано оптимальний діапазон живлення (7–12 В) для забезпечення стабільної роботи всієї системи без ризику перегріву або зниження напруги, що особливо актуально при використанні батарей або адаптерів.

## РОЗДІЛ 3. АЛГОРИТМ РОБОТИ ТА СТВОРЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

### 3.1. Створення електричної принципової схеми

Згідно з обраних функціональної та структурної схем та принципом їх роботи можна почати розробку схеми електричної принципової. Після аналізу та розробки нормуючого пристрою, була розроблена наступна принципова схема. На схемі електричній принциповій зображено мікроконтролер Arduino UNO REV3, до якого під'єднані датчик вогню KY-026, звуковий пристрій CST-951AP, до якого під'єднаний резистор номіналом 100 Ом, світлодіоди червоного та синього кольорів, кожен з яких має номінал 220 Ом.

Зображення схеми можна побачити на рисунку 3.1.

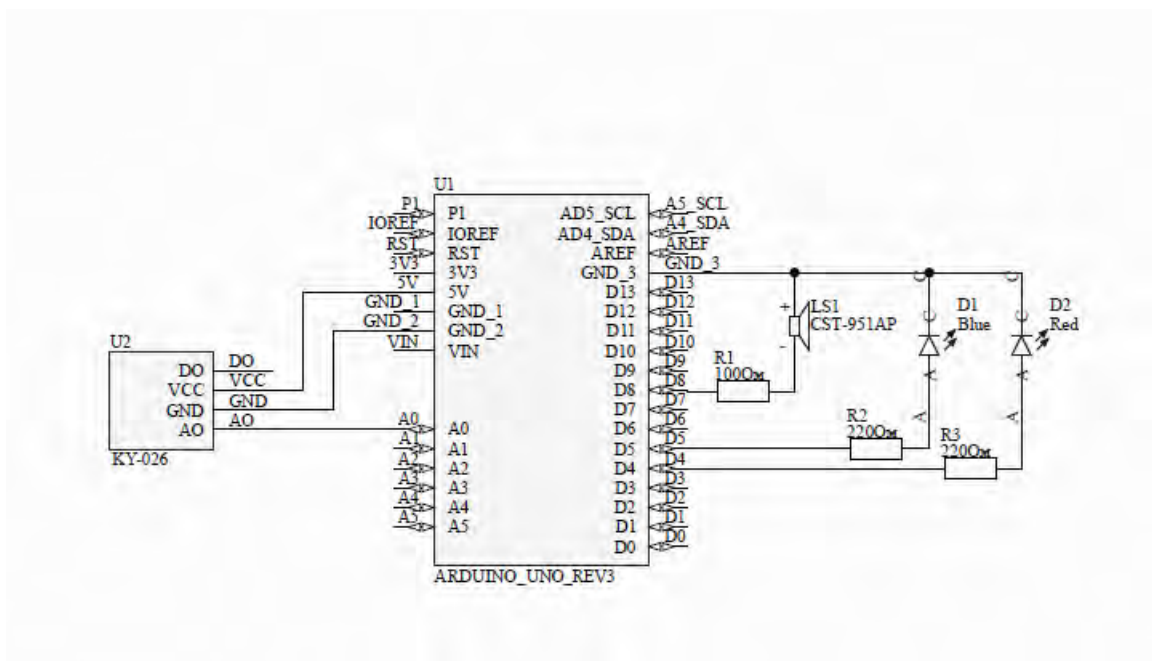


Рис. 3.1. Схема електрична принципова

### 3.2. Алгоритм, його опис та код програми

На рис. 3.2. наведено алгоритм роботи системи.

надається за запитом до авторів

Рис. 3.2. Алгоритм роботи даної системи

Опишемо принцип роботи нашої системи.

1. Початок дії нашої системи.

Після того, як запускається мікроконтролер, необхідно надати змінним початкового значення. Кожним портам Arduino надати входи для датчика та виходи для сигналізації пищалки та світлодіодів. Змінні k надаємо 0.

2. Зчитування значень з датчика

Необхідно виконати перевірку. Якщо  $ADC > 1024$ , пищалка видає помилку, потім кінець алгоритму. Якщо навпаки, рухатися можна далі.

Необхідно перевірити чи  $ADC = 0$ . Якщо так, треба присвоїти N та Y відповідні значення, 1 та 38. Якщо навпаки, перевіряємо тип ( $TYPE = 0$ ). Відповідно, якщо дорівнює, BUZZER = OK, у випадку протилежному виходить помилка.

3. Процес збільшення значень

Відбувається збільшення значень змінної k. Треба порівняти  $ADCK > Y$ . У випадку ні відбувається поступове підвищення порогу. В іншому випадку вмикається реле, яке керує сиреною.

4. Завершення алгоритму.

Опишемо покроково код нашої системи.

1. Першим етапом в написанні буде створення змінних, ініціалізація.

*const int flamePin = A0;*

*const int buzzerPin = 8;*

*const int redLed = 4;*

*const int blueLed = 5;*

*const int threshold = 20;*

- flamePin — використання аналогового входу, до нього підключено модуль датчика вогню.

- buzzerPin — підключено до цифрового виходу 8.

- redLed, blueLed — виходи червоного, синього світлодіодів, відповідно кожен з яких підключений до 4 та 5 цифрового виходу.

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДПБ ПК-11.02.1760.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                             | 35   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             |      |

- threshold = 20 — певне значення, якщо буде менше заданого, полум'я виявлятиметься.

2. Функція setup ():

```
void setup() {  
    pinMode(buzzerPin, OUTPUT);  
    pinMode(redLed, OUTPUT);  
    pinMode(blueLed, OUTPUT);  
    Serial.begin(9600);  
}
```

Необхідно встановити режими пінів, як виходи. На виході в результаті ми отримаємо звукове, світлове сповіщення. Також обрано 9600, що означатиме передачу даних в моніторі порту.

3. Цикл loop()

```
int flameValue = analogRead(flamePin);  
Serial.print("Датчик полум'я: ");  
Serial.println(flameValue);
```

В даній частині коду нам необхідно зчитати аналогове значення з модуля датчика вогню. А також вивести значення в серійний монітор, монітор порту в середовищі Arduino IDE.

4. Необхідно також виконати перевірку про наявність та ступінь вогню, ІФ випромінювання.

```
if (flameValue < threshold) {  
}  
else {}
```

За даним фрагментом коду, можна спостерігати, якщо значення менше порогового значення, тобто 20, вогонь виявлено, відбувається сповіщення, інакше вогню не виявлено

5. digitalWrite(buzzerPin, HIGH);

*digitalWrite(redLed, HIGH);*

*digitalWrite(blueLed, LOW);*

*delay(200);*

*digitalWrite(buzzerPin, HIGH);*

*digitalWrite(redLed, LOW);*

*digitalWrite(blueLed, HIGH);*

Відбувається звук пищалки, почергове включення світлодіодів червоного та синього кольорів.

6.     *digitalWrite(buzzerPin, LOW);*  
          *digitalWrite(redLed, LOW);*  
          *digitalWrite(blueLed, LOW);*

Всі пристрої вимкнені.

7.     *delay(500);*

Затримка на 500 мс.

На рис. 3.3 наведено макет розробленої системи.

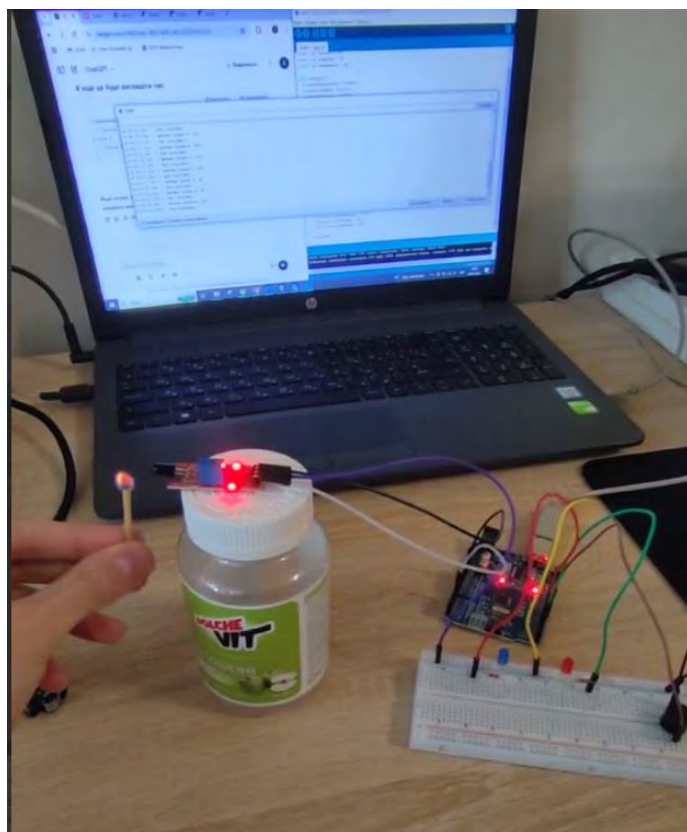


Рис. 3.3. Макет розробленої системи

|      |      |          |        |      |
|------|------|----------|--------|------|
|      |      |          |        |      |
|      |      |          |        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

*ДПБ ПК-11.02.1760.00.000.ПЗ*

Арк.

38

## Висновки до 3 розділу

У третьому розділі дипломного проєкту проведено практичну реалізацію концепції автоматизованої системи виявлення пожежі на базі плати Arduino UNO. Основну увагу було приділено створенню електричної принципової схеми, опису алгоритму роботи системи та розробці програмного коду для мікроконтролера.

Розроблено електричну схему системи, до складу якої входять: плата Arduino UNO R3 як центр керування; датчик полум'я КУ-026, підключений до аналогового входу, з можливістю регулювання чутливості; акустичний сигналізатор (buzzer) CST-951AP з резистором для обмеження струму; світлодіоди червоного та синього кольорів із резисторами 220 Ом для індикації станів системи.

Дана схема реалізована з урахуванням енергозбереження, безпеки та простоти монтажу. Вона оптимізована для роботи в обмежених умовах, наприклад, в кімнаті або офісі.

Побудовано блок-схему, яка демонструє логіку взаємодії системи з користувачем: Алгоритм є лінійним, інтуїтивно зрозумілим і придатним для модифікації, наприклад, для додавання GSM-модулів чи функцій логування даних.

Написаний код у середовищі Arduino IDE

Таким чином, у межах цього етапу реалізовано повноцінний функціональний прототип системи виявлення полум'я, здатний працювати в реальному часі. Всі компоненти підібрано з урахуванням доступності, енергоефективності та простоти використання.

## ВИСНОВКИ

У межах виконання дипломного проєкту було розроблено прототип автоматизованої системи виявлення пожежі на основі мікроконтролерної платформи Arduino UNO R3. Проведений аналіз, технічне обґрунтування та реалізація підтверджують доцільність використання недорогих, доступних засобів для створення побутових та навчальних систем раннього виявлення загоряння.

Проведено аналітичний огляд існуючих систем пожежної сигналізації, визначено їх переваги, недоліки та доцільність використання в залежності від умов.

Обґрунтовано вибір архітектури, наближеної до адресно-аналогової моделі, з використанням Arduino, що забезпечує гнучкість і можливість розширення.

Розроблено структурну, функціональну та електричну принципову схеми системи, що демонструють логіку роботи й взаємодії всіх її компонентів.

Реалізовано алгоритм обробки сигналу з датчика полум'я, розроблено програмне забезпечення з реакцією на виявлене ІЧ-випромінювання.

Система демонструє стабільну роботу, простоту зборки, доступність компонентів, а також потенціал для розширення (додавання GSM, Wi-Fi або керування зовнішніми пристроями).

У результаті реалізовано повноцінний прототип, який придатний для застосування у побутових умовах або як основа для подальших проєктів у сфері систем безпеки.

|      |      |          |        |      |                                    |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>ДПБ ПК-11.02.1760.00.000.ПЗ</b> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                    | 40   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                    |      |

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] “СИСТЕМИ ПОЖЕЖНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ”, in *Системи пожежної сигналізації, оповіщення та спостереження*, in НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ ЧЕРКАСЬКИЙ ІНСТИТУТ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ІМЕНІ ГЕРОЇВ ЧОРНОБИЛЯ. , Черкаси, 2023, pp. 20–150.

[2] Пожежні сповіщувачі: як обрати. Accessed: Jun. 05, 2025. [Online]. Available: <https://triniti-sb.com.ua/blog/pozhezhni-spovishchuvachi-iak-obraty/>

[3] Smoke detectors: optical, photoelectric and ionic. Accessed: Jun. 01, 2025. [Online]. Available: <https://www.pefipresa.com/en/blog-fp/types-of-fire-detectors-how-they-work/>

[4] Які бувають типи пожежних сповіщувачів?. Accessed: Jun. 01, 2025. [Online]. Available: <https://klaster.ua/ua/stati-i-obzory/izveshchateli-pozharnykh-sistem-raznovidnosti-i-princip-r/>

[5] spovishchuvach-teplovyy-wt-26. Accessed: Jun. 01, 2025. [Online]. Available: <https://ista.ua/pozhezhna-syhnalizatsiia/w/datchyky-pozhezhni-ws-wt/spovishchuvach-teplovyy-wt-26/>

[6] Датчик дыму оптический точковый Артон СПД-3.10. Accessed: Jun. 01, 2025. [Online]. Available: <https://www.bezpeka-shop.com/ua/product/datchik-dyma-arton-spd-3-10/>

[7] document. Accessed: Jun. 02, 2025. [Online]. Available: <https://docs.google.com/document/d/1nQqnTamTvzmR6mg1mFt5ezLxLPNAUbmYRWz4qqMOp2U/edit?tab=t.0/>

[8] Датчик пламени КУ-026. Accessed: Jun. 02, 2025. [Online]. Available: <https://surl.lu/herfkv>

[9] Організація оповіщення. Accessed: Jun. 05, 2025. [Online]. Available: <https://surl.li/hglkgv>

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДПБ ПК-11.02.1760.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                             | 41   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             |      |

[10] Статистичні методи визначення залежностей між випадковими величинами: навчальний посібник / Ю. В. Куц, Ю. Ю. Лисенко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 115 с.

[11] Технології теплового неруйнівного контролю. Лабораторний практикум: навчальний посібник / А.Г. Протасов, Ю. В. Куц, Ю. Ю. Лисенко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 90 с.

[12] Stelmakh N., Mandrovska S. & Galagan R. Application of Resnet-152 neural networks to analyze images from UAV for fire detection. Informatyka, Automatyka, Pomiaru W Gospodarce I Ochronie Środowiska. 2024. 14 (2). P. 77–82.

[13] Галаган Р. М. Комп'ютерне проектування електронних схем. Комп'ютерний практикум: навчальний посібник. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 419 с.

[14] Баженов В.Г. Електроніка. Лабораторний практикум: навчальний посібник / В. Г. Баженов, Є. Ф. Суслов, Ю. Ю. Лисенко, А.С. Момот; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 70 с.

[15] Протасов А.Г. Технології теплового неруйнівного контролю [Електронний ресурс]: підручник для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / А. Г. Протасов, Ю. Ю. Лисенко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,6 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 133 с.