

К. В. Данова, к.т.н., доцент, в.о. зав. каф. (ORCID 0000-0002-1994-703X)

М. В. Хворост, д.т.н., професор, проф. каф. (ORCID 0000-0002-2606-8228)

В. В. Малишева, к.т.н., доцент, доц. каф. (ORCID 0000-0002-5849-8206)

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Харків, Україна

ВРАХУВАННЯ ОБМЕЖЕНЬ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ОСІБ З ІНВАЛІДНІСТЮ ПРИ РОЗРАХУНКУ ЧАСУ ЕВАКУАЦІЇ

Стаття присвячена актуальному питанню організації евакуації з будівлі громадського призначення представників маломобільних груп населення, зокрема осіб із інвалідністю. Внаслідок наявних стійких функціональних змін у стані здоров'я, особи із інвалідністю мають певні обмеження щодо пересування, орієнтування у просторі та ін., які обумовлюють особливу уразливість цієї категорії громадян у разі виникнення надзвичайної ситуації. Тому обмеження життєдіяльності мають враховуватися при визначенні часу евакуації та подальшій розробці відповідних організаційно-планувальних рішень громадських будівель різного призначення. Проведений аналіз літературних джерел показав, що розрахунок часу евакуації людей з приміщення має враховувати не лише фізичні, але й розумові, й психоемоційні характеристики людей, оскільки вони можуть суттєво впливати на час евакуації. У статті проаналізована методика врахування особливостей маломобільних груп населення, яка рекомендована державними будівельними нормами для використання при розрахунках евакуації з приміщення. Проведений розрахунок показав, що визначення часу руху осіб із інвалідністю та інших маломобільних груп населення евакуаційним шляхом без врахування підготовчого (передевакуаційного) періоду не дозволяє врахувати особливості функціонального стану представників цих уразливих груп населення. Принцип розділення осіб, які відчувають труднощі при пересуванні, одержанні необхідної інформації або орієнтуванні у просторі, на чотири групи, що передбачений на даний момент чинним нормативно-правовим актом, недостатньо відображає особливості процесу ідентифікування небезпеки, прийняття рішення про евакуацію та вибору евакуаційного маршруту, які у представників однієї маломобільної групи можуть суттєво відрізнитися. Таким чином, ці відмінності мають бути враховані шляхом розширення переліку груп мобільності та врахування підготовчого періоду, що передує безпосередньому руху людини евакуаційним маршрутом. Це дозволить розробляти ефективні організаційно-планувальні рішення та підвищити рівень безпеки перебування осіб із інвалідністю у громадських будівлях.

Ключові слова: евакуація, інвалідність, маломобільні групи населення

1. Вступ

Наявні статистичні дані та сучасні демографічні тенденції вказують на те, що у світі спостерігається зростання чисельності осіб із стійкими порушеннями у стані здоров'я, що викликані хронічними захворюваннями, травмами та вродженими вадами [1]. Стійкі порушення у стані здоров'я обумовлюють обмеження життєдіяльності людини, які полягають у повній чи частковій втраті людськими здатності до самообслуговування, пересування, орієнтації, спілкування, контролю своєї поведінки різного ступеня тяжкості [2]. Незважаючи на наявні обмеження життєдіяльності, особи із інвалідністю мають право, нарівні з іншими громадянами, вести незалежний спосіб життя й усебічно брати участь в усіх громадських заходах, вчитися, працювати та ін.

Європейський шлях соціально-економічного розвитку, який обрала Україна при підписанні Угоди про асоціацію з країнами ЄС, обумовлює, у тому числі, приділення значної уваги питанням запобігання дискримінації, включаючи обмеження з причин інвалідності, та залучення осіб із інвалідністю до навчання та трудової діяльності нарівні з іншими громадянами.

Збільшення числа людей з інвалідністю у громадських будівлях обумовлює необхідність врахування їх особливих потреб при плануванні приміщень з метою забезпечення безпеки відвідувачів як в умовах нормального режиму експлуатації будівлі, так і у разі виникнення надзвичайної ситуації, наприклад, пожежі, терористичного акту та інших інцидентів, які потребують забезпечення екстреної евакуації.

Основні ризики перебування осіб з інвалідністю в громадських будівлях в нормальному режимі функціонування об'єкта полягають у можливості падіння, втрати орієнтації в просторі, обмеження доступності окремих приміщень, а також перешкод в отриманні необхідної інформації. Недостатнє вирішення цих питань на етапі планування будівлі створює передумови для зниження рівня комфортності і безпеки перебування осіб з інвалідністю в громадському будинку. У разі виникнення надзвичайної ситуації, організаційно-планувальні рішення мають забезпечити ефективну евакуацію з зони небезпеки усіх відвідувачів, зокрема осіб із інвалідністю та інших уразливих категорій населення. При цьому використання традиційного підходу до організації евакуації осіб з інвалідністю, який не враховує обмеження життєдіяльності, може привести до недостатнього рівня її ефективності та людських жертв.

Таким чином, невирішеною залишається проблема забезпечення безпеки перебування осіб з інвалідністю та представників інших маломобільних груп населення в громадських будівлях у разі виникнення надзвичайної ситуації.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Питання організації евакуації людей з приміщень та будівлі найефективніше може бути вирішено на етапі розробки планувальних рішень. На ефективність евакуації впливає кількість евакуаційних виходів, геометричні характеристики шляхів евакуації, наявність перепон на евакуаційних шляхах у вигляді колон, сходів, пропускна здатність та ін. [3]. Завдання планування евакуації полягає у визначенні необхідного часу евакуації та безпечних шляхів, якими мають рухатися люди задля уникнення впливу небезпечних факторів надзвичайної ситуації, наприклад, пожежі, що можуть викликати погіршення стану здоров'я, травмування та загибель. У той же час наявність неузгодженості у нормативно-правових актах стосовно організації евакуації впливає на ефективність її проведення.

З метою мінімізації ризиків ураження людей небезпечними факторами пожежі при розробці організаційно-планувальних рішень найпоширенішим способом дослідження евакуаційних процесів є моделювання. Час евакуації є одним з основних показників, що характеризують ефективність вирішення евакуаційних завдань. Існуючі методики оцінки часу, за який люди можуть евакуюватися з небезпечних приміщень, в основному враховують такі аспекти: розташування і кількість евакуаційних виходів, визначення найкоротшої відстані до евакуаційного виходу, визначення оптимального маршруту на основі математичних моделей; використання спеціальних технічних рішень, що дозволяють зменшити час евакуації; архітектурні особливості будівель і споруд, що впливають на час евакуації; аналіз особливостей поведінки людей в стресовій ситуації в контексті прийняття рішення про евакуацію.

Основною складністю у моделюванні процесу евакуації людей з будівель є недостатній рівень врахування психофізіологічних характеристик відвідувачів, які опинилися у небезпечній зоні у разі виникнення надзвичайної ситуації. Так у роботі [4] особливу увагу зосереджено на впливі розташування евакуаційних виходів з

приміщення на час евакуації. При цьому акцент зроблено на відстані між евакуаційними виходами без урахування психофізіологічних характеристик відвідувачів.

Багатопараметрична модель, яка запропонована у [5], дозволяє підвищити рівень інформативності дослідження проблеми оптимізації маршрутів евакуації, проте для характеристики людського потоку використовується лише узагальнений показник щільності чи параметр невизначеності щільності [6].

За допомогою моделювання у роботі [7] досліджено вплив швидкості розповсюдження полум'я та кількості евакуаційних виходів на ефективність евакуації у торговельному центрі. При цьому вважається, що відвідувачі одночасно почнуть рухатися евакуаційними шляхами у разі, якщо вони побачать вогонь чи почують сигнал сирени. Таким чином, можливі сенсорні обмеження відвідувачів не враховуються. Евакуаційні рішення, які запропоновані у статті [8], також запропоновано, виходячи із усереднених показників відвідувачів без урахування їх можливих функціональних обмежень.

У роботі [9] проводилися теоретичні та експериментальні дослідження впливу кількості евакуаційних виходів, видимості у разі задимлення та рівнів звуку систем голосового оповіщення на час евакуації людей із стадіону. При цьому не розглянуті особливості сприйняття інформації окремими групами відвідувачів, які можуть мати вади слуху, зору чи інші обмеження життєдіяльності.

Поведінкові аспекти людей, які опинилися у зоні небезпеки, розглянуто у роботі [10], яка присвячена аналізу рішень, що впроваджені для забезпечення безпеки відвідувачів футбольного стадіону у Бразилії та організації їх евакуації у випадку надзвичайної ситуації. Зазначено, що психологічний настрій натовпу має свої особливості у аспекті евакуації, проте класифікація натовпу, що представлена, враховує суто поведінкові аспекти.

Авторами у статті [11] зроблено спробу охарактеризувати окремі фази сприйняття інформації про небезпеку з психологічної точки зору, проте цей підхід не дозволяє врахувати окремі психологічні стани осіб, які знаходяться у зоні дії небезпеки.

Вплив панічних настроїв людей, які опинилися у зоні небезпеки, на евакуацію досліджено у [12]. Однак розрахункові моделі будувалися для великої кількості людей (350-2700 осіб), що не дозволяє застосовувати отримані дані для об'єктів із незначною кількістю відвідувачів.

Таким чином, більшість методик розрахунку евакуації не враховують психофізіологічні характеристики окремих категорій відвідувачів, які мають бути евакуйовані у разі виникнення небезпечної ситуації. У той же час, відвідувачі, які знаходяться у громадській будівлі, в більшості випадків мають різні фізичні та психологічні характеристики, які істотно впливають на ефективність евакуаційних заходів [13]. Тому, у більшості випадків основні результати, які використовуються для розрахунку часу евакуації, отримуються або з використанням математичних моделей, або волонтерів, які представляють однорідну групу людей і часто є працівниками тих об'єктів, де моделюється небезпечна ситуація. Тому отримані результати складно імплементувати у реальні обставини.

Існують складності в прогнозуванні поведінки людей, як представників окремих груп (включаючи осіб з інвалідністю), а також поведінки людей при масовому їх скупченні. Поведінкова психологія людей, які знаходяться в екстремальній ситуації, досліджується багатьма вченими, однак зібрати експериментальну базу досить складно. Деякі дослідники, наприклад [14], використовують метод

анкетного опитування респондентів щодо стратегії їх поведінки в екстремальній ситуації, однак, оскільки опитування проводяться у звичайних умовах за відсутності загрози, незрозуміло, чи можна їх застосовувати для прогнозу реальних ситуацій [16]. Контрольовані експерименти [15] мають більшу інформативність, але в основному в них аналізується поведінка однорідної групи (наприклад, студентів у віці 18-24 років), або навіть рух натовпу моделюється за допомогою мишей, мурашок [17], що також не дозволяє врахувати поведінкові особливості людей у разі надзвичайної ситуації.

Тому невирішеною частиною проблеми є питання врахування психофізіологічних особливостей окремих груп відвідувачів громадських будівель, зокрема, осіб із інвалідністю, при проведенні розрахунку часу евакуації з метою підвищення рівня його інформативності.

3. Мета та завдання дослідження

Метою роботи є аналіз державних будівельних норм, що встановлюють вимоги до розумного пристосування житлових і громадських будівель відповідно до потреб уразливих категорій населення, зокрема розкривають питання організації евакуації представників маломобільних груп населення, у аспекті їх практичного застосування при визначенні часу евакуації з метою розробки ефективних організаційно-планувальних рішень будівель.

Для досягнення мети необхідно:

- проаналізувати класифікацію маломобільних груп населення у аспекті їх мобільних якостей;
- дослідити особливості практичного застосування параметрів руху маломобільних груп населення, наведених у державних будівельних нормах, що присвячені питанню інклюзивності будинків та споруд, для розрахунку часу евакуації відвідувачів при виникненні небезпечної ситуації.

4. Аналіз класифікації маломобільних груп населення у аспекті їх мобільних якостей

ДБН В.2.2-40:2018 [18] надає наступне визначення маломобільним групам населення (МГН): це люди, які відчують труднощі при пересуванні, одержанні послуги, необхідної інформації або орієнтуванні у просторі. До МГН відносяться особи із інвалідністю, люди з тимчасовим порушенням стану здоров'я, вагітні жінки, літні люди, люди з дитячими колясками.

ДБН [18] визначає основні пріоритети проектування громадських будівель:

- доступність місць цільового відвідування для МГН;
- безпека шляхів руху (у тому числі евакуаційних шляхів);
- можливість евакуації відвідувачів в безпечну зону;
- своєчасне отримання повноцінної та якісної інформації як для орієнтації в просторі, так і для виконання поставлених завдань;
- зручність і комфорт середовища життєдіяльності.

Поряд із загальними вимогами, пов'язаними із забезпеченням доступності житлових і громадських будівель для МГН, в ДБН [18] передбачені вимоги щодо забезпечення безпеки відвідувачів в разі виникнення надзвичайної ситуації (пожежі):

- 1) вимоги до об'ємно-планувальних рішень будівель і споруд;
- 2) вимоги до середовища життєдіяльності МГН;

3) заходи безпеки, орієнтування та отримання інформації в процесі знаходження в громадському будинку з урахуванням особливостей сприйняття інформації.

Заходи з об'ємно-планувальних рішень щодо організації евакуації людей з приміщень регламентуються ДБН В.1.1-7:2016 [19], що передбачає основні задачі щодо забезпечення безпеки людей, які рухаються по евакуаційних шляхах:

– своєчасна і безперешкодна евакуація людей в разі виникнення надзвичайної ситуації;

– захист людей, які здійснюють рух шляхом евакуації, від впливу небезпечних факторів пожежі.

Небезпечними факторами пожежі, які становлять небезпеку для людей, є: токсичні хімічні сполуки, які з'являються в повітрі внаслідок хімічного розкладання матеріалів; дим, підвищена температура; знижена концентрація кисню; обвалення будівельних конструкцій; вибух і ін. Для людей з обмеженими фізичними, розумовими, сенсорними можливостями завдання подолання відстані до евакуаційного виходу може ускладнюватися внаслідок особливостей стану їх здоров'я.

Основними елементами евакуаційного шляху осіб, які є представниками МГН, є евакуаційні виходи, евакуаційні сходи і сходові клітки. При цьому ліфти та ескалатори, які використовуються для пересування відвідувачів із обмеженими можливостями, не приймаються в розрахунок [19].

ДБН [18] встановлює порядок розрахунку рівня пожежної безпеки для різних груп відвідувачів в залежності від мобільних характеристик людей в потоці, який рухається в напрямку евакуації. При цьому відвідувачі громадських будівель, які відносяться до МГН, за мобільними якостями поділяються на 4 групи (табл. 1 [18]).

Табл. 1. Середня площа горизонтальної проекції людини в залежності від групи мобільності [18]

Група мобільності	Загальні характеристики людей груп мобільності	Середня площа горизонтальної проекції людини, f, m^2
M1	Особи із інвалідністю, які не мають обмежень в аспекті мобільності, у тому числі особи з порушенням слуху	0,1
M2	Особи зі зниженим рівнем мобільності внаслідок старіння організму, особи з інвалідністю на протезах; особи з порушенням зору, які використовують тростину для орієнтації в просторі; особи з психічними відхиленнями	0,2
M3	Особи з інвалідністю, які використовують під час руху додаткові опори при русі (милиці)	0,3
M4	Особи з інвалідністю, які пересуваються на кріслах колісних, які приводяться в рух вручну	0,96

Розрахункове значення швидкості руху потоків людей різних груп мобільності, відповідно до ДБН [18], визначається за формулою:

$$V_{D,j} = V_{O,j} \left[1 - a_j \ln \frac{D}{D_{O,j}} \right] \text{ при } D > D_{O,j}, \quad (1)$$

інтенсивність руху людей, які належать до різних груп мобільності, розраховується як

$$q_{D,j} = V_{D,j} D, \quad (2)$$

$V_{D,j}$, $q_{D,j}$ – швидкість і інтенсивність руху людей у потоці по j -му виду шляху при щільності потоку D_j ; D – щільність потоку людей на ділянці евакуаційного шляху, m^2/m^2 ; D_{Oj} – значення щільності потоку людей на j -му виді ділянки, при досягненні якого щільність потоку починає впливати на швидкість руху людей в потоці, m^2/m^2 ; V_{Oj} – середнє значення швидкості вільного руху людей по j -му виду шляху при значеннях щільності потоку $D \leq D_{Oj}$, м/хв; a_j – коефіцієнт, який враховує ступінь впливу щільності потоку людей на його швидкість при русі по j -му виду шляху евакуації.

Стандартним розрахунком передбачені наступні види евакуаційного шляху: горизонтальна ділянка, сходи вниз, сходи нагору, пандус вгору, пандус вниз.

5. Дослідження особливостей практичного застосування параметрів руху маломобільних груп населення

Для практичного дослідження можливості використання даного методу для визначення часу евакуації осіб із обмеженими можливостями, які знаходяться у будівлі громадського призначення, визначимо час евакуації для представників різних МГН за наступних даних (рис. 1): у приміщенні офісу знаходиться 2 людини, які відносяться до однакової групи мобільності (табл. 1 [18]), ширина евакуаційного шляху 2 м. Вважаємо, що на 3 ділянці представники усіх груп мобільності (крім М4) оберуть для руху сходи; представники групи М4 рухатимуться пандусом.

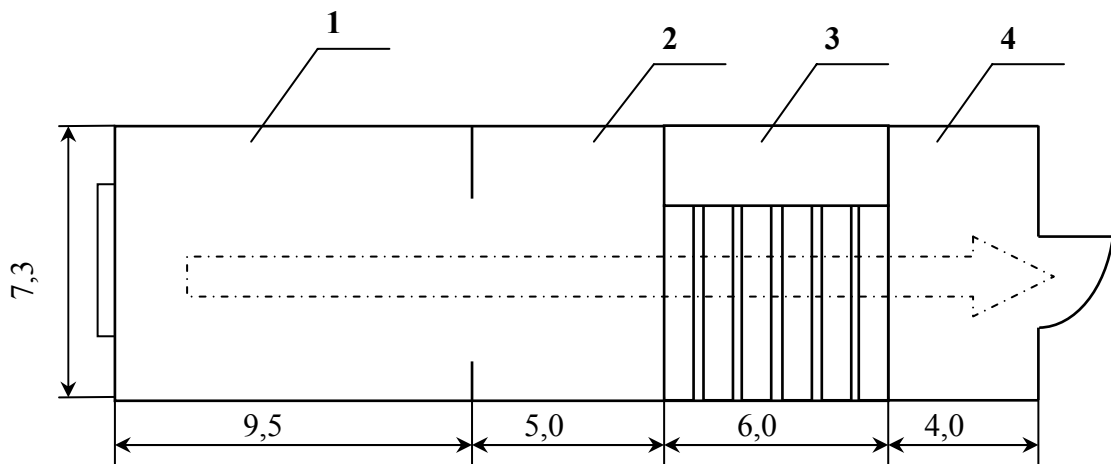


Рис. 1. Розрахункова схема: ділянки 1, 2, 4 – горизонтальний шлях; 3 – сходи вниз, пандус

Результати розрахунків для різних груп мобільності згідно [18] наведено у табл. 2.

У той же час, при розрахунку часу евакуації для осіб із інвалідністю з метою врахування окремих змін у функціональному стані доцільно брати до уваги й підготовчий період, який складається з наступних етапів [20]:

$$T_e = T_1 + T_2 + T_3, \quad (3)$$

де T_1 – період часу, протягом якого особа, яка знаходиться в зоні реалізації небезпеки, усвідомлює факт її наявності та ідентифікує небезпеку; T_2 – період часу, протягом якого особа приймає рішення про необхідність евакуації з небезпечної зони; T_3 – період часу, протягом якого особа визначає напрям евакуації та обирає евакуаційний маршрут.

Табл. 2. Розрахункові показники евакуації для представників різних груп мобільності

Ділянка евакуаційного шляху	Група мобільності	Середня площа горизонтальної проекції людини, f , m^2	Щільність людського потоку, D , m^2/m^2	Швидкість руху, $V_{D,j}$, $m/xв$	Час руху, t_j , $xв$
1 $l = 9,5$ м	M1	0,1	0,011	100	0,095
	M2	0,2	0,021	30	0,32
	M3	0,3	0,032	70	0,14
	M4	0,96	0,101	60	0,16
2 $l = 5$ м	M1	0,1	-	100	0,05
	M2	0,2	-	30	0,17
	M3	0,3	-	70	0,07
	M4	0,96	-	60	0,08
3 $l = 6$ м	M1	0,1	-	100	0,06
	M2	0,2	-	30	0,2
	M3	0,3	-	20	0,3
	M4	0,96	-	115	0,05
4 $l = 4$ м	M1	0,1	-	100	0,04
	M2	0,2	-	30	0,13
	M3	0,3	-	70	0,06
	M4	0,96	-	60	0,07
Загальний час евакуації	M1				0,25
	M2				0,82
	M3				0,57
	M4				0,36

Введемо коефіцієнт експертної оцінки k_i , який враховує ступінь уразливості осіб із інвалідністю на підготовчому періоді, що не пов'язана із мобільністю, у наступному діапазоні $k_i = 1$ (ступінь уразливості мінімальна) до $k_i = 3$ (уразливість максимальна): $0 \leq k_i \leq 3$. Значення коефіцієнту наведено у табл. 3.

Табл. 3. Коефіцієнт уразливості k осіб із інвалідністю залежно від виду обмеження життєдіяльності

Група мобільності	Вид обмеження життєдіяльності	Значення коефіцієнту уразливості k_i на різних етапах підготовчого періоду		
		T_1	T_2	T_3
M1	Особи з порушеннями слуху	2	1	1
M2	Особи з порушенням зору, які використовують тростину для орієнтації в просторі	2	1	2
M2	Особи з психічними відхиленнями	3	3	3

Приймаємо середню тривалість підготовчого періоду перед початком евакуації людини без вад у стані здоров'я, пов'язаних із сприйняттям й обробкою інформації, на рівні 0,6 хв [21]. Тривалість підготовчого періоду із урахуванням коефіцієнту уразливості визначається як:

$$T_e = k_1 T_1 + k_2 T_2 + k_3 T_3. \quad (4)$$

Таким чином, орієнтовна тривалість підготовчого періоду до евакуації для осіб із порушеннями слуху становитиме 0,8 хв. Для осіб із порушенням зору, які використовують тростину для орієнтації в просторі, тривалість підготовчого періоду становитиме 1 хв. Для осіб із психічними розладами цей період може скласти близько 1,8 хв.

Таким чином, згідно із розрахунками часу евакуації представників МГН за матеріалами ДБН [18], найменший час для руху евакуаційним маршрутом витратять представники групи М1, до якої належать особи із інвалідністю, які не мають обмежень в аспекті мобільності, у тому числі особи із порушенням слуху. Найбільшу кількість часу витратять представники групи М2, до якої відносяться особи зі зниженим рівнем мобільності внаслідок старіння організму, особи з інвалідністю на протезах; особи з порушенням зору, які використовують тростину для орієнтації в просторі; особи з психічними відхиленнями.

У той же час при розгляді питання організації безпеки осіб із особливими потребами в умовах надзвичайної ситуації при визначенні часу евакуації у розрахунок необхідно включати передевакуаційний період, оскільки він впливає на загальну тривалість евакуації осіб із інвалідністю, пов'язаною із порушеннями нервово-психічного характеру, що, у свою чергу, має враховуватися відповідними організаційно-планувальними рішеннями громадської будівлі.

У графічному вигляді результати розрахунків, що проведені за даними, наведеними у ДБН [18], та за розширеною методикою, що враховує вплив обмежень життєдіяльності, представлено на рис. 2.

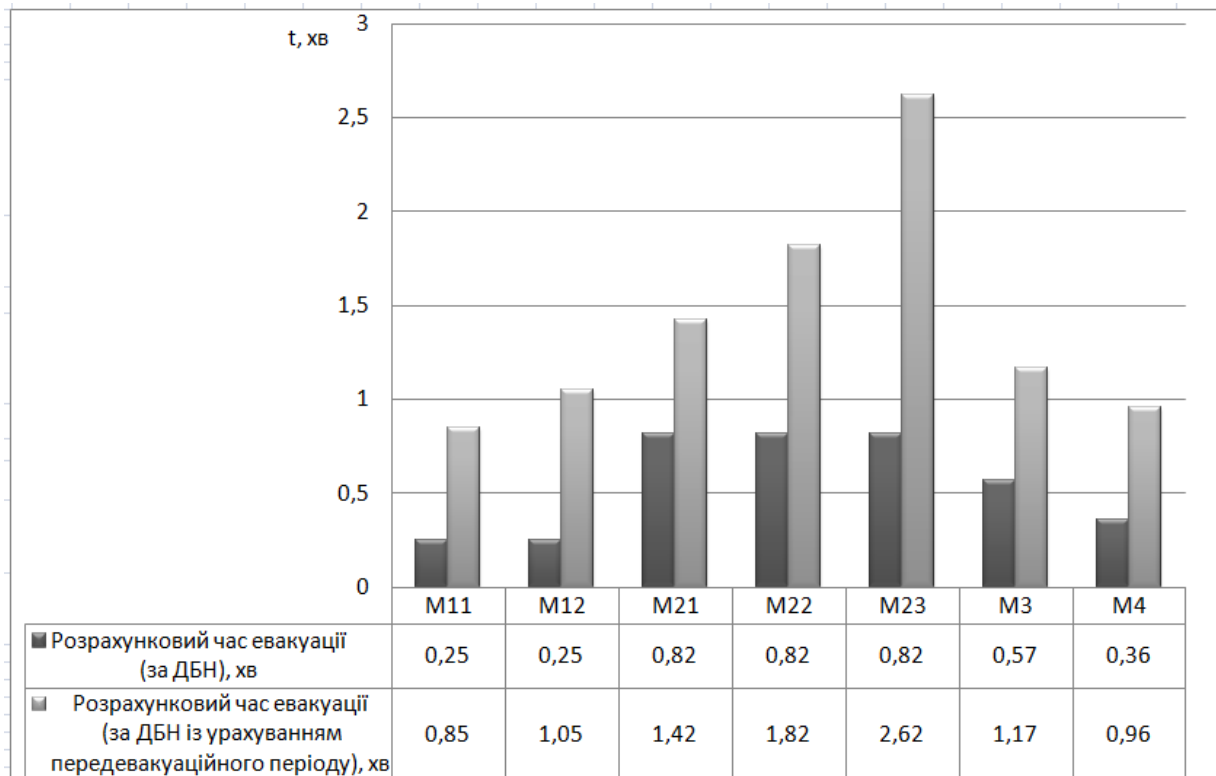


Рис. 2. – Розрахунковий час евакуації осіб з інвалідністю: М11 - особи із інвалідністю, які не мають обмежень в аспекті мобільності; М12 - особи з порушенням слуху; М21 - особи зі зниженим рівнем мобільності внаслідок старіння організму, особи з інвалідністю на протезах; М22 - особи з порушенням зору; М23 - особи з психічними порушеннями; М3 - особи, які під час руху використовують милиці; М4 - особи з інвалідністю, які пересуваються на кріслах колісних, які приводяться в рух вручну

Зважаючи на те, що при врахуванні передевакуаційного періоду усереднені однієї МГН час евакуації для осіб із різними вадами у стані здоров'я може відрізнятися у 1,5 рази (наприклад, М21 та М23), доцільно переглянути принцип, за яким відбувається віднесення особи із інвалідністю до тієї чи іншої МГН.

6. Обговорення результатів досліджень

Аналіз мобільних характеристик людей, які рухаються у потоці при виникненні надзвичайної ситуації, показав, що віднесення осіб із інвалідністю до певної групи мобільності у тому вигляді, як це передбачено державними будівельними нормами, не враховує важливі психофізіологічні аспекти сприйняття інформації, які впливають на час прийняття рішення про евакуацію, а також здатність орієнтуватися у просторі й обирати евакуаційний маршрут. Так, у табл. 1 представлені групи мобільності, зазначені у державних будівельних нормах, у яких евакуаційні показники осіб без обмежень життєдіяльності в аспекті мобільності та осіб із порушенням слуху розглядаються як однакові. Крім того, однаковими вважаються мобільні характеристики осіб похилого віку, людей із порушенням зору, які використовують тростину для орієнтації в просторі, та осіб з психічними відхиленнями. Очевидно, що особи, у яких виявлено рухові, сенсорні чи психічні обмеження, матимуть різний евакуаційний потенціал, що впливає на загальний час евакуації.

Для вивчення можливості врахування відмінностей евакуаційного потенціалу осіб із різними обмеженнями життєдіяльності, що обумовлені інвалідністю, у статті проведено розрахунок часу евакуації з приміщення офісу, евакуаційний шлях з якого складається з горизонтальних ділянок, сходів униз та пандусу (рис. 1). Показники евакуаційних маршрутів для представників різних груп мобільності, що отримано у результаті розрахунку (табл. 2), використано для визначення загального часу евакуації із урахуванням передевакуаційного періоду. Для врахування психофізіологічних обмежень життєдіяльності осіб із інвалідністю у розрахунок введено коефіцієнт уразливості (табл. 3), який враховує вид та ступінь вираженості функціональних змін у стані здоров'я. У результаті проведеного дослідження встановлено, що із урахуванням передевакуаційного періоду час евакуації усередині однієї групи мобільності відрізняється у понад 1,5 рази: час евакуації для представників першої групи мобільності становить 0,85 хв. та 1,05 хв.; другої групи 1,42 хв., 1,82 хв. та 2,62 хв. відповідно (рис. 2). Ці відмінності можуть бути враховані шляхом розширення переліку груп мобільності та врахування підготовчого періоду, що передує безпосередньому руху людини евакуаційним маршрутом.

Коефіцієнт уразливості, який характеризує психофізіологічні особливості осіб із інвалідністю, має бути уточнений окремо для представників різних маломобільних груп населення шляхом проведення відповідних досліджень із урахуванням видів обмежень життєдіяльності та ступеня їх вираженості.

Слід зазначити, що із державних будівельних норм, які розглядаються, не зрозуміло, до якої групи мобільності відносяться вагітні жінки та відвідувачі громадських установ з дитячими колясками, які також належать до маломобільних груп населення, оскільки їх мобільні характеристики не зазначені у матеріалах до розрахунку рівня пожежної безпеки, наведених у стандарті.

7. Висновки

1. Проаналізовано особливості класифікації маломобільних груп населення у аспекті їх мобільних показників. Зазначено, що у чинних державних будівельних нормах, що регламентують інклюзивність будівель і споруд, поділ осіб із інвалід-

ністю на чотири групи мобільності не у повній мірі дозволяє врахувати евакуаційну здатність окремих категорій населення, зокрема осіб із сенсорними, руховими та нервово-психічними обмеженнями, що викликає необхідність перегляду існуючої класифікації та розширення окремих груп залежно від особливостей функціональних змін у стані здоров'я осіб із інвалідністю.

2. Розглянуто особливості практичного застосування параметрів руху маломобільних груп населення, зазначених у державних будівельних нормах, присвячених інклюзивності будівель та споруд. Встановлено, що врахування обмежень життєдіяльності осіб із інвалідністю при визначенні часу евакуації дозволяє диференціювати відвідувачів із різним евакуаційним потенціалом та отримати інформацію, яка є важливою при розробці заходів з безпеки відвідувачів у разі виникнення надзвичайної ситуації, оскільки отриманий час евакуації відрізняється у понад 1,5 рази у рамках однієї маломобільної групи населення. Так, для осіб зі знизеним рівнем мобільності внаслідок старіння організму, осіб з інвалідністю на протезах розрахунковий час евакуації становить 1,42 хв., натомість для осіб, які мають психічні порушення, він може сягати 2,62 хв. На прикладі проведеного дослідження можна зробити висновок, що розрахункові значення параметрів руху маломобільних груп населення, які передбачені державними будівельними нормами, мають охоплювати передевакуаційний період для врахування особливостей фізичного та нервово-психічного стану представників різних маломобільних груп населення. Це викликає необхідність проведення додаткових досліджень у цьому напрямку та доопрацювання відповідної нормативної бази.

Література

1. World report on disability 2011. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data. URL: <http://www.who.int> (дата звернення: 10.01.2020).
2. Інструкція про встановлення груп інвалідності. Наказ Міністерства охорони здоров'я України 05.09.2011 № 561. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/z1295-11> (дата звернення: 12.01.2020).
3. Мітіна Н. Б., Плис М. М., Плис М. М. Евакуаційні заходи як спосіб захисту населення в надзвичайних ситуаціях. Строительство, материаловедение, машиностроение. Серия: Безопасность жизнедеятельности. 2016. № 93. С. 191–196.
4. Heba A. Kurdi, Shiroq Al-Megren, Reham Althunyan, Asma Almulifi. Effect of exit placement on evacuation plans. European Journal of Operational Research. 2018. V. 269. P. 749–759.
5. Jing-jing Li, Hong-ya Zhu. A Risk-based Model of Evacuation Route Optimization under Fire. Procedia Engineering. 2018. V. 211. P. 365–371.
6. Qi-miao, Xie, Jin-hui, Wang, Peng-cheng, Wang, Wei-li, Wang, Yu, Jiao, Jin, Guo. The Optimization for Location of Building Evacuation Exits Considering the Uncertainty of Occupant Density Using Polynomial Chaos Expansion and Genetic Algorithm. Procedia Engineering. 2018. V. 211. P. 818–829.
7. Selain Kasereka, Nathanaël Kasoro, Kyandoghere Kyamakya, Emile-Franc Doungmo Goufo, Abiola, P. Chokki, Maurice, V. Yengo. Agent-Based Modelling and Simulation for evacuation of people from a building in case of fire. Procedia Computer Science. № 2018. V. 130. P. 10–17.
8. Xin. Zhang. Study on rapid evacuation in high-rise buildings. Engineering Science and Technology, an International Journal. 2017. V. 20. P. 1203_1210.
9. Wu Y., Kang J., Wang C. A crowd route choice evacuation model in large in-

door building spaces. *Frontiers of Architectural Research*. 2018. V. 7 (2). P. 135–150.

10. João Carlos Souza, Douglas de Castro Brombilla. Humanitarian logistics principles for emergency evacuation of places with many people. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 2014. V. 162. P. 24–33.

11. Harrie C. M. Vorst. Evacuation Models and Disaster Psychology. *Procedia Engineering*. 2010. V. 3. P. 15–21.

12. Fang Li, Shaokuan, Chen Xiudan, Wang Fu, Feng. Pedestrian Evacuation Modeling and Simulation on Metro Platforms Considering Panic Impacts. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 2014. V. 138. P. 314–322.

13. Selain Kasereka, Nathanaël Kasoro, Kyandoghere Kyamakya, Emile-Franc DOUNGMO GOUFO, Abiola P. Chokki, Maurice V. Yengo. Agent-Based Modelling and Simulation for evacuation of people from a building in case of fire. *Procedia – Computer Science*. 2018. V. 130. P. 10–17.

14. Jing-hong Wang, Wen-yu Yan, You-ran Zhi, Jun-cheng Jiang. Investigation of the panic psychology and behaviors of evacuation crowds in subway emergencies. *Procedia Engineering*. 2019. V. 135. P. 128–137.

15. Hofinger Gesine, Zinke Robert, Künzer Laura. Human factors in evacuation simulation, planning, and guidance. *Transportation Research Procedia*. 2014. V. 2. P. 603–611.

16. Kong-jin Zhu, Qin Shi. Experimental study on choice behavior of pedestrians during building evacuation. *Procedia Engineering*. 2016. V. 135. P. 207–216.

17. Wang Guo-yuan, Wu Fan-yu, Si You-liang, Zeng Qin, Lin Peng. The Study of the Impact of Obstacle on the Efficiency of Evacuation under Different Competitive Conditions. *Procedia Engineering*. 2018. V. 211. P. 699–708.

18. Інклюзивність будівель і споруд: ДБН В.2.2-40:2018. [Чинний від 2019-04-01]. Київ: КІЇВЗНДІЕП, 2018. 64 с.

19. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги: ДБН В.1.1-7:2016. [Чинний від 2017-06-01]. Київ: УкрНДІЦЗ, 2016. 39 с.

20. Khvorost M., Danova K. Assessment of the evacuation capacity of a crowd, including people with disabilities. *Soft Target Protection. Theoretical Basis and Practical Measures*. 2020. С. 183–194.

21. Gutierrez-Milla Albert, Borges Francisco, Suppi Remo, Luque Emilio. Crowd evacuations SaaS: an ABM approach. *Procedia – Computer Science*. 2015. V. 51. P. 473–482.

K. Danova, PhD, Associate Professor, Acting Head of Department

M. Khvorost, DSc, Professor, Professor of the Department

V. Malysheva, PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department

O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, Ukraine

ACCOUNTING OF THE ACTIVITY LIMITATIONS OF PERSONS WITH DISABILITY IN EVACUATION TIME CALCULATION

The article is devoted to the topical issue of organization of evacuation from the public-purpose buildings of representatives of low-mobility population groups, in particular persons with disabilities. Due to the persistent functional changes in health status, persons with disabilities have certain restrictions on movement, orientation in space, etc., which cause particular vulnerability of this category of citizens in case of an emergency. Therefore, life activity limitations must be taken into account at the determining of the time of evacuation and further development of appropriate organizational and planning decisions of public buildings of various purposes. The analysis of the literature showed that the

calculation of the evacuation time of people from the premises should take into account not only the physical, but also the mental and psycho-emotional characteristics of people, since they can significantly affect at the time of evacuation. The article analyzes the method of taking account the features of low-mobility groups of population, which is recommended by the state building standards for use in the evacuation calculations from the premises. The calculation showed that taking into account only the time of movement of persons with disabilities and other low-mobility population groups without a preparatory period does not allow taking into account the peculiarities of the functional status of representatives of individual low-mobility population groups. The current principle of dividing the persons who have difficulties in moving, obtaining the necessary information or orienting into space into the four groups does not sufficiently reproduce the features of process of danger identifying, decision-making on evacuation and choosing the evacuation route, which are for the representatives of one low-mobility group may vary significantly. Therefore, these differences should be taken into account by supplementing the list of mobility groups and taking into account the preparatory period preceding the direct movement of the person within the evacuation route. It will allow developing effective organizational and planning decisions and increasing the safety level of staying the persons with disabilities in public buildings.

Keywords: evacuation, disability, low-mobility population groups

References

1. World report on disability 2011. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data. URL: <http://www.who.int>.
2. Instruktsiia pro vstanovlennia hrup invalidnosti. Nakaz Ministerstva okhorony zdorovia Ukrainy 05.09.2011 N 561. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/z1295-11>
3. Mitina, N.B., Plys, M. M., Plys, M. M. (2016). Evakuatsiini zakhody yak sposib zakhystu naseleattia v nadzvychaynykh sytuatsiakh. Stroytelstvo, materyalovedenye, mashynostroenye. Seryia: Bezopasnost zhyznedeiatelnosti, 93, 191–196.
4. Heba, A. Kurdi, Shiroq, Al-Megren, Reham, Althunyan, Asma, Almulifi. (2018). Effect of exit placement on evacuation plans. European Journal of Operational Research, 269, 749–759.
5. Jing-jing, Li, Hong-ya, Zhu. (2018). A Risk-based Model of Evacuation Route Optimization under Fire. Procedia Engineering, 211, 365–371.
6. Qi-miao, Xie, Jin-hui, Wang, Peng-cheng, Wang, Wei-li, Wang, Yu, Jiao, Jin, Guo. (2018). The Optimization for Location of Building Evacuation Exits Considering the Uncertainty of Occupant Density Using Polynomial Chaos Expansion and Genetic Algorithm. Procedia Engineering, 211, 818–829.
7. Selain, Kasereka, Nathanaël, Kasoro, Kyandoghene, Kyamakya, Emile-Franc Doungmo Goufo, Abiola, P. Chokki, Maurice, V. Yengo. (2018). Agent-Based Modeling and Simulation for evacuation of people from a building in case of fire. Procedia Computer Science, 130, 10–17.
8. Xin. Zhang. (2017). Study on rapid evacuation in high-rise buildings. Engineering Science and Technology, an International Journal, 20, 1203-1210.
9. Wu, Y., Kang, J., Wang C. (2018). A crowd route choice evacuation model in large indoor building spaces. Frontiers of Architectural Research, 7 (2), 135-150.
10. João Carlos Souza, Douglas de Castro Brombilla. (2014). Humanitarian logistics principles for emergency evacuation of places with many people. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 162, 24-33.
11. Harrie, C. M. Vorst. (2010). Evacuation Models and Disaster Psychology. Procedia Engineering, 3, 15-21.
12. Fang, Li, Shaokuan, Chen, Xiudan, Wang, Fu, Feng. (2014). Pedestrian Evacuation Modeling and Simulation on Metro Platforms Considering Panic Impacts. Procedia – Social and Behavioral Sciences, 138, 314–322.

13. Selain, Kasereka, Nathanaël, Kasoro, Kyandoghere, Kyamakya, Emile-Franc, Doungmo Goufo, Abiola, P. Chokki, Maurice V. Yengo. (2018). Agent-Based Modeling and Simulation for evacuation of people from a building in case of fire. *Procedia – Computer Science*, 130, 10–17.

14. Jing-hong, Wanga, Wen-yu, Yan, You-ran, Zhi, Jun-cheng, Jiang. (2016). Investigation of the panic psychology and behaviors of evacuation crowds in subway emergencies. *Procedia Engineering*, 135, 128–137.

15. Hofinger, Gesine, Zinke, Robert, Künzer, Laura. (2014). Human factors in evacuation simulation, planning, and guidance. *Transportation Research Procedia*, 2, 603–611.

16. Kong-jin, Zhu, Qin, Shi. (2016). Experimental study on choice behavior of pedestrians during building evacuation. *Procedia Engineering*, 135, 207–216.

17. Wang, Guo-yuan, Wu, Fan-yu, Si, You-liang, Zeng, Qin, Lin, Peng. (2018). The Study of the Impact of Obstacle on the Efficiency of Evacuation under Different Competitive Conditions. *Procedia Engineering*, 211, 699–708.

18. Inkliuzyvnist budivel i sporud : DBN V.2.2-40:2018. [Chynnyi vid 2019-04-01]. Kyiv: KYIVZNDIEP, 2018, 64.

19. Pozhezhna bezpeka obektiv budivnytstva. Zahalni vymohy: DBN V.1.1-7:2016. [Chynnyi vid 2017-06-01]. Kyiv: UkrNDITsZ, 2016, 39.

20. Khvorost, M., Danova, K. (2020). Assessment of the evacuation capacity of a crowd, including people with disabilities. *Soft Target Protection. Theoretical Basis and Practical Measures*, 183–194.

21. Gutierrez-Milla, Albert, Borges, Francisco, Suppi, Remo, Luque, Emilio. (2015). Crowd evacuations SaaS: an ABM approach. *Procedia – Computer Science*, 51, 473–482.

Надійшла до редколегії: 14.02.2020

Прийнята до друку: 21.02.2020