

УДК 614.84

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2026.2.2.47>

ПРОГРАМА-МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ОЦІНЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ЕВАКУЮВАННЯ З ДОШКІЛЬНИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ ДІТЕЙ РІЗНИХ ВІКОВИХ ГРУП

Щолоков Е. Е. – здобувач ОС доктор філософії,
викладач кафедри державного нагляду у сфері пожежної та техногенної безпеки
Національного університету цивільного захисту України
ORCID ID: 0000-0002-9923-1487
Scopus-Author ID: 57962973900

Балло Я. В. – доктор технічних наук, старший дослідник,
заступник начальника центру-начальник науково-дослідного відділу нормативного
регулювання науково-дослідного центру нормативно-технічного регулювання
Інституту наукових досліджень з цивільного захисту
Національного університету цивільного захисту України
ORCID ID: 0000-0002-9044-1293
Scopus-Author ID: 57791649300

У статті представлено програму-методику експериментального дослідження оцінювання процесів евакуювання з дошкільних навчальних закладів дітей різних вікових груп. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю підвищення точності визначення розрахункового часу евакуації та забезпечення належного рівня пожежної безпеки у будівлях, де перебувають діти дошкільного віку. Розрахунок часу евакуації, що затверджений нормативними документами України, не в повній мірі розкриває проблему розрахункової оцінки забезпечення безпечної евакуації персоналу та дітей з дошкільних навчальних закладів і не враховує відмінності у швидкості пересування, поведінці та антропометричних характеристиках дітей різних вікових груп. Розроблена програма-методика передбачає проведення натурних експериментальних досліджень у будівлях ДНЗ з поділом дітей на вікові підгрупи (2–3 та 4–6 років). Порядок проведення експериментального дослідження сформовано з урахуванням типових об'ємно-планувальних рішень будівель відповідно до вимог ДБН В.2.2-4:2018 «Заклади дошкільної освіти», інструкцій щодо дій персоналу у разі виникнення пожежі, а також організаційних особливостей евакуації дітей у супроводі дорослих. У роботі обґрунтовано тип, кількість та схему розміщення засобів відеофіксації й вимірювальної техніки для реєстрації параметрів руху на характерних ділянках шляхів евакуації, зокрема в коридорах, на сходових клітках і в зонах дверних прорізів. Запропонована методика дозволяє визначити швидкість руху дітей, щільність та інтенсивність людського потоку, а також оцінити вплив конфігурації евакуаційних шляхів і супроводу персоналом на ефективність евакуації. Отримані результати можуть бути використані для уточнення розрахункових параметрів руху дітей дошкільного віку, удосконалення методів інженерного розрахунку часу евакуації та підвищення рівня безпеки дітей у разі виникнення пожежі.

Ключові слова: забезпечення евакуації людей, моделювання евакуації, керування евакуюванням, пожежна безпека, дошкільні навчальні заклади, індивідуальний пожежний ризик



Shcholokov E. E., Ballo Ya. V. Program-methodology of an experimental study for evaluating evacuation processes of children of different age groups from preschool educational institutions

The article presents a program and methodology for an experimental study aimed at evaluating evacuation processes of children of different age groups from preschool educational institutions. The relevance of the study is determined by the need to improve the accuracy of calculating evacuation time and to ensure an adequate level of fire safety in buildings where preschool children stay. The evacuation time calculation method approved by Ukrainian regulatory documents does not fully address the problem of assessing the safety of evacuation for both staff and children in preschool institutions and does not sufficiently consider differences in movement speed, behavioral characteristics, and anthropometric parameters of children of different age groups. The developed program and methodology provide for conducting full-scale experimental studies in preschool buildings with the division of children into age subgroups (2–3 and 4–6 years). The procedure for conducting the experimental research has been developed taking into account typical spatial and planning solutions of buildings in accordance with the requirements of DBN V.2.2-4:2018 “Preschool Educational Institutions”, instructions for staff actions in case of fire, as well as organizational features of evacuating children under adult supervision. The study substantiates the type, number, and layout scheme of video recording systems and measuring equipment for registering movement parameters on typical sections of evacuation routes, including corridors, staircases, and doorways. The proposed methodology makes it possible to determine children’s movement speed, density and flow rate of human streams, as well as to assess the influence of evacuation route configuration and staff supervision on the effectiveness of evacuation. The obtained results can be used to refine the calculated parameters of movement for preschool children, improve engineering methods for evacuation time calculation, and enhance the level of safety of children in case of fire.

Key words: *ensuring the evacuation of people, evacuation modeling, evacuation management, fire safety, preschool educational institutions, individual fire risk*

Постановка проблеми. Евакуація дітей з дошкільних навчальних закладів при пожежі є важливим елементом забезпечення пожежної безпеки. За даними ДСНС у період з 2020 по 2025 рік у дошкільних навчальних закладах України зафіксовано 120 пожеж. Водночас в зазначений період простежується тенденція до зростання річної кількості пожеж в 1,5–2,2 рази: з 12 випадків станом на 2020 рік до 18–26 пожеж в наступні роки [1].

В Україні методика розрахунку часу евакуації наведений у ДСТУ 8828:2019 «Пожежна безпека. Загальні положення» [2]. Національний стандарт містить дані про швидкість руху людського потоку, за якими відбувається оцінювання тривалості евакуації. Відповідні дані для дітей дошкільного віку, як окремої категорії учасників евакуації, були введені у Змінах до ДСТУ 8828:2019 [3].

Разом з тим, навіть після внесення змін ці параметри не в повній мірі розкривають проблему розрахункової оцінки забезпечення безпечної евакуації персоналу та дітей з таких типів будівель. Приведені довідкові дані подані для дошкільнят як єдиної групи без вікової диференціації на підгрупи 2–3 та 4–6 років. Унаслідок цього швидкість та щільність потоку фактично приймаються однаковими для всіх дітей 2–6 років, попри суттєві вікові відмінності в антропометричних і психофізіологічних особливостях [4]. Застосування усереднених параметрів руху людського потоку може призводити до некоректних оцінок розрахункового часу евакуації та, відповідно, до підвищення ризиків для життя і здоров’я вихованців закладів дошкільної освіти, що було показано нами у публікації [5]. Крім того, чинні нормативні документи [1] не містять значень площі горизонтальної проекції для дітей дошкільного віку.

Таким чином, існує актуальна потреба в уточненні розрахункових параметрів руху людських потоків для дітей вікових груп 2–3 та 4–6 років. Зокрема, необхідно визначити швидкості руху залежно від щільності потоку та площу горизонтальної проекції, з подальшим використанням отриманих даних для підвищення точності

оцінювання тривалості евакуації і зниження ризиків для життя та здоров'я вихованців закладів дошкільної освіти.

Суть оцінювання процесів параметрів руху людських потоків дітей з дошкільних навчальних закладів для різних вікових груп – молодші (2–3 років) та старші (4–6 років) від моменту отримання сигналу про пожежу до досягнення ними зони безпеки, як наукове підґрунтя для удосконалення розрахункового методу визначення часу евакуації людей з приміщень під час пожежі. Таке оцінювання дозволяє врахувати фактори забезпечення фізичного супроводу, ступеню дезорієнтації, паніки, а також оцінюється їх здатність слідувати простим командам, рухатися організованою колоною та зберігати базовий самоконтроль під час тривоги. Оцінювання охоплює аналіз швидкості реагування персоналу, часу формування та руху груп, безпечності маршрутів, відповідності інфраструктури можливостям дітей різного віку та рівня їх психологічної готовності до дій у надзвичайній ситуації, що дозволяє комплексно визначити результативність процесу евакуації.

Програма-методика експериментальних досліджень оцінювання процесів евакуювання будівель з дошкільних навчальних закладів (закладів дошкільної освіти) для дітей окремих вікових груп (2-3 років, 4-6 років) розроблена з урахуванням особливостей об'ємно-планувальних рішень будівлі згідно з вимогами ДБН В.2.2-4:2018 «Заклади дошкільної освіти» та з врахуванням характеристики суб'єкту евакуювання (особливостей контингенту та його однорідності).

В даній методиці передбачається, що під процесом евакуювання мається на увазі організація самостійного руху дітей в супроводі персоналу дошкільного закладу безпосередньо назовні або в безпечну зону із приміщень, в яких відсутній можливий вплив на них небезпечних чинників пожежі.

Методичні підходи оцінювання фактичного часу евакуації та забезпечення безпеки евакуаційного процесу дітей із будинків закладів дошкільної освіти передбачають:

- раціональність вибору маршруту та параметрів шляхів евакуації;
- вибір безпечних шляхів евакуації, що ведуть до евакуаційних виходів;
- кількість евакуаційних виходів, які ведуть до безпечної при пожежі зони;
- геометричні параметри евакуаційних шляхів;
- безпечне конструктивне улаштування шляхів евакуації;
- відокремлення шляхів евакуації від зон і приміщень з підвищеною пожежною небезпекою;
- своєчасна евакуація дітей та забезпечення мінімальних ризиків під час її проведення;
- інтенсивність та щільність людського потоку на шляхах евакуації, який не створює затримку руху при евакуації.

Очікувані результати досліджень дозволять удосконалити розрахункову методику визначення часу евакуації дітей із дошкільних навчальних закладів, враховуючи вікові особливості, швидкість та щільність руху, площу горизонтальної проекції та психологічну готовність, що забезпечить підвищення безпеки та зниження ризиків для життя і здоров'я дітей і персоналу.

Метою даної статті є обґрунтування основних положень програми-методики експериментальних досліджень оцінювання процесів евакуювання дітей із будівель закладів дошкільної освіти з урахуванням вікових особливостей та організації евакуації під керівництвом персоналу. Мета дослідження полягає у формуванні баз емпіричних даних параметрів руху дитячих евакуаційних потоків для підгруп 2–3 та 4–6 років. Наявність таких даних дасть змогу встановити залежності між

швидкістю руху дітей і щільністю потоку, а також визначити характерні значення інтенсивності (питомого потоку) на типових ділянках шляхів евакуації. Одержані залежності передбачається використовувати для уточнення розрахунків тривалості евакуації із ЗДО, побудови теплових карт щільності потоку на окремих ділянках маршрутів, визначення часу існування скупчень біля дверних прорізів і на сходах, а також оцінювання впливу супроводу дорослими на швидкість і організованість руху груп.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- обґрунтувати тип, кількість і схему розміщення засобів відеофіксації та вимірювального обладнання для реєстрації параметрів руху дітей;
- обґрунтувати перелік експериментальних сценаріїв евакуації та конфігурацій потоків для вікових підгруп 2–3 і 4–6 років;
- логічно структурувати етапи проведення експерименту (підготовка, виконання, повторюваність сценаріїв) та методи оцінювання й обробки отриманих результатів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні підходи до оцінювання евакуації ґрунтуються на моделях руху людських потоків та на емпіричних даних, отриманих під час спостережень і тренувальних евакуацій. Так, у роботі [6] запропоновано методику експериментальних досліджень евакуації змішаних потоків людей різних груп мобільності де за основні показники беруть щільність потоку, час руху, затримки біля дверей і середню швидкість руху потоку, а результати структуруються у вигляді емпіричних варіаційних рядів за зростанням щільності. Хоча дослідження виконане для гетерогенних потоків дорослого населення, запропонований підхід до організації вимірювань і статистичної обробки даних може бути адаптований для умов ЗДО. Зокрема, він є доцільним для кількісного оцінювання затримок у зоні дверних прорізів, а також для аналізу того, як наявність супроводу дорослими впливає на рух дітей дошкільного віку.

Коректне визначення щільності потоку неможливе без уточнення площі горизонтальної проекції учасників евакуації. У роботі [7] експериментально визначено площі горизонтальної проекції дітей шкільного віку із застосуванням фотозйомки та подальшої графічної обробки, що дозволяє зменшити похибку, пов'язану з перспективними спотвореннями. Показано, що використання застарілих антропометричних даних може знижувати точність розрахунків та моделювання евакуації. Для дошкільних закладів це питання є ще більш критичним, оскільки чинні нормативні документи не містять значень площі горизонтальної проекції для віку 2–6 років, а отже виникає потреба у власних вимірюваннях для підгруп 2–3 та 4–6 років.

В роботі [4] представлено експериментальний набір даних для евакуації дітей 3–6 років, де розділено «молодшу» (3–4 роки) та «старшу» (5–6 років) групи; наведено швидкості руху на горизонтальних ділянках і сходами, передевакуаційні та загальні часи евакуації, а також показано вплив конфігурації шляхів евакуації (тип сходів, розташування маршрутів) на результати. Ці результати підтверджують необхідність вікової диференціації та окремого аналізу горизонтальних і вертикальних ділянок шляху.

Окремо досліджено передевакуаційну поведінку дошкільнят у масштабнішій вибірці. В роботі [8] узагальнено дані 15 евакуаційних тренувань у 10 дитсадках (3–7 років), проаналізовано дії персоналу, визначено необхідність фізичної допомоги дітям під час евакуації, а також варіативності часу до початку руху залежно від умов проведення тренувань. Практичний висновок для програми-методики

полягає в тому, що під час експерименту потрібно окремо фіксувати й аналізувати: час реакції персоналу, а також частку дітей, яким потрібна допомога.

У продовженні зазначених досліджень автори подали дані щодо рухових характеристик і поведінки дітей під час евакуації (швидкості, режим руху, особливості проходження вузьких місць), що дозволяє застосовувати результати для калібрування і валідації евакуаційних моделей саме для дошкільних закладів [9]. Сукупно ці дані формують надійний еталон для порівняння із результатами, отриманими в інших країнах і для інших об'ємно-планувальних рішень ЗДО.

Біомеханічні дослідження ходьби дітей доповнюють евакуаційну тематику тим, що пояснюють вікові зміни базової здатності до самостійного пересування. У роботі [10], на основі аналізу параметрів ходи показано, що у віці 2, 3 і 6 років значно відрізняються швидкість руху, параметри кроку та їх варіативність, що відображає дозрівання нервово-м'язового контролю та стабілізацію ходи з віком. Це підкріплює доцільність розділення дошкільнят на підгрупи 2–3 та 4–6 років при визначенні розрахункових параметрів потоку.

Таким чином, аналіз публікацій свідчить, що наукові основи моделювання евакуації є добре розвиненими, однак для дошкільних навчальних закладів зберігаються прогалини: залежність швидкості руху від щільності потоку та горизонтальні проекції дітей дошкільного віку (2–3 та 4–6 років). Це обґрунтовує необхідність розроблення та реалізації програми-методики експериментального дослідження, спрямованої на комплексне оцінювання процесів евакуювання дітей різних вікових груп із будівель ЗДО з фіксацією часових, просторових і поведінкових параметрів у відтворюваних умовах.

Виклад основного матеріалу. В основі основного осередку експериментальних досліджень передбачено використання типової будівлі закладу дошкільної освіти на 280 осіб. Двоповерхова залізобетонна будівля. Ступінь вогнестійкості згідно з ДБН В.2.2-4 – П [11]. На першому поверсі розташовані адміністративні приміщення, пральня, кухня навчальні класи та групові осередки. На другому поверсі наявні групові осередки. Кожен поверх будівлі, а також кожен груповий осередок має два розосереджені евакуаційні виходи.

Висота поверху будівлі 3,3 м. Дах над основним об'ємом горизонтальний. Загальна висота будівлі 6,50 м.

Під час проведення експериментальних досліджень оцінювання процесів евакуювання будівель з дошкільних навчальних закладів передбачається, що агенти під час процесу евакуації будуть переміщатися по наступним внутрішнім комунікаціям будівлі, основні елементи і конструктивні схеми яких описано нижче.

Груповий осередок (Рис. 1) – блок пов'язаних між собою приміщень призначені для основного перебування дітей одного віку в будівлях дитячих садків, ясел, ясел-садків. Групові осередки складаються з роздягальні, спальні, ігрової, туалетної, буфетної кімнат. Спальні розташовуються суміжно з ігровими кімнатами та облаштовуються шафами, де зберігається чиста білизна та спальні речі. Підлога в дитячих осередках виконується з вологостійких матеріалів. Стіни – вологостійкі, гладенькі. Внутрішнє опорядження стелі та стін групових осередків виконані з матеріалів з характеристиками, не менше ніж Г2, В2, Д2, Т2.

Ширина сходових маршів відповідає ширині сходового майданчика, але не менше 1,35 м; кількість підйомів в одному марші не може перевищувати 18 [12]. Ширина проступів становить не менше 0,3 м; висота проступів – не менше ніж 0,15 м [13]. Сходи в закладах дошкільної освіти (Рис. 2) обладнуються огорожею та поручнями. Висота огорожі – 1,3 м, вертикальні елементи огорожі мають

просвіт не більше 0,1 м. Поручні монтуються на огорожі або біля стін на висоті 0,5 м для дітей та 0,85-0,9 м для дорослих.

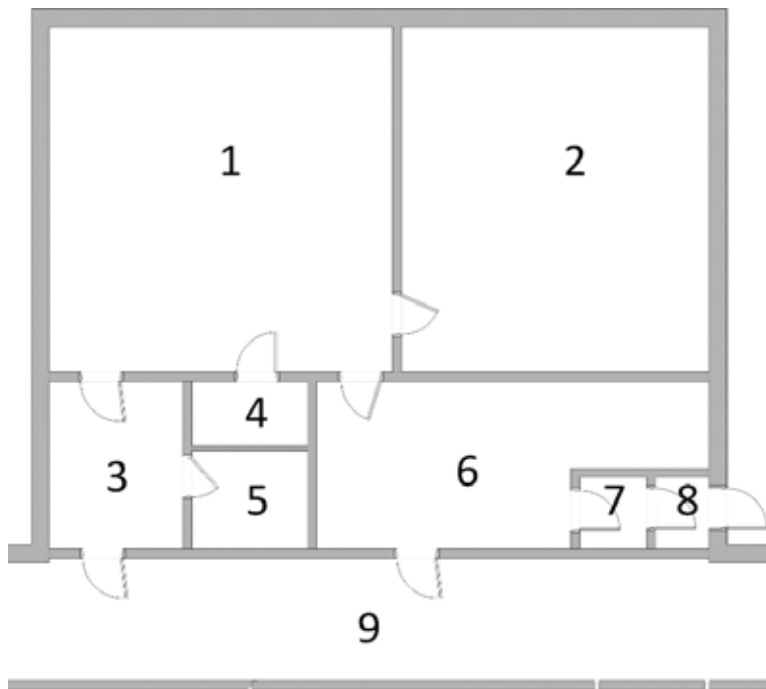


Рис. 1. Схема групового осередку. 1 – ігрова кімната; 2 – спальня; 3,4,5 – туалетна кімната; 6 – роздягальня; 7 – тамбур 8 – вихід на вулицю; 9 – коридор

Евакуаційний виходи відчиняються назовні, ширина дверей не менше ніж 0,8 м. З кожного поверху будівлі закладу дошкільної освіти, а також з кожного дитячого осередку передбачені не менше двох розосереджених евакуаційних виходів. Двері евакуаційних виходів з коридорів поверху, сходових кліток, залів для музичних та фізкультурних занять, вестибюлів (фойє, холів) та інші двері на шляхах евакуації без затворів, що перешкоджають їх вільному відчиненню зсередини без ключа у разі пожежі. Вхідні двері облаштовані пристосуваннями для фіксації дверних полотен в закритому та відкритому стані та доводчиками, а також не потребують значних зусиль для відкриття дітьми, мають понижену ручку. В прозорих дверних конструкціях наявне контрастне маркування кольором на висоті 0,3 м, 1,0 – 1,5 м

Ширина коридорів, евакуаційних проходів повинна бути не менше ніж 1,4 м, висота не менше ніж 2 метри. Шляхи евакуації відповідають вимогам пожежної безпеки.

Оскільки діти в дошкільних навчальних закладах евакууються у супроводі персоналу, необхідною умовою визначення параметрів руху людських потоків є збір даних, що характеризують насамперед вік, стаж роботи та відносну фізичну витривалість персоналу, як одних із учасників евакуації. Здійснюється аналіз віку працівників та подальший розподіл на групи: до 25 років; від 26 до 35 років; від 36

до 45 років; понад 45 років. Візуально проводиться оцінка фізичного стану персоналу з метою поділу на групи мобільності відповідно до ДСТУ 8828. Ці показники впливають на швидкість руху персоналу та швидкість реагування під час евакуації. Також проводиться поділ за стажом роботи: до 3 років, від 3 до 10 років, понад 10 років. такий розподіл дозволяє оцінити вплив професійного на психоемоційний стан під час евакуації в умовах пожежі.

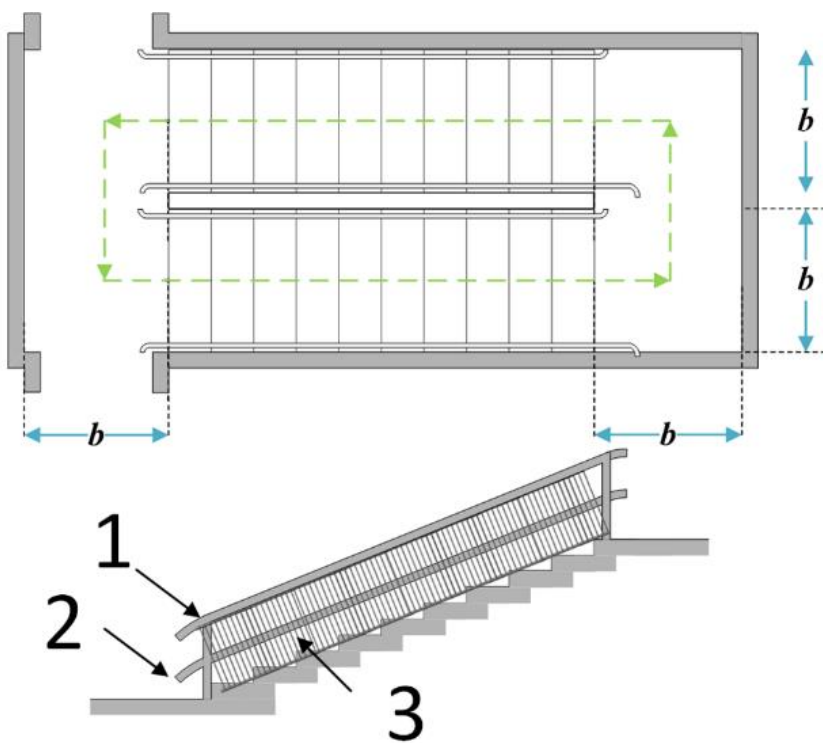


Рис. 2. Схема сходів. 1 – поручні для дорослих; 2 – поручні для дітей; 3 – огорожа

Кількість учасників дітей, які брали участь у проведенні експерименту відповідала вимогам комплектування груп [14]. Виходячи із співвідношення кількості вихованців до кількості вихователів, які одночасно працюють з ними, на 15 вихованців віком від двох до трьох років закріплюється 1 виховател, і також на 20 вихованців віком від трьох до шести років закріплюється 1 виховател. Діти з особливими освітніми потребами не приймали участь в експерименті. В ДСТУ 8828 не визначено площі проекцій для дітей дошкільного віку різних вікових груп, тому перед початком експерименти визначали антропометричні параметри дітей для розрахунку площі проекції за методикою, наведеною в [7]

Для визначення швидкості людського потоку необхідно обрати типові відрізки шляхів евакуації. Типовими ділянками шляхів евакуації є горизонтальний шлях, відрізки шляху, що проходить сходами або сходовими клітками, проходи через дверні прорізи. На обраних ділянках необхідно встановити засоби вимірювальної техніки (камери, фотоапарати, вимірювальну сітку та маркери) як зображено на Рисунку 3.

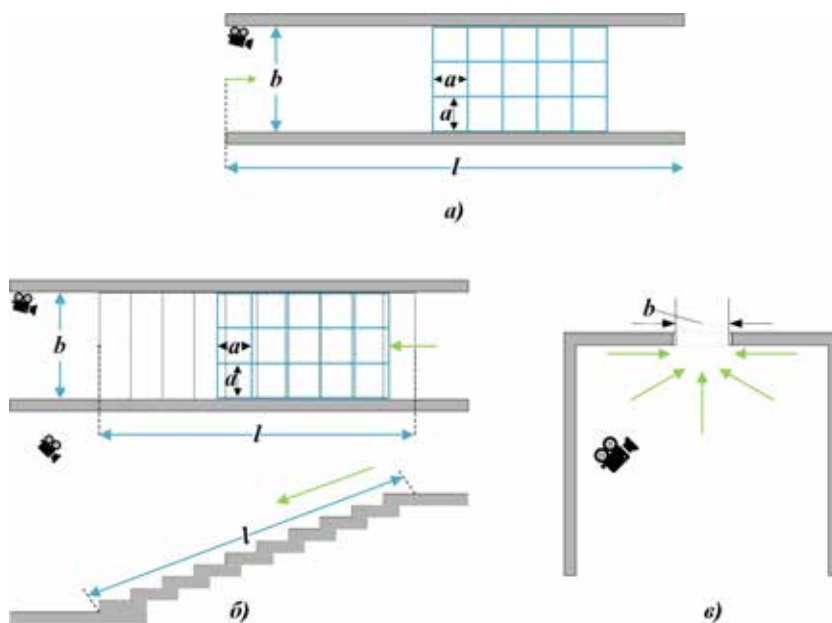


Рис. 3. Схеми ділянок шляху а) – горизонтальні шляхи евакуації; б) – вертикальні шляхи евакуації; в) – дверні прорізи на шляхах евакуації

Камери розташовуються таким чином, щоб у поле зору повністю потрапляла обрана ділянка, а також була забезпечена чітка фіксація моментів входу та виходу людей з контрольованого відрізка. Камери встановлюються на підвищенні під кутом в межах від 60° до 120° , для мінімізації перекриття людей один одним та спотворення перспективи.

Вимірювальна сітка для позначення досліджуваних ділянок наноситься на підлогу у вигляді клітинок квадратної форми зі стороною 1 м; маркери розташовуються на стінах через рівні проміжки, що кратні розмірам вимірювальної сітки. Довжина контрольованого відрізка для горизонтальних шляхів становить 5-10 м, для сходових маршів – один марш або його частина з чітко виділеними межами, а для дверних прорізів ділянка, що охоплює підхід до отвору та зону проходу.

Після монтажу обладнання проводиться калібрування. Перевіряється відповідність розмітки правильності орієнтації камер, а також синхронізація часу запису. Відеофіксація здійснюється з частотою, що становить 60 кадрів/с.

Спостерігачі дослідження розміщені на кожній контрольованій ділянці шляхів евакуації, де рух людського потоку фіксується фото- та відеокамерами. Вони займають позиції поза основною траєкторією руху потоку, щоб не створювати перешкод та не впливати на поведінку людей. Залежно від типу ділянки спостерігачі розміщуються:

- на горизонтальних відрізках шляху – збоку від проходу біля початкової та кінцевої контрольної лінії;
- на сходах або сходових клітках – на міжповерховому майданчику або над сходами;
- біля дверних прорізів – у зоні де добре видно момент підходу людського потоку і момент проходження через дверний отвір, але без перекриття проходу;

– На точці де починається експеримент – спостерігачі знаходяться на початковій контрольній точці, для контролю та спостереженням першого етапу руху після подачі сигналу тривоги.

Керівник дослідження знаходиться на останній контрольній точці маршруту евакуації і проводить хронометраж з використанням секундоміра, фіксує прибуття кожної групи та завершення евакуації. Керівник розташовується поза основною траєкторією руху, але так, щоб було видно контрольну точку та можливо було зафіксувати час виходу першої особи групи, час останньої особи групи; інтервали між групами та можливі затримки.

Початковий осередок експерименту обирається з урахуванням типу приміщень та його призначення. У випадку евакуації з будівель де перебувають люди, важливо враховувати основне місце їх перебування, яке в реальних умовах є точкою початку евакуації.

Для сценарію, що починається на другому поверсі точкою відправки є груповий осередок (рисунки 1). У разі виникнення пожежі, саме з цього місця буде починатися евакуація. На першому поверсі точкою відправки також є груповий осередок. Кінцем руху в обох сценаріях є зона, що знаходиться ззовні будівлі в безпечному місці. Зона безпеки повинна розташовуватися на достатній від будівлі відстані, щоб у разі пожежі чи іншої надзвичайної ситуації уникнути небезпечних проявів пожежі, та продуктів горіння.

Перед подачею сигналу керівник експерименту перевіряє чи всі етапи підготовки завершено, а саме: перевіряє позиції спостерігачів; підтверджує роботу відеокамер та фотоапаратів; оцінює правильність нанесених маркерів. Керівник подає сигнал, що є стартом експерименту. Сигнал подається за допомогою системи оповіщення про пожежу.

Під час проведення експерименту проводиться спостереження за динамікою евакуації та фіксуються ключові моменти, що стосуються часу та поведінки учасників. Спостереження проводиться на кожному етапі евакуації з моменту подачі сигналу до завершення евакуації і вимкнення секундоміра.

Спостерігачі фіксують час витрачений на одягання; час виходу першої та останньої дитини з початкового осередку; час подолання досліджуваних ділянок; час витрачений на евакуацію до зони безпеки; поведінку дітей під час евакуації (фіксуються випадки паніки, чи була потреба в заспокоєнні або в допомозі під час евакуації, зазначаються також випадки неслухняності дітей, коли вони відмовляються виконувати вказівки вихователів або проявляли небажання йти в напрямку евакуації.); непередбачувані ситуації, такі як виникнення скупчень або перешкод на шляху евакуації.

Під час проведення експерименту враховуються параметри навколишнього середовища, які можуть впливати на результати спостережень. Перед кожним повтором експерименту фіксуються та заносяться до протоколу погодні умови, наявність і орієнтовна сила вітру, а також видимість та освітленість у зоні евакуаційних виходів та у зоні безпеки.

Оцінка результатів експериментальних досліджень процесу евакуації здійснюється на основі узагальнених даних отриманих у ході серії повторюваних експериментів, а також аналізу відео- та фотоматеріалів.

Кожен сценарій евакуації реалізовується три рази, що забезпечує можливість перевірки відтворюваності результатів та зменшує вплив випадкових чинників. У разі, якщо отримані результати зазнають істотних змін проводиться додаткова серія досліджень, яка також складається з трьох повторів. У випадку, якщо

експеримент з будь яких причин був перерваний результат цього експерименту не зараховується.

Для оцінювання розсіювання значень випадкової величини (x_i) відносно її математичного сподівання ($\bar{x}_i$) та характеристики мінливості вибірки було обчислено середнє квадратичне відхилення за формулою 4.1 [15]:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}. \quad (4.1)$$

Для оцінювання середньостатистичного відхилення результату i -го дослідження від середнього значення за всіма дослідженнями обчислено середнє абсолютне відхилення відповідно до формули 4.2 [15]:

$$d = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}_i|}{n} \quad (4.2)$$

Щоб подати лінійні відхилення у відсотковому вигляді та підвищити інформативність аналізу, визначено середнє відносне відхилення за формулою 4.3 [15]:

$$d_r = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}_i|}{n \cdot \bar{x}_i} \cdot 100\% \quad (4.3)$$

Очікуваним результатом експериментального дослідження є отримання значень параметрів руху людських потоків, та горизонтальних проекцій дітей різних вікових категорій на типових ділянках шляхів евакуації, а також їх кількісна оцінка, що забезпечує обґрунтоване порівняння різних сценаріїв та можливість подальшого використання результатів для уточнення розрахункових моделей і вхідних даних комп'ютерного моделювання. Якщо експеримент визнано невдалим (переривання з будь-яких причин, технічний збій відеофіксації, відхилення від протоколу, сторонній вплив на поведінку учасників або істотні розбіжності між повторами), його дані до вибірки не включаються, причина фіксується в протоколі, проводиться перевірка та повторне калібрування засобів вимірювальної техніки, уточнюються початкові умови, після чого проводиться повторний експеримент. Проведення досліджень здійснюється за умови безпеки учасників. Перед початком експерименту перевіряється стан шляхів евакуації, учасники отримують короткий інструктаж, а на маршруті забезпечується чергування спостерігачів, уповноважених зупинити експеримент у разі виникнення небезпечної ситуації та організувати надання допомоги.

Висновки. В програмі-методиці експериментального дослідження оцінювання процесів евакуювання з дошкільних навчальних закладів дітей різних вікових груп обґрунтовано тип, кількість і схему розміщення засобів відеофіксації та вимірювального обладнання для ресстрації параметрів руху; визначено перелік сценаріїв евакуації та конфігурацій потоків для вікових підгруп 2–3 і 4–6 років. Наведено послідовність етапів експерименту та методи оцінювання й статистичної обробки результатів. Практична цінність полягає у формуванні підходу до експериментального визначення параметрів руху, а також горизонтальних проекцій дітей вікових підгруп 2–3 і 4–6 років, що сприятиме підвищенню точності оцінювання часу евакуації і як наслідок підвищення їх безпеки.

Подальші дослідження передбачають проведення натурного експерименту відповідно до розробленої програми-методики з метою отримання даних про параметри руху людських потоків та горизонтальних проекцій для вікових підгруп 2–3 та 4–6 років, а також даних для верифікації моделей комп'ютерного моделювання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Статистичні довідки [Електронний ресурс] // Державна служба України з надзвичайних ситуацій. Режим доступу: <https://dsns.gov.ua/statisticni-dovidki>
2. ДСТУ 8828:2019. Пожежна безпека. Загальні положення. Чинний від 2020-01-01. Вид. офіц. Київ, 2020. 84 с.
3. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. Зміна № 1 Чинний від 2023-06-01. Вид. офіц. Київ, 2023.
4. Najmanová H., Ronchi E. An Experimental Data-Set on Pre-school Children Evacuation. *Fire Technology*. 2017. Vol. 53, no. 4. P. 1509–1533. URL: <https://doi.org/10.1007/s10694-016-0643-x>.
5. Щолоков Е. Е., Шевченко К. Виявлення особливостей евакуації дітей дошкільного віку різних вікових груп. Комінальне господарство міст. Харків, 2025. Т. 3 : 191. С. 503–508. URL: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2025-3-191-503-508>.
6. Dotsenko O. Method of experimental research of evacuation of mixed flows of people of different mobility groups. *Municipal economy of cities*. 2023. Vol. 6, no. 180. P. 154–159. URL: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-6-180-154-159> (date of access: 22.02.2026).
7. Ковалишин В. В., Хлевной О. В. Визначення площі горизонтальної проекції тіла дітей шкільного віку. Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека. 2020. Т. 10, № 2. С. 54–59. URL: <https://doi.org/http://doi.org/10.33269/nvcz.2020.54-60>.
8. Najmanová H., Ronchi E. Experimental data about the evacuation of preschool children from nursery schools, Part I: pre-movement behaviour. *Fire safety journal*. 2023. P. 103798. URL: <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2023.103798> (date of access: 22.02.2026).
9. Najmanová H., Ronchi E. Experimental data about the evacuation of preschool children – Part II: Movement characteristics and behaviour. *Fire Safety Journal*. 2023. P. 103797. URL: <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2023.103797>.
10. Comparison of spatiotemporal gait parameters and their variability in typically developing children aged 2, 3, and 6 years / M. Rygelová et al. *PLOS ONE*. 2023. Vol. 18, no. 5. P. e0285558. URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0285558>.
11. ДБН В.2.2-4:2018 "Заклади дошкільної освіти". Чинний від 2018-10-01. Вид. офіц. Київ : М-во розвитку громад та територій України, 2018. 45 с.
12. ДБН В.2.2-9:2018. Громадські будинки та споруди. Основні положення. Чинний від 2019-06-01. Вид. офіц. Київ : М-во регіон. розвитку, буд-ва та житлово-комун. госп-ва України, 2019.
13. ДБН В.2.2-40:2018 "Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення". Чинний від 2019-04-01. Вид. офіц. Київ : М-во розвитку громад та територій України, 2019. 94 с.
14. Про дошкільну освіту : Закон України від 06.06.2024 № 3788-IX. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua>
15. Костюк В. О., Мількін І. В., Славута О. І. Статистика : підручник. Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. 204 с.

REFERENCES:

1. State Emergency Service of Ukraine. (n.d.). *Statistical briefs*. Retrieved March 5, 2026, from <https://dsns.gov.ua/statystichni-dovidki>
2. Ukrainian National Standard DSTU 8828:2019. (2020). *Fire safety. General provisions* (Effective from January 1, 2020; Official ed.). Kyiv.
3. Ukrainian National Standard DSTU 8828:2019. (2023). *Fire safety. General provisions* (Amendment No. 1; Effective from June 1, 2023; Official ed.). Kyiv.
4. Najmanová, H., & Ronchi, E. (2017). An experimental data-set on pre-school children evacuation. *Fire Technology*, 53(4), 1509–1533. <https://doi.org/10.1007/s10694-016-0643-x>
5. IDENTIFICATION OF THE FEATURES OF EVACUATION OF PRESCHOOL CHILDREN OF DIFFERENT AGE GROUPS. (2025). *Municipal Economy of Cities*, 3(191), 503–508. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2025-3-191-503-508>
6. Dotsenko, O. (2023). Method of experimental research of evacuation of mixed flows of people of different mobility groups. *Municipal Economy of Cities*, 6(180), 154–159. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-6-180-154-159>
7. Kovalyshyn, V. V., & Khlevnoi, O. V. (2020). Determining the area of the horizontal projection of the bodies of school-age children. *Scientific Bulletin: Civil Protection and Fire Safety*, 10(2), 54–59. <https://doi.org/10.33269/nvcz.2020.54-60>
8. Najmanová, H., & Ronchi, E. (2023). Experimental data about the evacuation of preschool children from nursery schools, Part I: Pre-movement behaviour. *Fire Safety Journal*, 103798. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2023.103798>
9. Najmanová, H., & Ronchi, E. (2023). Experimental data about the evacuation of preschool children—Part II: Movement characteristics and behaviour. *Fire Safety Journal*, 103797. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2023.103797>
10. Rygelová, M., et al. (2023). Comparison of spatiotemporal gait parameters and their variability in typically developing children aged 2, 3, and 6 years. *PLOS ONE*, 18(5), e0285558. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0285558>
11. State Building Codes of Ukraine DBN V.2.2-4:2018. (2018). *Preschool education facilities* (Effective from October 1, 2018; Official ed.). Kyiv.
12. State Building Codes of Ukraine DBN V.2.2-9:2018. (2019). *Public buildings and structures. Basic provisions* (Effective from June 1, 2019; Official ed.). Kyiv.
13. State Building Codes of Ukraine DBN V.2.2-40:2018. (2019). *Inclusiveness of buildings and structures. Basic provisions* (Effective from April 1, 2019; Official ed.). Kyiv.
14. Verkhovna Rada of Ukraine. (2024, June 6). *On Preschool Education* (Law of Ukraine No. 3788-IX). Retrieved March 5, 2026, from <https://zakon.rada.gov.ua>
15. Kostyuk, V. O., Milkin, I. V., & Slavuta, O. I. (2023). *Statistics: A textbook*. Kharkiv: O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv.

Дата першого надходження статті до видання: 11.02.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 16.03.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 21.05.2026