

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ  
ім. Ю.М. Потебні

**Кафедра мікроелектронних та електронних інформаційних систем**

(повна назва кафедри)

**Кваліфікаційна робота**

**перший (бакалаврський)**

(рівень вищої освіти)

на тему: Розробка пожежного датчика для системи охоронної сигналізації

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Виконав: студент (ка) 4 курсу, групи 6.1539-с

спеціальності 153 Мікро- та наносистемна

техніка

(код і назва спеціальності)

освітньої програми 153 Мікро- та наносистемна

техніка

(код і назва освітньої програми)

спеціалізації \_\_\_\_\_

(код і назва спеціалізації)

Коломійко Н.С.

(ініціали та прізвище)

Керівник доцент кафедри МЕЕІС, доцент, к.т.н.,

Небеснюк О.Ю.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент Коваленко В.Л.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя

2022

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ**  
**ім. Ю.М. Потебні**

Кафедра мікроелектронних та електронних інформаційних систем

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

(перший (бакалаврський) рівень)

Спеціальність Мікро- та наносистемна техніка

(назва)

Освітня програма 153 Мікро- та наносистемна техніка

(шифр)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри Т.В.Критська

“16” травня 2022 року

**З А В Д А Н Н Я**

**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА ЗДОБУВУЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Коломійко Надії Станіславівни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи бакалавра Розробка пожежного датчика для системи охоронної сигналізації

керівник кваліфікаційної роботи бакалавра Небеснюк О.Ю. к.т.н., доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від “17” січня 2022 року № 91-с

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи бакалавра 02 травня 2022р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи бакалавра пожежний датчик для детектування диму: плата Arduino; звукове оповіщення; напруга живлення  $5 \pm 0, 1В$ ; максимально допустима концентрація диму у приміщенні 1000 PPM.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Пожежа. Система виявлення пожеж та гасіння. 2 Розробка датчику задимленості на базі Arduino. 3. Охорона праці та техногенна безпека.

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

Л 1: Вибір елементної бази; Л 2: Схема електрична принципова розробленого приладу; Л 3: Топологія печатної плати. 3 D модель датчику.

## 6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи бакалавра

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата
		завдання прийняв
I	Небеснюк О.Ю., доцент каф. МЕЕІС	25.12.2021
II	Небеснюк О.Ю., доцент каф. МЕЕІС	04.04. 2022
III	Небеснюк О.Ю., доцент каф. МЕЕІС	10.05. 2022

7. Дата видачі завдання 06.09.2021 р.**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Примітка
1	Підбір літератури за темою дипломної роботи. Складання плану роботи.	13.09.2021- 25.10.2021	
2.	Написання першого розділу кваліфікаційної роботи.	01.11.2021- 25.12.2021	
3.	Розробка структурної схеми датчику	10.01.2022- 25.01.2022	
4.	Розробка схеми електричної принципової Датчика задимленості	01.02.2022- 18.02.2022	
5.	Написання та оформлення другого розділу.	21.02.2022- 04.04.2022	
6.	Написання та оформлення третього розділу.	11.04.2022- 10.05.2022	
7.	Оформлення пояснювальної записки.	16.05.2022- 27.05.2022	
8.	Оформлення графічної частини дипломної роботи.	30.05.2022- 01.06.2022	

Студент \_\_\_\_\_ Коломійко Н.С.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)Керівник роботи (проекту) \_\_\_\_\_ Небеснюк О.Ю.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)**Нормоконтроль пройдено**Нормоконтролер \_\_\_\_\_ Верьовкін Л.Л.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Дипломна робота містить 77 сторінок, 32 рисунка, 11 таблиць, 15 джерел літератури.

Об'єкт дослідження – пожежний датчик для детектування диму.

Мета роботи – розробка пожежного датчика для системи охоронної сигналізації на базі Arduino.

Задачі роботи – розробити схему електричну принципову, топологію друкованої плати та 3D модель пожежного датчика для виявлення задимлення приміщень.

Методика досліджень – моделювання датчика в програмному забезпеченні Easy EDA.

Короткий виклад результатів досліджень – розроблено датчик виявлення задимлення для пожежної сигналізації, який забезпечує надійний контроль за рівнем задимленості приміщення, має незначні габаритні розміри та вартість.

Прогнозні пропозиції – рекомендується для пожежних сигналізацій в домашніх умовах, на підприємствах або у громадському транспорті.

**ПОЖЕЖА, ДАТЧИК, БЕЗПЕКА, СИГНАЛІЗАЦІЯ, ЗАДИМЛЕННЯ,  
МІКРОКОНТРОЛЕР, ПЛАТА, ЕЛЕКТРИЧНА СХЕМА**

Дипломну роботу виконано на кафедрі мікроелектронних та електронних інформаційних систем в період з 25.12.21 р. по 10.05.22 р.

## Зміст

1 ПОЖЕЖА. СИСТЕМИ ВИЯВЛЕННЯ ПОЖЕЖ ТА ГАСІННЯ.....	7
1.1 Поняття пожежі .....	7
1.2 Система попередження пожеж .....	7
1.3 Запобігання пожеж.....	8
1.4 Системи протипожежного захисту .....	9
1.5 Способи та засоби пожежогасіння .....	12
1.6 Датчики пожежної сигналізації .....	14
1.6.1 Ручний сповіщувач пожежі. Будова і принцип роботи. ....	14
1.6.2 Теплові пожежні сповіщувачі.....	16
1.6.3 Лінійні димові сповіщувачі .....	18
1.6.4 Точкові сповіщувачі .....	18
2 РОЗРОБКА ДАТЧИКА ПОЖЕЖНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ.....	20
2.1 Технічні характеристики пожежних сповіщувачів .....	20
2.2 Узагальнена структурна схема пожежних сповіщувачів.....	23
2.3 Показники якості систем пожежної сигналізації.....	25
2.4 Розробка структурної схеми пожежного датчика .....	27
2.5 Розробка схеми електричної принципової датчика задимлення.....	30
2.5.1 Вибір елементної бази .....	30
2.5.2 Датчик газу MQ-7.....	30
2.5.3 Датчик газу MQ-6.....	32
2.5.4 Датчик газу MQ-2.....	34
2.5.5 Вибір мікроконтролера.....	35
2.5.7 Операційний підсилювач .....	38
2.5.8 Схема електрична принципова датчику .....	40
2.6 Розробка програмного забезпечення.....	41
2.7 Розробка топології друкованої плати та 3D моделі приладу .....	45
2.8 Кількість шарів печатної плати .....	47

2.8.1 Одношарові друковані плати .....	47
2.8.2 Двошарові друковані плати .....	47
2.8.3 Багатошарові друковані плати.....	48
2.8.4 Порядок дотримання шарів.....	49
2.9 Паразитні ефекти друкованої плати.....	50
3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА.....	57
3.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих факторів.....	57
3.2 Електробезпека.....	66
3.3 Пожежна та техногенна безпека.....	68
3.4 Визначення стану виробничого середовища при роботі з.....	70
комп'ютерною технікою .....	70
3.5 Системи кондиціонування повітря.....	72
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	75
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	76

## ВСТУП

Протипожежна безпека - галузь науки і техніки, що динамічно розвивається. Сучасна дійсність диктує швидкі темпи впровадження інновацій, прискорене навчання новим технологіям, вдосконалений аналіз результатів. Затребуваність знань в цій області визначає актуальність відкриттів, нововведень і удосконалень, того, що мається на увазі під терміном "інновація". Гуманізація підкреслює приналежність цієї сфери знань до значення безпосереднього людського життя, за збереження якої люди і ведуть постійну боротьбу з вогнем. Саме тому шляхи розвитку науки, на сьогодні, різноманітні: акцентування підвищеної уваги на розвитку робототехніки, переоцінка наслідків надзвичайних ситуацій для відвертання їх повторення, вивчення історії пожежної охорони для розуміння спадкоємності системи відтворення знань і умінь.

Ефективним та безпечним засобом своєчасно виявити об'єкт горіння та вжити необхідних заходів безпеки є установка пожежної сигналізації.

Пожежну сигналізацію зазвичай поєднують з системою сповіщення, яка не тільки привертає увагу людей, що знаходяться в будівлі, але і передає сигнал пожежну службу. А також може вимкнути систему вентиляції, включити систему пожежогасіння, оголосити про евакуацію, зупинити ліфти. Підприємства мають бути забезпечені засобами зв'язку та системами пожежної сигналізації та оповіщення. Тому розробка пожежного датчика для системи охоронної сигналізації є достатньо актуальним питанням.

# 1 ПОЖЕЖА. СИСТЕМИ ВИЯВЛЕННЯ ПОЖЕЖ ТА ГАСІННЯ

## 1.1 Поняття пожежі

Пожежа - неконтрольоване горіння поза спеціальним осередком, що завдає моральні і матеріальні збитки, а іноді призводить до загибелі людей.

Причини виникнення пожеж:

- недотримання правил пожежної безпеки;
- необережне поводження з вогнем;
- несправність електрообладнання;
- аварії, катастрофи;
- природні явища.

Процес горіння можливий за наявності: горючої речовини, джерела запалювання, окислювача.

Горюча речовина - тверда, рідка або газоподібна речовина, здатна окислюватись з виділенням тепла та випромінюванням світла.

Окислювач-кисень, хлор, фтор, сірка та інші речовини, які при нагріванні або ударі мають здатність розкладатися з виділенням кисню.

Джерело запалювання - вплив на горючу речовину та окислювач, що може спричинити загорання. Джерела запалювання поділяються на відкриті і приховані [1].

## 1.2 Система попередження пожеж

Пожежна профілактика - це комплекс заходів, спрямованих на попередження пожеж, запобігання розповсюдженню вогню, передбачення можливих шляхів евакуації людей, тварин і матеріальних цінностей та ство-



рення умов для швидкої ліквідації пожеж. До системи пожежного захисту відносяться технічні та організаційні заходи.

Технічні заходи - передбачення необхідної кількості виходів, коридорів потрібної ширини, застосування системи протидимового захисту, виконання будівельних робіт з вогнетривких матеріалів, дотримання проти-пожежної відстані між будівлями, обладнання об'єкту засобами пожежога-сіння, влаштування пожежних драбин, веж спостереження, водоймищ, під'їз-дів до них і до будівель, пожежного зв'язку і сигналізації.

Організаційні заходи - це організація навчання працюючих та інших категорій населення правилам пожежної безпеки; розробка інструкцій про правила роботи з пожежонебезпечними матеріалами та про дії персоналу під час пожежі [3].

Одним із принципів у системі попередження пожеж є положення про те, що пожежа можливе лише за наявності трьох факторів: горючої речови-ни, окислювача та джерела запалювання. Крім того, необхідно, щоб горюча речовина була нагріта до необхідної температури і знаходилась у відповід-ному кількісному співвідношенні з окиснювачем, а джерело запалювання мало необхідну енергію для початкового імпульсу (запалювання) . Окислю-вач разом з горючою речовиною утворює так зване горюче середовище.

### 1.3 Запобігання пожеж

Система попередження пожеж виключає два основних напрямки: за-побігання формуванню горючого середовища і виникненню в цьому середо-вищі (чи внесенню в нього) джерела запалювання

Запобігання формуванню горючого середовища досягається:

- застосуванням герметичного виробничого устаткування;
- максимально можливою заміною в технологічних процесах горю-чих речовин та матеріалів негорючими;

- обмеження кількості пожежо-та вибухонебезпечних речовин при використанні та зберіганні, а також правильним їх розміщенням;
- ізоляцією горючого та вибухонебезпечного середовища;
- організацією контролю за станом середовища в апаратах;
- застосуванням робочої та аварійної вентиляції;
- відведенням горючого середовища в спеціальні пристрої та безпечні місця;

- використанням інгібуючих(хімічно активні компоненти, що сприяють припиненню пожежі) та флегматизуючих (інертні компоненти, що роблять середовище негорючим) доповнювачів.

Запобігання виникненню в горючому середовищі джерела запалювання досягається:

- використанням устаткування та пристроїв при роботі яких не виникає джерел запалювання;
- використання електроустаткування, що відповідає за виконанням класу вибухонебезпечної суміші;
- обмеження щодо сумісного зберігання речовин та матеріалів;
- використання устаткування, що задовольняє вимогам електростатичної іскробезпеки;
- влаштуванням блискавкозахисту;
- організацією автоматичного контролю параметрів, що визначають джерела запалювання;
- заземленням устаткування, видовжених металоконструкцій;
- використання при роботі з легко займистими речовинами інструментів, що виключають іскроутворення;
- ліквідацією умов для само спалахування речовин і матеріалів

Вражаючі фактори, що діють на людей у зоні пожежі: висока температура і чадний газ[2]

#### 1.4 Системи протипожежного захисту

Система пожежного захисту - це комплекс методів, заходів та засобів, які направлені на обмеження розповсюдження та локалізацію пожежі, виявлення пожежі, створення умов для ліквідації пожежі, захист людей і матеріальних цінностей.

Протипожежний захист - це комплекс інженерно-технічних заходів, спрямованих на створення пожежної безпеки об'єктів і споруд. Пожежний зв'язок та сигналізація відіграють важливу роль у запобіганні пожежам і сприяють своєчасному виклику пожежних підрозділів на місце загоряння. Системи сигналізації дозволяють без участі людей автоматично передати повідомлення про пожежу і її адресу на центральний пункт пожежного зв'язку, а також автоматично провести запуск стаціонарних вогнегасних установок [2].

Протипожежний режим у закладах та установах включає розробку ефективних, економічно доцільних і технічно обґрунтованих заходів і засобів попередження пожеж, виробленні заходів, що запобігають поширенню пожежі, що виникла і заходів для її ліквідації.

Керівники та інші працівники закладів, установ і організацій зобов'язані знати і виконувати правила пожежної безпеки, а в разі пожежі - вживати всіх залежних від них заходів для евакуації людей і гасіння пожежі. Відповідальність за пожежну безпеку закладів, установ і організацій несуть їх керівники і уповноважені ними особи, які залежно від характеру порушень і наслідків несуть адміністративну, кримінальну та іншу відповідальність згідно з чинним законодавством.

Навчання та перевірка знань з питань пожежної безпеки проводиться один раз на три роки одночасно з перевіркою знань з питань безпеки життєдіяльності і охорони праці. Відповідальність за пожежну безпеку структурних підрозділів закладів, установ і організацій несуть їх керівники. Обов'язки щодо забезпечення пожежної безпеки, утримання та експлуатації засобів протипожежного захисту мають бути відображені у відповідних посадових інструкціях.[3]

У кожному закладі, установі повинен бути встановлений відповідний протипожежний режим і порядок оповіщення людей про пожежу, з якими потрібно ознайомити всіх працівників Території закладів, установ і організацій слід постійно утримувати в чистоті . Дороги, проїзди та під'їзди до будівель, а також доступи до пожежного інвентарю та обладнання мають бути завжди вільними . На території закладів, установ і організацій не дозволяється розкладання вогнищ, спалювання сміття.

У кожному приміщенні повинна висіти табличка, на якій вказано прізвище відповідального за пожежну безпеку, номер телефону найближчої пожежної частини, а також розміщена інструкція з пожежної безпеки Протипожежні системи, установки, устаткування приміщень, будівель та споруд (протидимовий захист, пожежна автоматика, протипожежне водопостачання та інші захисні пристрої) необхідно постійно утримувати у справному робочому стані.

У приміщеннях та кабінетах не дозволяється:

- застосовувати для миття підлоги та обладнання легкозаймисті або горючі речовини (бензин, ацетон, гас тощо);
- користуватися електронагрівачами з відкритою спіраллю;
- залишати без нагляду робоче місце, запалені пальники та інші нагрівальні прилади;
- сушити предмети, що можуть горіти, на опалювальних приладах;
- зберігати будь-які речовини, пожежонебезпечні властивості яких не досліджені;
- тримати легкозаймисті та горючі речовини біля відкритого вогню, нагрівальних приладів, пальників тощо;
- виливати відпрацьовані легкозаймисті та горючі рідини в каналізацію.

Усі працівники, під час прийому на роботу і за місцем праці, повинні проходити інструктажі з пожежної безпеки . Організація своєчасного прове-

дення навчання, інструктажів та перевірки знань покладається на керівника установи, а в структурному підрозділі - на його керівника.

Допуск до роботи осіб, які не пройшли спеціального навчання, інструктажу і перевірки знань, не дозволяється. Програми для проведення вступного та первинного протипожежних інструктажів затверджуються керівником.[1]

Первинний інструктаж проводиться безпосередньо на робочому місці до початку виробничої діяльності. Його повинні пройти усі особи, яких прийняли на роботу, студенти під час виробничої практики, а також перед проведенням з ними практичних занять в майстернях та лабораторіях. [2]

### 1.5 Способи та засоби пожежогасіння

В комплексі заходів, що використовуються в системі протипожежного захисту, важливе значення має вибір найбільш раціональних способів та засобів гасіння різних горючих речовин та матеріалів.

Горіння припиняється:

- при охолодженні горючої речовини до температури нижчої, ніж температура її займання;
- при зниженні концентрації кисню в повітрі в зоні горіння;
- при припиненні надходження пари, газів горючої речовини в зону горіння.

Припинення горіння досягається за допомогою вогнегасник засобів:

- води (у вигляді струменя або розпиленому вигляді);
- інертних газів (вуглекислота та ін.);
- хімічних засобів (у вигляді піни або рідини);
- порошкоподібних сухих сумішей (суміші піску з флюсом);
- пожежних покривал з брезенту та азбесту.

Вибір тих чи інших способів та засобів гасіння пожеж та вогнегасних речовин і їх носіїв (протипожежної техніки) визначається в кожному конкретному випадку залежно від стадії розвитку пожежі, масштабів загорань, особливостей горіння речовин та матеріалів (рисунок 1.1).[3]

<b>Фізичні способи</b>		
Охолодження (виведення тепла з зони горіння)		
Зрошення горючих речовин	Перемішування шарів горючих речовин	Евакуація горючих речовин та матеріалів
Розрідження (збільшення теплоємності горючої системи)		
Об'ємне розрідження окислювача інертними газами та паром		Об'ємне розрідження горючих речовин інертними газами та паром
Ізоляція (відключення механізму займання)		
Відрив полум'я повітряною ударною хвилею	Ізоляція поверхонь горючих речовин водою, піною, покривалом	Евакуація горючих речовин
<b>Хімічний спосіб</b>		
Флегматизація		
Об'ємне розрідження горючої пило-, газо- та повітряної системи флегматизуючими речовинами		Зрошення поверхонь горючих матеріалів флегматизуючими речовинами

Рисунок 1.1 - Способи гасіння пожеж

Успіх швидкої локалізації та ліквідації пожежі на її початку залежить від наявних вогнегасних засобів, вміння користуватися ними всіма працівниками, а також від засобів пожежного зв'язку та сигналізації для виклику пожежної допомоги та введення в дію автоматичних та первинних вогнегасних засобів.[2]

## 1.6 Датчики пожежної сигналізації

### 1.6.1 Ручний сповіщувач пожежі. Будова і принцип роботи.

Ручний сповіщувач пожежі – це пристрій для ручного включення сигналу пожежної тривоги в системах пожежної сигналізації та пожежогасіння. Сповіщувач забезпечений приводним елементом (важіль, кнопка, крихкий елемент або інше пристосування), призначеним для переключення сповіщувача за допомогою механічного впливу з чергового режиму в режим видачі тривожного сповіщення (рисунок 1.2). [2]



Рисунок 1.2 - Ручний сповіщувач пожежі

Сповіщувачі складаються з корпусу, всередині якого встановлено плату з радіоелементами і мікроперемикачем. Підключення зовнішніх проводів здійснюється гвинтовими з'єднаннями розташованими на платі. У сповіщувачах передбачена можливість підключення за схемою з контактами, що замикаються, і за схемою з контактами, що розмикаються.

В зоні заштрихованої ділянки плати не допускається прокладання кабелів (дротів). [2]

Для монтажу сповісвачів необхідно відкрити сповісвач натисканням ключа на защіпку у верхній частині сповісвачів, протягнути проводи всередину сповісвача і закріпити його на стіні приміщення за допомогою дюбелів та гвинтів ( рисунок 1.3).

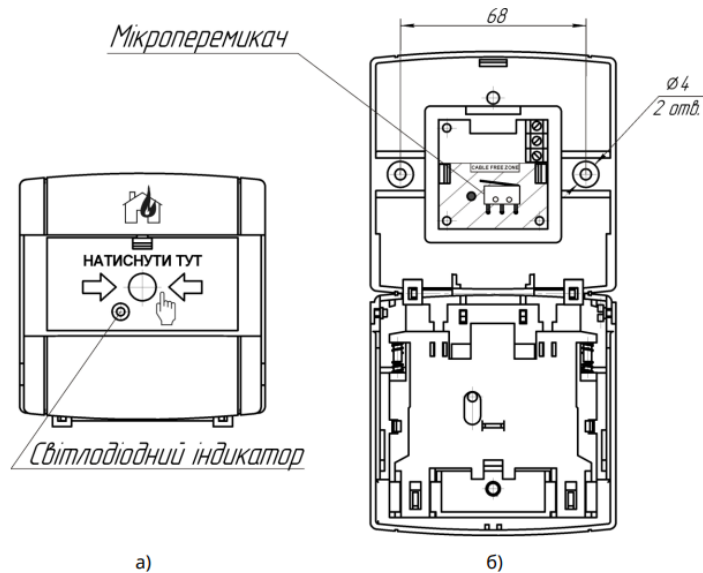


Рисунок 1.3 - Зовнішній вигляд (а) та внутрішня компоновка (б) сповісвачів

Підключення сповісвачів проводиться згідно схеми наведеної на рисунку 1.4. Рекомендований переріз проводів від 0,28 до 1,0 мм<sup>2</sup>. R<sub>Д</sub> - резистор (від 470 Ом до 3 кОм), що обмежує струм при спрацьовуванні сповісвачів, визначається типом ППКП (ППКОП), монтується в кожному сповісвачі; R<sub>ш</sub> - шунтуючий резистор (від 1 кОм до 3 кОм), визначається типом ППКП (ППКОП), монтується в кожному сповісвачі; R<sub>ок</sub> - кінцевий резистор (від 1 кОм до 3 кОм), визначається типом ППКП (ППКОП), монтується в останньому сповісвачі шлейфа сигналізації (сповісвач N); Потужність, що розсіюється резисторами R<sub>д</sub>, R<sub>ш</sub>, R<sub>ок</sub>, – 0,5 Вт.



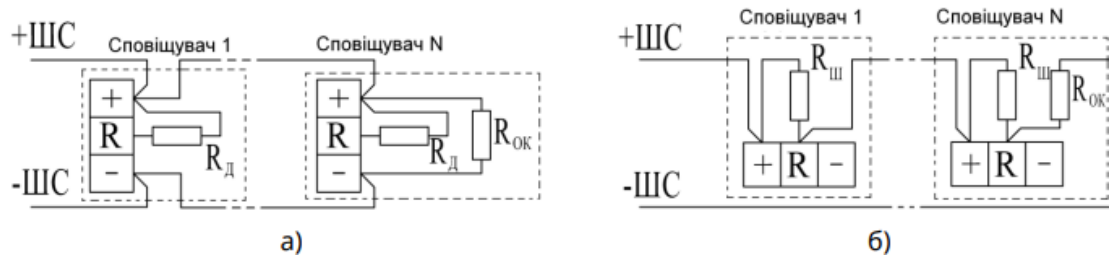


Рисунок 1.4-Схема підключення сповіщувачів: а) з контактами, що замикаються; б) з контактами, що розмикаються

Сповіщувачі повинні забезпечувати передачу в шлейф пожежної сигналізації тривожного сповіщення при включенні приводного елемента. Включення повинно здійснюватися додатком зусилля до приводного елемента не менше 15 Н або ударом по крихкому елементу з енергією не менше 0,29 Дж. Сповіщувачі повинні передавати тривожне сповіщення і після зняття зусилля з приводного елемента.[2]

Сповіщувачі повинні перебувати в черговому режимі при вимкненому приводному елементі. Приводний елемент не повинен включатися при додатку зусилля до нього не більше 5 Н. Крихкий елемент сповіщувачів повинен витримувати навантаження не більше 25 Н без руйнування.

З метою найкращої доступності до приводного елемента сповіщувачі кріплять на висоті близько 1,5 м. Встановлюють ручні пожежні сповіщувачі на шляхах евакуації як всередині будівель, так і зовні.[3]

### 1.6.2 Теплові пожежні сповіщувачі

Теплові пожежні сповіщувачі реагують на зміну температури навколишнього середовища. Сприймаючими елементами теплових сповіщувачів є: біметалічні пластини, напівпровідникові терморезистори, тощо (рисунок 1.5).[2]



Рисунок 1.5- Тепловий пожежний сповіщувач

Вони встановлюються у таких випадках:

- коли в контрольованому обсязі структура матеріалів, що використовуються, така, що при горінні виділяє більше тепла, ніж диму (наприклад, якщо стіни в приміщенні облицьовані дерев'яними панелями);
- якщо поширення диму утруднено внаслідок тісноти (в кабельному каналі) або наявності активного провітрювання, що вивітрює первинну ознаку виявлення пожежі – дим;
- коли використання димового пожежного сповіщувача неможливе через наявність ознак, що ведуть до помилкового спрацьовування або виходу з ладу димового сповіщувача ( низька температура, велика вологість);
- коли в повітрі висока концентрація будь-яких аерозольних частинок, що не мають жодного відношення до процесів горіння (наприклад, кіптява від працюючих машин у гаражі, наявність пари або зважене в повітрі борошно на борошномельних виробництвах).

Бувають ситуації, коли використання теплових сповіщувачів або не-ефективне, або неможливе зовсім. Наприклад : кабельні канали, великі ви-

робничі цехи, цистерни в нафтохімічній промисловості, транспортні депо, хімічні реактори.

### 1.6.3 Лінійні димові сповіщувачі

Сповіщувач пожежний димовий лінійний складається з 2 залежних один від одного блоків. Він сконструйований з приймача і випромінювача. Реакція на дим відбувається тоді, коли даний продукт горіння виявляється між двома основними частинами конструкції.

Лінійні димові сповіщувачі сконструйовані за принципом ослаблення потоку електромагнітного випромінювання між двома основними частинами приладу при появі в певній частині простору диму. Сповіщувач пожежний димовий лінійний складається з двох частин. Одна з них - джерело оптичного випромінювання, а друга фотоприймач. Кожен з блоків повинен стояти на одній оптичній осі, щоб взаємодія двох елементів здійснювалася навіть при виділенні невеликої кількості диму.[3]

### 1.6.4 Точкові сповіщувачі

У приладах цього типу випромінювач та приймач встановлені в одному корпусі по різні боки від димової камери. Перфорація корпусу датчика забезпечує безперешкодне проникнення диму у димову камеру. Таким чином, сповіщувач пожежний димовий оптико-електронний контролює ступінь задимленості приміщення лише в одній точці.

Датчики цього типу відрізняються компактністю, простотою установки та ефективністю.

Їхній основний недолік - обмежена контрольована площа, що не перевищує 80 м<sup>2</sup>. Найчастіше точкові сповіщувачі встановлюються на стелю, з

кроком залежно від висоти приміщення (рисунок 1.6). Але можливе їх встановлення і на стіни, під перекриття.



Рисунок 1.6- Точковий сповіщувач вмонтований на стелю

Для вчасного виявлення пожежі, приміщення має бути оснащено пожежним датчиком.[3]

Тому метою роботи є розробка датчика пожежної сигналізації.

Задачі роботи:

- розробити структурну схему датчика;
- розробити схему електричну принципову датчика пожежної сигналізації;
- розробити схему розміщення елементів на друкованій платі;
- розробити 3Д модель друкованої плати.

## 2 РОЗРОБКА ДАТЧИКА ПОЖЕЖНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ

### 2.1 Технічні характеристики пожежних сповіщувачів

Пожежні сповіщувачі, як елементи системи пожежної сигналізації, характеризуються різними технічними показниками, які дозволяють їх оцінити і вірно експлуатувати в різноманітних умовах.

На практиці проектування та експлуатації систем пожежної сигналізації найважливішими є наступні технічні характеристики автоматичних пожежних сповіщувачів:

- поріг спрацьовування;
- величина контрольованої області (максимальна дальність дії); – інерційність спрацювання.

Поріг спрацьовування — мінімальна величина контрольованого параметра (або швидкість його зміни), при якій спрацьовує сповіщувач.

Для теплових максимальних пожежних сповіщувачів це температура спрацьовування в градусах по Цельсію ( $^{\circ}\text{C}$ ). При досягненні небезпечної температури ПС формує сигнал тривоги. Значення порога спрацьовування для теплових ПС перебуває в межах  $60..80^{\circ}\text{C}$  (для ПС класів А1, А2, В за ДСТУ EN-54-5-2003), або має більше високе значення для ПС інших класів (до  $150^{\circ}\text{C}$ ). Для теплових диференціальних ИП це швидкість зміни температури, ( $^{\circ}\text{C}/\text{хвил}$ ). Для оптичних ПС чутливість визначається граничним значенням оптичної щільності контрольованого середовища. При проходженні променя світла через задимлену область світловий потік послабляється (внаслідок відбиття й поглинання світла частками диму).[3]

Величина контрольованої області — це простір поблизу сповіщувача, у межах якого гарантується його спрацьовування при виникненні поже-

жі. Для точкових сповіщувачів цей параметр виражається площею приміщення, контрольованою сповіщувачем з необхідною надійністю. Площа, що захищається, істотно залежить від висоти установки сповіщувача й характеристик приміщення. Для приміщень з рівною стелею величина площі, що захищається одним точковим сповіщувачем, розташованим за квадратною схемою, наведена в таблиці.2.1.

Таблиця 2.1-Величина контрольованої області

Тип сповіщувача	Висота установки,м	Максимально контролюєма площа,м <sup>2</sup>
Тепловий	До 3,5	25
	Від 3,5 до 6,0	20
	Від 6,0 до 9,0	15
Димовий	До 3,5	85
	Від 3,5 до 6,0	70
	Від 6,0 до 10,0	65
	Від 10,0 до 12,0	55

Для сповіщувачів полум'я область, що захищається, визначається максимальною дальністю виявлення відкритого тестового вогнища пожежі й кутом огляду, що залежить від типу й конструкції сповіщувача полум'я.

Як правило, сповіщувачі полум'я мають три рівні чутливості:

- 1 – високий;
- 2 – середній;
- 3 – низький.

У табл.2.2 наведені значення максимальної дальності ( $L_{max}$ ) для тестових вогнищ пожежі з різною площею горіння n-гептану й різних рівнів чутливості сповіщувача.

Таблиця 2.2-Рівні чутливості сповіщувачів

Площа осередку пожежі, м <sup>2</sup>	Максимальна дальність викриття полум'я при різних рівнях чутливості, м		
	3	2	1
0,1	10-12	12-14	14-16
0,4	16-18	20-22	24-26
1,0	26-28	29-31	32-34

Інерційність спрацювання — проміжок часу між двома подіями — від досягнення в контрольованій точці величини порога спрацювання, до моменту, коли сповіщувач спрацює. Варто розрізняти апаратурну й фактичну інерційність. Апаратурна інерційність обумовлена особливостями принципу дії, конструкції й застосованими схемотехнічними рішеннями. Фактична інерційність характеризує здатність виявлення пожежі конкретним сповіщувачем у конкретних умовах. Вона залежить від параметрів приміщення й параметрів осередку пожежі.[4]

Наприклад при збільшенні швидкості зростання температури фактична інерційність теплових сповіщувачів зменшується. Апаратурна інерційність є нормованою величиною і є основним критерієм для оцінки придатності сповіщувача для виявлення пожежі певного класу. Таким чином, інерційність спрацювання може трактуватися наступним чином:

- апаратурна інерційність — проміжок часу від моменту досягнення контрольованим параметром пожежі величини порога спрацювання чутливого елемента пожежного сповіщувача до моменту видачі ним сигналу "Пожежа";

- фактична інерційність — час від початку впливу контрольованого параметра пожежі на чутливий елемент пожежного сповіщувача до моменту видачі ним сигналу "Пожежа".

Для порівняння значення апаратної інерційності найбільш розповсюджених на об'єктах України сповіщувачів наведені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3-Значення апаратної інерційності

Тип сповіщувача	Інерційність,с
1.ИП-101-2	60-120
2.ИП-104-1	125
3.ИП-105,СПТМ,СПТ-70	120
4.ИП-211 (РИД-6М)	5-10
5.ИП-212-5	3-30
6.ИП-329 «Аметист»	0,05-5

Також важливими є наступні технічні характеристики ПС: –діапазон напруг живлення, В;

–споживана потужність у черговому режимі і режимі "Тривога", Вт;

–габаритні розміри, мм; –маса, кг;

–робочі умови застосування за кліматичними впливами;

–клас захисту сповіщувача.

Технічні характеристики сповіщувачів визначають їх якість.

Врахування технічних характеристик дозволяє вибрати і порівняти різні зразки обладнання, якісно виконати проектні роботи та провести експертизу проекту системи пожежної сигналізації.

## 2.2 Узагальнена структурна схема пожежних сповіщувачів

Незважаючи на велику різноманітність модифікацій пожежних сповіщувачів структуру їх побудови можна узагальнити в наступній схемі(рисунок 2.1).



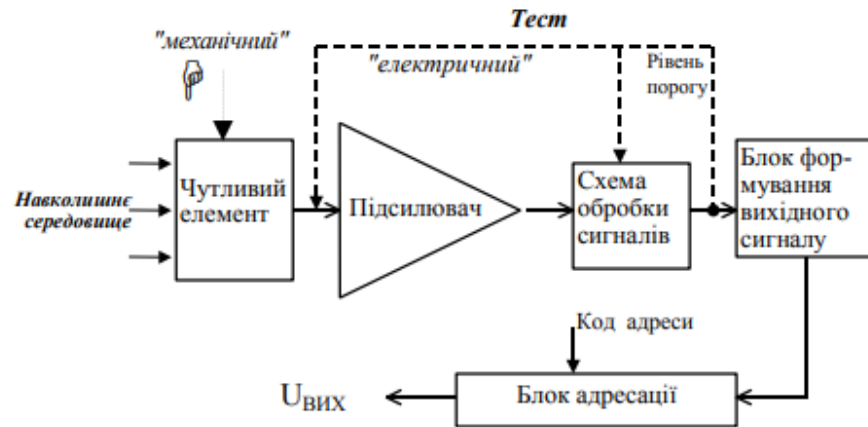


Рисунок 2.1-Узагальнена структурна схема пожежного сповіщувача

Чутливий елемент є аналоговим перетворювачем параметра, що контролюється, в електричний або механічний сигнал, який після підсилення потрапляє на схему обробки сигналу. Яка забезпечує фільтрацію сигналів характерних при пожежі, від сигналів перешкод та дає дозвіл на формування сигналу "Пожежа". Блок формування вихідного сигналу в залежності від типу сповіщувача формує вихідний сигнал у вигляді зміни електричного струму (для активних сповіщувачів), або шляхом розмикання (замикання) ланцюга шлейфу у випадку пасивного сповіщувача.[5] При наявності блоку адресації, до сформованого сигналу додається код адреси сповіщувача.

Під системою пожежної сигналізації будемо розуміти сукупність технічних засобів, призначених для виявлення пожежі, обробки і надання у заданому вигляді повідомлення про пожежу на об'єкті, що захищається, спеціальної інформації, а також для видачі команд на включення автоматичних установок пожежогасіння та управління іншими технічними засобами.

До складу будь-якої системи пожежної сигналізації (рисунок 2.2) входять пожежні сповіщувачі, приймально-контрольні прилади, світлові та звукові оповіщувачі, технічні засоби передачі інформації до пультів централізованого спостереження, пультів зв'язку пожежних частин та інше.

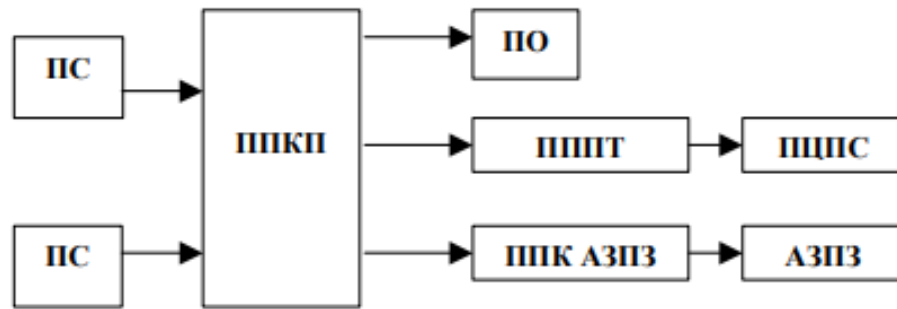


Рисунок 2.2-Структура системи пожежної сигналізації з централізацією

Позначення:

- ПС – пожежний сповіщувач;
- ППКП – пожежний приймально-контрольний прилад;
- ПО– пожежний оповіщувач;
- ПППТ – пристрій передачі пожежної тривоги;
- ПЦПС – пульт централізованого пожежного спостереження;
- ППК АЗПЗ – пожежний пристрій керування автоматичними засобами протипожежного захисту.

Згідно вимог ряду документів за наявності технічної можливості сигнали від приймально-контрольних приладів систем пожежної сигналізації виводяться на пульти централізованого пожежного спостереження. Як показує досвід, впровадження таких систем дозволило підвищити ефективність систем пожежної сигналізації та оперативність дій пожежно-рятувальних підрозділів у випадках виникнення пожежі.[5]

### 2.3 Показники якості систем пожежної сигналізації

До систем пожежної сигналізації пред'являються наступні основні вимоги:

- безпечність роботи;

- достовірність повідомлень, які формуються засобами виявлення пожежі, а також приймаються та формуються засобами обробки інформації повідомлень та засобами управління;

- простота конструктивного виконання;
- підвищена надійність роботи;
- зручність обслуговування;
- економічність і ефективність;
- автоматичне самотестування елементів системи.

Системи пожежної сигналізації та їхні елементи характеризуються рядом параметрів, за якими здійснюється порівняння технічних засобів для вибору оптимального варіанту при рішенні задачі з захисту конкретного об'єкта. До показників якості технічних засобів, зокрема, елементів СПС, якими повинен характеризуватися будь-який пристрій пожежної сигналізації, згідно з вимогами ГОСТ 4.188-85, відносяться:

1. Показники призначення (інерційність спрацьовування, поріг спрацьовування, час спрацьовування, діапазон живильних напруг, контрольована площа або максимальна дальність дії, вихідний електричний опір, чутливість, перешкодозахищеність, вихідний сигнал спрацьовування, робочі умови за кліматичними та механічними впливами, габаритні розміри).

2. Показники надійності (середнє напрацювання на відмову, встановлене безвідмовне напрацювання, встановлений строк служби, ймовірність безвідмовної роботи, ймовірність виникнення відмови, середній строк служби, встановлений строк зберігання, середній час поновлення працездатного стану).

3. Показники економного використання матеріалів, енергії (споживана потужність у черговому режимі та режимі "Тривога", питома споживана потужність, маса).

4. Ергономічні й естетичні показники (показник відповідності технічного засобу можливостям органів зору людини, показник чистоти вико-

нання контурів та сполуки, показник ретельності покриття та оброблень, показник чіткості виконання фірмових знаків, показників, упаковки).

5. Показники технологічності (питома матеріалоемність, питома енергоемність).

6. Показники транспортабельності (стійкість до транспортної тряски, стійкість до впливу навколишнього середовища під час транспортування).

7. Показники стандартизації та уніфікації (коефіцієнт використання за типорозмірами, коефіцієнт повторюваності).

8. Патентно-правові показники (показник патентної чистоти, показник патентного захисту).

9. Показники безпеки (електричний опір ізоляції струмоведучих частин з якими можливо зіткнення людини, електрична міцність ізоляції струмоведучих частин, пожежонебезпечне виконання продукції).

10. Економічні показники (собівартість продукції).

11. Якісні характеристики (наявність контролю працездатності, багаторазовість дії, можливість живлення від резервного джерела з автоматичним переходом від основного на резервне живлення й назад без видачі тривожного сповіщення, можливість підключення виносного індикатора).[6]

#### 2.4 Розробка структурної схеми пожежного датчика

У сучасних новобудовах пристрої кліматконтролю служать для повітрообміну. При пожежі вони аналогічним чином поширюють димові гази, що представляють небезпеку для життя людей. Тому дуже важливо, щоб циркуляційне і подане зовні повітря контролювались системами раннього виявлення загоряння. В даний час існує документ який повністю відповідає європейському стандарту у сфері пожежної безпеки. Він регламентує міри і об'єм обладнання необхідний для забезпечення протипожежного захисту приміщень. Ці вимоги служать для забезпечення безпеки людей і захисту

жилих та технічних приміщень. Тому системи протипожежного захисту повинні використовуватись з максимальною ефективністю. Ієрархічна структура побудови протипожежної сигналізації наведено на рисунку 2.3.

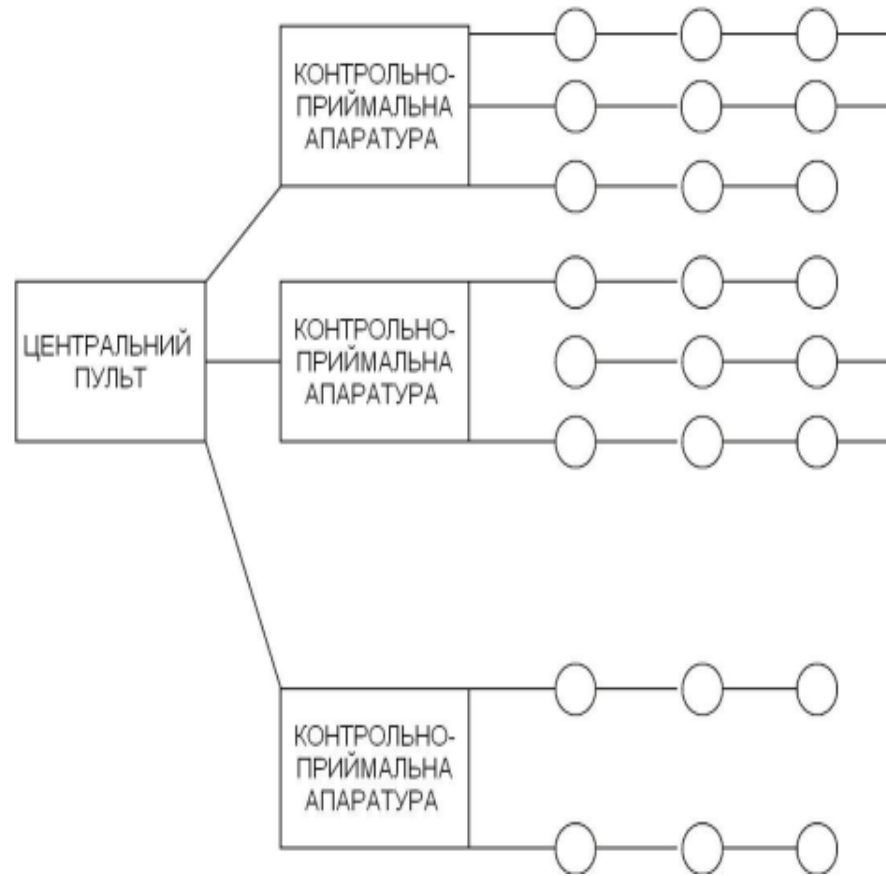


Рисунок 2.3- Ієрархічна структура побудови протипожежної сигналізації

Така структура забезпечує максимальну надійність при мінімальній кількості елементів.

Пожежна сигналізація – це комплекс пристроїв, які виявляють ознаки горіння та інформують про місце. До складу системи входять: пожежні сповіщувачі, приймальна апаратура, світло-звукові пристрої, лінії зв'язку, джерела живлення.

Приймальні пристрої отримують сигнали від сповіщувачів, керують звуковою і звуковою сигналізацією, автоматичними засобами пожежогасіння, транслюють сигнал на пульт, можуть містити засоби відображення місця спрацювання датчика. Схема такої сигналізації наведена на рисунку 2.4

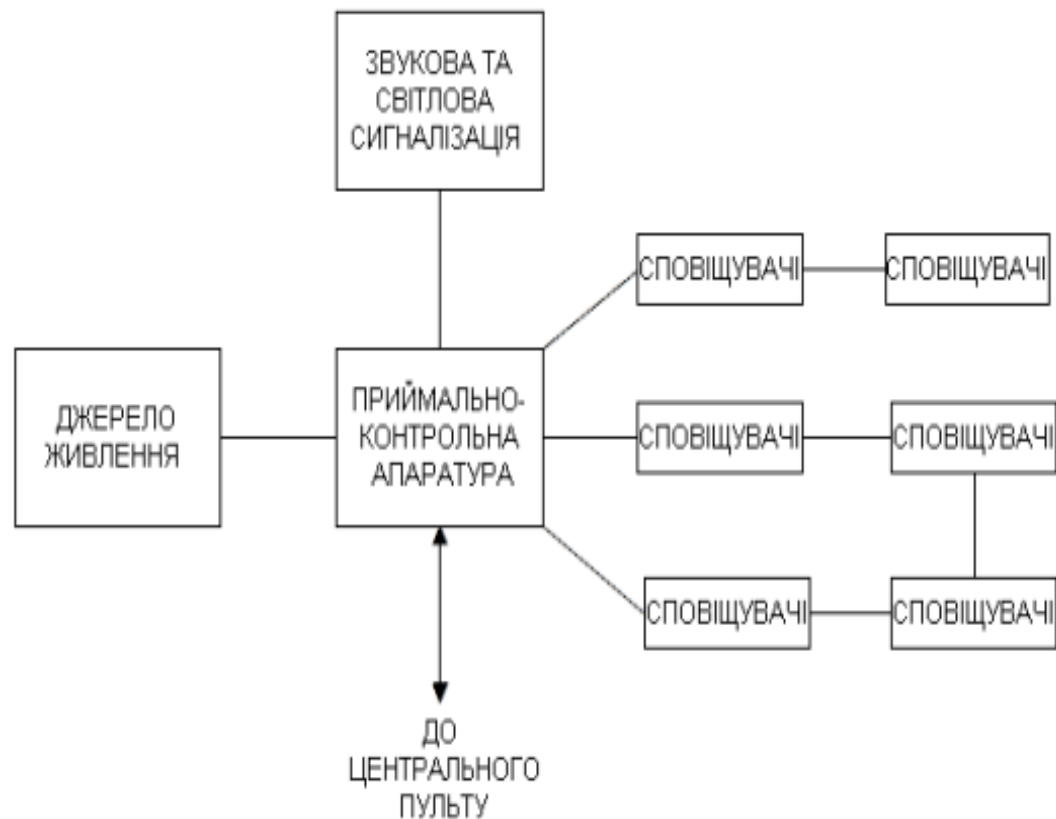


Рисунок 2.4-Типова структурна схема пожежної сигналізації

Існує три типи систем сигналізації:

1. Порогова – спрацьовує при перевищенні певної величини;
2. Адресна – дозволяє виявити місце пожеги;
3. Адресно-аналогова – гарантує виявлення місця вогнища і його реєстрацію на самій ранній стадії.

Використання різних типів сповіщувачів дозволяє створити надійну систему пожежного захисту з раннім оповіщенням. А швидке виявлення місця возгорання та дає можливість швидкого реагування і як наслідок менших матеріальних втрат.[7]

Для забезпечення максимального захисту система має бути оснащена автономним джерелом живлення.

## 2.5 Розробка схеми електричної принципової датчика задимлення

### 2.5.1 Вибір елементної бази

Для розробки детектору, що дозволить виявляти та сповіщати про рівень диму у приміщенні, необхідно було провести розрахунок та обґрунтування елементної бази.

Пристрій можна виконати на макетній або крапковій платі, але було вирішено зробити його у вигляді шилду (плати розширення) для Arduino на друкованій платі. Для проектування друкованої плати використано онлайн-симулятор EasyEDA.

### 2.5.2 Датчик газу MQ-7

MQ-7- це датчик чадного газу CO (рисунок 2.5). Основним джерелом виділення є згоряння вуглецевого палива при недостатній кількості кисню. Вуглець "не догоряє" і замість вуглекислого газу CO<sub>2</sub> в атмосферу викидається чадний газ CO.



Рисунок 2.5-Датчик газу MQ-7

Технічні параметри MQ-7 наведено у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 -Технічні параметри датчика газуMQ-7

Напруга живлення	Робочий струм	Напруга на виході	Напруга на виході	Діапазон чутливості	Габарити
5В	150мА	DO: 01-5В	АО:01-0.3В	10-1000ррм	30мм х 15мм

Загальні відомості.

Датчик MQ7 (MQ-7) складається з керамічної трубки  $Al_2O_3$  (оксиду алюмінію) і нанесеного на неї тонкого шару  $SnO_2$  (діоксид олова). Усередині трубки знаходиться нагрівальний елемент, який здійснює нагрів чутливого шару. Сам датчик складається з пластмасового корпусу та сітки, яку виготовлено з нержавіючої сталі, у нижній частині розташовані шість виводів, чотири з яких використовуються для зняття показань, а інші два – для нагрівання.

Датчик встановлений на друковану плату (30 мм х 19 мм) з синьою маскою, з іншого боку плати, розташовано чотири виводи (крок 2.54 мм), два контакти для підключення живлення та два для зчитування показань (аналоговий та цифровий). Показання аналогового сигналу «Виведення АО» знімаються безпосередньо з одного з виводу датчика MQ7, значення від 0 до 5 В, а цифровий сигнал «Вивід DO», може встановлюється в лог «0» або лог «1» («0» або «5 В»), залежно від концентрації газу, чутливість виходу, можна регулювати за допомогою поворотного потенціометра . За перетворення аналогового сигналу на цифровий відповідає вбудований компаратор LM393, який може видати струм до 15 мА і дає можливість підключати модулі реле без контролерів.[8] Для візуалізації, на платі розташовані два світлодіоди, один світиться при подачі живлення, другий світиться, коли на «Вивід DO», логічна «1», тобто спрацював поріг включення. Принципова схема та призначення кожного виводу датчика MQ-7 показано на рисунку 2.6.



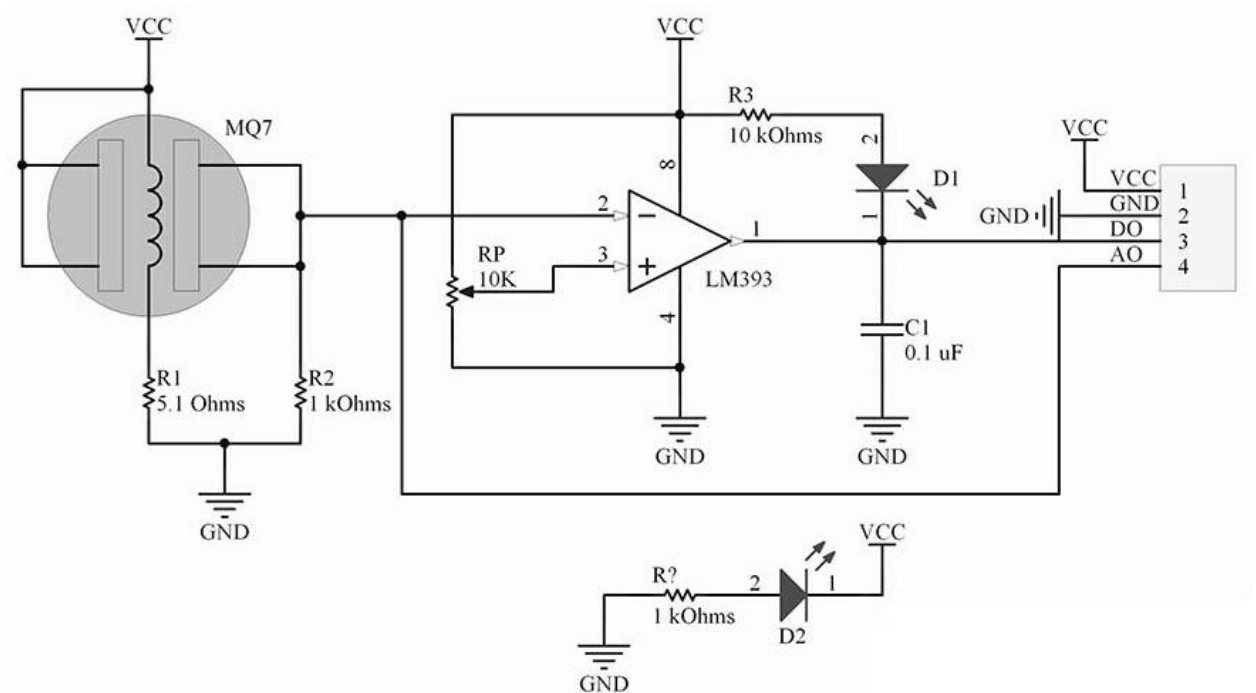


Рисунок 2.6 -Схема принципова датчика MQ-7

### 2.5.3 Датчик газу MQ-6

Аналоговий датчик газу для виявлення витoku наступних газів: зріджені вуглеводневі гази (LPG), ізобутан, бутан, вибухонебезпечні суміші бензину та вуглеводнів. Має високу чутливість та малий час відгуку. Чутливість може бути налаштована за допомогою потенціометра плати датчика.

MQ-6 використовується для виявлення зрідженого газу (LPG), вуглеводневого газу, бутану, ізобутану та пропану. Пристрій має високу чутливість та малий час відгуку, а також можливість налаштування чутливості завдяки вбудованому потенціометру (рисунок 2.7).



Рисунок 2.7 -Датчик газу MQ-6

У даній моделі показання модуля піддаються впливу температури та вологості навколишнього повітря. Тому у разі використання датчика в середовищі, що змінюється, буде необхідна компенсація цих параметрів. Таким чином, для коректної роботи датчика він повинен попередньо прогрітися до 20 °C і працювати в кімнатній температурі, щоб вимірювані дані стали стабільними.

Характеристики:

1. Детектується газ: скраплений нафтовий газ (LPG), ізобутан, бутан
2. Діапазон чутливості: 300-10000 ppm
3.  $R_s$  (опір чутливого елемента): 1 - 20 кОм 2000ppm C3H8
4. Час відгуку:  $\leq 10$  с
5. Чутливість ( $R$  у повітрі) / ( $R$  у присутності характерного газу)  $\geq 5$ с
6.  $R_h$  (опір нагрівача):  $31\Omega \pm 3\Omega$
7.  $I_h$  (струм нагрівача):  $\leq 180$ мА
8.  $V_h$  (напруга нагрівача):  $5V \pm 0.2V$
9.  $P_h$  (потужність нагрівача):  $\leq 900$ мВт
10.  $V_c$  (напруга схеми):  $\leq 24V$

11. Робочі умови: температура -10 до +50°C, вологість  $\leq 95\%$  RH, концентрація кисню 21%

#### 2.5.4 Датчик газу MQ-2

MQ-2 є одним із найбільш часто використовуваних датчиків газу із серії датчиків MQ(рисунок 2.8). Це датчик газу типу метал-оксид-напівпровідник (МОП, MOS), також відомий як хімрезистор (хімічний резистор), оскільки виявлення засноване на зміні чутливого опору матеріалу, коли газ вступає в контакт з цим матеріалом. Використовуючи простий ланцюг ділльника напруги, можна виміряти концентрацію газу.

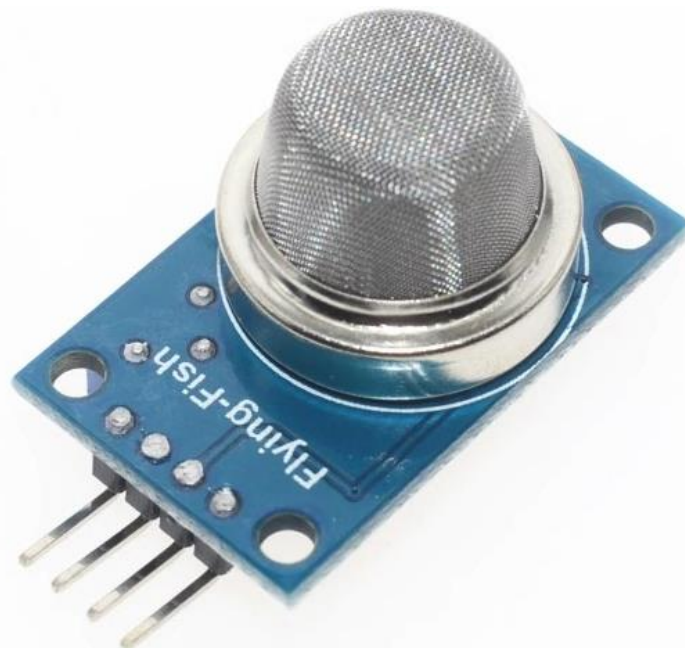


Рисунок 2.8 - Датчик газу Q-2

Датчик газу MQ-2 працює при постійній напрузі 5 і споживає близько 800 мВт. Він може виявляти концентрації LPG (зрідженого нафтового газу), диму, алкоголю, пропану, водню, метану та чадного газу від 200 до 10000 ppm (мільйонних часток).

Детальні характеристики даного датчика наведено у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 - Характеристики датчику газу MQ-2

Робоча напруга	5 В
Опір навантаження	20 кОм
Опір нагрівача	33 Ом $\pm$ 5%
Споживаєма потужність	<800мВт
Опір чутливості	10 кОм-60 кОм
Вимірювання концентрації	20-10000 ppm
Час розігріву	Більше 24 годин

### 2.5.5 Вибір мікроконтролера

Контролер Arduino.

Arduino - торгова марка, що займається виробництвом програмно апаратних засобів для розробки простих цифрових пристроїв і автоматики. За допомогою комплексу продукції компанії будь-який користувач, професійно не займається програмуванням, може створювати пристрої різної складності.

Апаратна частина являє собою плату, контролер, який має безліч цифрових і аналогових входів / виходів. Програмна оболонка Arduino IDE безкоштовна і доступна для загального користування, призначена для програмування апаратури. Arduino IDE використовує спрощену версію мови C ++, що дозволяє легше навчитися програмуванню. З огляду на відкритості програмного забезпечення існує безліч бібліотек і готових програм, кількість яких постійно поповнюється. На відміну від більшості програмованих плат попередників Arduino не потрібен окремий програматор для завантаження нового коду, для цього призначений простий USB кабель [9].

Компанія виробляє цілий ряд контролерів відмінних за характеристиками і призначених для різних цілей і користувачів. Найпопулярнішим контролером є ArduinoUno. Дана плата найкраще підходить для початківців.

ArduinoUno заснований на мікроконтролері ATmega328P, має 14 цифрових входів / виходів, підключення USB, роз'єм живлення і багато іншого. ArduinoUno може житись від USB-з'єднання або від зовнішнього джерела живлення.

Вартість даного контролера на ринку коливається від 7 до 35 \$, в залежності від місця покупки.

На рисунку 2.9 зображений даний контролер, в таблиці 2.6 наведені технічні характеристики

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики ArduinoUno

ArduinoUno	
Модель	ATmega328P
Напруга живлення	5 В
Флеш-пам'ять, кБ	32
EEPROM, кБ	1
SRAM, кБ	2
Двійкові входи/виходи	14
ШІМ	6
Аналогові входи	6
USB-інтерфейс	ATmega8U2, ATmega16U2
Розмір, мм	68,6 × 53,3

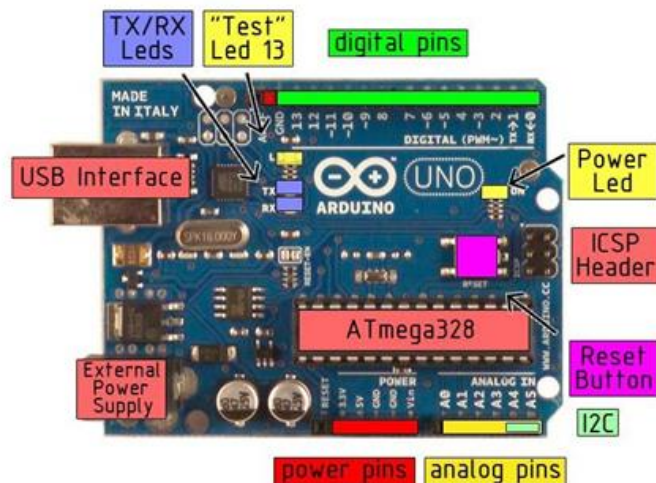


Рисунок 2.9 – ArduinoUno

### 2.5.6 Вибір РК-дисплея

Рідкокристалічний дисплей – це електронний пристрій для візуального відображення інформації.

Було обрано рідкокристалічний дисплей (LiquidCrystalDisplay) LCD 1602 (рисунок 2.10), його технічні характеристики наведено у таблиці 2.7.

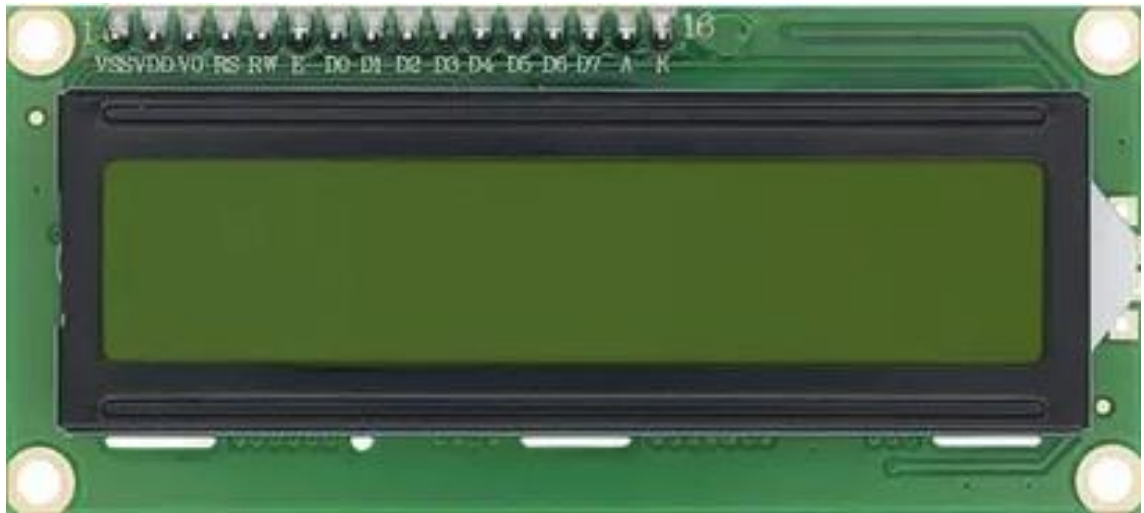


Рисунок 2.10 - Дисплей LCD 1602

Таблиця 2.7 - Технічні характеристики дисплея

Тип відображення	Символьний
Тип підсвітки	Світлодіодний
Контролер	HD44780
Напруга живлення	5В
Формат	16 x 2 символів
Діапазон робочих температур	Від -20°C до +70°C
Кут огляду	180 градусів

Живлення модуля здійснюється або від Arduino контролера як це зображено на рисунку 2.11 (іншого мікропроцесорного керуючого пристрою)

або від зовнішнього джерела живлення (блоку живлення, батареї). Напруга живлення модуля 5 вольт.[13]

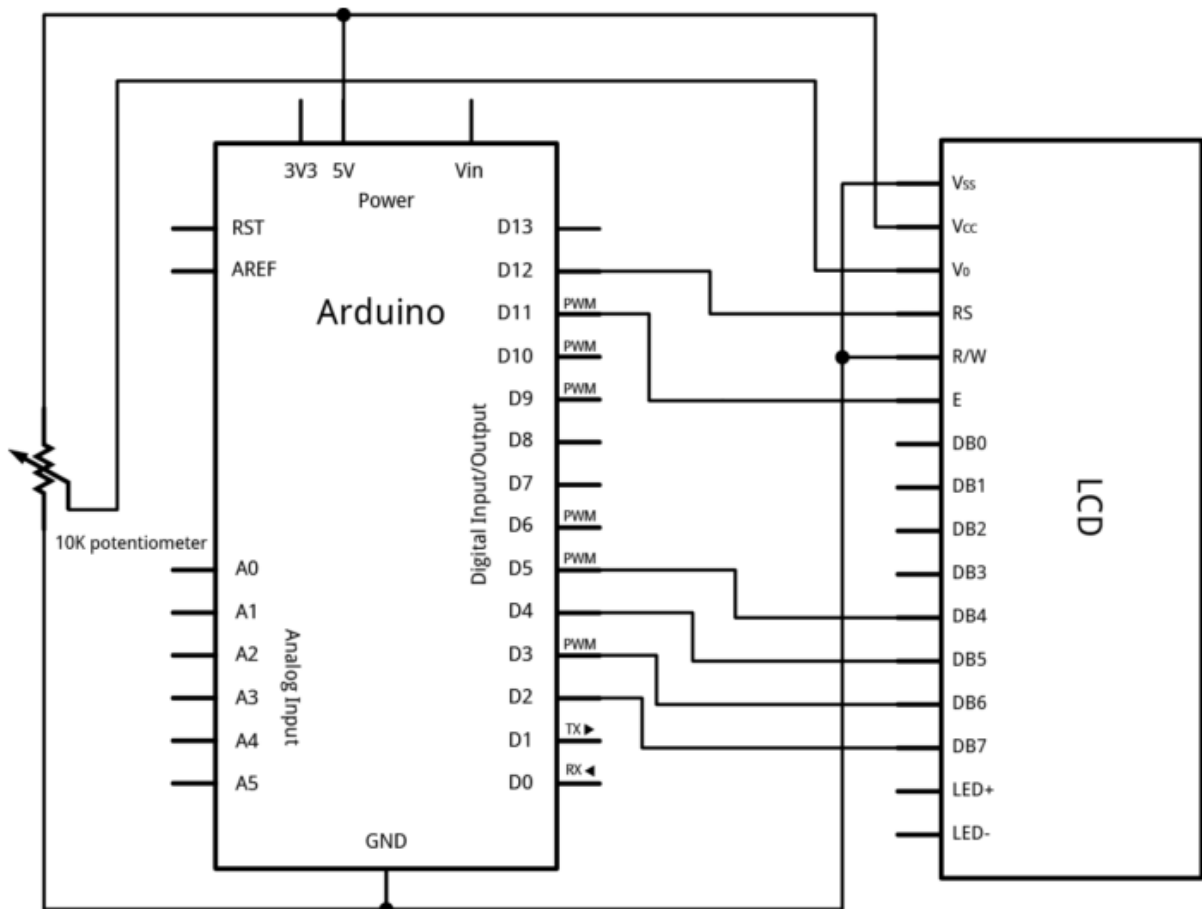


Рисунок 2.11 -Стандартна схема приєднання монітора безпосередньо до мікроконтролера Arduino

### 2.5.7 Операційний підсилювач

В якості операційного підсилювача було використано LM358 (рис.2.12). Мікросхема в одному корпусі містить два незалежні малопотужні операційні підсилювачі з високим коефіцієнтом підсилення та частотною компенсацією. Відрізняється низьким споживанням струму. Особливість даного підсилювача – можливість працювати у схемах з однополярним живленням від 3 до 32 вольт. Вихід має захист від короткого замикання.

Область застосування - як підсилювальний перетворювач, в схемах перетворення постійної напруги, і у всіх стандартних схемах, де використовуються операційні підсилювачі, як з однополярною напругою, так і двополярною.



Рисунок 2.12 – Мікросхема LM358

#### Технічні характеристики LM358

- Однополярне живлення: від 3 В- 32 В.
- Двополярне живлення:  $\pm 1,5$  до  $\pm 16$  В.
- Струм споживання: 0,7 мА.
- Вхідна напруга зміщення: 3 мВ.
- Диференційна вхідна напруга: 32 В.
- Синфазний вхідний струм: 20 нА.
- Диференціальний вхідний струм: 2нА.
- Диференціальний коефіцієнт посилення за напругою: 100 дБ.
- Розмах вихідної напруги: від 0 до VCC - 1,5 В.
- Коефіцієнт гармонійних спотворень: 0,02%.
- Максимальна швидкість наростання вихідного сигналу: 0,6 В/мкс.
- Частота одиничного посилення (з температурною компенсацією): 1,0

МГц.



- Максимальна потужність, що розсіюється: 830 мВт.
- Діапазон робочих температур: 0...70 °С.

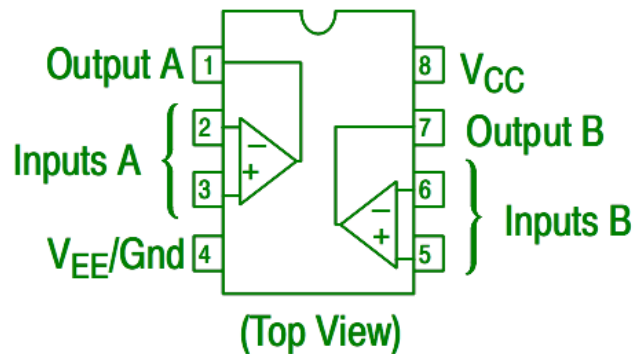


Рисунок 2.13 – Призначення виводів мікросхеми LM358

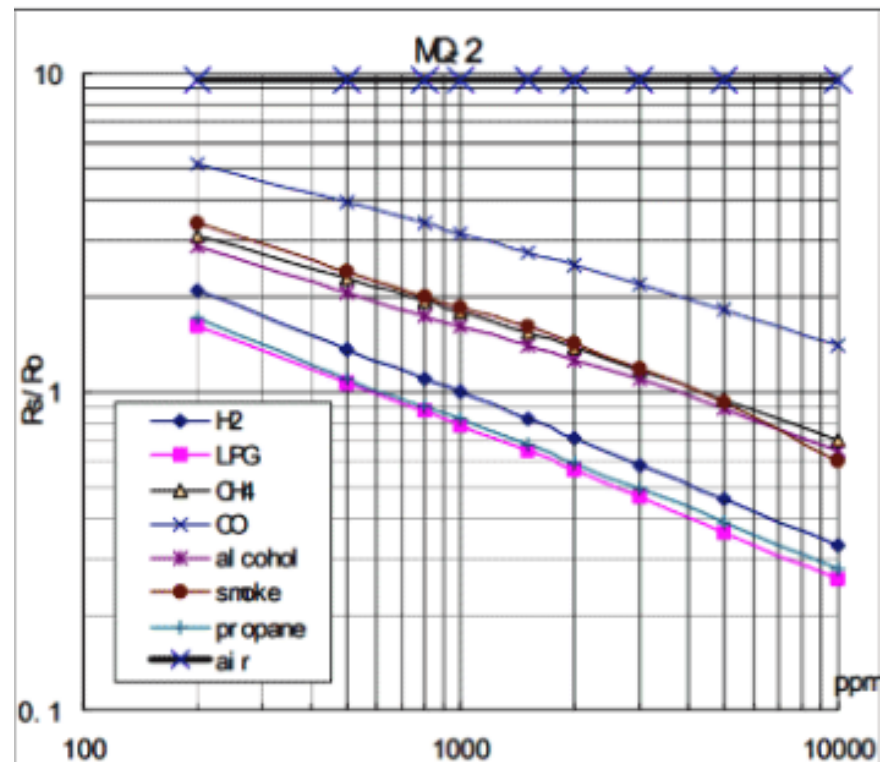
#### 2.5.8 Схема електрична принципова датчику

У запропонованій схемі було використано датчик газу MQ2, здатний визначати присутність диму в повітрі. РК-дисплей 16x2 використовується для відображення кількості диму в повітрі (в одиницях PPM). Мікросхема LM358 використовується для конвертування виходу датчика газу у цифрову форму (опціонально). Зумер використовується як сигналізація і спрацьовує, коли вміст диму в повітрі стає більше 1000 PPM.

У схемі було використано компаратор для порівняння вихідної напруги датчика диму з наперед визначеним значенням напруги, вихід компаратора приєднаний до контакту D7 плати Arduino. Також вихід датчика диму приєднано до аналогового контакту A0 плати Arduino.

Зуммер підключено до контакту D9. Інші необхідні з'єднання показані на наведеній схемі (рисунок 2.14)





Температура -20 °С; вологість -65%; концентрація O<sub>2</sub> -21%;

$RL = 5k\Omega$ ;  $R_0$  – опір датчика при 1000 ppm H<sub>2</sub> в чистому повітрі;

$R_s$ - опір датчик залежно від концентрації газів.

Рисунок 2.13 - Крива чутливості датчика до різних газів

У програмі спочатку підключили заголовний файл для РК дисплея і ініціалізували необхідні контакти (рисунок 2.14). Потім визначили параметри (координати однієї точки та нахил) кривої та опір навантаження.

```

1 #include <LiquidCrystal.h>
2 LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
3 #define buzzer 9
4 #define sensor A0
5 #define load_Res 10
6 #define air_factor 9.83
7
8 float SmokeCurve[3] = {2.3, 0.53, -0.44};
9
10 float Res=0;

```

Рисунок 2.14 - Підключення заголовного файлу для РК дисплея і ініціалізація необхідних контактів

Потім в функції *void setup()* відкалібрували датчик диму за допомогою функції *SensorCalibration* (рисунок 2.15).

```

2 {
3   lcd.begin(16,2);
4   lcd.print("Calibrating....");
5   Res = SensorCalibration();
6   lcd.print("Calibration done.");
7   lcd.setCursor(0,1);
8   lcd.print("Res=");
9   lcd.print(Res);
10  lcd.print("kohm");
11  delay(2000);
12  lcd.clear();
13  pinMode(buzzer, OUTPUT);
14 }
15 float SensorCalibration()
16 {
17   int i;
18   float val=0;
19   val=resistance(50,500);
20   val = val/air_factor;
21   return val;
22 }

```

Рисунок 2.15 - Відкалібровка датчику диму за допомогою функції *SensorCalibration*

Потім в функції *void loop()* обчислили ppm диму використовуючи функцію *resistance* (рисунок 2.16).

```

1 void loop()
2 {
3   lcd.setCursor(0,0);
4   lcd.print("SMOKE:");
5   float res=resistance(5,50);
6   res/=Res;
7   int result=pow(10,(((log(res)-SmokeCurve[1])/SmokeCurve[2]) + SmokeCurve[0]));
8   lcd.print(result);
9   lcd.print(" ppm");
10  if(result>1000)
11  {
12    digitalWrite(buzzer, HIGH);
13    delay(2000);
14  }
15  else
16    digitalWrite(buzzer, LOW);
17    delay(500);
18 }
19 float resistance(int samples, int interval)
20 {
21   int i;
22   float res=0;
23   for (i=0;i<samples;i++)
24   {
25     int adc_value=analogRead(sensor);
26     res+=((float)load_Res*(1023-adc_value)/adc_value);
27     delay(interval);
28   }
29   res/=samples;
30   return res;
31 }

```

Рисунок 2.16 - Обчислення ppm диму використовуючи функцію *resistance*

```
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
#define buzzer 9
#define sensor A0
#define load_Res 10
#define air_factor 9.83

float SmokeCurve[3] = {2.3, 0.53, -0.44}; // (x, y, slope) x,y coordinate of one point and the

float Res=0;
void setup()
{
  lcd.begin(16,2);
  lcd.print("Calibrating....");
  Res = SensorCalibration();
  lcd.print("Calibration done.");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Res=");
  lcd.print(Res);
  lcd.print("kohm");
  delay(2000);
  lcd.clear();
  pinMode(buzzer, OUTPUT);
}
void loop()
{
```

Рисунок 2.17 – Текст програми

## 2.7 Розробка топології друкованої плати та 3D моделі приладу

### Категорії матеріалів для виготовлення печатних плат

Вибір конструкції друкованої плати є важливим чинником, що визначає механічні характеристики при використанні пристрою в цілому. Для виготовлення друкованих плат використовуються матеріали різного рівня якості.

Шаруваті матеріали позначаються індексами FR (flameresistant, опірність до займання) і G. Матеріал з індексом FR-1 має найбільшу горючість, а FR-5 - найменшою. Матеріали з індексами G10 і G11 мають особливі характеристики. Матеріали друкованих плат приведені в таблиці 2.8.

Печатні плати категорії FR-1 не стійкі до теплової дії, і більш схожі на картон, тому таку категорію печатних плат дуже рідко використовують в виробництві.

FR-4 часто використовується при виготовленні промислового устаткування, в той час, як FR-2 використовується у виробництві побутової техніки. Ці дві категорії стандартизовані в промисловості, а друковані плати FR-2 і FR-4 часто підходять для більшості додатків. Але іноді неідеальність характеристик цих категорій примушує використати інші матеріали. Наприклад, для дуже високочастотних додатків, як матеріал друкованих плат використовуються фторопласт і навіть кераміка. Проте, чим екзотичніше матеріал друкованої плати, тим вище може бути вартість.

При виборі матеріалу друкованої плати слід звернути особливу увагу на його гігроскопічність, оскільки цей параметр може зробити сильний негативний ефект на бажані характеристики плати - поверхневий опір, витоки, високовольтні ізоляційні властивості (пробої і іскріння) і механічна міцність. Також слід звернути увагу на робочу температуру. Ділянки з високою температурою можуть зустрічатися в несподіваних місцях, наприклад, поряд з великими цифровими інтегральними схемами, перемикачів яких відбуваються

на високій частоті. Якщо такі ділянки розташовані безпосередньо під аналоговими компонентами, підвищення температури може позначитися на зміні характеристик аналогової схеми [9].

Таблиця 2.8 – Категорії матеріалів для виготовлення печатних плат

Категорія	Компоненти
FR-1	папір, фенольна композиція : пресування і штампування при кімнатній температурі, високий коефіцієнт гігроскопічності
FR-2	папір, фенольна композиція : застосовний для односторонніх друкованих плат побутової техніки, невисокий коефіцієнт гігроскопічності
FR-3	папір, епоксидна композиція : розробки з гарними механічними і електричними характеристиками
FR-4	склотекстоліт, епоксидна композиція : прекрасні механічні і електричні властивості
FR-5	склотканина, епоксидна композиція : висока міцність при підвищених температурах, відсутність займання
G10	склотканина, епоксидна композиція : високі ізоляційні властивості, найбільш висока міцність склотканини, низький коефіцієнт гігроскопічності
G11	склотканина, епоксидна композиція : висока міцність на вигин при підвищених температурах, висока опірність розчинникам

Після того, як матеріал друкованої плати вибраний, необхідно визначити товщину фольги друкованої плати. Цей параметр в першу чергу вибирається виходячи з максимальної величини протікаючого струму.

## 2.8 Кількість шарів печатної плати

Залежно від загальної складності схеми і якісних вимог необхідно визначити кількість шарів друкованої плати.

### 2.8.1 Одношарові друковані плати

Дуже прості електронні схеми виконуються на односторонніх платах з використанням дешевих фольгованих матеріалів (FR - 1 або FR - 2) і часто мають багато перемичок, нагадуючи двосторонні плати. Такий спосіб створення друкованих плат рекомендується тільки для низькочастотних схем. Односторонні друковані плати великою мірою сприйнятливі до наведень. Хорошу односторонню друковану плату досить складно розробити через багато причин. Проте хороші плати такого типу зустрічаються, але при їх розробці вимагається дуже багато що обмірковувати заздалегідь.

### 2.8.2 Двошарові друковані плати

На наступному рівні стоять двосторонні друковані плати, які у більшості випадків використовують як матеріал підкладки FR, - 4, хоча іноді зустрічається і FR - 2. Застосування FR - 4 прийнятніше, оскільки в друкованих платах з цього матеріалу отвору виходять більше кращої якості. Схеми на двосторонніх друкованих платах розводяться набагато легше, оскільки в двох шарах простіше здійснити розводку пересічних трас. Проте для аналогових схем перетин трас виконувати не рекомендується. Де можливо, нижній шар (bottom) необхідно відводити під полігон землі, а інші сигнали розводити у верхньому шарі (top). Використання полігону як земляної шини дає декілька переваг:

- загальний дріт є дротом, що найчастіше підключається в схемі; тому резонно мати "багато спільного дроти для спрощення розводки.



- збільшується механічна міцність плати.
- зменшується опір усіх підключень до загального дроту, що, у свою чергу, зменшує шум і наведення.
- збільшується розподілена місткість для кожного ланцюга схеми, допомагаючи пригнічувати випромінюваний шум.
- полігон, що є екраном, пригнічує наведення, що випромінюються джерелами, розташованими з боку полігону.

Двосторонні друковані плати, незважаючи на усі свої переваги, не є кращими, особливо для малосигнальних або високошвидкісних схем. У загальному випадку, товщина друкованої плати, тобто відстань між шарами металізації, дорівнює 1,5 мм, що надто багато для повної реалізації деяких переваг двошарової друкованої плати, приведених вище. Розподілена місткість, наприклад, занадто мала із-за такого великого проміжку.

### 2.8.3 Багатошарові друковані плати

Для складних розробок схемотехніки потрібно багатошарові друковані плати (БДП). Деякі причини їх застосування очевидні:

- така ж зручна, як і для шини загального дроту, розводка шин живлення; якщо як шини живлення використовуються полігони на окремому шарі, то досить просто за допомогою перехідних отворів здійснити підведення живлення до кожного елемента схеми;
- сигнальні шари звільняються від шин живлення, що полегшує розводку сигнальних провідників;
- між полігонами землі і живлення з'являється розподілена місткість, яка зменшує високочастотний шум.

Окрім цих причин застосування багатошарових друкованих плат існують інші, менш очевидні :

- краще пригнічення електромагнітних (ЕМІ) і радіочастотних (RFI) завад завдяки ефекту відображення (imageplaneeffect), відомому ще за часів Маркони. Коли провідник розміщується близько до плоскої поверхні, що проводить, велика частина поворотних високочастотних струмів протікатиме по площині безпосередньо під провідником. Напрямок цих струмів буде протилежний до напрямку струмів в провіднику. Таким чином, відображення провідника в площині створює лінію передачі сигналу. Оскільки струми в провіднику і в площині рівні за величиною і протилежні по напрямку, створюється деяке зменшення випромінюваних перешкод. Ефект відображення ефективно працює тільки при нерозривних суцільних полігонах (ними можуть бути як полігони землі, так і полігони живлення). Будь-яке порушення цілісності призводитиме до зменшення пригнічення перешкод.

- зниження загальної вартості при дрібносерійному виробництві. Попри те, що виготовлення багат шарових друкованих плат обходиться дорожче, їх можливе випромінювання менше, ніж у одно- і двошарових плат. Отже, в деяких випадках застосування лише багат шарових плат дозволить виконати вимоги по випромінюванню, поставлені при розробці, і не проводити додаткових випробувань і тестувань. Застосування БДП може понизити рівень випромінюваних перешкод на 20 дБ в порівнянні з двошаровими платами [11].

#### 2.8.4 Порядок дотримання шарів

При вирішенні цього питання важливо пам'ятати, що часто розташування шарів не має особливого значення, оскільки всі компоненти розташовуються на зовнішніх шарах, а шини, що підводять сигнали до їх виводів, іноді проходять через усі шари. Тому будь-які екранні ефекти є лише компромісом. В даному випадку краще потурбуватися про створення великої

розподіленої місткості між полігонами живлення і землі, розташували їх у внутрішніх шарах.

Іншою перевагою розташування сигнальних шарів зовні є доступність сигналів для тестування, а також можливість модифікації зв'язків. Будь-хто, хто хоч раз змінював з'єднання провідників, розташованих у внутрішніх шарах, оцінить цю можливість.

Для друкованих плат з більше, ніж чотири шарами, існує загальне правило розташовувати високошвидкісні сигнальні провідники між полігонами землі і живлення, а низькочастотним відводити зовнішні шари.

## 2.9 Паразитні ефекти друкованої плати

Між провідниками друкованої плати, що знаходяться на різних шарах, виникає ємнісний зв'язок, коли вони перетинаються. Іноді це може створити проблему. Провідники, що знаходяться один над одним на суміжних шарах, створюють довгий плівковий конденсатор. Місткість такого конденсатора розраховується за формулою, яка розраховується з урахуванням міжшарової ємності (рисунок 2.18).

$$C = 0,0085 \cdot E_R \cdot \frac{A}{d},$$

де  $C$  – ємність, пФ;

$E_R$  – діелектрична постійна;

$A$  – площа перекриття, мм<sup>2</sup>;

$d$  – відстань між шарами.

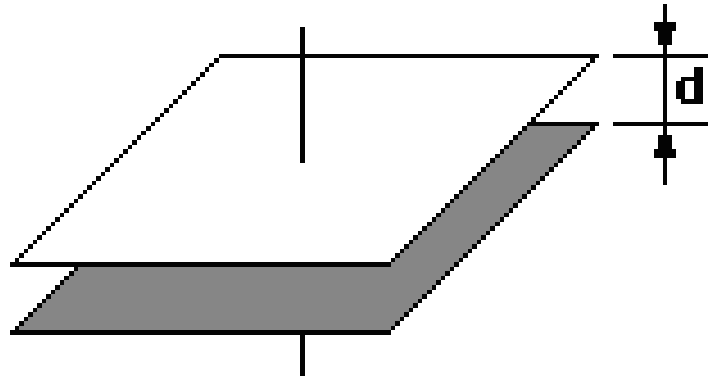


Рисунок 2.18 – Міжшарова ємність

Наприклад, друкована плата може мати наступні параметри:

- 4 шари; сигнальний і шар полігону землі - суміжні,
- міжшаровий інтервал - 0,2 мм,
- ширина провідника - 0,75 мм,
- довжина провідника - 7,5 мм.

Типове значення діелектричної постійною  $\epsilon_r$  для FR - 4 дорівнює 4.5.

Підставивши усі значення у формулу, отримаємо значення ємності між цими двома шинами, рівне 1,1 пФ.

Рисунок 2.19 ілюструє ефект від місткості в 1 пФ, що виникає при підключенні її до інвертуючого входу високочастотного операційного підсилювача.

Видно, що відбувається подвоєння амплітуди вихідного сигналу на частотах, близьких до верхньої межі частотного діапазону ОУ. Це, у свою чергу, може привести до генерації, особливо на робочих частотах антени (вище 180 МГц). Цей ефект породжує численні проблеми, для вирішення яких, проте, існує багато способів. Найочевидніший з них - зменшення довжини провідників. Інший спосіб - зменшення їх ширини. Немає причини застосування провідника такої ширини для підведення сигналу до інвертуючого входу, оскільки по цьому провідникові протікає дуже невеликий струм.

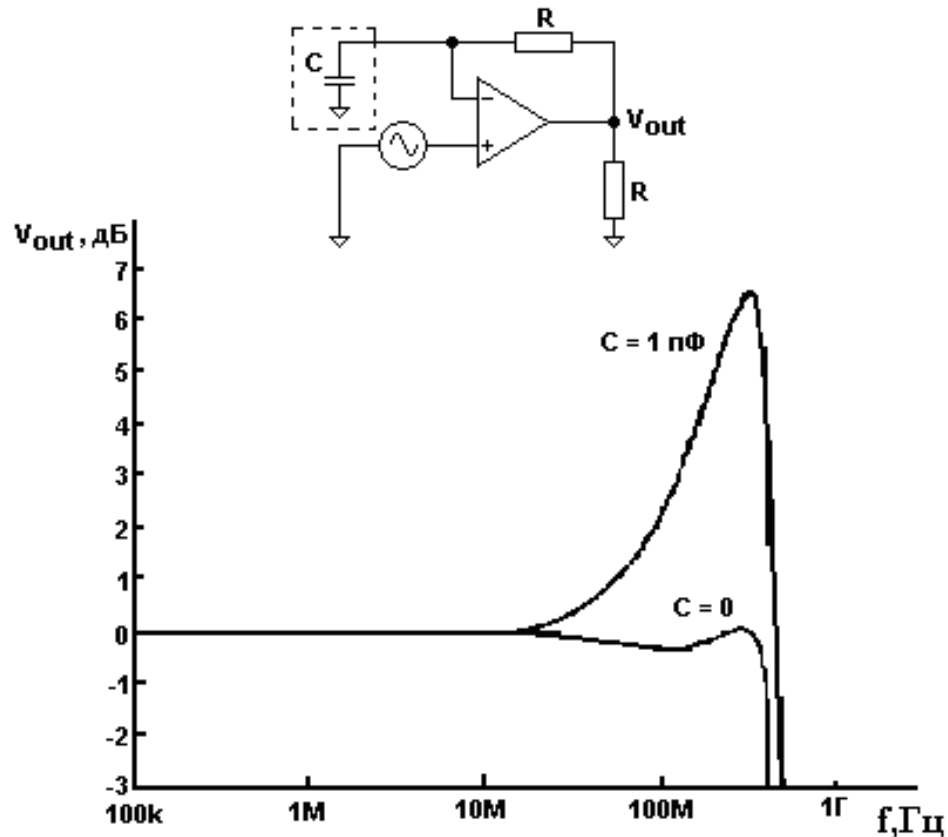


Рисунок 2.19 – Ефект від ємності на вході, що інвертує операційного підсилювача

Зменшення довжини траси до 2,5 мм, а ширину до 0,2 мм приведе до зменшення місткості до 0,1 пФ, а така місткість вже не приведе до такого значного підйому частотної характеристики. Ще один спосіб рішення - видалення частини полігону під інвертуючим входом і провідником, відповідним до нього.

Інвертуючий вхід операційного підсилювача, особливо, високошвидкісного, великою мірою схильний до генерації в схемах з високим коефіцієнтом посилення. Це відбувається із-за небажаної місткості вхідного каскаду ОУ. Тому, украй важливо зменшити паразитну місткість і розташовувати компоненти зворотного зв'язку настільки близько до інвертуючого входу наскільки це можливо. Якщо, незважаючи на вжиті заходи, відбувається збудження підсилювача, то необхідно пропорційно зменшити опори резисторів зворотному зв'язку для зміни резонансної частоти ланцюга. Також може до-

помогти і збільшення резисторів, правда, значно рідше, оскільки ефект збудження залежить і від імпедансу схеми. При зміні резисторів зворотного зв'язку не можна забувати і про зміну місткості конденсатора, що коригує. При зменшенні опорів резисторів збільшується споживана потужність схеми.

Ширину провідників друкованої плати неможливо нескінченно зменшити. Гранична ширина визначається як технологічним процесом, так і завтовшки фольга. Якщо два провідники проходять близько один до одного, то між ними утворюється ємнісний і індуктивний зв'язок (рисунок 2.20).

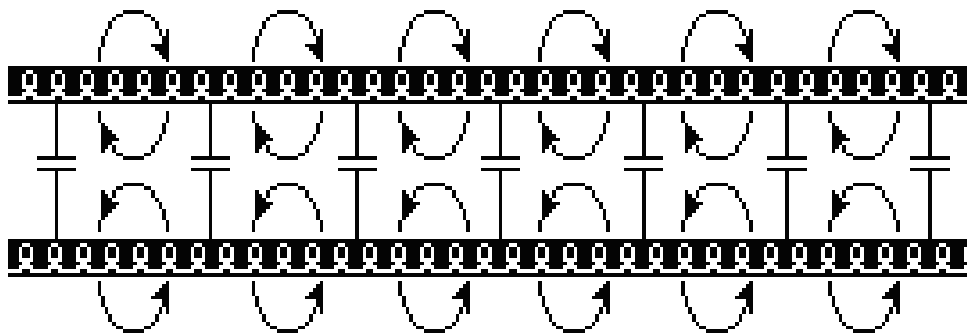


Рисунок 2.20 – Взаємозв'язок між паралельними сигнальними провідниками

Сигнальні провідники не повинні розводитися паралельно один одному, виключаючи випадки розводки диференціальних або мікросмужкових ліній. Проміжок між провідниками має бути мінімум в три рази більше ширини провідників.

Місткість між трасами в аналогових схемах може створити утруднення при великих опорах резисторів (декілька МОм). Відносно велика ємнісний зв'язок між тим, що інвертує і не інвертує входами операційного підсилювача легко може привести до самозбудження схеми.

Всякий Раз, коли при розводці друкованої плати з'являється необхідність в створенні перехідного отвору, тобто міжшарового з'єднання (рисунок 2.21), необхідно пам'ятати, що при цьому виникає також паразитна індуктивність. При діаметрі отвору після металізації  $d$  і довжині каналу  $h$  індуктивність можна вчислити по наступній наближеній формулі:

$$L \cong \frac{h}{5} \cdot \left( 1 + \ln \left( \frac{4h}{d} \right) \right) \text{нГн}$$

Наприклад, при  $d=0,4$  мм і  $h=1,5$  мм (досить поширені величини) індуктивність отвору дорівнює 1,1 нГн.

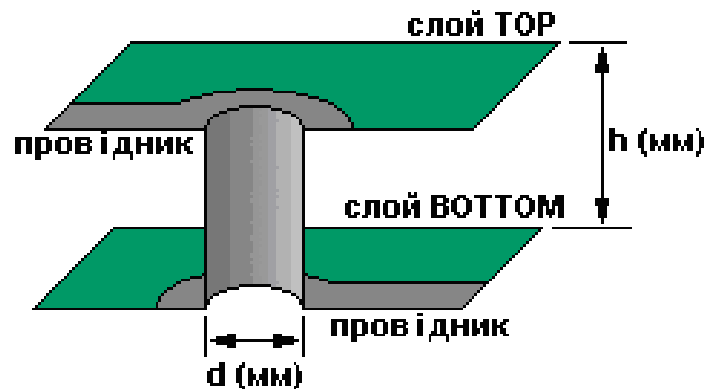


Рисунок 2.21 –Індуктивність перехідного отвору

Індуктивність отвору разом з такою ж паразитною місткістю формують резонансний контур, що може позначитися при роботі на високих частотах. Власна індуктивність отвору досить мала, і резонансна частота знаходиться десь в гігагерцовому діапазоні, але якщо сигнал впродовж свого шляху вимушений проходити через декілька перехідних отворів, то їх індуктивності складаються (послідовне з'єднання), а резонансна частота знижується. Висновок: намагайтеся уникати великого числа перехідних отворів при розводці відповідальних високочастотних провідників аналогових схем. Інше негативне явище: при великій кількості перехідних отворів в полігоні землі можуть створюватися петлеві ділянки. Найкраща аналогова розводка - усі сигнальні провідники розташовуються на одному шарі друкарської плати.

Окрім розглянутих вище паразитних ефектів існують ще такі, які пов'язані з недостатньо чистою поверхнею плати [10].

Якщо в схемі є присутніми великі опори, то особливу увагу слід приділити очищенню плати. На завершальних операціях виготовлення друкованої плати повинні віддалятися залишки флюсу і забруднень. Останнім часом при монтажі друкованих плат досить часто застосовуються водорозчинні флюси. Будучи менш шкідливими, вони легко віддаляються водою. Але при цьому відмивання плати недостатньо чистою водою може привести до додаткових забруднень, які погіршують діелектричні характеристики. Отже, дуже важливо робити відмивання друкованої плати з високоімпедансною схемою свіжою дистильованою водою.

Для розробки топологій та 3D моделі детектора диму на Arduino використано симулятор EasyEDA.

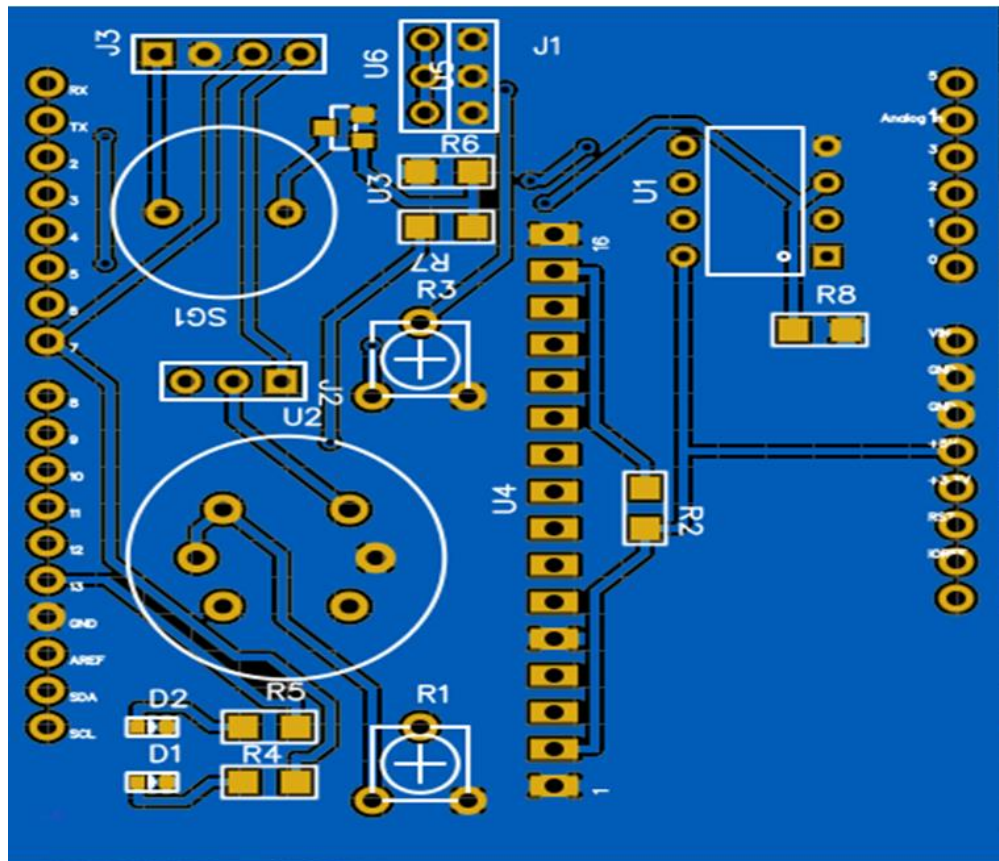


Рисунок 2.22 - Макет друкованої плати



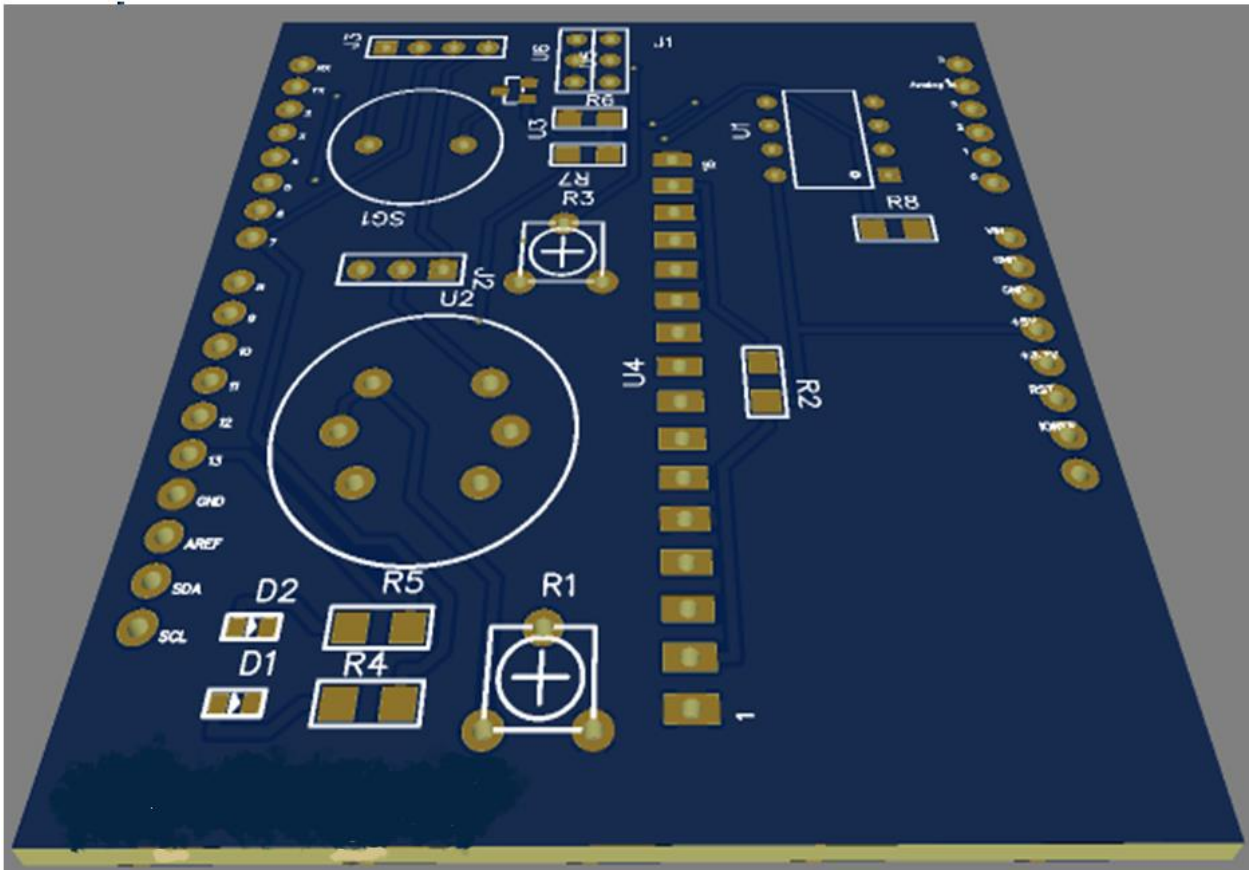


Рисунок 2.23 - 3D модель друкованої плати

Таким чином розроблено схему детектора диму на основі плати Arduino, яка розраховує та відображає на екрані РК-дисплея кількість диму в повітрі в одиницях PPM. Також розроблено плату розширення Arduino (на основі друкованої плати) з використанням симулятора EasyEDA, що має габаритні розміри 40x60мм.

## 3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

### 3.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих факторів

Проведення схематичного моделювання електричного приладу вимагало застосування сучасного програмного забезпечення: MSWord, SPlan, середовище Arduino. Для розробки електричного приладу сигналізації використовувався паяльник. Тому розглянемо небезпечні та шкідливі фактори, що могли виникнути при роботі з персональним комп'ютером, а також при пайці елементів приладу.

Процес пайки завжди супроводжується забрудненням повітря, а саме оксидами свинця, олова та інших хімічних елементів, що входять до припою, а також коніфолі.

При знаходженні в забрудненому повітрі працівники піддаються шкідливій дії пилу та парів. Шкідливі хімічні елементи осідають у легенях, попадають на слизову ока, рота.

Припой може викликати ураження бронхів, при тривалій дії викликає пневмоконіоз. Гранично допустима концентрація окису олова в повітрі робочої зони складає 0,05 мг/м<sup>3</sup>.

Свинець, який знаходиться в припої, може викликати ураження нервової системи. Гранично допустима концентрація становить 0,05 мг/м<sup>3</sup>.

В припої також наявний кадмій, який може викликати ураження нирок, печінки та легень. Гранично допустима концентрація становить 0,01 мг/м<sup>3</sup>.

Каніфоль має дратливу дію та при довгому контакті зі шкірою людини може викликати дерматит.

Тому, при роботі з паяльником наявні шкідливі фактори:

- оксиди олова;
- оксиди кадмію;

- пари свинцю та його з'єднань;
- складні ефіри;
- запиленість повітря;
- інфрачервоне випромінювання.

До небезпечних факторів можна віднести:

- висока температура;
- електричний струм.

Робочі місця, обладнані персональними комп'ютерами, повинні відповідати вимогам «Правил охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин», затверджених Наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 26.03.2010 року № 65 (Правила), та «Державних санітарних правил і норм роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин», затверджених постановою Головного державного санітарного лікаря України від 10.12.98 N 7 (ДСанПіН 3.3.2-007-98). Зазначені нормативно-правові акти встановлюють санітарно-гігієнічні вимоги до приміщення, в якому розташоване робоче місце, власне до робочого місця, освітлення, рівнів вібрації і шуму, мікроклімату в приміщенні тощо. [14]

Будівлі та приміщення, де розміщені робочі місця з ЕОМ, мають бути не нижче другого ступеня вогнестійкості. Для всіх будівель і приміщень повинно бути визначено клас зони згідно з НПАОП 40.1-1.01-97. Відповідне позначення повинно бути нанесено на вхідних дверях кожного приміщення. Не дозволяється розташування приміщень з робочими місцями у підвалах і цокольних поверхах.

Неприпустимим є розташування приміщень категорій А і Б, а також виробництв з мокрими технологічними процесами поряд з приміщеннями, де розташовуються робочі місця, а також над ними чи під ними. При цьому площа приміщення має бути не менше 6,0 кв. м. із розрахунку на одне робоче місце, а об'єм – не менше 20,0 куб. м.

Віконні прорізи приміщень для роботи з персональними комп'ютерами мають бути обладнані регульованими пристроями (жалюзі, завіски, зовнішні козирки. Для внутрішнього оздоблення приміщень з персональними комп'ютерами слід використовувати дифузно-відбивні матеріали з коефіцієнтами відбиття для стелі 0,7-0,8, для стін 0,5-0,6. Покриття підлоги повинне бути матовим з коефіцієнтом відбиття 0,3-0,5. Поверхня підлоги має бути рівною, неслизькою, з антистатичними властивостями.

Забороняється для оздоблення інтер'єру приміщень з персональними комп'ютерами застосовувати полімерні матеріали (деревинно-стружкові плити, шпалери, що миються, рулонні синтетичні матеріали, шаруватий паперовий пластик тощо), що виділяють у повітря шкідливі хімічні речовини. Полімерні матеріали для внутрішнього оздоблення приміщень з персональними комп'ютерами можуть бути використані при наявності дозволу органів та установ державної санітарно-епідеміологічної служби. Приміщення можуть обладнуватись шафами для зберігання документів, магнітних дисків, полицями, стелажами, тумбами тощо з урахуванням вимог до площі приміщень.

Заземлені конструкції (батареї опалення, водопровідні труби, кабелі із заземленим відкритим екраном), мають бути надійно захищені діелектричними щитками або сітками з метою недопущення потрапляння під напругу. Приміщення мають бути оснащені системою автоматичної пожежної сигналізації і вогнегасниками відповідно до вимог чинного законодавства України. Проходи до засобів пожежогасіння мають бути вільними.

Крім того приміщення мають бути оснащені аптечками першої медичної допомоги.

При розміщенні робочих столів з персональними комп'ютерами слід дотримувати:

- відстань між бічними поверхнями персональних комп'ютерів 1,2 м.;

- відстань від тильної поверхні одного персонального комп'ютера до екрана іншого – 2,5 м.

За потреби особливої концентрації уваги під час виконання робіт суміжні робочі місця операторів необхідно відділяти одне від одного перегородками висотою 1,5 — 2м.

Конструкція робочого місця користувача персонального комп'ютера має забезпечити підтримання оптимальної робочої пози офісного працівника.

Конструкція робочого столу має відповідати сучасним вимогам ергономіки і забезпечувати оптимальне розміщення на робочій поверхні використовуваного обладнання (дисплея, клавіатури, принтера) і документів. Висота робочої поверхні робочого столу має регулюватися в межах 680-800 мм, а ширина і глибина – забезпечувати можливість виконання операцій у зоні досяжності моторного поля (рекомендовані розміри: 600-1400мм, глибина – 800-1000мм).

Робочий стіл повинен мати простір для ніг заввишки не менше ніж 600мм, завширшки не менше ніж 500мм, завглибшки (на рівні колін) не менше ніж 450мм, на рівні простягнутої ноги не менше ніж 650мм. Робочий стілець має бути підйомно-поворотним, регульованим за висотою, з кутом і нахилу сидіння та спинки і за відстанню від спинки до переднього краю сидіння поверхня сидіння має бути плоскою, передній край – заокругленим. Регулювання за кожним із параметрів має здійснюватися незалежно, легко і надійно фіксуватися. [14]

Шаг регулювання елементів стільця має становити: для лінійних розмірів – 15-20мм, для кутових – 2-5 градусів. Зусилля регулювання має не перевищувати 20Н. Висота поверхні сидіння має регулюватися в межах 400-500мм, а ширина і глибина становити не менше ніж 400мм. Кут нахилу сидіння — до 15 градусів вперед і до 5 градусів назад. Висота спинки стільця має становити (300+-20) мм, ширина — не менше ніж 380 мм, радіус кривизни горизонтальної площини — 400мм.

Кут нахилу спинки має регулюватися в межах 1-30 градусів від вертикального положення. Відстань від спинки до переднього краю сидіння має регулюватися в межах 260-400мм. Для зниження статичного напруження м'язів верхніх кінцівок слід використовувати стаціонарні або змінні підлокітники завдовжки не менше ніж 250мм, завширшки 50-70мм, що регулюються за висотою над сидінням у межах 230-260мм і відстанню між підлокітниками в межах 350-500мм.

Поверхня сидіння і спинки стільця має бути напівм'якою з нековзним, повітронепроникним покриттям, що легко очиститься і не електризується.

Робоче місце має бути обладнане підставкою для ніг завширшки не менше ніж 300мм, завглибшки не менше ніж 400мм, що регулюється за висотою в межах до 150мм і за кутом нахилу опорної поверхні підставки до 20 градусів. Підставка повинна мати рифлену поверхню і бортик по передньому краю заввишки 10мм.

Робочі місця слід розташовувати відносно світових прорізів так, щоб природне світло падало переважно з лівого боку. Монітор має розташовуватися на оптимальній відстані від очей користувача, що становить 600-700мм, але не ближче ніж за 600мм з урахуванням розміру літерно-цифрових знаків і символів.

Розташування екрана монітору має забезпечувати зручність зорового спостереження у вертикальній площині під кутом +30 градусів до нормальної лінії погляду працівника.

Клавіатуру слід розташовувати на поверхні столу на відстані 100-300 мм від краю, звернутого до працюючого. У конструкції клавіатури має передбачатися опорний пристрій (виготовлений із матеріалу з високим коефіцієнтом тертя, що перешкоджає мимовільному її зсуву), який дає змогу змінювати кут нахилу поверхні клавіатури у межах 5-15 градусів. Висота середнього рядка клавіш має не перевищувати 30мм. Поверхня клавіатури має бути матовою з коефіцієнтом відбиття 0,4.

Розташування пристрою введення — виведення інформації має забезпечувати добру видимість монітору, зручність ручного керування в зоні досяжності моторного поля і за висотою – 900-1300мм, за шириною 400-500мм. Під матричні принтери потрібно підкладати вібраційні килимки для гасіння вібрації та шуму.

Щодня перед початком роботи необхідно очищати монітор від пилу та інших забруднень. Після закінчення роботи персональний комп'ютер і периферійні пристрої повинні бути відключені від електричної мережі.

У разі виникнення аварійної ситуації необхідно негайно відключити персональний комп'ютер і периферійні пристрої від електричної мережі.

Не допускається:

- виконувати обслуговування, ремонт та налагодження персонального комп'ютеру та периферійних пристроїв безпосередньо на робочому місці оператора;

- зберігати біля персонального комп'ютеру та периферійних пристроїв папір, будь-які носії інформації (диски, флешки тощо), запасні блоки, деталі тощо, якщо вони не використовуються для поточної роботи;

- відключати захисні пристрої, самочинно проводити зміни у конструкції та складі персонального комп'ютеру та периферійних пристроїв або їх технічне налагодження;

- працювати з персональним комп'ютером, у яких під час роботи з'являються нехарактерні сигнали, нестабільне зображення на моніторі тощо;

- працювати з матричним принтером за відсутності вібраційного килимка та зі знятою (піднятою) верхньою кришкою.

Приміщення для роботи з персональними комп'ютерами мають бути обладнані системами опалення, кондиціонування повітря, або припливно-втяжною вентиляцією. У приміщеннях на робочих місцях мають забезпечуватись оптимальні значення параметрів мікроклімату: температури, від-

носної вологості й рухливості повітря у відповідності до ГОСТ 12.1.005-88, СН 4088-86 (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 – Оптимальні мікрокліматичні показники згідно з СН 4088-86

Пора року	Категорія робіт	Температура повітря, град. С	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
		оптимальна	оптимальна	оптимальна
Холодна	легка-1 а	22 - 24	40 – 60	0,1
	легка-1 б	21 - 23	40 – 60	0,1
Тепла	легка-1 а	23 - 25	40 – 60	0,1
	легка-1 б	22 - 24	40 – 60	0,2

Рівні позитивних і негативних іонів у повітрі мають відповідати санітарно-гігієнічним нормам № 2152-80 (таблиця 3.2).

Таблиця 3.2 - Рівні позитивних і негативних іонів у повітрі

Рівні	Кількість іонів в 1 см куб. повітря	
	n +	n -
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500 – 3000	3000 – 5000
Максимально допустимі	50000	50000

Для підтримки допустимих значень мікроклімату та концентрації позитивних та негативних іонів необхідно передбачати установки або прилади зволоження та/або штучної іонізації, кондиціонування повітря. Приміщення, в



яких встановлені персональні комп'ютери, повинні мати природне та штучне освітлення відповідно до СНиП II-4-79. Природне освітлення має здійснюватися через світлові прорізи, орієнтовані переважно на північ чи північний схід і забезпечувати коефіцієнт природною освітленості (КПО) не нижче ніж 1,5%. Розраховується КПО за методикою, викладеною в СНиП II-4-79. Штучне освітлення в приміщеннях з робочими місцями має здійснюватися системою загального рівномірного освітлення. У разі переважної роботи з документами, допускається застосування системи комбінованого освітлення (крім системи загального освітлення додатково встановлюються світильники місцевого освітлення). Зазначення освітленості на поверхні робочого столу у зоні розміщення документів має становити 300-500лк. Якщо ці значення освітленості неможливо забезпечити системою загального освітлення, допускається використовувати місцеве освітлення. При цьому світильники місцевого освітлення слід встановлювати таким чином, щоб не створювати відблисків на поверхні екрана, а освітленість екрана має не перевищувати 300лк. Як джерела світла в разі штучного освітлення мають застосовуватись переважно люмінесцентні лампи типу ЛБ. У разі влаштування відбитого освітлення у приміщеннях, де переважним чином працюють з документами, допускається застосування металогалогенних ламп потужністю 250Вт. Допускається застосування ламп розжарювання у світильниках місцевого освітлення. Система загального освітлення має становити суцільні або переривчасті лінії світильників, розташовані збоку від робочих місць (переважно ліворуч), паралельно лінії зору працюючих.

Допускається використання світильників таких класів світлорозподілу:

- прямого світла — П;
- переважно прямого світла — Н;
- переважно відбитого світла — В.

Для загального освітлення слід застосовувати світильники серії ЛПО 3б із дзеркальними ґратами, що укомплектовані високочастотними пускорегу-

гулювальними апаратами (ВЧ ПРА). Допускається застосовувати світильники цієї серії без ВЧ ПРА тільки в модифікації «Кососвітло».

Застосування світильників без розсіювачів та екрануючих ґрат заборонено. Яскравість світильників загального освітлення в зоні кутів випромінювання від 50 до 90 градусів з вертикаллю в повздовжній та поперечній площинах має становити не більше ніж  $200 \text{ кд/м}^2$ , захисний кут світильників — не менше ніж 40 градусів. Світильники місцевого освітлення повинні мати відбивач, що просвічує, із захисним кутом, не меншим ніж 40 градусів.

Слід передбачити обмеження прямої близькості від джерел природного та штучного освітлення. При цьому яскравість світлих поверхонь (вікна, джерела штучного освітлення), що розташовані в полі зору повинна бути не більше ніж  $200 \text{ кд/м}^2$ . Необхідно обмежувати відбиту близькість на робочих поверхнях відносно джерел природного і штучного освітлення. При цьому яскравість відблисків на екрані ВДТ має не перевищувати  $40 \text{ кд/м}^2$ , а яскравість стелі в разі застосування системи відбитого освітлення —  $200 \text{ кд/м}^2$ .

Показник освітленості у разі використання джерел загального штучного освітлення у виробничих приміщеннях має не перевищувати 20, а показник дискомфорту в адміністративно-громадських приміщеннях має бути не більше за 40. Необхідно обмежувати нерівномірність розподілу яскравості в полі зору працюючих з ВДТ. При цьому співвідношення яскравостей робочих поверхонь має бути не більшим ніж 3:1, а співвідношення яскравостей робочих поверхонь та поверхонь стін, обладнання тощо — 5:1. Коефіцієнт запасу для освітлювальних установок загального освітлення має дорівнювати 1,4. Коефіцієнт пульсації має не перевищувати 5%, що забезпечується застосуванням газорозрядних ламп у світильниках загального та місцевого освітлення з ВЧ ПРА для світильників будь-яких типів. Якщо не має світильників з ВЧ ПРА, то лампи багатолампових світильників або світильники загального освітлення, розташовані поруч, слід вмикати на різні фази трифазної мережі. Для забезпечення нормованих значень освітленості у приміщеннях з ВДТ ЕОМ та ПЕ-

ОМ слід чистити шибки і світильники принаймні двічі на рік і вчасно замінювати лампи, що перегоріли.

### 3.2 Електробезпека

Персональні комп'ютери, периферійні пристрої, інше устаткування (апарати управління, контрольно-вимірювальні прилади, світильники), електропроводи та кабелі за виконанням і ступенем захисту мають відповідати класу зони, мати апаратуру захисту від струму короткого замикання та інших аварійних режимів. Під час монтажу та експлуатації ліній електромережі необхідно повністю унеможливити виникнення електричного джерела загоряння внаслідок короткого замикання та перевантаження проводів, обмежувати застосування проводів з легкозаймистою ізоляцією і, за можливості, застосовувати негорючу ізоляцію. Лінія електромережі для живлення персональних комп'ютерів і периферійних пристроїв виконується як окрема групова трипровідна мережа шляхом прокладання фазового, нульового робочого та нульового захисного провідників. Нульовий захисний провідник використовується для заземлення (занулення) електроприймачів. Не допускається використовувати нульовий робочий провідник як нульовий захисний провідник. Нульовий захисний провідник прокладається від стійки групового розподільного щита, розподільного пункту до розеток електроживлення. Не допускається підключати на щиті до одного контактного затискача нульовий робочий та нульовий захисний провідники. Площа перерізу нульового робочого та нульового захисного провідника в груповій трипровідній мережі має бути не менше площі перерізу фазового провідника. Усі провідники мають відповідати номінальним параметрам мережі та навантаження, умовам навколишнього середовища, умовам розподілу провідників, температурному режиму та типам апаратури захисту.

У приміщенні, де одночасно експлуатуються понад п'ять персональних комп'ютерів і периферійних пристроїв, на помітному та доступному місці встановлюється аварійний резервний вимикач, який може повністю вимкнути електричне живлення приміщення, крім освітлення.

Персональні комп'ютери і периферійні пристрої повинні підключатися до електромережі тільки за допомогою справних штепсельних з'єднань і електророзеток заводського виготовлення. У штепсельних з'єднаннях та електророзетках, крім контактів фазового та нульового робочого провідників, мають бути спеціальні контакти для підключення нульового захисного провідника. Їхня конструкція має бути такою, щоб приєднання нульового захисного провідника відбувалося раніше, ніж приєднання фазового та нульового робочого провідників. Порядок роз'єднання при відключенні має бути зворотним. Не допускається підключати персональні комп'ютери та периферійні пристрої до звичайної двопровідної електромережі, в тому числі з використанням перехідних пристроїв. [15]

Електромережі штепсельних з'єднань та електророзеток для живлення персональних комп'ютерів та периферійних пристроїв потрібно виконувати за магістральною схемою, по 3-6 з'єднань або електророзеток в одному колі. Штепсельні з'єднання та електророзетки для напруги 12В та 42В за своєю конструкцією мають відрізнятися від штепсельних з'єднань для напруги 127В та 220В. Штепсельні з'єднання та електророзетки, розраховані на напругу 12В та 42В, мають візуально (за кольором) відрізнятися від кольору штепсельних з'єднань, розрахованих на напругу 127В та 220В. Індивідуальні та групові штепсельні з'єднання та електророзетки необхідно монтувати на негорючих або важкогорючих пластинах. Електромережу штепсельних розеток для живлення персональних комп'ютерів і периферійних пристроїв при розташуванні їх уздовж стін приміщення прокладають по підлозі поруч зі стінами приміщення, як правило, в металевих трубах і гнучких металевих рукавах, а також у пластикових коробах і пластмасових рукавах з відводами відповідно до затвердженого плану розміщення обладнання та технічних

характеристик обладнання. При розміщенні в приміщенні до п'яти персональних комп'ютерів і периферійних пристроїв допускається прокладання трипровідникового захищеного проводу або кабелю в оболонці з негорючого чи важкогорючого матеріалу по периметру приміщення без металевих труб та гнучких металевих рукавів. Не допускається в одній трубі прокласти ланцюги до 42В та вище 42В.

При організації робочих місць електромережу штепсельних розеток для живлення персональних комп'ютерів, периферійних пристроїв і у центрі приміщення прокладають у каналах або під знімною підлогою в металевих трубах або гнучких металевих рукавах. При цьому не допускається застосовувати провід і кабель в ізоляції з вулканізованої гуми та інші матеріали, які містять сірку.

### 3.3 Пожежна та техногенна безпека

Категорія приміщення по пожежній вибухонебезпечності згідно СНиП 2.01.02 - 85 має I ступінь вогнестійкості, а по пожежовибухонебезпеці відноситься до категорії В, тобто в приміщенні зберігаються тверді горючі речовини. Клас приміщення лабораторії з пожежної небезпеки відповідно до ПУЕ-85-П-110 (використовуються горючі матеріали, магнітні носії інформації).

У лабораторії можливі наступні причини виникнення пожежі: несправність електропроводки, порушення протипожежних правил і правил експлуатації приладів. Тому, відповідно до ГОСТ 12.4.009-83 в приміщенні слід встановити первинні засоби пожежогасіння. Виходячи із загальної площі приміщення і категорії приміщення з вибухопожежної та пожежної небезпеки, потрібно поставити два вогнегасника з вуглекислотою типу ОУ-5. Вогнегасники повинні розміщуватися на висоті не більше 1,5 м від рівня під-

логи до нижнього торця вогнегасника. Їх розміщують таким чином, щоб інструктивні написи на корпусі були видні.

Також пропонується застосування сигналізації про виникнення пожежі шляхом установки датчиків КН-1, налаштованих на температуру спрацювання 70°C. Оскільки один датчик типу КН-1 здатен контролювати площу 3 м<sup>2</sup> розрахуємо кількість датчиків (К<sub>д</sub>) необхідних для приміщення лабораторії

$$K_{д} = \frac{S}{3} = \frac{20}{3} \approx 7шт \quad (0.1)$$

Для більш надійного контролю приміщення лабораторії прийнято кількість датчиків типу КН-1 яка дорівнює 8. Різні рідини використовувани при монтажно-складальних роботах (спирт, розчинники, скипидар і ін.), повинні зберігатися в закритому небиткому посуді. Посуд повинен мати написи про її вміст.

Організаційно-технічними заходами щодо забезпечення пожежної безпеки є: організація навчання персоналу правилам пожежної безпеки; розробка заходів щодо дій робітників на випадок виникнення пожежі. Важливою мірою щодо забезпечення пожежної безпеки є організація пожежної охорони приміщення, яка передбачає профілактичний і оперативне обслуговування. Оскільки в лабораторії працює 4 людини, тому в разі виникнення пожежі при евакуації робочого персоналу використовується вхідні двері, згідно плану евакуації (рисунок 3.1).

Оскільки в розробленому приладі не використовуються високі напруги, прилад не має в своєму складі генераторів надвисокої частоти, ультразвукових випромінювачів, джерел радіаційного випромінювання міри захисту від вищевказаних впливів не потрібні.

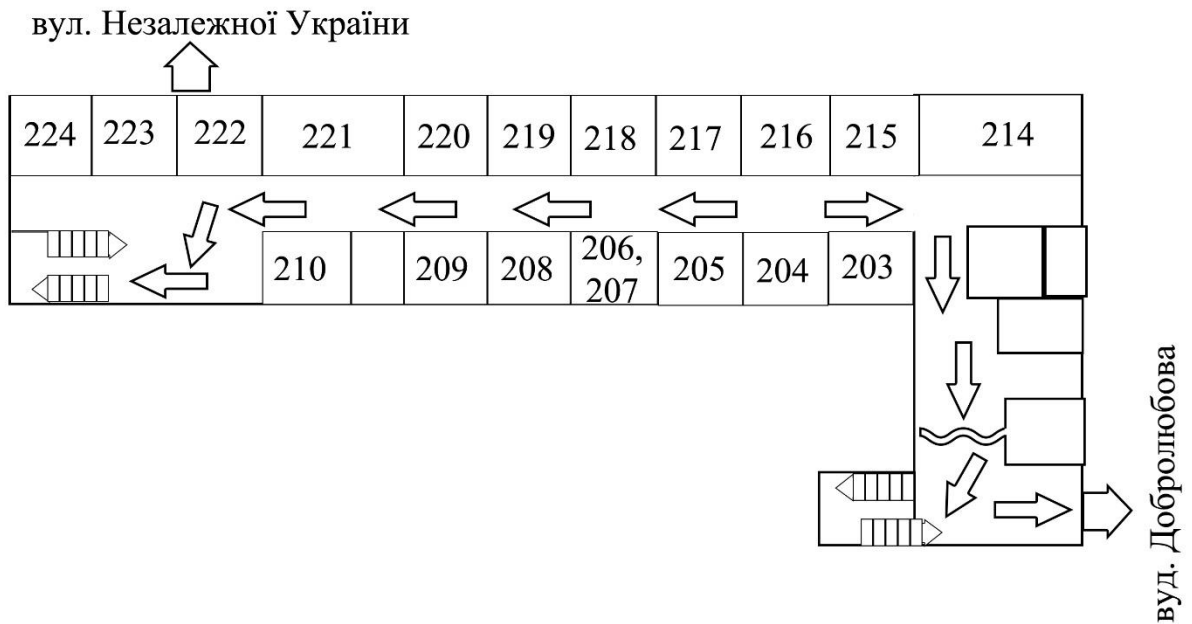


Рисунок 3.1 – План евакуації на випадок пожежі

### 3.4 Визначення стану виробничого середовища при роботі з комп'ютерною технікою

Відомо, що робота працівників, пов'язаних з електронно-обчислювальними машинами (ЕОМ) та супутньою технікою, відноситься до професій з нервово-емоційним навантаженням. Це пояснюється впливом ряду шкідливих чинників: електромагнітні поля, статична електрика, шум, температура, складність забезпечення раціонального освітлення, перенапруження аналізаторів, монотонність праці, гіподинамія, тощо. В статті досліджено основні параметри мікроклімату приміщень і шуму, наведено пропозиції по їх покращенню, що суттєво оздоровляє умови праці фахівців з ЕОМ.[14]

Для оцінки стану виробничого середовища приміщень з ЕОМ проводилось дослідження основних параметрів мікроклімату: температури, відносної вологості та швидкості руху повітря, у різних за призначенням приміщенні комп'ютерного залу ПЗНУ з використанням стандартної вимірювальної апаратури.

Характеристика приміщення: загальна площа – 71,9 м<sup>2</sup>; загальний об'єм – 194,1 м<sup>3</sup>; кількість комп'ютерів – 12 шт.; кількість принтерів – 6 шт.; кількість робітників – 24 особи; площа на робітника – 5,99 м<sup>2</sup>; об'єм на робітника – 16,18 м<sup>3</sup>.

Згідно загальних санітарних норм (НПАОП 0.00-1.28-10) в приміщеннях не повністю забезпечена необхідна площа на одне робоче місце (не менше 6 м<sup>2</sup>): в комп'ютерному залі ЗДІА 5,99 м<sup>2</sup>, відповідно менше на 0,16%, а необхідний об'єм (не менше 20 м<sup>3</sup>) не виконується на 19% (16,18 м<sup>3</sup>). В цілому ускладнюється можливість підтримки необхідного мікроклімату. Результати виміру параметрів мікроклімату наведено у табл. 3.3

Аналіз одержаних даних свідчить про необхідність підвищення загальних санітарно-технічних вимог до повітря робочої зони.

Для легкої категорії важкості праці і теплого періоду року оптимальні параметри мікроклімату складають: температура 22-24 °С, відносна вологість – 40-60 %.

Визначено перевищення температури на 5,4-6,4 °С, а відносній вологості на 8,0-12,4%. Що стосується швидкості руху повітря, то за нормативної величині 0,2-0,5 м/с суттєво пониження її значень було зафіксовано в комп'ютерному залі ЗДІА в 2 рази. [14]



Таблиця 3.3 – Параметри клімату приміщення

Точки замі- рів	Час за- мірів	Температура за Цельсієм	Відносна во- логість, %	Швидкість ру- ху повітря, м/с
1	Ранок	29,8	49	0,1
	День	28	66	0,1
	Вечір	30,8	48	0,1
2	Ранок	28,6	49	0,1
	День	27,4	64	0,1
	Вечір	31	46	0,1
3	Ранок	29,8	50	0,1
	День	29,2	60	0,1
	Вечір	31	46	0,1

### 3.5 Системи кондиціонування повітря

Для нормалізації мікроклімату виконувались розрахунки системи кондиціонування повітря для видалення надлишкової теплоти та вологи. Величину сумарного виділення теплоти визначали за формулою:

$$Q = Q_{з.о} + Q_{в.о} + Q_{с.р} + Q_{ін} + Q_{обл} + Q_{ш.о} + Q_{л} + Q_{н.п}, \quad (3.2)$$

де  $Q_{з.о}$   $Q_{в.о}$  - теплота, що надходить через зовнішні непрозорі та внутрішні огороження відповідно, кВт/год.;  $Q_{с.р}$  - теплота сонячної радіації, кВт/год.;  $Q_{ін}$   $Q_{обл}$   $Q_{ш.о}$  - теплота, яка надходить від інфільтрації, виробничого обладнання та штучного освітлення відповідно, кВт/год.;  $Q_{р}$   $Q_{нп}$  - теплота, яку виділяють робітники та нагрівальні прилади відповідно, кВт/год. Значення загального виділення вологи обчислювали з використанням рівняння:

$$W = W_{т.о} + W_{з.п} + W_{ш.р} + W_{ін}, \quad (3.3)$$

де  $W_{т.о}$  - волога, яку виділяє обладнання під час виконання технологічних процесів, кг/год.;  $W_{з.п}$  - волога від змочених поверхонь, кг/год.;  $W_{ш.р}$   $W_{ін}$  - волога, яку виділяє шкіра робітників, та надходить із зовнішнім повітрям за інфільтрації відповідно, кг/год.

Для асиміляції шкідливих виділень в приміщеннях необхідно забезпечити подавання певної кількості повітря, в тому числі: - для нейтралізації надлишку теплоти  $G_Q$  :

$$G_Q = \frac{Q_k}{0,24 \cdot \Delta t_p}, \text{ км/год} \quad (3.4)$$

де  $\Delta t$  - нормоване підвищення внутрішньої температури над її зовнішнім рівнем, °С;

- для нейтралізації виділень вологи  $G_W$  :

$$G_W = \frac{W}{d_d - d_n}, \quad (3.5)$$

де  $d_d, d_n$  - вміст вологи внутрішнього та припливного повітря відповідно, кг/год.

Вибір кондиціонера здійснено за найбільшою розрахунковою величиною  $G_Q$  и  $G_W$  . Виконані розрахунки дозволили встановити, що необхідно додатково обладнати дисплейний зал ІІ ЗНУ двома автономними кондиціонерами типу «MitsubishiHeavy SRK40HG-S».

Отже, результати досліджень мікроклімату робочої зони приміщення з відео- дисплейною технікою за умов комп'ютерного залу Інженерного інституту ЗНУ показали необхідність підвищення загальних санітарно-технічних вимог до повітря робочої зони. Запропоновано додаткове осна-

щення приміщень сучасними кондиціонерами з визначеними параметрами. Комплексний підхід до вирішення існуючих проблем з покращенням параметрів мікроклімату приміщень дозволить суттєво підвищити продуктивність розумової праці при роботі на комп'ютерах, і покращити умови праці.

[15]

## ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Аналіз ситуації з пожежами в світі показав актуальність пожежної сигналізації, а аналіз цього процесу – в розробці пожежного датчика, який буде вчасно попереджувати користувачів про небезпеку загорання в приміщенні.

Розроблено датчик виявлення диму для контролю задимленості приміщення на базі ArduinoUno. Була розроблена схема розміщення пожежного датчика на друкованій платі та 3D – модель приладу в програмному середовищі Easy EDA.

Запропонований датчик має наступні переваги:

- контроль за рівнем задимленості приміщення;
- має дисплей для візуалізації стану роботи та легкої зміни параметрів;
- відносна простота схеми;
- відносна дешевизна схеми;
- простота заміни елемента.

Рекомендується для використання у складі пожежної сигналізації в домашніх умовах, офісах, транспортних засобах, навчальних закладах.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. URL:<https://buklib.net/books/32189/>
2. URL:[https://pidru4niki.com/1460091739057/bzhd/sposobi\\_zasobi\\_po\\_zhezhogasinnya](https://pidru4niki.com/1460091739057/bzhd/sposobi_zasobi_po_zhezhogasinnya)
3. URL:[https://pidru4niki.com/10290228/bzhd/sistema\\_poperedzhennya\\_pozhezh](https://pidru4niki.com/10290228/bzhd/sistema_poperedzhennya_pozhezh)
4. URL:[https://tiras.ua/uploads/files/sprex\\_ps\\_ua\\_ru.pdf](https://tiras.ua/uploads/files/sprex_ps_ua_ru.pdf)
5. URL:[https://stud.com.ua/678/bzhd/pozhezhna\\_signalizatsiya](https://stud.com.ua/678/bzhd/pozhezhna_signalizatsiya)
6. URL:<https://peskiadmin.ru/uk/tipy-pozharnyh-izveshchatelei-izveshchatel-pozharnyi-dymovoi-modeli.html>
7. Архів статей [Електронний ресурс]: Газоаналізатор. Види та призначення. Режим доступу: <http://arhiv-statey.pp.ua/> - - Дата доступу: січень 2022. – Назва з екрана.
8. Рябенький В.М. Жуйков В.Я. Ямненко Ю.С. Заграничний А.В., Схемотехніка: Пристрої цифрової електроніки. Електронний підручник для вищих навчальних закладів - К. : “КП”, 2016. – 399 с.
9. Борисенко О. А. Цифрова схемотехніка : підручник / О. А. Борисенко. – Суми : Сумський державний університет, 2016. – 200 с.
10. Гершунський Б.С. Довідник з розрахунку електронних схем. - К: Вища школа, 1983. - 240с.
11. Схемотехніка електронних систем: У 3 кн. Кн. 2. Мікропроцесори та мікроконтролери: Підручник / В. І. Бойко, А. М. Гуржій, В.Я. Жуйков та ін. - К.: Вища шк., 2014.-423 с.
12. Гуржій А.М., Поворознюк Н.І., Електричні радіотехнічні вимірювання[Текст] – К: Навчальна книга, 2002. 156 с.
13. Рябенький, В. М. Цифрова схемотехніка : навч. посібник / В. М.Рябенький, В. Я. Жуйков, В. Д. Гулий. – Львів : Новий Світ-2000, 2019.– 736 с.

14. URL: <http://ohrantruda.com/content/view/52/143/>
15. Методичні вказівки до опрацювання розділу “Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях” в дипломних проектах і роботах студентів спеціальностей, що пов’язані з функціональною електронікою, автоматизацією та управлінням / Уклад. О. В. Березюк, М. С. Лемешев. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 64 с.