

Е. Щолоков¹, К. Шевченко²¹Національний університет цивільного захисту України, Черкаси, Україна²Білоцерківський національний аграрний університет, Біла Церква, Україна

ВИЯВЛЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЕВАКУАЦІЇ ДІТЕЙ ДОШКІЛЬНОГО ВІКУ РІЗНИХ ВІКОВИХ ГРУП

В роботі досліджено евакуацію дітей дошкільного віку (2-3 та 4-6 років) шляхом моделювання індивідуально-потоків руху. Встановлено, що уточнення параметрів руху дітей різних вікових груп збільшує час евакуації на 35,8 %, що має практичне значення для підвищення точності розрахунків часу евакуації.

Ключові слова: евакуація, моделювання евакуації, пожежна безпека, дошкільні навчальні заклади

Постановка проблеми

Діти дошкільного віку – одна з вразливих категорій населення під час пожеж чи інших надзвичайних ситуацій. Їх антропометричні дані, здатність орієнтуватися та залежність від дорослих знижують швидкість та впорядкованість руху в разі виникнення небезпечної ситуації. За даними NFPA (Національної асоціації протипожежного захисту), в шкільних та дошкільних закладах США щороку відбувається близько 3000 пожеж [1]. В Україні подібних пожеж, враховуючі ті, що спричинені обстрілами, відбувається менше. Так у громадських і адміністративних спорудах за 2024 рік сталося більше 600 пожеж [2].

Діючи нормативні документи [3-4] вимагають використовувати єдині розрахункові значення параметрів руху людських потоків, для всіх вікових груп дошкільнят для визначення часу евакуації.

Відповідно до Закону України «Про дошкільну освіту» діти дошкільного віку [5] поділяються на такі базові етапи на основі вікової періодизації розвитку дитини:

- вік немовляти (до одного року);
- ранній вік (від одного до трьох років);
- дошкільний вік (від трьох до шести – восьми років).

При розрахунку часу евакуації немовлят враховується розрахункові значення людського потоку дорослих через відсутність можливості дітей самостійно пересуватися [6]. Проте діти раннього віку можуть пересуватися самостійно, але із них 25% дітей потребують фізичної підтримки [7].

Під час війни в Україні евакуація стає повсякденною дією і вона втрачає «одноразовий» характер [8]. Повітряні тривоги, в Україні відбуваються по декілька разів на день, тому дітей постійно переміщують з верхніх поверхів до

укриттів. Відповідно виникають нестандартні ситуації з масовим переміщенням дітей з однієї точки до іншої, що потребує надійних розрахунків часу евакуації [9-10].

Таким чином, відсутність точних даних для розрахунку у поєднанні з існуючими загрозами (пожежі, ракетні удари, терористичні дії) робить дослідження евакуації дошкільнят із будівель актуальним напрямом дослідження. Вивчення даних руху окремо для груп дітей 2-3 та 4-6 років дозволить уточнити розрахункові значення для моделювання руху людських потоків.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Перші розрахункові значення параметрів руху людських потоків з'явилися ще у працях Предтеченського та Мілінського, однак фактично відтворювали швидкість руху дорослих осіб і не враховували антропометричні дані дошкільнят. В останні роки дослідженнями евакуації займалися Найманова та Рончі [7] їх дослідження охопило 15 натурних експериментів в 10 закладах дошкільної освіти. В дослідженні взяли участь 970 дітей віком від 3 до 7 років. Були визначені швидкості руху на сходах в коридорах та через дверні прорізи. Діти дошкільного віку (4-6 років), які раніше брали участь у навчальних евакуаціях швидше рухаються по знайомих горизонтальних шляхах та сходах [11]. Відповідно до [12] показано зворотній ефект. Діти 3 - 6 років, які рухалися по незнайомим сходам, мали значно меншу швидкість, ніж по тим, що пересувалися кожен день. Автори [13] досліджували вплив об'ємно-планувальних рішень на рух дітей дошкільного віку. Через інші антропометричні дані дитячі потоки при однаковій ширині проходу перевищують щільність потоку дорослих осіб. В [14] розглянуто залежність рівня самозбереження дітей від віку.

Параметри руху дітей раннього віку (2-3 роки) є недослідженими. У роботі [15] понад 78% досліджуваних дітей раннього віку, що досліджувалися мали швидкість руху від 0,41 м/с до 0,80 м/с, середня швидкість ходьби по горизонтальних шляхах становила 0,6 м/с.

Таким чином актуальним питанням є необхідність проведення досліджень щодо уточнення параметрів руху дітей віком 2-3 роки.

Формулювання мети статті

Метою роботи є виявлення особливостей евакуації дітей дошкільного віку різних вікових груп шляхом розрахунку індивідуально потокової моделі з обґрунтуванням необхідності визначення часу евакуації за розрахунковими значеннями параметрів руху людських потоків наведеними в нормативних документах [4] та літературних джерелах [14].

Для визначення поставленої мети були визначені наступні завдання:

1. Провести аналіз нормативних документів, літературних джерел, експериментальних досліджень щодо забезпечення евакуації дітей та параметрів руху дітей дошкільного віку різних вікових груп.

2. Провести чисельний експеримент з використанням типових конфігурацій дитячого дошкільного закладу, розрахункових значень параметрів руху людських потоків наведених в нормативних документах України та даних експериментальних досліджень.

Виклад основного матеріалу

Для дослідження евакуації дітей дошкільного віку різних вікових груп 2-3 та 4-6 років у програмному середовищі Pyrosim попередньо побудована модель типової будівлі двоповерхового ясла-садка, яка поділена на 5 двоповерхових частин з'єднаних коридором. Висота першого та другого поверху до перекриття становить 3 м (рис.1).

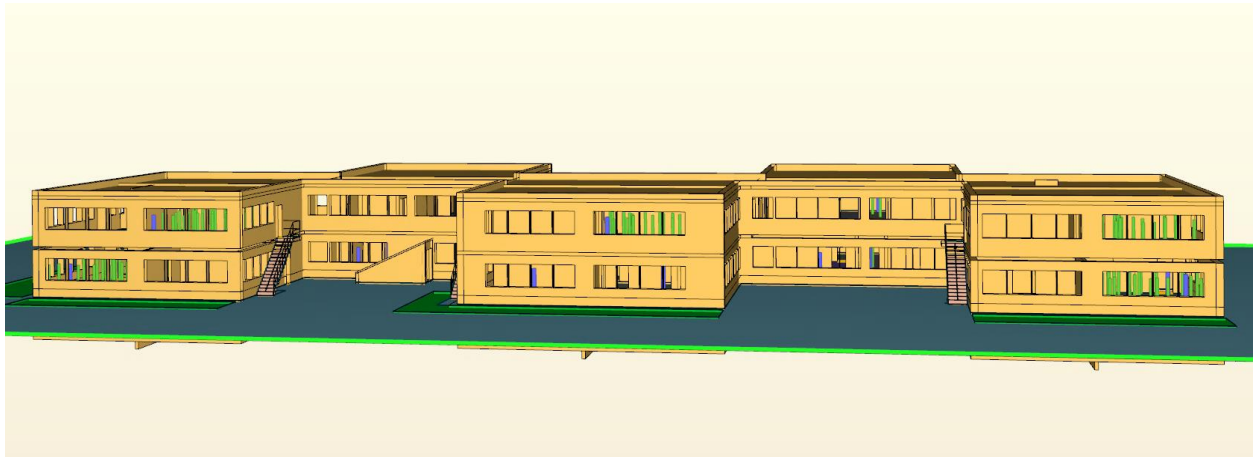


Рис. 1 Типовий двоповерховий ясла-садок

Покрівля плоска. Довжина будівлі 70 м, ширина 32 м. Загальна площа приміщень складає 3292 м². Будівля має три сходові клітки та підвальне приміщення облаштоване під укриття. З будівлі ясла-садка передбачено 14 евакуаційних виходів, що ведуть назовні

Відповідно до проектної потужності загальна кількість дітей що можуть знаходитися в ясла-садку становить 200 осіб. Особливості забезпечення евакуації дітей при пожежі полягає в тому, що кожен поверх будівель закладів дошкільної освіти, а також кожен дитячий осередок повинен бути забезпечений не менше, ніж двома розосередженими евакуаційними виходами. В якості другого евакуаційного виходу з другого поверху будівлі закладів дошкільної освіти II ступеня вогнестійкості допускається використовувати сходи типу С3 з нахилом не більше ніж 45°. Ширина маршів сходів типу С3 і дверей на їх площадки має бути

розрахована на кількість осіб, які евакуюються, але не менше ніж 0,8 м, а ширина суцільних проступів їх сходинок – не менше ніж 0,2 м. Евакуація людей із дитячого групового або житлового осередку через приміщення іншого осередку забороняється [18].

Узгоджуючись з реальними даними приймаємо, що загальна кількість дітей в садку в денний час становить 197 осіб, які поділені на 8 груп, а також 41 особа персоналу. У нічний часу будівлі залишається лише черговий охоронець. Для моделювання процесу евакуації прийнято наступні характеристики людей: діти дошкільного віку, площа горизонтальної проекції, м²/ос – 0,04 (домашній одяг); дорослі, без вад по здоров'ю (М1), площа горизонтальної проекції, м²/ос – 0,1 (одяг літній; в приміщенні);

Використовуючи раніше побудовану модель дитячого садка, за допомогою Pathfinder побудовано приміщення, двері, сходи типу С3, внутрішні сходові

клітки та навігаційну сітку шляхів евакуації. Місце розміщення людей в залежності від часу доби може відрізнятися, проте в моделі обраний час коли діти

знаходяться в спальних приміщеннях. Дана розрахункова модель представлена на рис.2

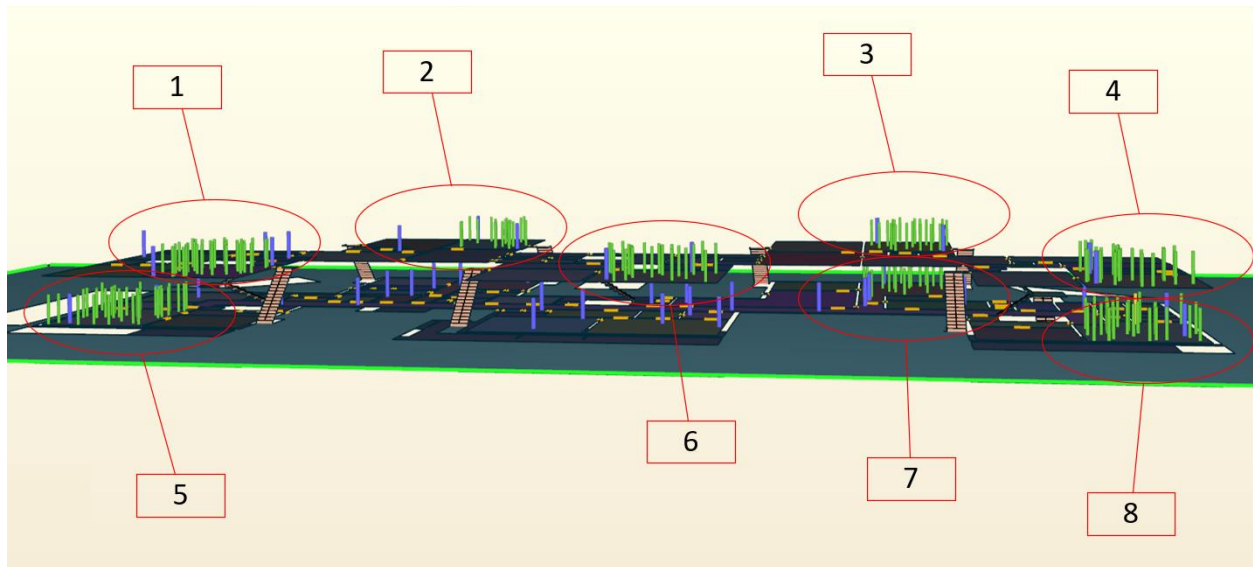


Рис. 2 Розташування дітей: №1-4 групи віком 4-6 років; №5-8 групи віком 2-3 роки

Відповідно до ДБН В.2.5-56 [16] дана будівля має бути обладнана системою оповіщення 3 типу. Дана система включає в себе мовленнєве оповіщення, світлові покажчики «Вихід» та почергове оповіщення спочатку обслуговуючого персоналу, а потім усіх інших людей що знаходяться у будівлі. Відповідно до наведених характеристик значення часу від початку евакуації людей становить 360 с [17].

Діти знаходяться в групових осередках (Груповий осередок – блок взаємозв'язаних приміщень призначений для основного перебування групи дітей одного або різного дошкільного віку в

будівлях ясел, дитячих садків, ясел-садків). Групові осередки для дітей ясельного віку розташовують на першому поверсі у безпосередньому зв'язку з земельною ділянкою [18].

Через 360 с після виникнення пожежі спрацьовує сигналізація і по сигналу «Пожежа» починається евакуація. Діти разом з вихователями рухаються до виходу. Старші діти (4-6 років) спускаються з групових осередків, що на 2 поверсі по звичайних сходових клітках СК1 та зовнішніх сходах типу С3 [19] та рухаються горизонтальними шляхами до виходу як показано на рис. 3

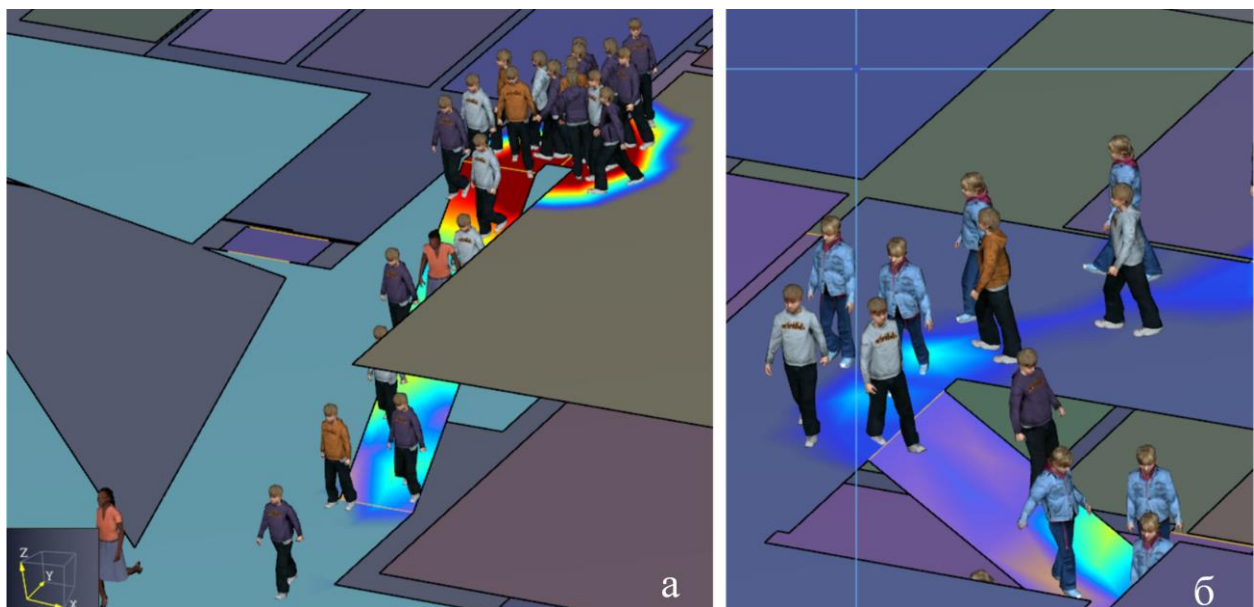


Рис. 3 Рух по сходам: а – зовнішні сходи типу С3; б – звичайні сходові клітки типу СК1

З використанням цієї моделі проведено розрахунки у двох варіантах

В першому варіанті розрахункові значення параметрів руху людських потоків для дітей дошкільного віку (будівлі дошкільних закладів освіти) наведені в [17]. Молодші діти (2-3 роки) рухаються з тією ж швидкістю, що і старші діти.

В другому розрахунку значення руху старших дітей не змінюються, а для дітей молодшого віку застосовано параметри, що розглядалися в [15]. Під час моделювання евакуації людей необхідно встановити момент проходження людей по шляхам евакуації та час виходу назовні. Результати розрахунку наведені в табл.1.

Таблиця 1

Результати розрахунку евакуації

Параметри	№1	№2
Значення часу від початку евакуації, с	360	360
Загальний час евакуації, с	441	470
Час евакуації, с	81	110
Різниця часу евакуації, %	35,8	

За результатами проведених розрахунків визначили, що із уточненням швидкості руху дітей різних вікових груп час евакуації збільшився на 35,8 %. Виходячи з одержаних даних можна зробити висновок, що дослідження розрахункових значень параметрів руху людських потоків для дітей різних вікових груп має практичне значення для підвищення точності розрахунків.

Висновки

Проведений аналіз чинних нормативних документів, літератури та експериментальних досліджень щодо параметрів руху дітей дошкільного віку.

Проведено чисельний експеримент з використанням типових конфігурацій дитячого дошкільного закладу, розрахункових значень параметрів руху людських потоків наведених в нормативних документах України та даних експериментальних досліджень.

Виявлено особливості впливу розрахункових значень параметрів руху людських потоків на час евакуації. Встановлено, що при моделюванні евакуації на прикладі типової конфігурації будівлі ясла-садка, врахування вікових відмінностей у параметрах руху призводить до збільшення часу евакуації на 35,8 %. Це у свою чергу підвищує ймовірність блокування шляхів евакуації та потрапляння людей під дію небезпечних чинників пожежі.

Перспективи подальших досліджень

Подальші дослідження передбачають проведення натурних експериментів на цьому ж об'єкті з метою отримання нових емпіричних значень параметрів руху дітей дошкільного віку (груп 2-3 та 4-6 років) для використання в розрахунках часу евакуації.

Під час експериментів будуть визначені швидкість пересування, щільність та пропускна здатність потоків дітей з урахуванням конструктивних особливостей зовнішніх відкритих сходів типу С3 та звичайних сходових кліток СК1. Отримані результати дозволять проаналізувати вплив геометричних та просторових характеристик шляхів евакуації на загальний час евакуації дітей, уточнити нормативні показники, що застосовуються при розрахунках та проектуванні шляхів евакуації в дошкільних навчальних закладах України та в інших місцях де може одночасно перебувати велика кількість дітей дошкільного віку.

Література

1. NFPA's fire statistics for structure fire in schools. (б. д.). NFPA | The National Fire Protection Association. <https://www.nfpa.org/education-and-research/research/nfpa-research/fire-statistical-reports/structure-fires-in-schools>
2. Аналітична довідка про пожежі та їх наслідки в Україні за 12 місяців 2024 року. <https://dsns.gov.ua/upload/2/3/0/1/6/1/2/analitichna-dovidka-pro-pozezi-za-12-misiaciv-2024-na-sait.pdf#page=2.12>
3. Application of fire safety engineering principles to the design of buildings. Code of practice. (б. д.). <https://knowledge.bsigroup.com/products/application-of-fire-safety-engineering-principles-to-the-design-of-buildings-code-of-practice>
4. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. <https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/8828/5-1-0-1957>
5. Про дошкільну освіту, Закон України № 3788-IX (2025) (Україна). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3788-20#Text>
6. Rygelová, M., Uchytel, J., Torres, I. E., & Janura, M. (2023). Comparison of spatiotemporal gait parameters and their variability in typically developing children aged 2, 3, and 6 years. *Plos one*, 18(5), e0285558.
7. Najmanová, H., & Ronchi, E. (2023). Experimental data about the evacuation of preschool children from nursery schools, Part II: Movement characteristics and behaviour. *Fire safety journal*, 139, 103797.
8. Майборода, Р. І., Отрош, Ю. А., & Ромін, А. В. (2022). Проблемні питання захисту цивільного населення від небезпечних чинників артилерійського та ракетного вогню під час воєнних (бойових) дій

9. Отрош, Ю. А., Щолоков, Е. Е., & Майборода, Р. І. (2022). Моделювання евакуації людей при пожежі за допомогою програмного забезпечення Pathfinder.
10. Щолоков, Е. Е., Рашкевич, Н. В., Отрош, Ю. А., Майборода, Р. І., & Тригуб, В. В. (2024, August). Евакуація при пожежі з дитячих ігрових майданчиків з повністю закритим устаткуванням. *Proceedings of the 12th International scientific and practical conference*.
11. Yao, Y., Lu, W., & Wang, L. (2023). Experimental study on evacuation behaviour of children in a three-storey kindergarten. *Heliyon*, 9(6).
12. Najmanová, Hana, and Enrico Ronchi. "An experimental data-set on pre-school children evacuation." *Fire technology* 53.4 (2017): 1509-1533.
13. Shi, X., Xue, S., Shiwakoti, N., Li, D., & Ye, Z. (2022). Examining the effects of exit layout designs on children pedestrians' exit choice. *Physica A: statistical mechanics and its applications*, 602, 127654.
14. Latosinski, F., Cuesta, A., & Alvear, D. (2020). Assessing self-preservation capabilities in toddlers during evacuations. *Safety Science*, 132, 104983.
15. Larusdottir, A. R., & Dederichs, A. S. (2012). Evacuation of children: Movement on stairs and on horizontal plane. *Fire technology*, 48, 43-53.
16. ДБН В.2.5-56:2014. (2014). Системи протипожежного захисту. Проектування. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. Режим доступу: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3200383488549193714?doc_type=2.
17. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення Київ: Технічний комітет «Пожарна безпека та протипожежна техніка» (ТК 25) Державне підприємство «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» – Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=82138
18. ДБН В.2.2-4:2018 Будинки і споруди. Заклади дошкільної освіти. Зі Зміною № 1 Київ: Український зональний науково-дослідний і проектний інститут по цивільному будівництву (КІВЗНДІЕП) Режим доступу: https://e-construction.gov.ua/files/new_doc/3022076768249972706/2023-01-24/ac82f803-ee19-4c26-979d-fabaf46df090.pdf
19. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги Київ: Український науково-дослідний інститут цивільного захисту УкрНДІЦЗ – Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=68456
20. British Standards Institution. (n.d.). *Application of fire safety engineering principles to the design of buildings. Code of practice*. Retrieved from <https://knowledge.bsigroup.com/products/application-of-fire-safety-engineering-principles-to-the-design-of-buildings-code-of-practice>
21. DSTU 8828:2019. (2019). *Fire safety. General provisions*. Retrieved from <https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/8828/5-1-0-1957>
22. Verkhovna Rada of Ukraine. (2025). *Law of Ukraine "On Preschool Education" No. 3788-IX*. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3788-20#Text>
23. Rygelová, M., Uchytel, J., Torres, I. E., & Janura, M. (2023). Comparison of spatiotemporal gait parameters and their variability in typically developing children aged 2, 3, and 6 years. *PLOS ONE*, 18*(5), e0285558.
24. Najmanová, H., & Ronchi, E. (2023). Experimental data about the evacuation of preschool children from nursery schools. Part II: Movement characteristics and behaviour. *Fire Safety Journal*, 139*, 103797.
25. Maiboroda, R. I., Otrosh, Y. A., & Romin, A. V. (2022). Problematic issues of civilian protection from hazardous artillery and missile fire during military actions. *Scientific Bulletin of Civil Protection*.
26. Otrosh, Y. A., Shchokolov, E. E., & Maiboroda, R. I. (2022). Modelling of human evacuation in fire conditions using Pathfinder software. *Scientific Bulletin of Civil Protection*.
27. Shchokolov, E. E., Rashkevych, N. V., Otrosh, Y. A., Maiboroda, R. I., & Tryhub, V. V. (2024, August). Evacuation during fire from children's playgrounds with fully enclosed equipment. In *Proceedings of the 12th International Scientific and Practical Conference*.
28. Yao, Y., Lu, W., & Wang, L. (2023). Experimental study on evacuation behaviour of children in a three-storey kindergarten. *Heliyon*, 9*(6).
29. Najmanová, H., & Ronchi, E. (2017). An experimental data-set on pre-school children evacuation. *Fire Technology*, 53*(4), 1509–1533.
30. Shi, X., Xue, S., Shiwakoti, N., Li, D., & Ye, Z. (2022). Examining the effects of exit layout designs on children pedestrians' exit choice. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 602*, 127654.
31. Latosinski, F., Cuesta, A., & Alvear, D. (2020). Assessing self-preservation capabilities in toddlers during evacuations. *Safety Science*, 132*, 104983.
32. Larusdottir, A. R., & Dederichs, A. S. (2012). Evacuation of children: Movement on stairs and on horizontal plane. *Fire Technology*, 48*, 43–53.
33. ДБН В.2.5-56:2014. (2014). *Fire protection systems. Design*. Kyiv: Ministry for Communities and Territories Development of Ukraine. Retrieved from https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3200383488549193714?doc_type=2
34. DSTU 8828:2019. (2019). *Fire safety. General provisions*. Kyiv: Technical Committee "Fire Safety and Fire Protection Equipment" (TC 25), State Enterprise "Ukrainian Research and Training Center for Standardization, Certification and Quality". Retrieved from https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=82138

References

1. NFPA. (n.d.). *NFPA's fire statistics for structure fire in schools*. National Fire Protection Association. Retrieved from <https://www.nfpa.org/education-and-research/research/nfpa-research/fire-statistical-reports/structure-fires-in-schools>
2. State Emergency Service of Ukraine. (2024). *Analytical report on fires and their consequences in Ukraine for 12 months of 2024*. Retrieved from <https://dsns.gov.ua/upload/2/3/0/1/6/1/2/analitichna-dovidka-pro-pozezi-za-12-misiaciv-2024-na-sait.pdf#page=2.12>

18. DBN V.2.2-4:2018. (2018). **Buildings and structures. Preschool education institutions. With Amendment No. 1**. Kyiv: Ukrainian Zonal Research and Design Institute for Civil Construction (KYIVZNDIEP). Retrieved from [https://e-construction.gov.ua/files/new_doc/3022076768249972706/2023-01-24/ac82f803-ee19-4c26-979d-fabaf46df090.pdf](https://e-construction.gov.ua/files/new_doc/3022076768249972706/2023-01-24/ac82f803-ee19-4c26-979d-fabaf46df090.pdf)

19. DBN V.1.1-7:2016. (2016). **Fire safety of construction objects. General requirements**. Kyiv: Ukrainian Scientific Research Institute of Civil Protection (UkrNDICZ). Retrieved from [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=68456](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=68456)

Рецензент: д-р техн. наук, проф., Рибка Євгеній Олексійович, професор кафедри пожежної

профілактики у населених пунктах, Національний університет цивільного захисту України.

Автор: ЩОЛОКОВ Едуард Едуардович
викладач кафедри пожежної профілактики у населених пунктах
Національний університет цивільного захисту України
E-mail – eduard.shcholokov2020@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9923-1487>

Автор: ШЕВЧЕНКО Катерина Романівна
магістр з публічного управління та адміністрування Білоцерківського національного аграрного університету
E-mail – shevchenko.romanivna@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-1774-4174>

IDENTIFICATION OF THE FEATURES OF EVACUATION OF PRESCHOOL CHILDREN OF DIFFERENT AGE GROUPS

Eduard Shcholokov¹, Kateryna Shevchenko²

¹National University of Civil Protection of Ukraine, Ukraine

²Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

This paper investigates evacuation procedures for preschool children aged 2–3 and 4–6 years, employing an individual-based flow model to accurately estimate evacuation times. Preschool-age children are particularly vulnerable during fires or other emergencies due to their limited mobility, diminished orientation skills, smaller anthropometric dimensions, and dependence on adults for guidance and physical assistance.

Currently, Ukrainian regulations prescribe uniform evacuation parameters and movement speeds for all preschool age groups. However, these parameters fail to account for critical developmental and physical differences between toddlers (aged 2–3 years) and older preschool children (aged 4–6 years). Existing literature has extensively explored evacuation dynamics for older preschoolers, yet data on younger children's evacuation characteristics remain scarce, potentially resulting in inaccuracies in evacuation time estimates and compromising overall safety measures.

This research addresses this significant gap by conducting a comprehensive analysis of current regulations, reviewing pertinent literature, and evaluating recent experimental data. A numerical simulation was performed using standard layouts of a typical two-story nursery school designed to accommodate approximately 200 children and 41 staff members. The model incorporated evacuation scenarios involving internal and external staircases. Simulations were conducted in two distinct scenarios: one applying uniform regulatory movement parameters across both age groups, and another using empirically derived, age-specific parameters for younger children (2–3 years).

The study findings underscore the necessity of age-specific movement parameters. Results demonstrated a notable increase of approximately 35.8% in total evacuation time when age-specific parameters for younger preschoolers were applied. Specifically, evacuation times rose from 81 seconds to 110 seconds, emphasizing the critical importance of tailoring evacuation parameters to accurately reflect age-specific capabilities, thus enhancing safety measures for preschool children during emergencies.

The research findings carry significant practical implications for fire safety management and emergency preparedness in preschool educational institutions. The implementation of differentiated movement parameters can substantially improve evacuation planning accuracy, inform architectural design optimization, enhance evacuation route efficiency, and guide targeted staff training and preparedness initiatives. Furthermore, given the increased frequency and urgency of evacuations in conflict-affected regions such as Ukraine, precise estimation of evacuation times is essential for safeguarding children and effectively mitigating risks during emergencies.

Future research will involve controlled experimental evacuations to collect empirical data on movement speeds, flow densities, and capacities of children aged 2–3 and 4–6. These studies will also examine the impact of specific architectural elements, such as external evacuation stairs (type C3), to refine regulatory guidelines further and improve emergency preparedness protocols within preschool educational facilities.

Keywords: evacuation, evacuation simulation, fire safety, preschool educational institutions