

Е. Е. Щолоков, Н. В. Рашкевич, Р. І. Майборода, Ю. А. Отрош

Національний університет цивільного захисту України, Черкаси, Україна

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ОПОВІЩЕННЯ ТА ЕВАКУАЦІЇ ДІТЕЙ З ПОРУШЕННЯМ СЛУХУ У ЗАКЛАДАХ ОСВІТИ

Дослідження спрямоване на вдосконалення системи оповіщення та управління евакуацією дітей з порушенням слуху в умовах пожежі, що є важливим для забезпечення безпеки інклюзивного навчання у закладах освіти. Проаналізовано сучасні технології оповіщення, визначено основні вимоги до таких систем, а також запропонована система, що інтегрує звукові, візуальні та тактильні сигнали.

Ключові слова: вібраційні пристрої, візуальні технології, пожежа, система оповіщення, евакуація.

Постановка проблеми

Питання забезпечення пожежної та техногенної безпеки у закладах освіти не втрачає своєї актуальності протягом останніх років. За підсумками заходів державного нагляду (контролю), проведених Державною службою України з надзвичайних ситуацій, у багатьох навчальних закладах було виявлено суттєві порушення вимог безпеки. Зокрема, встановлено факти несправності або відсутності систем зовнішнього протипожежного водопостачання, пожежної сигналізації та оповіщення людей про пожежу. Також виявлено нагальну потребу в капітальному ремонті або заміні електромереж, а також у додатковому оснащенні приміщень первинними засобами пожежогасіння. Особливого значення набуває забезпечення належного стану евакуаційних шляхів, які потребують відповідного облаштування або перепланування для гарантування безпечної та швидкої евакуації людей у разі надзвичайної ситуації.

Зокрема, 27 березня 2022 року сталася пожежа в будівлі загальноосвітнього закладу в місті Чорноморськ, Україна. Вогонь виник у підвальному приміщенні, що спричинило сильне задимлення на першому поверсі, ускладнюючи евакуацію учнів. Завдяки ефективним евакуаційним заходам було врятовано 574 особи. Причиною пожежі стало самозаймання речовин та матеріалів, які зберігалися в підвалі школи.

Подібні випадки траплялися і в інших закладах освіти. Наприклад, у п'ятиповерховому корпусі Національного юридичного університету ім. Ярослава Мудрого осередок пожежі знаходився на горіщі будівлі. Вогонь охопив дерев'яні конструкції та перекриття на площі 500 м². Причиною пожежі стало коротке замикання. Постраждалих і загиблих не було.

13 січня 2022 року сталася пожежа у Харківському університеті імені В.Н. Каразіна у підсобному приміщенні під сценою актової зали на другому поверсі. Пожежу оперативно виявили за допомогою пожежної сигналізації. Було евакуйовано 300 осіб, жертв і травмованих не було. Причиною загорання стало коротке замикання.

Ще один випадок стався у школі міста Києва, де вогонь спалахнув у підвальному приміщенні. Завдяки злагодженим діям персоналу було евакуйовано 665 дітей та 60 працівників навчального комплексу. Постраждалих немає, а причиною пожежі стало коротке замикання електромережі.

Ці випадки підкреслюють необхідність удосконалення систем протипожежного захисту, розробки ефективних заходів евакуації та впровадження спеціалізованих систем оповіщення для всіх категорій населення, зокрема для осіб з порушенням слуху. Це забезпечить своєчасне реагування та збереже життя дітей і персоналу закладів освіти.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У багатьох закладах освіти України відсутні спеціалізовані системи оповіщення для дітей з порушеннями слуху та зору, а також для маломобільних груп населення [1, 2].

Фахівці наголошують на необхідності розробки та впровадженні інклюзивних систем цивільного захисту, які б враховували потреби дітей з особливими освітніми потребами [3, 4]. Це включає встановлення візуальних сигналів тривоги, тактильних індикаторів та забезпечення доступності евакуаційних шляхів. Такі заходи сприятимуть підвищенню безпеки та оперативності евакуації всіх учасників освітнього процесу [4].

Дослідження [5, 6] зосереджені на розрахунках часу евакуації в умовах пожежі, враховуючи

присутність інклюзивних груп. Програмне забезпечення для моделювання процесу евакуації дозволяє візуалізувати та оптимізувати шляхи евакуації, зокрема для осіб із обмеженими можливостями [6]. Робота [7] присвячена вивченню швидкості руху дітей, зокрема розглядаються фактори, що впливають на евакуаційну здатність дітей – вихід через дверні прорізи.

В роботах [8, 9] розглядаються способи організації евакуації для осіб з обмеженими можливостями, [10] – стан безпеки шляхів евакуації, [11] – наголошується на важливості планування площ для евакуації з урахуванням фізичних особливостей дітей.

В роботі [12] проведений аналіз процесу евакуації з дитячих майданчиків, де вивчається безпека дітей під час пожежі в умовах обмеженого доступу.

Дослідниками [13] виділені особливості організації інклюзивного освітнього середовища в умовах правового режиму воєнного стану.

Авторами [14] встановлено, що ефективність використання сходів, ліфтів, а також альтернативних засобів евакуації залежить від призначення будівлі (офісні будівлі, житлові будинки, заклади охорони здоров'я тощо) та задіяного населення. Для проведення ефективної евакуації наголошено на використанні більше однієї моделі.

В [15] встановлено, що двома найважливішими факторами, які впливають на час евакуації, є оптимальне розташування сходів у будівлі та поверхи, на яких починається пожежа. Коли пожежа починається на нижніх рівнях будівлі, час евакуації з верхніх поверхів є найбільшим.

В [16] проведено дослідження евакуації з заводу електроніки в Китаї, визначено необхідний та фактичний час евакуації та продемонстровані можливості програмного комплексу Pathfinder. Робота відображає доцільність використання програмного комплексу Pathfinder при розрахунку евакуації.

В [17] проведено дослідження екстреної евакуації агентів із будівлі, з використанням механізму обміну інформацією між агентами з використанням системи BIM. Як висновок, навіть неповний обмін інформацією про учасників евакуації покращує орієнтування під час евакуації. А загальна ефективність евакуації збільшується, навіть, якщо частина евакуйованих діляться інформацією.

В [18] розглянули використання перешкод на шляху евакуації для зменшення часу евакуації з приміщення. У випадку коли люди знаходяться у стані паніки і починають штовхати один одного, аби покинути приміщення. Встановлення перешкоди

перед виходом дозволить зменшити щільність людського потоку і стабілізувати натовп.

В [19] в програмне середовище EXODUS введено адаптивну поведінку для агентів. Були зібрані данні з пожеж, які сталися в Великобританії та США. Інформація ґрунтувалася на знанні планування приміщень, концентрації диму та статтю мешканців. Такий крок дозволив вибирати найбільш вірний вихід з приміщення при пожежі.

В [20] використано модель поведінки агентів під час евакуації. Досліджено поведінку людей під час неконтрольованого руху в натовпі. Визначено оптимальну стратегію евакуації із заповненого димом приміщення з урахуванням індивідуального руху агента та колективного «стадного» інстинкту.

В [21] запропонували об'єднати технологію інформаційного моделювання будівель (ІМБ) з технологією географічної інформаційної системи (ГІС) для побудови тривимірної просторової сцени евакуації при пожежі у будівлі. ІМБ має переваги уточненого тривимірного моделювання, а за допомогою програмного забезпечення для евакуації моделюється евакуація людей і її характеристики, ГІС має потужні функції просторового аналізу для аналізу шляху. У такому методі моделювання евакуації ці дві технології доповнюють один одного для досягнення кількісного аналізу якісних показників і ефективної візуалізації управління евакуацією в надзвичайних ситуаціях. У цій статті узагальнюються та аналізуються останні дослідження по евакуації персоналу, узагальнюється поточна дослідницька ситуація в Китаї.

В [22] запропоновано підхід CPSS до аварійної евакуації при пожежах у будівлях. Кібер-фізико-соціальна система (CPSS), представлена в роботі, перевіряє та оцінює плани евакуації у надзвичайних ситуаціях, дозволяючи операторам моделювати та досліджувати можливі наслідки різних стратегій та сценаріїв евакуації. Крім того, шляхом створення паралельного механізму на основі даних між реальною та штучною системами евакуації, можна ефективно керувати процесами евакуації в режимі реального часу.

У [23] проаналізовано можливості застосування комп'ютеризованих моделей евакуації та окреслюються переваги використання інженерного підходу в галузі пожежної безпеки.

В [24] розглянута модель PrioritEvac, агентна модель, яка включає в себе розрахунок пожежної евакуації та реакції агентів на вогонь і дим. Модель використовує індивідуальні пріоритети руху агентів, що робить її динамічною. PrioritEvac запрограмована в NetLogo і перевірена на основі великої кількості даних, зібраних під час пожежі в нічному клубі Station. В дослідженні проведено порівняння розрахунків евакуації в 20 програмних

комплексах в тому числі з Pathfinder. Найбільш приближені до реальних подій були отримані при моделюванні в комплексі PrioritEvac.

В [25] проведені контрольовані пішохідні експерименти в обмеженому коридорі з реалістичною архітектурною геометрією і імітацією поведінки пішоходів. Експериментальний кільцевий коридор був побудований для забезпечення стабільного руху пішохідних потоків без відволікаючих факторів, таких як вузькі місця та злиття потоків. Проведені п'ять експериментів з різними моделями щільності, з середньою щільністю від 1,28 до 3,42 чол./м² і максимум 96 учасників тестування. У ситуаціях високої щільності, особливо в ситуаціях поведінки коли люди постійно зупиняються під час руху, спостерігається поведінка пішоходів під час ходьби по відео, на яких пішоходи не ходять, а ритмічно переставляючи ноги, крок за кроком. Крім того, ми відзначаємо можливість того, що швидкість регулюється мінімальною швидкістю одного кроку і мінімальною довжиною одного кроку. Це говорить про те, що механізм поведінки під час ходьби може бути різним для ситуацій різної щільності або відстані кроку.

В [26] прийнята регресійна модель де враховані три незалежні змінні (площа поверху, кількість виходів і навантаження людей на поверх) і визначений їхній вплив на залежну змінну, звану часом евакуації. Незважаючи на широке використання в різних галузях, регресійний аналіз не використовувався для вивчення часу евакуації. Загальний час евакуації, необхідний для того, щоб покинути місце пожежі. Результати дослідження показали, що люди покинули місце пожежі швидше, визначеного загального часу евакуації. Розрахунок загального часу евакуації також може бути застосований до системи протипожежного захисту; це дає змогу персоналу аварійно-рятувальних служб оновлювати загальний час евакуації в режимі реального часу, водночас інформуючи людей про час, який залишився доступним для безпечної евакуації з місця пожежі. Це дослідження показало, що регресійний аналіз є корисним методом розрахунку часу евакуації та може слугувати інструментом оцінки в наукових дослідженнях, пов'язаних із пожежами, і розслідуванні аварій.

Аналіз наукових робіт свідчить про необхідність комплексного підходу до удосконалення систем оповіщення та евакуації дітей з порушенням слуху у закладах освіти. Рекомендовано впроваджувати інклюзивні технології, адаптувати інфраструктуру для створення безпечного та комфортного освітнього середовища.

Мета та завдання статті

Мета роботи – удосконалення системи оповіщення та управління евакуацією дітей з особливими освітніми потребами (порушенням слуху) при пожежах для реалізації інклюзивного навчання у закладах освіти.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні наукові завдання:

1. Проаналізувати технології, що використовуються в системах оповіщення та управління евакуацією дітей з особливими освітніми потребами.
2. Виділити основні вимоги до системи оповіщення та управління евакуацією дітей з порушенням слуху.
3. Запропонувати удосконалену систему оповіщення та управління евакуацією дітей з порушенням слуху.

Виклад основного матеріалу

Системи пожежної сигналізації – це комплекс технічних засобів, призначених для виявлення пожежі та попередження людей про небезпеку. Механізм виявлення пожежі включає детектори, що реагують на певні ознаки пожежі (наявність диму, полум'я, різке підвищення температури, накопичення небезпечних газів).

Механізм попередження людей про небезпеку – технології стимуляції, а саме: звукові, за допомогою запаху, тактильні та візуальні. Кожен з цих типів стимуляції має свою специфіку та ефективність у конкретних умовах надзвичайних ситуацій.

Звукові сигнали широко використовуються у системах оповіщення [27]. Вони включають в себе сирени, гудки або інші звукові індикатори, що сигналізують про загрозу. Однак, для дітей з порушенням слуху наявність звукових сигналів є недостатніми [28]. Вони особливо ефективні в закладах, де люди з нормальним слухом потребують швидкої реакції.

Сигнали за допомогою запахів мають обмежене застосування через індивідуальні особливості сприйняття запахів [29].

Тактильні технології є критичними для дітей з порушенням слуху. Вони включають використання вібраційних пристроїв (рис. 1), що дають відчуття тривоги через дотик.



Рис. 1. Орієнтований вигляд: а - вібруючого ліжка; б - вібруючого браслету.

Серед вібраційних пристроїв виділяють вібраційні ліжка. Ці ліжка оснащені вбудованими вібраційними елементами, що можуть генерувати сильні механічні коливання.

Візуальні технології включають світлові сигнали, які можуть бути застосовані у вигляді миготливих ламп, світлових покажчиків або «біжучих» світлових доріжок (рис. 2), що

допомагають людям орієнтуватися в темряві чи задимлених приміщеннях [30]. Візуальні сигнали ефективні для дітей з порушенням слуху, оскільки вони дозволяють не тільки побачити тривогу, а й зрозуміти, куди потрібно йти для евакуації. Однак, не є ефективними для сповіщення людей, які знаходяться в стані сну [31].



Рис. 2. Світловий вказівник у вигляді мерехтливих світлових доріжок в напрямку виходу.

Високочастотні сигнали є найбільш поширеним типом оповіщення, оскільки вони ефективно сприймаються людьми з частковим порушенням слуху, а також здатні привертати увагу навіть у шумному або багатолюдному середовищі [32].

Традиційні елементи систем оповіщення, які використовуються в Україні, випромінюють високочастотний звук та світлову індикацію щоб попередити про небезпеку. Однак, люди з порушенням слуху не в змозі адекватно почути звук про небезпеку.

Низькочастотні сигнали та стробоскопи, у свою чергу, набувають все більшого значення в сучасних системах оповіщення, особливо для осіб з повним порушенням слуху. Низькочастотні сигнали мають здатність створювати більш відчутні або вібраційні ефекти, які можуть бути сприйняті через відчуття дотику, що підвищує їхню ефективність у разі евакуації. Стробоскопи, у свою чергу, забезпечують сильні візуальні сигнали, які можуть бути використані для орієнтування людей в умовах обмеженої видимості, таких як задимленість чи темрява [32].

Таким чином, ефективність системи оповіщення та управління евакуацією дітей з

порушенням слуху значною мірою залежить від інтеграції кількох технологій, що дозволяє створювати багатоканальні рішення для різних категорій людей, зокрема, тих, хто має порушення слуху. Високочастотні та низькочастотні сигналізації, а також візуальні сигнали, є основою сучасних систем, що забезпечують безпеку в закладах освіти.

Основні вимоги до системи оповіщення та управління евакуацією дітей з порушенням слуху включають:

- інклюзивні методи оповіщення (система повинна забезпечити не лише звукові сигнали, а й додаткові вібраційні пристрої (вібраційні ліжка, подушки, браслети), які допомагають дітям з порушенням слуху отримувати сигнал тривоги; всі індивідуальні сповіщувачі повинні бути у кількості, яка відповідає розрахунковій кількості дітей);
- візуальні сигнали тривоги (додатково необхідно застосовувати світлове оповіщення, яке допомагає дітям орієнтуватися в темряві або при задимленості та правильно реагувати на евакуацію);
- автоматизацію управління евакуацією (система повинна бути оснащена інтелектуальними функціями, які автоматично реагують на виникнення надзвичайної ситуації, змінюючи

маршрути евакуації залежно від місця виникнення пожежі);

- навчання персоналу та дітей;
- моніторинг та технічне обслуговування (система повинна мати механізм контролю технічного стану, щоб гарантувати її ефективну роботу під час надзвичайних ситуацій; всі компоненти системи повинні відповідати вимогам безпеки та надійності);
- гнучкість та адаптація (система повинна бути адаптована для різних типів закладів освіти та в разі

потреби модифікуватися для врахування специфічних потреб дітей).

Таким чином, для оповіщення дітей з порушенням слуху під час пожежі, крім традиційних методів сигналізації, необхідно застосовувати додаткові інноваційні рішення, такі як вібраційні пристрої (вібраційні ліжка, браслети, подушки), рис. 3.



Рис. 3. Структура системи оповіщення та управління евакуацією дітей з порушенням слуху.

Структура системи оповіщення та управління евакуацією дітей з порушенням слуху (рис. 3) включає комплекс апаратних і програмних засобів, спрямованих на виявлення пожежі, оповіщення осіб із порушенням слуху та організацію безпечної евакуації. Основним елементом системи є програмне забезпечення для виведення інформації та організації пожежного пульта моніторингу (1), яке дозволяє централізовано керувати системою, здійснювати моніторинг стану пристроїв та оперативно реагувати на надзвичайні ситуації.

Пожежний приймально-контрольний прилад (2) отримує сигнали від пожежних сповіщувачів, аналізує їх і передає команди на оповіщення та евакуацію.

Блок центрального контролера (3) координує роботу всіх підсистем, забезпечуючи зв'язок між приймально-контрольним приладом та іншими пристроями. Для безперебійного функціонування системи використовується блок живлення (4), який забезпечує роботу всіх компонентів, у тому числі при аварійному відключенні електроенергії. Блок

підсилювача потужності (5) виконує функцію підсилення сигналів для ефективного їхнього передавання на акустичні та вібраційні системи. Блок комутації (6) забезпечує з'єднання та взаємодію між усіма елементами системи.

Оповіщення здійснюється через різні пристрої, включаючи акустичні системи (7) для осіб, які сприймають звукові сигнали, та вібраційні системи (8), що включають вібраційні ліжка, подушки та браслети для людей з порушенням слуху. Додатково використовуються світло-звукові та світлові сповіщувачі (9), які генерують миготливі світлові сигнали або їхню комбінацію зі звуковими сигналами. Світлові покажчики у вигляді мерехтливих світлових доріжок (10) допомагають візуально орієнтувати людей у напрямку евакуації.

Пожешні сповіщувачі (11) автоматично реагують на дим, підвищення температури або відкритий вогонь, передаючи сигнал на центральний контролер. У разі необхідності система дозволяє активувати оповіщення вручну через ручні пожежні сповіщувачі (12). Для забезпечення бездротового зв'язку між елементами системи використовується пристрій безпроводного з'єднання (13).

Одним із ключових елементів є індивідуальні сповіщувачі у вигляді вібраційних браслетів (14), що забезпечують персональне оповіщення користувачів. Вся система з'єднана за допомогою шлейфу з'єднання (15), який забезпечує передачу сигналів між її компонентами.

У разі виникнення пожежі спрацювають пожежні сповіщувачі, сигнал передається на приймально-контрольний прилад, який активує систему оповіщення. Люди отримують сигнал через світлові, вібраційні та акустичні пристрої, а світлові доріжки та покажчики направляють їх до безпечних евакуаційних виходів. Автоматизація цих процесів значно підвищує рівень безпеки, забезпечуючи інклюзивність та ефективність евакуації для всіх учасників освітнього процесу, включаючи осіб із порушенням слуху.

Висновки

1. Технології систем оповіщення та управління евакуацією дітей з особливими освітніми потребами базуються на використанні різних типів стимуляції. Традиційні звукові сигнали ефективні для людей із нормальним слухом, але не забезпечують належного рівня безпеки для дітей із порушенням слуху. У таких випадках важливу роль відіграють тактильні технології, зокрема вібраційні ліжка та пристрої, що створюють відчуття тривоги через дотик. Візуальні засоби, такі як, світлові покажчики, миготливі лампи та «біжучі» світлові доріжки, сприяють орієнтації в умовах задимленості та темряви. Найефективнішим підходом є інтеграція різних

технологій, що дозволяє створити багатоканалну систему оповіщення та евакуації, адаптовану до потреб дітей з особливими освітніми потребами, забезпечуючи їхню безпеку в закладах освіти.

2. Основні вимоги до системи оповіщення та управління евакуацією дітей з порушенням слуху включають використання інклюзивних методів оповіщення, таких як вібраційні пристрої і світлові сигнали тривоги для забезпечення їхньої безпеки. Важливим є навчання персоналу та дітей, а також забезпечення технічного контролю та обслуговування системи для гарантії її надійності. Система повинна бути гнучкою та адаптованою для різних закладів освіти, з урахуванням специфічних потреб дітей.

3. Основними елементами запропонованої системи оповіщення та управління евакуацією дітей з порушенням слуху є світлові покажчики, миготливі доріжки, вібраційні пристрої, що дозволяють оперативно передавати сигнали про небезпеку. Додатково передбачено автоматизацію роботи цих пристроїв шляхом їх синхронізації з пожежною сигналізацією та централізованим пультом керування. Це дає змогу контролювати їхній технічний стан та забезпечити своєчасне сповіщення всіх учасників освітнього процесу.

Література

1. Довідка за результатами моніторингового дослідження (вивчення питання) стану підготовки закладів дошкільної, загальної середньої, позашкільної освіти Чернівецької області до роботи 2023/2024 навчального році. – 32 с. – Режим доступу: https://sqe.gov.ua/wp-content/uploads/2023/11/DOVIDKA_pochatok_2023-2024nr_SQE_16.11.2023.pdf
2. Пелешко М. З. Проблеми інклюзивності будівель та споруд в контексті безпечної евакуації [Текст] / М. З. Пелешко, О. І. Бащинський, Т. Г. Бережанський // Fire Safety. – 2022. – №40. – С. 71–77.
3. Ніжник В. Щодо розрахунку часу евакуації дітей з шкільних і дошкільних закладів у разі пожежі [Текст] / В. Ніжник, О. Тесленко, С. Цимбалістий, Н. Кравченко // Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека. – 2016. – № 1 (1). – С. 81–87.
4. Єрохіна Т. Аналітичне дослідження «цивільний захист в умовах реформування системи інституційного догляду та у перспективі повоєнного відновлення. Відповідність укриттів у навчально-виховних закладах для дітей з особливими освітніми потребами стандартам безпеки, інклюзивності та безбар'єрності» [Текст] / Т. Єрохіна, М. Ус. – 2023. – 76 с. – Режим доступу: https://r2p.org.ua/storage/documents/5663a9862cddd67bd5ea2927b2bf0283d58db7af_original.pdf?utm_source=chatgpt.com
5. Хлевной О. В. Проблемні питання розрахунку часу евакуації при пожежах у закладах дошкільної та середньої освіти з інклюзивними групами [Текст] / О. В. Хлевной, Д. В. Харишин, О. Б. Назаровець // Пожежна безпека. – 2020. – № 37. – С. 72–76.
6. Рубан А. В. Моделювання евакуації людей при пожежі в програмному забезпеченні PATHFINDER [Текст] / А. В.

- Рубан, Н. В. Рашкевич, В. Ю. Отрош // *Modern Technologies for Solving Actual Society's Problems*. Edited by Oleksandr Nestorenko and Iryna Ostopolets. Publishing House of University of Technology. – Katowice, 2022. – С. 412–420.
7. Larusdottir, A. R., Dederichs, A.S. (2010). Evacuation dynamics of children – walking speeds, flow through doors in daycare centers. *Proceedings of Pedestrian and Evacuation Dynamics Symposium*. 139–147.
8. Майборода Р.І. Дослідження евакуації маломобільних груп населення з житлових висотних будинків при пожежі [Текст] / Р.І. Майборода, Ю.А. Отрош, Н.В. Рашкевич, Р.С. Мележик // *Комунальне господарство міст*. – 2023. – Т. 4. – вип. 178. – С. 219–231. DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-4-178-219-231>
9. Майборода Р. Забезпечення безпеки евакуації маломобільних груп населення за допомогою пожежних ліфтів [Текст] / Р. Майборода, Н. Рашкевич, Ю. Отрош, В. Сур'янінов // *Матеріали XIV Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю «Надзвичайні ситуації: безпека та захист»*. – Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2024. – С. 112–113.
10. Кукузенко А. М. Визначення стану безпеки шляхів евакуації [Текст] / А. М. Кукузенко, Н. В. Рашкевич, Ю. А. Отрош // *Матеріали Міжнародної науково-методичної конференції (Міжнародна наукова конференція EAS) "Безпека людини у сучасних умовах" (Харків, НТУ «ХПІ», 1-2.12.2022 р.)*. – С. 114–116.
11. Ковалишин В. В., Хлевной О. В. Визначення площі горизонтальної проекції дітей шкільного віку [Текст] / В. В. Ковалишин, О. В. Хлевной // *Науковий вісник: цивільний захист і пожежна безпека*. – Київ, 2020. – №2 (2020). – С. 54–60.
12. Евакуація при пожежі з дитячих ігрових майданчиків з повністю закритим устаткуванням [Текст] / Е. Е. Щолоков, Н. В. Рашкевич, Ю. А. Отрош, Р. І. Майборода, В. В. Тризуб // *The 12th International scientific and practical conference "Innovative development of science, technology and education" (August 29-31, 2024) Perfect Publishing, Vancouver, Canada*. – С. 117–122.
13. Кас'яненко О. М. (2024). Особливості організації інклюзивного освітнього середовища в умовах воєнного стану: виклики та перспективи [Текст] / О. М. Кас'яненко, Т. П. Приходько, І. І. Салюк // *Педагогічна Академія: наукові записки*. – 2024. – 13 с.
14. Ronchi, E., Nilsson, D. (2013). Fire evacuation in high-rise buildings: a review of human behaviour and modelling research. *Fire science reviews*, 2, 1–21.
15. Kodur, V.K.R., Venkatachari, S., Naser, M.Z. (2020). Egress parameters influencing emergency evacuation in high-rise buildings. *Fire technology*, 56, 2035–2057.
16. Bai, L. (2014). Design and Research of Electronics Factory Evacuation Based on Computer Simulation Technology. *Applied Mechanics and Materials*, 444, 1545–1549. URL: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.444-445.1545>
17. Deng, H., Wei, X., Deng, Y., Pan, H., & Deng, Q. (2022). Can information sharing among evacuees improve indoor emergency evacuation? An exploration study based on BIM and agent-based simulation. *Journal of Building Engineering*, 62, 105418. URL: <https://doi.org/10.1016/j.job.2022.105418>
18. Frank, G. A., & Dorso, C. O. (2011). Room evacuation in the presence of an obstacle. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 390(11), 2135–2145. URL: <https://doi.org/10.1016/j.physa.2011.01.015>
19. Gwynne, S., Galea, E. R., Lawrence, P. J., & Filippidis, L. (2001). Modelling occupant interaction with fire conditions using the buildingEXODUS evacuation model. *Fire Safety Journal*, 36(4), 327–357. URL: [https://doi.org/10.1016/S0379-7112\(00\)00060-6](https://doi.org/10.1016/S0379-7112(00)00060-6)
20. Helbing, D., Farkas, I., & Vicsek, T. (2000). Simulating dynamical features of escape panic. *Nature*, 407(6803), 487–490. URL: <https://doi.org/10.1038/35035023>
21. Liu, J. et al. (2021). Evacuation of building fire personnel based on BIM+GIS: A review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 787, 1. 012173. URL: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/787/1/012173>
22. Hu, Y., Wang, F.-Y., Liu, X. (2014). A CPSS approach for emergency evacuation in building fires. *IEEE intelligent systems*, 29, 3, 48–52. URL: <https://doi.org/10.1109/mis.2014.38>
23. Suvar, M. C. et al. (2019). Analysis of human behavior and evacuation in building fires using computer evacuation models. *Environmental Engineering and Management Journal*, 18, 4, 921–928. URL: <https://doi.org/10.30638/eemj.2019.089>
24. Young, E., Aguirre, B. (2020). PrioritEvac: an Agent-Based Model (ABM) for Examining Social Factors of Building Fire Evacuation. *Information Systems Frontiers*. URL: <https://doi.org/10.1007/s10796-020-10074-9>
25. Minegishi, Y. et al. (2021). Analysis and Modeling of Pedestrian Flow in a Confined Corridor Focusing on the Headway Distance and Velocity of Pedestrians. *Fire Technology*. URL: <https://doi.org/10.1007/s10694-021-01173-3>
26. Lin, C. S., Wu, M. E. (2018). A study of evaluating an evacuation time. *Advances in Mechanical Engineering*, 10, 4, 168781401877242. URL: <https://doi.org/10.1177/1687814018772424>
27. Dong, W., Yu, C., Zhibin, M. (2018, November). Study of sound direction evacuation. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1107, No. 7, p. 072002). IOP Publishing.
28. Ashley, E., Du Bois, J., Klassen, M., & Roby, R. (2005). Waking effectiveness of audible, visual and vibratory emergency alarms across all hearing levels. In *Proceedings of the NFPA research foundation fire suppression and detection symposium*.
29. Shaw, E., Roper, T., Nilsson, T., Lawson, G., Cobb, S. V., & Miller, D. (2019, May). The heat is on: Exploring user behaviour in a multisensory virtual environment for fire evacuation. In *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1–13).
30. Zhao, H., Schwabe, A., Schläfli, F., Thrash, T., Aguilar, L., Dubey, R. K., ... & Schinazi, V. R. (2022). Fire evacuation supported by centralized and decentralized visual guidance systems. *Safety science*, 145, 105451.
31. Bryan, V.C., Penney, G., Russo, M.R., Dennett, S. (2013). Final report: early warning technology for people with profound hearing loss, 61.
32. Smedberg, E., Ronchi, E., & Hutchison, V. (2022). Alarm technologies to wake sleeping people who are deaf or hard of hearing. *Fire technology*, 58(4), 2485–2507.

References

1. Dovidka za rezul'tatamy monitorynhovoho doslidzhennya (vyvchennya pytan') stanu pidhotovky zakladiv doshkil'noyi, zahal'noyi seredn'oyi, pozashkil'noyi osvity Chernivets'koyi oblasti do roboty 2023/2024 navchal'noho roku. 32 s. https://sqe.gov.ua/wp-content/uploads/2023/11/DOVIDKA_pochatok_2023-2024nr_SQE_16.11.2023.pdf [in Ukrainian]
2. Peleshko, M. Z., Bashyns'kyy, O. I., Berezans'kyy, T. H. (2022). Problemy inklyuzyvnosti budivnytstva ta sporud v

- konteksti bezpechnoyi evakuatsiyi. *Pozhezhna bezpeka*, 40, 71–77 [in Ukrainian]
3. Nizhnyk, V., Teslenko, O., Tsymbalistyy, S., Kravchenko, N. (2016). Shchodo rozrakhunku chasu pry evakuatsiyi ditey iz shkil'nykh i doshkil'nykh zakladiv pry pozhezhi. *Naukovyy visnyk: Tsyvil'nyy zakhyst ta pozhezhna bezpeka*, 1 (1), 81–87 [in Ukrainian]
4. Yerokhina, T., Us, M. (2023). Analitichne doslidzhennya «tsy-vil'nyy zakhyst v umovakh reformuvannya systemy instytutsynoho obsluhovuvannya ta u perspektyvi viys'kovoho vidnovlennya. Vidpovidnist' ukryttiv u navchal'no-vykhovnykh zakladakh dlya ditey z osoblyvymy osvitnimy potrebamy standartam bezpeky, inklyuzyvnosti ta bezbar'yernosti», 76 s. https://r2p.org.ua/storage/documents/5663a9862cddd67bd5ea2927b2bf0283d58db7af_original.pdf?utm_source=chatgpt.com [in Ukrainian]
5. Khlevnoy, O. V., Kharyshyn, D. V., Nazarovets', O. B. (2020). Problemni pytannya rozrakhunku chasu evakuatsiyi pry pozhezhak u zakladakh doshkil'noyi ta seredn'oyi osvity z in-klyuzyvnyimi hrupamy. *Pozhezhna bezpeka*, 37, 72–76 [in Ukrainian]
6. Ruban, A. V., Rashkevych, N. V., Otrosh, V. Yu. (2022). Modelyuvannya evakuatsiyi lyudey pry pozhezhi v prohramnomu zabezpechenni PATHFINDER. *Suchasni tekhnolohiyi vyryshennya aktual'nykh problem suspil'stva. Uporyadkuvaly Oleksandr Nestorenko ta Iryna Ostopolets'.* Vydavnytstvo Tekhnolohichnoho universytetu, Katovitse, 412–420 [in Ukrainian]
7. Larusdottir, A. R., Dederichs, A.S. (2010). Evacuation dynamics of children – walking speeds, flow through doors in daycare centers. *Proceedings of Pedestrian and Evacuation Dynamics Symposium*. 139–147.
8. Mayboroda, R. I., Otrosh, YU. A., Rashkevych, N. V., Mele-zhyk, R. S. (2023). Doslidzhennya evakuatsiyi malomobil'nykh hrup naselennya z zhytlovykh vysotnykh budynkiv pry pozhezhi. *Komunal'ne hospodarstvo mist*, 4, 178, 219–231. DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-4-178-219-231> [in Ukrainian]
9. Mayboroda R., Rashkevych N., Otrosh YU., Sur'yaninov V. (2024). *Zabezpechennya bezpeky evakuatsiyi malomobil'nykh hrup naselennya za dopomohoyu pozheznykh liftiv.* Materialy KHIV Vseukrayins'koyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi z mizhnaro-dnoy chastynoy «Nadzvychni sytuatsiyi: bezpeka ta zakhyst». Cherkasy: CHIPB im. Heroyiv Chornobyla NUTSZ Ukrayiny, 112–113 [in Ukrainian]
10. Kukuzenko A.M., Rashkevych N.V., Otrosh YU.A. *Vyzna-chennya stanu bezpeky shlyakhiv evakuatsiyi.* Materialy Mizhnaro-dnoyi naukovy-metodychnoyi konferentsiyi (Mizhnarodna naukova konferentsiya EAS) "Bezpeka lyudyny v suchasnykh umovakh" (Kharkiv, NTU «KHPI», 1-2.12.2022 r.) [in Ukrainian]
11. Kovalyshyn V. V., Khlevnoy, O. V. (2020). Vyznachennya ploshchi horizontal'noyi proektsiyi ditey shkil'noho viku. *Naukovyy visnyk: tsyvil'nyy zakhyst i pozhezhna bezpeka*, 2, 54-60 [in Ukrainian]
12. Shcholokov, E. E., Rashkevych, N. V., Otrosh, YU. A., May-boroda, R. I., Tryhub, V. V. (29-31 serpnia 2024 r.) *Evakuatsiya pry pozhezhi z dytyachykh ihrovykh maydanchykyv z povnistyu zakrytyim ustatkuvanniam.* The 12th International science and practice conference “Innovative development of science, technology and education” Perfect Publishing, Vancouver, Canada, 117–122 [in Ukrainian]
13. Kas'yanenko O. M., Prykhod'ko, T. P., Salyuk, I. I. (2024). Osoblyvosti orhanizatsiyi inklyuzyvnoho osvitn'oho seredovyscha v umovakh voyennoho stanu: vyklyky ta perspektyvy. *Pedahohichna Akademiya: naukovy zapysky*, 13 [in Ukrainian]
14. Ronchi, E., Nilsson, D. (2013). Fire evacuation in high-rise buildings: a review of human behaviour and modelling research. *Fire science reviews*, 2, 1–21.
15. Kodur, V.K.R., Venkatachari, S., Naser, M.Z. (2020). Egress parameters influencing emergency evacuation in high-rise buildings. *Fire technology*, 56, 2035–2057.
16. Bai, L. (2014). Design and Research of Electronics Factory Evacuation Based on Computer Simulation Technology. *Applied Mechanics and Materials*, 444, 1545–1549. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.444-445.1545>
17. Deng, H., Wei, X., Deng, Y., Pan, H., & Deng, Q. (2022). Can information sharing among evacuees improve indoor emergency evacuation? An exploration study based on BIM and agent-based simulation. *Journal of Building Engineering*, 62, 105418. <https://doi.org/10.1016/j.job.2022.105418>
18. Frank, G. A., & Dorso, C. O. (2011). Room evacuation in the presence of an obstacle. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 390(11), 2135-2145. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2011.01.015>
19. Gwynne, S., Galea, E. R., Lawrence, P. J., & Filippidis, L. (2001). Modelling occupant interaction with fire conditions using the buildingEXODUS evacuation model. *Fire Safety Journal*, 36(4), 327–357. [https://doi.org/10.1016/S0379-7112\(00\)00060-6](https://doi.org/10.1016/S0379-7112(00)00060-6)
20. Helbing, D., Farkas, I., & Vicsek, T. (2000). Simulating dynamical features of escape panic. *Nature*, 407(6803), 487-490. <https://doi.org/10.1038/35035023>
21. Liu, J. et al. (2021). Evacuation of building fire personnel based on BIM+GIS: A review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 787, 1. 012173. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/787/1/012173>
22. Hu, Y., Wang, F.-Y., Liu, X. (2014). A CPSS approach for emergency evacuation in building fires. *IEEE intelligent systems*, 29, 3, 48–52. <https://doi.org/10.1109/mis.2014.38>
23. Suvar, M. C. et al. (2019). Analysis of human behavior and evacuation in building fires using computer evacuation models. *Environmental Engineering and Management Journal*, 18, 4, 921–928. <https://doi.org/10.30638/eemj.2019.089>
24. Young, E., Aguirre, B. (2020). PrioritEvac: an Agent-Based Model (ABM) for Examining Social Factors of Building Fire Evacuation. *Information Systems Frontiers*. <https://doi.org/10.1007/s10796-020-10074-9>
25. Minegishi, Y. et al. (2021). Analysis and Modeling of Pedestrian Flow in a Confined Corridor Focusing on the Headway Distance and Velocity of Pedestrians. *Fire Technology*. <https://doi.org/10.1007/s10694-021-01173-3>
26. Lin, C. S., Wu, M. E. (2018). A study of evaluating an evacuation time. *Advances in Mechanical Engineering*, 10, 4, 168781401877242. <https://doi.org/10.1177/1687814018772424>
27. Dong, W., Yu, C., Zhibin, M. (2018, November). Study of sound direction evacuation. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1107, No. 7, p. 072002). IOP Publishing.
28. Ashley, E., Du Bois, J., Klassen, M., & Roby, R. (2005). Waking effectiveness of audible, visual and vibratory emergency alarms across all hearing levels. In *Proceedings of the NFPA research foundation fire suppression and detection symposium*.
29. Shaw, E., Roper, T., Nilsson, T., Lawson, G., Cobb, S. V., & Miller, D. (2019, May). The heat is on: Exploring user behaviour in a multisensory virtual environment for fire evacuation. In *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1–13).
30. Zhao, H., Schwabe, A., Schläfli, F., Thrash, T., Aguilar, L., Dubey, R. K., ... & Schinazi, V. R. (2022). Fire evacuation

supported by centralized and decentralized visual guidance systems. *Safety science*, 145, 105451.

31. Bryan, V.C., Penney, G., Russo, M.R., Dennett, S. (2013). Final report: early warning technology for people with profound hearing loss, 61.

32. Smedberg, E., Ronchi, E., & Hutchison, V. (2022). Alarm technologies to wake sleeping people who are deaf or hard of hearing. *Fire technology*, 58(4), 2485–2507.

Рецензент: д-р техн. наук, с.н.с., начальник відділу інновації та патентної діяльності науково-інноваційного центру А.І. Ковальов, Національний університет цивільного захисту України, Україна.

Автор: ЩОЛОКОВ Едуард Едуардович
викладач кафедри пожежної профілактики у населених пунктах
Національний університет цивільного захисту України, Україна
E-mail – shchokolov_eduard@nuczu.edu.ua
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9923-1487>

Автор: РАШКЕВИЧ Ніна Владиславна
доктор філософії, доцент кафедри пожежної

профілактики у населених пунктах

Національний університет цивільного захисту України

E-mail – rashkevych_nina@nuczu.edu.ua

ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5124-6068>

Автор: МАЙБОРОДА Роман Ігорович
старший викладач кафедри пожежної профілактики у населених пунктах
Національний університет цивільного захисту України, Україна
E-mail – maiboroda.roman@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3461-2959>

Автор: ОТРОШ Юрій Анатолійович
доктор технічних наук, професор, т.в.о. начальника кафедри пожежної профілактики у населених пунктах
Національний університет цивільного захисту України, Україна
E-mail – otrosh_yurii@nuczu.edu.ua
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0698-2888>

IMPROVEMENT OF THE NOTIFICATION AND EVACUATION SYSTEM FOR CHILDREN WITH HEARING IMPAIRMENTS IN EDUCATIONAL INSTITUTIONS

E. Shchokolov, N. Rashkevich, R. Maiboroda, Yu. Otrosh

¹National University of Civil Defence of Ukraine, Cherkasy, Ukraine

The study is aimed at improving the system of warning and evacuation management for children with hearing impairments in fire conditions. This is important for ensuring the safety of inclusive education in educational institutions.

The research analyzed the technology used in warning and evacuation management systems for children with special educational needs. Technologies for warning and evacuation management systems for children with special educational needs are based on the use of different types of stimulation. Traditional sound signals are effective for people with normal hearing, but do not provide the proper level of safety for children with hearing impairments. In such cases, tactile technologies play an important role, in particular vibrating beds and devices that create a sense of alarm through touch. Visual aids, such as light indicators, flashing lights and "running" light tracks, contribute to orientation in conditions of smoke and darkness. The most effective approach is the integration of various technologies, which allows creating a multi-channel alert and evacuation system adapted to the needs of children with special educational needs, ensuring their safety in educational institutions.

The main requirements for the alert and evacuation management system for children with hearing impairments are the use of inclusive alert methods, such as vibrating devices and light alarm signals to ensure their safety. Be automated with intelligent functions for rapid adaptation of the evacuation route depending on the circumstances. It is important to train staff and children, as well as provide technical control and maintenance of the system to guarantee its reliability. The system should be flexible and adaptable to different educational institutions, taking into account the specific needs of children.

The main elements of the proposed alert and evacuation management system for children with hearing impairments are light indicators, flashing paths, vibrating devices, which allow for rapid transmission of danger signals. Additionally, automation of the operation of these devices is provided by synchronizing them with the fire alarm system and a centralized control panel.

Keywords: vibration devices, visual technologies, fire, warning system, evacuation.