

О.О. Зобенко, Н.В. Зобенко, В. О. Степаненко

Національний університет цивільного захисту України

ПОРТАТИВНИЙ СМАРТ-ДЕТЕКТОР ШКІДЛИВИХ ГАЗІВ З ВБУДОВАНИМ ЗВУКОВИМ СИГНАЛОМ

У статті запропоновано смарт-детектор шкідливих газів з вбудованим звуковим сигналом, що вирішує проблему підвищення особистої пожежної безпеки. Обґрунтовано його конструкцію, яка зображена в змісті роботи. Проведено експериментальні дослідження працездатності пристрою в умовах контрольованого задимлення та витоку газу, що підтвердили його ефективність, та доведе практичне значення пристрою.

Ключові слова: пожежна безпека, сигналізатор диму, пожежа, спрацювання, захист, індикатор

Постановка проблеми

Пожежі залишаються однією з найнебезпечніших надзвичайних ситуацій у побуті. За статистичними даними, значна кількість смертей і серйозних травм під час пожеж трапляється не через саме полум'я, а через отруєння продуктами горіння, зокрема чадним газом і димом. Особливо критичними є ситуації, коли займання відбувається під час сну або за відсутності людей у безпосередній близькості до джерела вогню.

Стационарні системи пожежного сповіщення (датчики диму, автоматичні сигналізації, спринклерні та дренчерні системи) зазвичай встановлюються в багатоквартирних будинках, громадських установах або офісах, однак вони не є доступними чи ефективними в усіх умовах, особливо в невеликих помешканнях, сільській місцевості чи особистому просторі. Крім того, окремі категорії населення, а саме діти, особи похилого віку, люди з інвалідністю часто не в змозі вчасно зреагувати на початок пожежі або не мають постійного доступу до ефективних засобів оповіщення. У той час, як сучасні технології активно розвиваються в напрямі персоналізованої безпеки, концепція мобільного, переносного пристрою для раннього виявлення шкідливих газів залишається практично не реалізованою в широкому доступі [1].

Таким чином, проблема полягає у відсутності ефективного, простого у використанні та мобільного засобу первинного виявлення пожежі, який би супроводжував людину в повсякденному житті.

Вирішення цієї проблеми відбувалось шляхом розробки портативного смарт-детектора шкідливих газів із звуковим сигналом, що дозволить підвищити рівень індивідуальної безпеки, особливо в умовах, де відсутній доступ до стаціонарних систем оповіщення або рятувальних служб. Це питання набуває особливої актуальності в контексті сучасних

викликів безпеки та розвитку технологій персонального захисту.

Аналіз останніх досліджень

Упродовж останнього десятиліття тема смарт-детекторів стала предметом активного науково-технічного інтересу в усьому світі. Пожежна безпека як частина загальної концепції «розумного дому» стимулює появу нових підходів до виявлення загроз. У численних дослідженнях, проведених у США, Європі та Японії зосереджено увагу на вдосконаленні функціональності автономних детекторів диму з урахуванням сучасних викликів: хибні спрацювання, затримки у сповіщенні, обмежена адаптація до вразливих категорій населення (зокрема людей похилого віку, осіб із порушенням слуху або дітей).

Науковці вивчали фізіологічну ефективність звукових сигналів різної частоти. Класичні детектори, які працюють на частоті 3100 Гц, не завжди здатні розбудити людину в глибокій фазі сну. У відповідь на ці висновки було рекомендовано використання середньочастотних звукових сигналів (близько 520 Гц), які показали кращі результати у порівнянні з традиційними. Зокрема, дослідження, проведені Національною асоціацією протипожежного захисту США (NFPA), а також Федеральною агенцією з управління надзвичайними ситуаціями (FEMA), лягли в основу оновлених стандартів і сертифікаційних вимог до пожежних сигналізаторів.

Також ведуться дослідження щодо зменшення кількості хибних спрацювань — однієї з основних причин, через які користувачі вимикають або ігнорують сигналізацію. Нові цифрові моделі детекторів, зокрема ті, що розробляються в рамках інженерних програм Google (Nest Protect), Xiaomi, Netatmo та інших, застосовують алгоритми обробки даних для розпізнавання типу диму (наприклад, кухонний дим чи дим від займистих матеріалів). Такі

підходи дозволяють знизити рівень помилкових тривог та підвищити точність реагування [2].

У ряді країн ЄС, Канаді та Австралії проводяться також дослідження у сфері енергоефективності та довговічності елементів живлення в смарт-детекторах. Використання енергоощадних сенсорів, автоматичних самотестів і бездротових оновлень прошивки дозволяє значно продовжити строк експлуатації пристроїв без необхідності їх обслуговування. Водночас цифрові детектори дедалі частіше оснащуються функцією синхронізації з мобільними додатками, що дає змогу отримати сповіщення навіть у разі відсутності користувача вдома [3].

Особливої уваги заслуговує розвиток технологій для осіб з порушенням слуху. Тут ведеться розробка комбінованих сигналізацій, які поєднують візуальні (світлодіодні або стробоскопічні) ефекти, тактильні сигнали (вібрація, особливо в нічний час через подушку чи браслет) та звукові сигнали. Такий підхід визнаний ефективним у практиці пожежної безпеки у спеціалізованих установах, дитячих садках, хоспісах, гуртожитках.

Сучасні світові дослідження зосереджуються на тому, щоб цифрові смарт-детектори небезпечних газів були не лише точнішими, швидшими й зручнішими, але й максимально адаптованими до потреб користувачів. Застосування штучного інтелекту, машинного навчання, вдосконаленої сенсорики та мобільних технологій відкриває нові горизонти в персональній пожежній безпеці. Україна також має потенціал інтегрувати ці розробки, а також розвивати власні рішення — наприклад, у форматі компактних персональних пристроїв, як-от смарт-детекторів, що дозволяють зберегти життя в критичних ситуаціях [4].

В процесі аналізу було проведено порівняльний аналіз роботи запропонованого пристрою з популярними моделями побутових сигналізаторів диму та газу, такими як Kidde C3010, X-Sense SC07, Xiaomi, Honeywell, Smoke Detector. Порівняння показало: мобільний форм-фактор не має аналогів серед масових пристроїв і забезпечує персональний рівень захисту, на відміну від стаціонарних систем; інтенсивність звукового сигналу (понад 85 дБ) відповідає середнім параметрам ринку.

Формулювання мети статті

Метою даної статті є дослідження та обґрунтування доцільності впровадження інноваційного технічного рішення у сфері пожежної безпеки, а саме портативного смарт-детектора небезпечних газів.

Окремо акцентується увага на розробці технічної моделі смарт-детектора з урахуванням сучасних досягнень у сфері мініатюрної сенсорики, бездротових технологій (зокрема WiFi), енергоефективного живлення та мультимодального сповіщення користувача (звук, світло, мобільне сповіщення) [5].

Цілі статті також включають аналіз потенційної ефективності такого пристрою для вразливих груп населення (дітей, людей похилого віку, осіб з обмеженими можливостями), визначення напрямів практичного застосування та обґрунтування соціальної значущості цієї розробки як засобу зниження рівня смертності та травматизму внаслідок пожеж. У результаті реалізації поставлених цілей очікується створення концептуальної бази для подальшого технічного проектування, тестування та впровадження портативного смарт-детектора небезпечних газів з вбудованим звуковим сигналом в системи персональної безпеки.

Завдання дослідження

Для досягнення поставленої мети у статті було визначено такі основні завдання:

- провести аналіз сучасних наукових розробок та технічних рішень у сфері персональних систем виявлення диму та пожежної сигналізації;
- розробити концепцію портативного пристрою у форматі смарт-детектора небезпечних газів та звуковим сигналом;
- описати конструктивні елементи приладу та принцип його роботи;
- провести експериментальні дослідження працездатності пристрою в умовах контрольованого задимлення та витоку газу;
- оцінити чутливість, швидкість реагування та надійність роботи детектора в різних умовах.

Виклад основного матеріалу дослідження

У межах дослідження було розроблено концептуальну модель портативного смарт-детектора небезпечних газів, метою якого є забезпечення оперативного виявлення різного роду небезпечних газів та негайного оповіщення користувача в реальному часі. Такий пристрій є універсальним засобом захисту, що може бути використаний як у побуті, так і в інших місцях перебування, закріпивши до рюкзака, одягу або навіть домашнього улюбленця. Було запропоновано побудувати схему яка зображена на (рис.1).

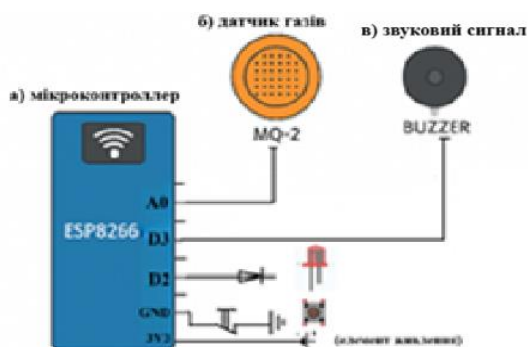


Рис.1(а, б) Схема побудови пристрою (портативного смарт-детектора небезпечних газів)

Основу пристрою складає мікроконтролер ESP8266WiFi (рис.1 а), що керує датчиком газів типу MQ-2, який здатний виявляти дим, чадний газ та інші горючі речовини (рис. 1 б). У випадку перевищення встановленого порогу концентрації диму, система активує вбудований звуковий сигнал (пасивний зумер) (рис. 1 в), за наявності WiFi мережі, надсилає сповіщення в чат-бот на мобільний телефон користувача. У випадку коли WiFi мережа відсутня, портативний смарт-детектор створює власну точку доступу яка автоматично під'єднується до мобільного пристрою та продовжує функціонувати автономно (рис 2 а, б, в).

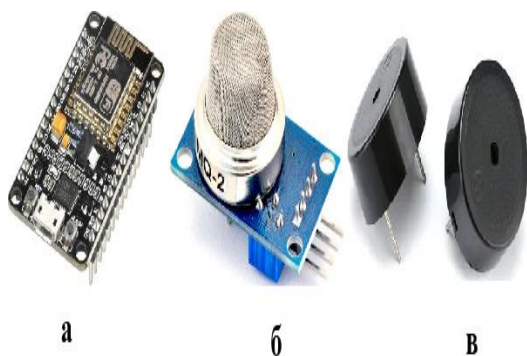


Рис. 2 Основні елементи пристрою: а) мікроконтролер, б) датчик диму, в) звуковий сигнал.

Живлення пристрою здійснюється від компактного акумулятора типу Li-Po 3.7 В із зарядним модулем TP4056, що забезпечує автономну роботу протягом кількох діб без підзарядки. Корпус пристрою виконується з термостійкого PLA пластика, який має компактні розміри 10-12 см у довжину та зручне кріплення (рис. 3)

У конструкції детектора використано:

- сенсор диму типу MQ-2 (діапазон чутливості 300–10 000 ppm горючих газів і диму);
- мікроконтролер ESP-01S для аналізу сигналів та керування індикацією;

- звуковий модуль 5V, гучність якого сягає 80–85 дБ;

- світлодіодний індикатор стану, що сигналізує про рівень небезпеки (зелений — норма, жовтий — слабе задимлення, червоний — тривога);

- автономне живлення — Li-ion 3,7 В, 600 мА·год, що забезпечує до 72 годин роботи у режимі очікування;

Опис діапазонів експлуатації:

- температура: $-10...+50\text{ }^{\circ}\text{C}$;

- відносна вологість: до 90 % без конденсації;

- рекомендовані місця використання: рюкзаки, сумки, транспортні засоби, побутові приміщення, туристичне спорядження;

- не рекомендовано для середовищ з підвищеним вмістом пилу, вибухонебезпечних газів та стабільно високих температур.



Рис. 3 Зовнішній вигляд смарт-детектора з різних боків.

У процесі експериментальної перевірки смарт-детектора було проведено оцінку його вимірювальної точності. Дослід передбачав перевірку працездатності пристрою при впливі на нього задимлення різної інтенсивності та контрольованого витоку газу. Для цього використовувалося закрите приміщення з можливістю регулювання рівня задимлення та концентрації газу. Аналіз показав, що середня похибка визначення порогового рівня задимлення становила $\pm 4,8\%$, а похибка спрацювання за наявності газу $\pm 6,1\%$, що відповідає базовим вимогам до побутових сенсорів, що потребує врахування під час експлуатації та подальших розробок. Перед початком експериментів детектор перевірявся на працездатність, температуру та вологість повітря, додатково відмічено, що в умовах високої вологості (80–90 %) похибка може збільшуватися до $\pm 8\text{--}10\%$. Усі дослідження проводилися при дотриманні вимог техніки безпеки, з використанням витяжки, засобів індивідуального захисту та наявністю вогнегасника.

Способи проведення дослідів полягали у поступовому підвищенні рівня диму та газу до заданих значень. Застосовувалась однакова методика проведення досліджень. Відбувалась подача диму та газу в контрольованій кількості, детектор

розташовувався на різних відстанях від джерела, а саме 0,5, 1, 2 метри. У ході дослідів фіксувався час від моменту появи диму чи газу до спрацювання звукового сигналу. Окрім цього, контролювалася робота світлового індикатора та наявність мобільних сповіщень. Додатково проводилися випробування на хибні спрацювання у випадках впливу кухонного пару чи іншого елемента, який може симулювати дим.

Результати дослідів показали, що смарт-детектора небезпечних газів стабільно реагував на середній та високий рівень диму протягом 5–10 секунд після його появи на відстані до 1 метра, а при високій концентрації час реакції скорочувався до 2–3 секунд. При низькому рівні диму та на відстані до 2 метрів час спрацювання збільшувався до 20–25 секунд. Для газу було виявлено, що пристрій не реагував на низькі концентрації, однак впевнено спрацьовував при середніх та високих значеннях, де середній час реакції складав 6–8 секунд. У ході наших випробувань хибного спрацювання зафіксовано не було.

Під час тестування детектора в умовах контрольованого задимлення та витoku газу отримано такі результати:

- Час спрацювання при слабкому задимленні (20–25 % затемнення світлового потоку): 5 - 10с.
- Час спрацювання при середньому задимленні (40–45 %): 4 - 5 с.
- Час спрацювання при інтенсивному задимленні (60 % і більше): 2 - 3 с.
- Спрацьовування на концентрацію CO: - через 6 -8 с.
- Гучність сигналу: 82 ± 2 дБ на відстані 1 м.
- Середнє енергоспоживання: 38 мА у режимі моніторингу та 120 мА у режимі тривоги.

У перспективі розглядається можливість оснащення пристрою модулем GPS для фіксації місцезнаходження під час надзвичайної ситуації, а також інтеграція з хмарними сервісами для аналізу даних та створення мережі спільного попередження.

Таким чином, дослідження підтверджує технічну і соціальну доцільність створення смарт-детектора небезпечних газів як доступного та ефективного інструменту особистої пожежної безпеки. Він може суттєво підвищити рівень захищеності населення та зменшити наслідки надзвичайних ситуацій завдяки простоті використання, мобільності та технологічній адаптивності до сучасних умов життя.

Обґрунтування шляхів підвищення протипожежного захисту

Підвищення рівня протипожежного захисту є одним із ключових завдань сучасного суспільства, особливо в умовах зростання кількості населення, активного використання електроприладів у побуті та збільшення кількості надзвичайних ситуацій

техногенного характеру. Ефективна пожежна безпека базується не лише на наявності реагуючих служб, а й на принципі превентивності, своєчасному виявленні загрози та негайному інформуванні людини, що дозволяє уникнути жертв і значних матеріальних втрат [6]. Одним з перспективних напрямів, що відповідає вимогам часу, є впровадження персоналізованих технічних рішень, зокрема мобільних або переносних пристроїв, таких як портативний смарт-детектор небезпечних газів.

Обґрунтування шляхів підвищення протипожежного захисту полягає насамперед у необхідності забезпечення безперервного контролю за наявністю небезпечних газів чи перегріву незалежно від місця перебування людини. Традиційні системи протипожежного захисту, хоч і ефективні, але не завжди доступні для приватного сектору, тимчасових споруд, кемпінгів, транспорту або людей. Крім того, такі системи часто не адаптовані до потреб окремих груп населення, які через фізичні чи вікові особливості не можуть оперативно зреагувати на небезпеку [7].

Особливо актуальним стає використання таких рішень у дитячих, соціальних та навчальних закладах, а також у місцях масового скупчення людей. Впровадження персональних смарт-детекторів небезпечних газів для дітей або літніх осіб, які можуть не помітити диму або втратити орієнтацію в диму, є не лише технічним, але й соціальним кроком у напрямку безпечнішого середовища. Це дозволяє забезпечити не лише технологічний захист, а й психологічне відчуття впевненості й контролю [8].

Ще одним важливим чинником є мінімізація витрат. На відміну від дорогих систем пожежогасіння або централізованих сигналізацій, індивідуальний пристрій типу смарт-детектора небезпечних газів може бути доступним для широкого кола споживачів, що робить його масовим засобом підвищення пожежної безпеки.

Використання стандартних елементів (датчиків, акумуляторів, мікросхем), простота обслуговування і відсутність потреби у спеціальному монтажі сприяють поширенню подібних пристроїв не лише в побуті, а й у транспорті, туризмі, тощо [9].

На відміну від типових побутових датчиків диму (Xiaomi, Kidde, Siemens), запропонований пристрій має мобільний формат, що дозволяє використовувати його поза домашнім середовищем у транспорті, школах, гуртожитках, під час пересування.

Більшість існуючих моделей працюють лише як стаціонарні фотоелектричні датчики, тоді як запропонований пристрій поєднує детекцію диму та газів (CO).

Гучність сигналу та швидкість реагування пристрою знаходяться на рівні комерційних сенсорів, але детектор має перевагу у низькому енергоспоживанні й автономності, тоді як більші датчики потребують стаціонарного розміщення.

У аналізі показано, що пристрій може працювати як додатковий персональний засіб безпеки, чого не забезпечують традиційні побутові системи.

Отже обґрунтування шляхів підвищення протипожежного захисту логічно веде до висновку про необхідність впровадження нових форматів персональних засобів виявлення пожежі, зокрема цифрових детекторів диму з вбудованим звуковим сигналом. Їхня функціональність, доступність і здатність інтегруватися у цифрову інфраструктуру сучасного користувача відкриває нову еру у сфері безпеки — там, де життя людини може бути захищене навіть у тих умовах, де традиційні методи неефективні або відсутні [10].

Висновки

У ході виконання поставлених завдань було досягнуто мети дослідження та підтверджено доцільність використання смарт-детектора небезпечних газів як персонального засобу протипожежного захисту. Аналіз сучасних наукових і технічних рішень показав, що більшість існуючих систем виявлення диму орієнтовані на стаціонарне застосування, тоді як індивідуальні портативні пристрої залишаються недостатньо поширеними. Запропонована концепція смарт-детектора небезпечних газів поєднує компактність, мобільність та простоту використання, що робить його зручним для повсякденного носіння.

У результаті розробки було сформовано конструктивну схему приладу, яка включає датчик небезпечних газів та мініатюрний звуковий модуль. Така комбінація забезпечує багаторівневу систему інформування користувача, дозволяючи швидко реагувати на потенційну небезпеку.

Експериментальні дослідження, проведені в умовах контрольованого задимлення та витоку газу, підтвердили працездатність пристрою. Встановлено, що детектор здатний реагувати на середні та високі рівні задимлення протягом кількох секунд, а також виявляти підвищені концентрації газів із мінімальною затримкою. Оцінка показників роботи пристрою засвідчила достатній рівень чутливості та швидкості спрацювання, що відповідає практичним вимогам безпеки.

Результати дослідження довели, що запропонований смарт-детектор небезпечних газів може стати ефективним інструментом персональної пожежної безпеки, особливо для дітей, людей похилого віку та осіб із підвищеним ризиком.

Подальший розвиток цієї розробки може бути спрямований на вдосконалення алгоритмів фільтрації хибних спрацювань, інтеграцію з мобільними додатками та розширення функціоналу для виявлення ширшого спектра небезпечних речовин.

Практичне значення даного дослідження полягає у створенні та перевірці концепції смарт-детектора небезпечних газів із вбудованим звуковим сигналом, який може бути використаний як додатковий засіб персональної пожежної безпеки. Такий пристрій має важливе значення для підвищення рівня захищеності населення, особливо в умовах, коли стаціонарні системи пожежної сигналізації відсутні або недоступні. Його компактність і простота у використанні дозволяють застосовувати детектор у побуті, під час подорожей, у громадських місцях, навчальних закладах чи на роботі.

Перспектива подальших досліджень

Перспектива досліджень полягає в розробці енергоефективних рішень, зокрема використання альтернативних джерел живлення наприклад, сонячних панелей, які могли б частково підзаряджати пристрій від сонячної енергії. Це дозволить збільшити автономність і зробити пристрій ще більш зручним у використанні.

Крім технічного вдосконалення, подальші дослідження можуть бути спрямовані на соціальний та психологічний аспект використання подібних пристроїв. Важливо вивчити, як користувачі різних вікових груп сприймають подібну технологію, наскільки ефективно реагують на сигнали тривоги та як пристрій впливає на рівень їхньої обізнаності й готовності до дій у разі пожежі.

Також варто дослідити можливість інтеграції смарт-детектора небезпечних газів з централізованими системами екстреного реагування, системами безпеки житла та службами ДСНС через мережі ШІ. Це дозволить створити розподілену систему раннього виявлення пожеж на основі індивідуальних пристроїв, об'єднаних у спільну мережу.

Отже, подальші дослідження у напрямку розвитку смарт-детектора небезпечних газів мають потенціал не лише вдосконалити його технічні параметри, а й зробити його важливим елементом цифрової інфраструктури безпеки у сучасному світі.

Література

1. Haroon Ali Khan Aarthi Automatic fire detection, indication and controlling system for commercial building using programmable logic controller / Haroon Ali Khan, Gaddam Kalpana, G.Nishanthi N. R.// Journal of Pharmaceutical Negative Results, Volume 14,

Regular Issue 02, 2023.
https://doi.org/10.47750/pnr.2023.14.02.392

2. Кальченко Я.Ю. Визначення параметрів формування теплового впливу при проведенні випробувань пожежних сповіщувачів / Кальченко Я.Ю., Афанасенко К. А., Істратова Д. В. // Проблеми надзвичайних ситуацій. 2022. № 1, С. 147-156. DOI: https://doi.org/10.52363/2524-0226-2022-35-11

3. Землянський О.М. Оптимізація структури системи пожежної сигналізації на основі експертних висновків / Землянський О.М., Снитюк В.Є. // Управління розвитком складних систем, 2011 рік, Вип. 5, С. 61-65. DOI:https://doi.org/10.32347/2412-9933.2011.5.%25p

4. Сукач Р. Ю. Необхідність удосконалення вимог до систем пожежної сигналізації та оповіщення відповідно до європейської настанови / Сукач Р. Ю., Войтович Д. П., Скоробагатько Т. М., Слущка О. М., Оношко І. А. // «Пожарна безпека» CEN/TS54-14:2018. DOI:10.32447/20786662.44.2024.00

5. Fawad K. Recent Advances in Sensors for Fire Detection / Fawad K., Zhiguang X., Junling S., Fazal M. K., Adnan A., Yan Z. // Sensors 2022, 3310. https://doi.org/10.3390/s22093310

6. Томенко В. І. Системи пожежної сигналізації, оповіщення та спостереження / Томенко В. І., Мельник Р. П., Мельник О. Г., Шкарабура І. М., Костирка О. В., Зобенко О. О. // Навчальний посібник, Черкаси, ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2023. 198с. http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/21608

7. Кот М. Г. Розумний пристрій виявлення диму / Кот М. Г., Мирончук О. Ю. // X Міжнародної науково-технічної конференції «Радіотехнічні проблеми, сигнали, апарати та системи», Київ, 2021, С. https://ela.kpi.ua/handle/123456789/62283

8. Кормош В.В. Побутові газосигналізатори на основі вітчизняних напівпровідникових газових сенсорів / В.В. Кормош, В.Г. Гладський // Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Фізика. Випуск 26, 2009, С. 88-96. https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/14446

9. Boqiang Wang Research on a capacitive particle analysis smoke detector / Boqiang Wang, Xuezheng Zhao, Yiyong Zhang, Zigang Song, Zhuogang Wang // Scientific Reports, 2024. https://doi.org/10.1038/s41598-024-62400-9

10. Ivneet Banga Recent Advances in Gas Detection Methodologies with a Special Focus on Environmental Sensing and Health Monitoring Applications—A Critical Review / Ivneet Banga, Anirban Paul, Durgasha Poudyal, Sriram Muthukumar // ACS Sensors, 2023. https://doi.org/10.1021/acssensors.3c00959

References

1. Haroon Ali Khan, Gaddam Kalpana, G. Nishanthi, N. R. Aarthi, (2023). Automatic fire detection, indication, and controlling system for commercial buildings using programmable logic controllers. *Journal of Pharmaceutical Negative Results*, Volume 14, Regular Issue 02. https://doi.org/10.47750/pnr.2023.14.02.392
2. Kalchenko Y.Y., Afanasenko K.A., Istratova D.V. (2022). Determination of parameters for the formation of thermal effects when testing fire detectors. *Problems of Emergency Situations*. No. 1, pp. 147-156. DOI: https://doi.org/10.52363/2524-0226-2022-35-11

3. Zemlyansky O.M., & Snytyuk V.E. (2011). Optimization of the structure of the fire alarm system based on expert conclusions. *Management of complex systems development*, Issue 5, pp. 61-65. DOI:https://doi.org/10.32347/2412-9933.2011.5.%25p

4. Sukach R. Yu., Voitovich D. P., Skorobatkan T. M., Slutskaya O. M., Onoshko I. A. (2018) The need to improve requirements for fire alarm and warning systems in accordance with European guidelines. *Fire Safety Journal*, CEN/TS, C. 54-14. DOI:10.32447/20786662.44.2024.00

5. Fawad Khan, Zhiguang Xu, Junling Sun, Fazal Maula Khan, Adnan Ahmed, and Yan Zhao (2022). Recent Advances in Sensors for Fire Detection. *Sensors*, 22, 3310 https://doi.org/10.3390/s22093310

6. Tomenko V. I., Melnyk R. P., Melnyk O. G., Shkarabura I. M., Kostyrka O. V., Zobenko O. O. (2023). Fire alarm, warning and monitoring systems: Tutorial. *Cherkasy: CHIPB named after Heroes of Chernobyl NUTS of Ukraine*, 198p. http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/21608

7. Kot M. G., & Myronchuk O. Yu. (2021). Smart smoke detection device X International Scientific and Technical Conference. *Radio Technical Problems, Signals, Devices and Systems*, Kyiv, C. 84-86. https://ela.kpi.ua/handle/123456789/62283

8. V.V. Kormosh, & V.G. Gladyskiy (2009). Household gas detectors based on domestic semiconductor gas sensors. *Scientific Bulletin of Uzhgorod University. Physics Series*. Issue 26, pp. 88-96. https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/14446

9. Boqiang Wang, Xuezheng Zhao, Yiyong Zhang, Zigang Song, Zhuogang Wang (2024). Research on a capacitive particle analysis smoke detector. *Scientific Reports*. https://doi.org/10.1038/s41598-024-62400-9

10. Ivneet Banga, Anirban Paul, Durgasha Poudyal, Sriram Muthukumar (2023). Recent Advances in Gas Detection Methodologies with a Special Focus on Environmental Sensing and Health Monitoring Applications. *A Critical Review ACS*, 22;8(9):3307-3319. https://doi.org/10.1021/acssensors.3c00959

Рецензент: д-р тех. наук, проф. Т.В. Костенко
Національний університету цивільного захисту
України, Черкаси, Україна.

Автор: ЗОБЕНКО Олександр Олександрович
доктор філософії, викладач кафедри автоматичних
систем безпеки та електроустановок Національного
університету цивільного захисту України
E-mail – szobenko96@ukr.net
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9641-2779>

Автор: ЗОБЕНКО Наталія Василівна
к. т. н., доцент кафедри безпілотних систем та
робототехніки Національного університету
цивільного захисту України
E-mail – n_zobenko@ukr.net
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3870-2046>

Автор: СТЕПАНЕНКО Віталій Олександрович
викладач кафедри пожежної і техногенної безпеки
об'єктів та технологій Національного університету
цивільного захисту України
E-mail – utihar30@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-0839-197X>

PORTABLE SMART HARMFUL GAS DETECTOR WITH BUILT-IN ALARM.

Zobenko O. O., Zobenko N. V., Stepanenko V. O.

National University of Civil Protection of Ukraine

The article discusses the issue of ensuring personal fire safety in the context of increasing risks of fires in households, enterprises, and public places. Current realities show that even with a developed civil protection system, the number of household fires remains significant, and the human factor and imperfect warning systems often lead to tragic consequences. Situations where people are asleep, unconscious, or have limited ability to respond quickly to danger signals are particularly dangerous. Therefore, the issue of creating personal means of informing about fire or gas leaks is becoming increasingly relevant.

Despite the widespread introduction of stationary fire alarm systems, certain categories of the population — children, the elderly, and people with disabilities — remain particularly vulnerable. For them, it is important not only to detect danger in a timely manner, but also to receive a clear, loud, and individual signal that will allow them to react quickly. In response to this problem, a concept for a portable smart detector of harmful gases with audible and visual alarms is proposed, which can be worn or placed near the user.

The article provides a detailed analysis of current scientific research and technical solutions in the field of fire alarms, smoke detectors, methane, carbon monoxide, and other hazardous gas detectors. The main requirements for portable devices of this type have been identified: autonomy, high sensitivity, speed, and ease of use. A description of the structural elements of the developed detector is provided, which includes smoke and gas sensor modules, LED indicators, a miniature audible alarm, and a microcontroller for data processing.

The results of experimental studies conducted under controlled conditions of smoke and gas leakage confirmed the model's performance, reliability, stability of readings, and response speed. The practical significance of the results obtained lies in the possibility of using the device as an additional personal level of fire protection, which complements traditional security systems and increases a person's chances of timely detection of danger and evacuation.

Prospects for further research include improving the sensor base, optimizing energy consumption, integrating with mobile applications for real-time notification, and expanding functionality for use in both residential and public spaces.

Keywords: fire safety, smoke alarm, fire, activation, protection, indicator.