

УДК [614.8.014]

DOI: <https://doi.org/10.31731/2524-2636.2021.5.1.-15-26>

*Олег Бас, канд. техн. наук (ORCID: 0000-0002-2401-9457),
Денис Лагно, (ORCID: 0000-0002-3663-6858),
Ігор Ножко, канд. пед. наук (ORCID: 0000-0003-1554-0088),
Микола Пелипенко, канд. пед. наук (ORCID: 0000-0003-1961-5008),
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля
Національного університету цивільного захисту України*

ВИКОРИСТАННЯ УЛЬТРАЗВУКУ ДЛЯ ОРІЄНТУВАННЯ У ЗАДИМЛЕНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

В статті обґрунтовується актуальність вдосконалення засобів орієнтування у задимленому середовищі, яка полягає у зменшенні часу знаходження рятувальників у непридатному для дихання середовищі при виконанні завдань в екстремальних ситуаціях. Метою роботи була розробка ультразвукової системи орієнтування у задимленому середовищі та аналіз результатів експерименту в теплодимокамері для виявлення ефективності її роботи. Було проаналізовано сучасні додаткові засоби на пожежних касках для покращення орієнтування в задимленому середовищі. Аналіз показав, що найчастіше на касках використовують засоби освітлення, рідше тепловізійні камери та гарнітуру для радіообміну. Використання газодимозахисниками ультразвуку та його ефективність як допоміжної системи для орієнтування у непридатному для дихання середовищі не досліджувалося. Наведено опис, будову та теоретичні розрахунки роботи ультразвукової системи. Було проведено експеримент, який засвідчив ефективність розробленої ультразвукової системи орієнтування у задимленому середовищі.

***Ключові слова:** пожежна каска, ультразвуковий датчик, система орієнтування, задимлене середовище, газодимозахисник, теплодимокамера.*

Постановка проблеми. Як свідчать статистичні дані Інституту державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту (ІДУ НД ЦЗ), кількість пожеж щорічно становить понад 100 тисяч [1], лівова їх частка припадає на споруди житлового сектору, в тому числі і житлові будинки, тому значну увагу слід приділити гасінню пожеж саме в житловому секторі.

Різноманіття планування квартир, житлових та нежитлових приміщень в наш час ускладнює проведення газодимозахисниками аварійно-рятувальних робіт у задимленому середовищі, що є однією з причин впливу дії небезпечних та шкідливих факторів на рятувальників під час гасіння пожеж. Відповідно до статистичних даних, щорічно відбуваються трагічні випадки загибелі і травмування особового складу пожежно-рятувальних підрозділів.

Для запобігання травмування при ліквідації надзвичайних ситуацій (НС) та інших небезпечних впливів на здоров'я особового складу оперативно-рятувальних підрозділів в Україні діють нормативно-правові документи [2-5], що визначають необхідність захисту.

Відповідно до даних нормативних документів [2-5] обов'язковим засобом захисту учасників ліквідації НС є засоби індивідуального захисту (ЗІЗ), що повинні забезпечувати ефективний захист, який впливає на якість проведення ліквідації наслідків пожеж, аварій, катастроф. Враховуючи специфіку умов їх експлуатації під час ліквідації наслідків НС та зважаючи на інтенсифікацію процесів сучасного виробництва, до ЗІЗ висувуються відповідні вимоги. Ці вимоги стосуються як конструктивного виконання, так і правил користування ними у умовах впливу небезпечних факторів пожежі.

Таким чином, розкривається актуальність проведення досліджень у галузі підвищення ефективності використання ЗІЗ шляхом розроблення пристрою, який покращить ефективність ЗІЗ, як комплексно, так і окремих частин пожежного спорядження.

Покращення ефективності використання ЗІЗ відбувається за рахунок багатьох факторів, одним із яких є дообладнання додатковими системами. В свою чергу для модернізації та вдосконалення використовують пожежний шолом [6-8].

Аналіз останніх досягнень і публікацій.

На сьогодні існує велика кількість засобів індивідуального захисту голови. Для підвищення функціональності в них додатково інтегрують різного роду додаткове обладнання, яке залежно від необхідності дозволяє вирішувати певні покладені на ЗІЗ задачі. Ми розглянемо каски пожежного з додатковими інтегрованими системами, їхні відмінності, особливості використання.

Пожежна каска MSA AUER Gallet F1.

Серед пожежних всіх країн світу найбільшу популярність здобули пожежні каски MSA, а саме їхня серія Gallet F1 XF (SF, E, chrome). Розглянемо пожежну каску MSA AUER Gallet F1 SF (XF) [6], зображену на рисунку 1, детальніше.



Рисунок 1 – Каска MSA AUER Gallet F1: а) загальний вигляд каски; б) каска, обладнана ліхтарем; в) каска, обладнана гарнітурою для радіообміну

На рисунку 1 представлено додаткове обладнання, яке може бути встановлено на каску. Як видно зі складових частин каски, все в ній направлено на безпеку і комфорт роботи. Пелерина у каски також є (існує кілька варіантів).

Особливістю є можливість кріплення на каску індивідуального ліхтаря, що дуже зручно під час проведення розвідки ланкою ГДЗС. В моделі Gallet F1 XF вже передбачені вбудовані ліхтарі по обидва боки каски, а також є можливість вбудувати бездротову (дротову) гарнітуру для радіообміну.

Важливою характеристикою каски є її вага. Для Gallet F1 вона знаходиться в межах 1,5 кг.

Пожежна каска DRAGER HPS 7000.

Практично ідентичний варіант попереднього варіанту каски [7]. Всі складові схожі, єдина відмінність – розміщення вмонтованого ліхтаря (по центру каски зверху). Будова каски відображена на рисунку 2.

Шолом пожежного з індивідуальною підгонкою Dräger HPS® 7000 розроблявся у тісній співпраці з клієнтами по всьому світу. Два корпуси шолома для розмірів голови від 50 до 66 см дають широкі можливості підгонки за індивідуальною формою голови і обличчя. Крім того, при вазі базової версії близько 1,38 кг вона є одним з найлегших у своєму класі. Крім комфортабельної підвісної системи з гіпоалергенних і еластичних матеріалів, шолом Dräger HPS 7000 відрізняється високим рівнем комфорту при експлуатації.



Рисунок 2 – Каска DRAGER HPS 7000

Ергономічна форма шолома дозволяє рівномірно розподілити вагу, що знижує навантаження на потиличні м'язи. Подовжене забрало забезпечує захист особи і високу оглядовість. При роботі в костюмі хімічного захисту передбачено постійне кріплення забрала. Надійною альтернативою є вбудоване і індивідуально регульоване вкорочене забрало з м'яким захисним обрамленням. При цьому обидва забрала залишають достатньо простору для одночасного використання коригувальних окулярів або маски. До того ж шолом пожежного – це не просто частина обладнання, а ваш особистий розпізнавальний знак. Тому ви можете підібрати шолом за вашим побажанням: від одного з безлічі колірних варіантів до індивідуальної емблеми для передньої накладки каски.

Компанія Dräger пропонує широкий асортимент аксесуарів. Світловідбиваючі смуги дозволяють розрізнити рятувальника в умовах поганої видимості і забезпечують індивідуальну ідентифікацію. В поєднанні із захисним одягом різноманітні моделі пелерин забезпечать надійний захист зі спини. Праворуч або ліворуч до шолома можна прикріпити зовнішні ліхтарі за допомогою адаптерів. Чохол з Nomex® захистить ваш шолом в будь-якій ситуації, підвищить його міцність і забезпечить безпечне зберігання і транспортування [7].

Пожежний шолом C-Thru Smoke Diving Helmet.

Цей екземпляр (дослівний переклад: «бачу крізь дим») – погляд в майбутнє протипожежного обладнання від шведського дизайнера Омера Хакьомеролу (рис. 3).

Він допомагає рятувальникам чітко бачити в заповнених димом будівлях при виконанні рятувальних робіт. Використовуючи своє традиційне спорядження, пожежні змушені слідувати вздовж стін для орієнтування в просторі або повзти, будучи спорядженими важким обладнанням, що може уповільнити процес порятунку. Цей шолом забезпечує базове бачення геометрії інтер'єру, таким чином, пожежні можуть легко визначити своє оточення, а пошук потерпілих може бути виконаний точніше.

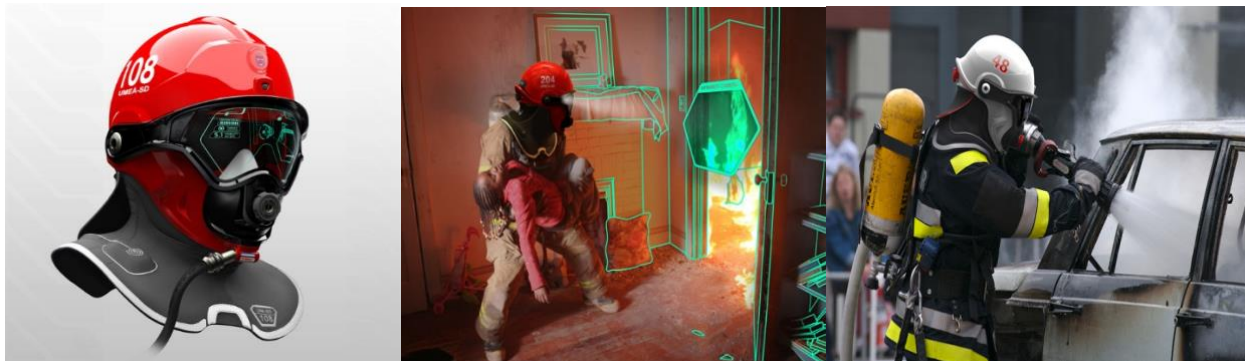


Рисунок 3 – Особливості будови та використання каски C-Thru Smoke Diving Helmet

У пожежній касці C-Thru Smoke Diving Helmet спрощено шари теплового захисту і захисту від ударів до більш простого набору захисного спорядження, щоб полегшити рух.

Основна мета цього проекту полягала в розробці можливості для носія пожежного шолома бачити і рухатися в умовах щільного диму без необхідності нести додаткове обладнання.

Ця розробка повинна спростити багатошаровий тепловий захист до одного елемента, а також забезпечити комунікацію з іншими рятувальниками. Для пожежних було б простіше надягати пожежний шолом C-Thru Smoke Diving Helmet при слідуванні до місця загоряння, адже пожежні повинні встигнути надіти екіпіровку за 90 секунд.

Таким чином, рятувальники часто носять багато незручного спорядження, поспішаючи виконати свій обов'язок. Може бути дуже складно надіти внутрішній захист, протигаз, теплоізоляційний шолом, зовнішній кожух (капюшон), тепловізорний пристрій і пристрій аудіозв'язку всього за 90 секунд. Пожежний шолом C-Thru Smoke Diving Helmet є протипожежним обладнанням майбутнього. Замість того, щоб використовувати рукописні карти і вербальну інформацію, пожежні можуть використовувати цей шолом для навігації усередині і зовні будівлі. Їм не доведеться повзти по підлозі або триматися стін, щоб знаходити потерпілих, вони будуть просто йти або бігти до них. Палаюча будівля – це шумне місце. Пожежні прислухаються до потенційних звуків руйнування перекриттів і дверних прорізів. Але ці звуки змішуються зі звуками спілкування пожежної команди.

Система вибіркового шумозаглушення цього шолома зменшує рівень навколишніх звуків і підсилює голоси постраждалих і потенційні звуки руйнування перекриттів, забезпечуючи більш чіткий зв'язок. З пожежним шоломом C-Thru Smoke Diving Helmet рятувальнику, що очолює ланку ГДЗС, немає необхідності робити припущення і писати звіти, так як йде одночасний запис. Це сприяє поліпшенню наступних рятувальних операцій, правильній оцінці якості роботи і стає кроком до запобігання майбутнім пожежам [6].

Перелічені каски, зважаючи на велику кількість складної апаратури, поруч з безумовними перевагами мають і суттєвий недолік – високу ціну.

Перша в світі тепловізійна hands-free камера.

Перша в світі тепловізійна hands-free камера (Рис.4).

Новий учасник ринку тепловізорів для пожежних. Завдяки своїй запатентованій технології, тепловізійна камера Halo забезпечує високу експлуатаційну гнучкість в жорстких умовах навколишнього середовища.

Halo – майбутнє в пожежогасінні. Найлегша і компактна в світі камера створена для забезпечення безпеки в області пожежогасіння. Завдяки можливості прикріплювати камеру до каски рятувальник здатний працювати обома руками і одночасно отримувати високоякісне зображення в складних робочих умовах.



Рисунок 4 – Тепловізійна hands-free камера

Halo є надійним помічником при пошуку постраждалих і гасінні пожеж. Дисплей 2.5 дюйма з високою роздільною здатністю, встановлений на зовнішній стороні камери, забезпечує точний орієнтир. Вбудована літєва батарея забезпечує безперервну 10-годинну

роботу камери без підзарядки. Halo має масу лише 390 г, що робить її безсумнівно найлегшою тепловізійною камерою, доступною сьогодні на ринку.

Камера має точковий вимір температури і чотири кольорні палітри, які управляються за допомогою однієї зручної кнопки. Розташування камери на шоломі дозволяє отримати відмінний огляд, окрім цього камеру можна закріпити на куртці за допомогою ремня, використовувати камеру однією рукою і за лічені секунди встановити камеру на шолом колезі для обміну інформацією [8].

Отже, враховуючи вищезазначену інформацію, стає зрозумілим факт використання додаткових засобів на пожежних касках для покращення орієнтування в задимленому середовищі та розширення можливостей використання пожежного обладнання. З поданої інформації видно, що найчастіше іде мова про використання на касках засобів освітлення, рідше тепловізійних камер та гарнітури для радіообміну.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття. Відповідно до проведених раніше досліджень [6-9], засоби, які на сьогодні застосовуються для покращення ефективності орієнтування газодимозахисників у задимленому середовищі, використовують додаткове обладнання, що кріпиться здебільшого на касці пожежного. Наприклад, засоби освітлення (пожежні ліхтарі), засоби зв'язку, вбудовані у каску (гарнітура для радіообміну), засоби орієнтування, що дають можливість «бачити через дим» (пожежна каска C-Thru Smoke Diving Helmet), тепловізійні камери (hands-free).

Використання газодимозахисниками ультразвуку та його ефективність як допоміжної системи для орієнтування у непридатному для дихання середовищі не досліджувалося.

Постановка задачі та її розв'язання. Для вирішення поставленої мети, а саме: розробити ультразвукову систему орієнтування у задимленому середовищі та проаналізувати результати експерименту в димокамері для виявлення можливостей ультразвукового датчика визначення відстані до огорожувальних будівельних конструкцій, було визначено ряд задач:

- провести аналіз існуючих пожежних касок, які мають додаткові пристрої і системи для орієнтування газодимозахисників у задимленому середовищі;
- розробити систему орієнтування газодимозахисників у задимленому середовищі з використанням ультразвукового датчика відстані, який буде вбудований в каску пожежного та виводитиме показники відстані на виносний екран;
- експериментально перевірити достовірність розробленої системи орієнтування газодимозахисників у задимленому середовищі;
- проаналізувати отримані результати та можливість використання ультразвукового датчика для орієнтування у задимленому середовищі шляхом визначення відстані до перешкод.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих результатів.

Розроблену систему орієнтування в просторі виконано на базі мікроконтролера ATmega328P і ультразвукового датчика виміру відстані HC-SR04. Платформа має 14 цифрових входів/виходів (шість з яких можуть бути використані як вихідний широкополосний імпульсний модуль), 6 аналогових входів, кварцовий генератор 16 МГц, роз'єм USB, силовий роз'єм. Для роботи необхідно підключити платформу до комп'ютера за допомогою кабелю USB або подати живлення при допомозі адаптера AC/DC або батареї.

Датчик HC-SR04 використовує ультразвукове випромінення для визначення відстані до об'єкта. Цей безконтактний датчик забезпечує високу точність і стабільність вимірювань. Діапазон вимірювань від 2 до 400 см. На покази датчика практично не впливає сонячне вилучення і електромагнітні шуми. Модуль продається в комплексі з трансмітером і ресивером.

Принцип роботи модуля полягає у вимірі часу, за який ультразвуковий імпульс досягає перепони і повертається назад. Тому під час використання даного пристрою

пожежний може в реальному часі за допомогою виносного дисплею слідкувати за відстанню до перешкоди перед ним. Конструкція виконана таким чином, що всі деталі пристрою для орієнтації не заважають рятувальнику виконувати свої оперативні дії, а навпаки – у задимленому середовищі збільшують швидкість пересування по приміщенню та виконання завдань за призначенням [9].

В основі принципу вимірювання, представленому на рисунку 5, лежить елемент, що випромінює з поверхні датчика ультразвукову хвилю.



Рисунок 5 – Принцип роботи ультразвукового датчика відстані

Відбившись від об'єкта, хвиля повертається назад до датчика. Знаючи швидкість поширення звуку в повітрі (v) і вимірюючи час між випромінюванням і прийняттям ультразвукової хвилі (t), схемотехніка датчика проводить обчислення відстані (1):

$$S = \frac{v \cdot t}{2} \quad (1)$$

Для ідеальних газів швидкість звуку визначається формулою Лапласа (2):

$$v = \sqrt{\frac{\gamma R}{M} T} \quad (2)$$

де:

γ – показник адіабати газу;

R – універсальна газова стала;

M – молярна маса;

T – абсолютна температура (в К).

Ультразвукові датчики калібруються в повітрі: швидкість поширення звуку в ньому становить 330 м/с при 0 °С температури навколишнього середовища. Швидкість поширення звуку в повітрі в свою чергу практично повністю залежить тільки від температури. Ця залежність зображена на рисунку 6.

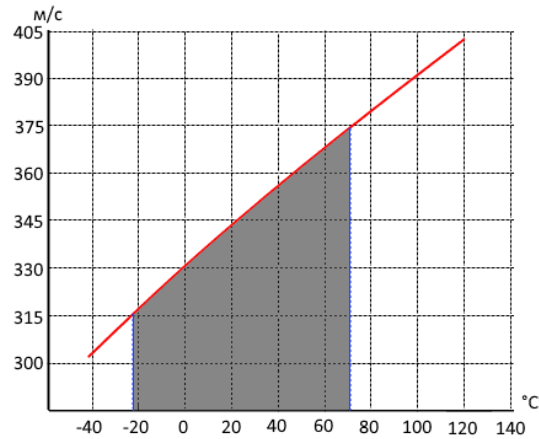


Рисунок 6 – Графік залежності швидкості звуку від температури

Крім точності вимірювання відстані, найважливішим критерієм є дальність поширення ультразвукової хвилі або максимальна робоча відстань, до якої датчик здатний проводити вимірювання. У свою чергу ця відстань залежить від згасання звуку.

Згасання – це зменшення амплітуди звукового тиску зі збільшенням відстані від джерела звуку (випромінювача датчика). Якщо вимірюваний об'єкт знаходиться на відстані більшій, ніж максимальна робоча відстань, то направлена і відбита назад хвиля буде повністю поглинута середовищем і вимір стає неможливим (3, 4).

$$A' = A_0 e^{-\delta r} \quad (3)$$

де:

γ – показник адіабати газу;

R – універсальна газова стала;

M – молярна маса;

T – абсолютна температура (в К).

Перетворюючи формулу (3), маємо:

$$\delta = \frac{1}{r} \ln \left(\frac{A'}{A_0} \right) \quad (4)$$

Проте дана формула дозволяє розрахувати коефіцієнт тільки на основі експериментальних даних.

Існує наступна залежність, що зв'язує коефіцієнт згасання з параметрами навколишнього середовища, що впливають на поглинання звуку в повітрі (5):

$$\delta = \left(\frac{\omega^2}{2\rho c^3} \right) \left(\frac{4}{3} \eta + \zeta + \chi \left(\frac{1}{C_v} + \frac{1}{C_p} \right) \right) \quad (5)$$

де: ω – частота ультразвукової хвилі;

ρ – щільність середовища;

c – швидкість поширення звуку в середовищі;

η – коефіцієнт зсувної в'язкості;

ζ – коефіцієнт об'ємної в'язкості;

χ – коефіцієнт теплопровідності;

C_v – теплоємність при постійному обсязі;

C_p – теплоємність при постійному тиску.

Таким чином, на робочу відстань датчика впливають наступні параметри середовища:

Температура: впливає на в'язкість, щільність і швидкість поширення звуку. З ростом температури згасання збільшується і максимальна відстань зменшується. Проте враховуючи роботу ланки ГДЗС, що рухається в задимленому середовищі, дані зміни не впливають критично на визначення відстані до перешкоди, адже виступають в ролі додаткової системи орієнтування в задимленому середовищі.

Система відноситься до галузі протипожежного обладнання, а саме пристроїв, за допомогою яких газодимозахисник може орієнтуватися в задимленому середовищі.

В результаті пожежі відбувається: наростання високої температури, задимленість, загазованість, обвал конструкцій будинків і споруд, вибухи технологічного обладнання і приладів, падіння обгорілих дерев, а також обвалення. Під час проведення розвідки та безпосередньо гасіння пожежі підрозділи оперативно-рятувальної служби зіштовхуються з вищезазначеними факторами, які в свою чергу уповільнюють процес проведення розвідки, евакуації та рятування людей, локалізації та ліквідації пожежі. Тому використання пристроїв, за допомогою яких можна орієнтуватися у задимленому середовищі, дозволяє значно зменшити час проведення розвідки пожежі, евакуації людей із задимленої зони та гасіння пожежі.

В основу моделі поставлена задача створити систему для орієнтування рятувальника в умовах обмеженої видимості, з захищеними елементами конструкції пристрою від дії небезпечних факторів пожежі, можливість виведення інформації за потреби та в зручному для рятувальника місці.

Поставлена задача вирішується шляхом використання ультразвукового датчика, який вбудовано в каску, екрану для виведення інформації про відстань до перешкоди, закріпленого на гнучкому кронштейні, кнопки для вмикання і вимикання.

Варіанти виконання пристрою для орієнтування у задимленому середовищі зображено на рисунку 7. Креслення та опис виконання та використання пристрою для орієнтування рятувальника у задимленому середовищі не обмежують заявленої формули корисної моделі, а лише пояснюють її суть.

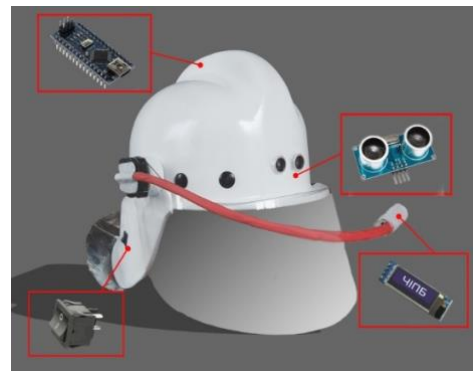
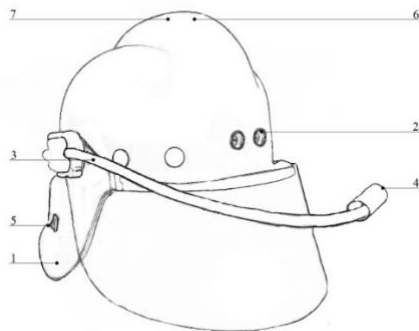


Рисунок 7 – Будова системи для орієнтування у задимленому середовищі

Система для орієнтування у задимленому середовищі складається з корпусу каски 1, в якій вбудовано ультразвуковий датчик 2, гнучкого кронштейну 3, на якому закріпленій екран для виведення інформації (про відстань до перешкоди) 4, кнопкою для вмикання і вимикання 5, мікропроцесору 6, блоку живлення 7.

Система для орієнтування у задимленому середовищі працює відповідно до розробленого алгоритму, який міститься на рисунку 8.

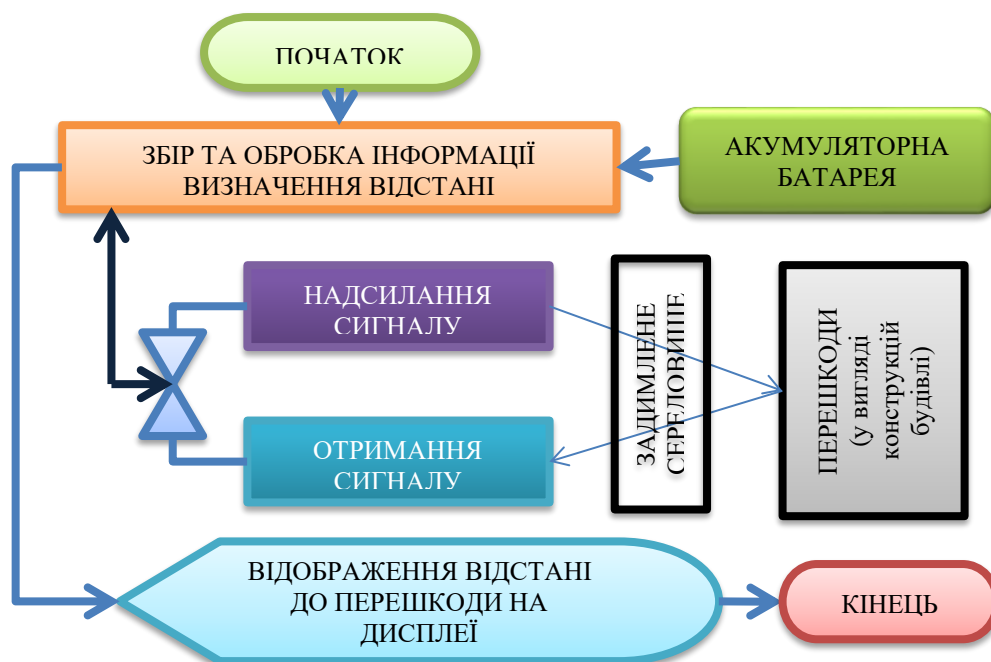


Рисунок 8 – Алгоритм роботи системи

При виконанні поставлених задач у задимленому середовищі рятувальник вмикає систему кнопкою 5, налаштовує зручне положення екрану для виведення інформації про відстань до перешкоди 4 за допомогою гнучкого кронштейну 3, ультразвуковий датчик 2, встановлений в корпусі каски 1, відправляє та отримує сигнали, які визначають відстань до перешкод, які знаходяться безпосередньо перед рятувальником, мікропроцесор 6 отримує інформацію з ультразвукового датчика 2 та виводить інформацію про відстань до перешкоди на екран для оцінки рятувальником відстані до перешкоди 4, блок живлення 7 забезпечує безперебійну роботу пристрою протягом часу роботи акумуляторної батареї.

Для перевірки роботи розробленої системи орієнтування в реальних умовах та визначення її параметрів були проведені експерименти в димокамері на базі навчально-тренувального комплексу навчальної пожежно-рятувальної частини на території ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України. Результати випробувань відображені в таблиці 1 та на рисунку 9.

Таблиця 1 – Час виконання завдання

	Ланка № 1	Ланка № 2	Ланка № 3	Ланка № 4	Ланка № 5	Ланка № 6	Ланка № 7	Середній час
Без пристрою, хв	9,41	8,37	11,32	8,54	7,56	8,22	7,41	8,69
Без пристрою, с	581	517	692	534	476	502	461	537,57
З пристроєм, хв	7,25	6,42	9,33	6,12	5,1	6,31	5,46	6,57
З пристроєм, с	445	402	573	372	301	391	346	404,28
Різниця	2,16	1,95	1,99	2,42	2,46	1,95	1,95	2,12

Метою проведення дослідження було визначення:

- здатність газодимозахисників орієнтуватися в просторі;
- здатність газодимозахисників виконувати оперативні завдання в умовах різного ступеня задимленості;
- здатність газодимозахисників виконувати оперативні завдання в умовах обмеженого простору.

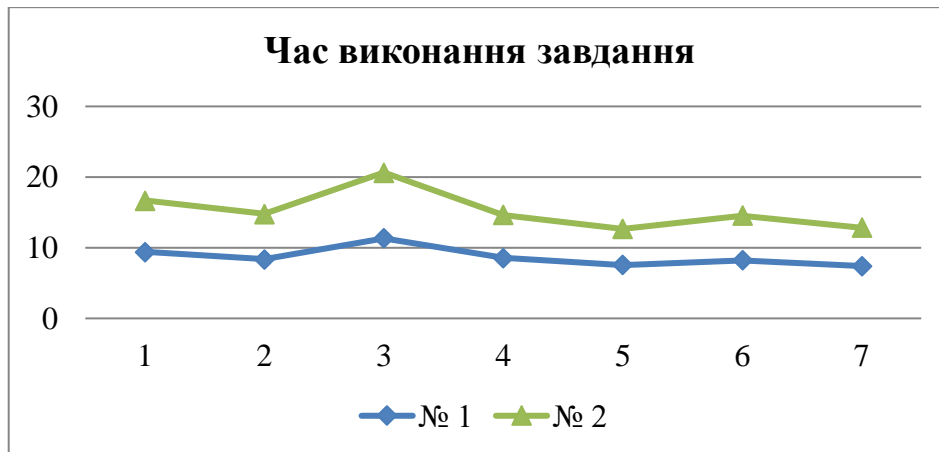


Рисунок 9 – Часовий графік

Теплодимокамера центру, в якій проходили випробування системи орієнтування, проілюстровані на рисунку 10, призначена для проведення занять в задимленому середовищі із моделюванням ситуацій різного рівня складності, які можуть виникати на пожежі, підвищення рівня практичних навичок. Вона має два рівні поверховості та приміщення різного призначення, в яких іде моделювання ситуацій, близьких до тих, що відбуваються під час пожежі.



Рисунок 10 – Курсанти в процесі випробування системи орієнтування

У випробуванні системи орієнтування брав участь двадцять один курсант віком від 17 до 19 років. Теплодимокамера заповнювалася димом, формувалися ланки по три особи, та у відповідності до нормативних документів, з дотриманням правил безпеки праці, під наглядом викладачів проводився експеримент. Відлік часу розпочинався із моменту входу і зупинявся при поверненні ланки на свіже повітря.

Виходячи з отриманих даних, можемо зробити наступні висновки.

Висновки. В роботі була досягнута мета та отримані результати, які полягають в розробленні системи орієнтування газодимозахисників у задимленому середовищі на основі пристрою, основними компонентами якого є плата мікроконтролера з ультразвуковим датчиком, який вбудований в пожежну каску та визначає відстань до перешкод із відображенням на виносному дисплеї.

Із аналізу особливостей роботи при виконанні газодимозахисниками спеціальних аварійно-рятувальних робіт можна зробити висновок, що швидкість виконання аварійних та інших невідкладних робіт у задимленому середовищі вимагає максимальної концентрації на поставлених задачах, швидкого пересування в задимленому просторі з дотриманням правил безпеки праці. Швидкість пересування залежить від розуміння власного місцезнаходження, а засоби, які допомагають зорієнтуватися, мають важливе значення в умовах задимленого

обмеженого простору. Також досить важливим фактором є і те, що при проведенні оперативних дій руки зазвичай зайняті основним обладнанням, а тому використання додаткового обладнання є не досить зручним та уповільнює роботу. Отже, доцільно використовувати інтегровані у вже існуюче обладнання рятувальника системи.

Враховуючи вищезазначену інформацію, зрозумілою є ефективність використання додаткових засобів на пожежних касках для покращення орієнтування в задимленому середовищі та розширення можливостей використання протипожежного обладнання. З матеріалів статті видно, що найчастіше йдеться про використання на касках засобів освітлення, рідше тепловізійних камер та гарнітури для радіообміну.

Отже, методом аналізу існуючих складових електронних пристроїв, які на відміну від персональних комп'ютерів, орієнтовані на тісну взаємодію з навколишнім світом, були обрані складові Ардуіно. На основі них розроблено алгоритм роботи системи орієнтування газодимозахисників у задимленому середовищі.

Також було розроблено систему для орієнтування в умовах задимленого середовища, обмеженої видимості, яка складається з корпусу каски, в яку вбудовано ультразвуковий датчик, гнучкого кронштейну, на якому закріплений екран для виведення інформації (про відстань до перешкоди), кнопки для вмикання і вимикання, мікропроцесору, блоку живлення.

При проведенні експериментів в касці пожежного без пристрою час становив в середньому 537 секунд, в той час при використанні каски з пристроєм ланки ГДЗС демонстрували час виконання завдання в середньому 404 секунди. Різниця цих результатів становить приблизно 133 секунди, що показує корисний ефект використання пристрою близько 29 %.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Статистика пожеж [Електронний ресурс] / ІДУ НД ЦЗ. – 2020.
2. Правила безпеки праці в органах і підрозділах МНС України [Електронний ресурс] : наказ : затв. МНС України № 312 від 07 травня 2007 р.
3. Настанова з організації газодимозахисної служби в підрозділах Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту МНС України [Електронний ресурс] : наказ : затв. МНС від 16 грудня 2011 року № 1342.
4. Наказ МНС України №340 від 26.04.2018 "Про затвердження статуту дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту та статуту дій органів управління та підрозділів оперативно-рятувальної служби".
5. Наказ МНС № 1342 від 16.12.2011 "Настанова з організації газодимозахисної служби в підрозділах оперативно-рятувальної служби цивільного захисту МНС України".
6. Сучасні пожежні шоломи і каски [Електронний ресурс] // Militaristwear. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://militaristwear.com/encyclopedia/sovremennye-pozharnye-shlema-i-kaski-mchs/>.
7. Шолом пожежного Dräger HPS® 7000 [Електронний ресурс] // draeger – Режим доступу до ресурсу: https://www.draeger.com/ru_ru/Products/HPS-7000.
8. Тепловізійна камера HALO [Електронний ресурс] // Pergam – Режим доступу до ресурсу: https://www.pergam.ru/catalog/thermal_imagers/firefighters/hands-free-halo.htm.
9. Ефективний засіб розробки програмованих електронних пристроїв [Електронний ресурс] // Arduino. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://doc.arduino.ua/ru/hardware/>.
10. ISO 9613-1:1993 Acoustics – Attenuation of sound during propagation outdoors – Part1: Calculation of the absorption of sound by the atmosphere.
11. L. Jakevičius, A. Demčenko Ultrasound attenuation dependence on air temperature in closed chambers, ISSN 1392-2114 ULTRAGARSAS (ULTRASOUND), Vol. 63, No.1, 2008.
12. Donald P. Massa Choosing an Ultrasonic Sensor for Proximity or Distance Measurement. Part 1: Acoustic Considerations February 1, 1999.

REFERENCES

1. Fire statistics [Electronic resource] / IDU ND TsZ. – 2020.
2. Rules of labor safety in bodies and divisions of the Ministry of Emergencies of Ukraine [Electronic source] : order: approved by the Ministry of Emergencies of Ukraine № 312 dated May 7, 2007.
3. Guidelines for the organization of gas and smoke protection service in the units of the Operational and Rescue Service of the Civil Defense of the Ministry for Emergencies of Ukraine [Electronic resource] : order: approved by the Ministry of Emergencies of Ukraine № 1342 dated 16 December 16, 2011.
4. Order of the Ministry of Emergencies of Ukraine №340 dated 26.04.2018 "About the statement of the charter of actions in emergency situations of management bodies and divisions of Operational and Rescue Service of Civil Defense and the charter of actions of management bodies and divisions of Operational and Rescue Service".
5. Order of the Ministry of Emergencies of Ukraine № 1342 dated 16.12.2011 "Guidelines for the organization of Gas and Smoke Protection Service in the units of the Operational and Rescue Service of Civil Protection of the Ministry of Emergencies of Ukraine ".
6. Modern fire helmets [Electronic source] // Militaristwear. – 2020. – Access Mode: <https://militaristwear.com/encyclopedia/sovremennye-pozharnye-shlema-i-kaski-mchs/>.
7. Firefighter's helmet Dräger HPS® 7000 [Electronic source] // draeger – Access Mode: https://www.draeger.com/ru_ru/Products/HPS-7000.
8. Thermal imaging camera HALO [Electronic source] // Pergam – Access Mode: https://www.pergam.ru/catalog/thermal_imagers/firefighters/hands-free-halo.htm.
9. An effective tool for developing programmable electronic devices [Electronic source] // Arduino. – 2021. – Access Mode: <https://doc.arduino.ua/ru/hardware/>.
10. ISO 9613-1:1993 Acoustics – Attenuation of sound during propagation outdoors – Part1: Calculation of the absorption of sound by the atmosphere.
11. L. Jakevičius, A. Demčenko Ultrasound attenuation dependence on air temperature in closed chambers, ISSN 1392-2114 ULTRAGARSAS (ULTRASOUND), Vol. 63, No.1, 2008.
12. Donald P. Massa Choosing an Ultrasonic Sensor for Proximity or Distance Measurement. Part 1: Acoustic Considerations February 1, 1999.

*Oleh Bas, Candidate of technical science, Denys Lahno,
Ihor Nozhko, Candidate of pedagogic sciences,
Mykola Pelypenko, Candidate of pedagogic sciences.
Cherkassy Institute of Fire Safety Named after Chernobyl Heroes
of National University of Civil Defense in Ukraine*

USE OF ULTRASOUND FOR ORIENTATION IN A SMOKE ENVIRONMENT

The article substantiates the urgency of improving the means of orientation in a smoky environment, which is to reduce the time spent by rescuers in a non-breathable environment when performing tasks in extreme situations. The aim of the work was to develop an ultrasonic orientation system in a smoky environment and analysis of the results of the experiment in the smoke chamber to identify the effectiveness of its work. Modern additional means on fire helmets to improve orientation in a smoky environment were analyzed. The analysis showed that lighting equipment is most often used on helmets, thermal imaging cameras and a headset for radio exchange are used less often. The use of ultrasonic gas shields and its effectiveness as an auxiliary system for orientation in a non-breathable environment has not been studied. The description, structure and theoretical calculations of the ultrasonic system are given. An experiment was conducted, which proved the effectiveness of the developed ultrasonic orientation system in a smoky environment.

Key words: *fire fighting helmet, ultrasonic sensor, orientation system, smoky environment, smoke detector, smoke chamber.*