# КОМУНАЛЬНЕ ГОСПОДАРСТВО МІСТ

3(191)'2025

# КОМУНАЛЬНЕ ГОСПОДАРСТВО МІСТ
# MUNICIPAL ECONOMY OF CITIES

НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЗБІРНИК
СЕРІЯ: ТЕХНІЧНІ НАУКИ ТА АРХІТЕКТУРА

**ТОМ 3 ВИПУСК 191'2025**

*Ідентифікатор медіа у Реєстрі суб'єктів медіа R30-01140 від 10.08.2023 р.*
*Наукове фахове видання категорії «Б» за спеціальностями 121, 122, 123, 124, 125, 126, 131, 132, 133, 191, 192, 193, 194, 261, 263, 273, 274, 275 (наказ МОН України № 1301 від 15.10.2019 р.), 141, 183 (наказ МОН України № 1643 від 28.12.2019 р.)*



## РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

| | |
|---|---|
| БАБАЄВ В.М. | **відповідальний редактор**, д.держ.упр., голова Вченої ради ХНУМГ ім. О.М. Бекетова |
| СУХОНОС М.К. | **відповідальний секретар**, д.т.н., проректор з наукової роботи, ХНУМГ ім. О.М. Бекетова |
| ДЯДІН Д.В. | к.т.н., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова |
| КОГАЛОВСЬКИЙ В. | к.т.н., Інженерний коледж «Самі Шамун», Ізраїль |
| ПЛЮГІН В.Є. | д.т.н., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова |
| ЧУМАЧЕНКО І.В. | д.т.н., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова |
| ШЕВЧЕНКО Р.І. | д.т.н., НУЦЗ України |
| ШМУКЛЕР В.С. | д.т.н., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова |
| ШПАЧУК В.П. | д.т.н., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова |
| АЛЕШ ДІТРИХ | PhD, Технічний університет в Ліберці |

## EDITORIAL BOARD

| | |
|---|---|
| BABAYEV V. | **Editor-in-Chief**, Dr.Sc., Chairman of the Academic Council of the O.M. Beketov NUUE |
| SUKHONOS M. | **Executive Managing Editor**, Dr. Sc., Vice-rector of the O.M. Beketov NUUE |
| DIADIN D. | PhD, O.M. Beketov NUUE |
| KAGALOVSKY V. | PhD, Engineering College "Sami Shamun", Israel |
| PLUGIN V. | Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE |
| CHUMACHENKO I. | Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE |
| SHEVCHENKO R. | Dr.Sc., NUCDU |
| SHMUKLER V. | Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE |
| SHPACHUK V. | Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE |
| ALEŠ DITTRICH | PhD, Technical University of Libere, Czech Republic |

## КООРДИНАЦІЙНА РАДА

| | |
|---|---|
| ШУТЕНКО Л.М. | **голова координаційної ради**, д.т.н., почесний ректор ХНУМГ ім. О.М. Бекетова |
| ГОВОРОВ П.П. | д.т.н., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова |
| ДАЛЕКА В.Х. | д.т.н., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова |
| ДРЕВАЛЬ І.В. | д.арх., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова |
| ДУШКІН С.С. | д.т.н., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова |
| КОНДРАЩЕНКО О.В. | д.т.н., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова |
| МАЛЯРЕНКО В.А. | д.т.н., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова |
| МИХАЙЛИШИН О. Л. | д.арх., НУВГП |
| ОСИЧЕНКО Г.О. | д.арх., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова |
| ТОВБИЧ В.В. | д.арх., КНУБА |
| ФЕЙРУША С.Х. | к.т.н., Університет Салахаддін – Ербіль, Ірак |
| ХАРЧЕНКО В.Ф. | д.т.н., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова |
| ЧЕЧЕЛЬНИЦЬКИЙ С.Г. | д.арх., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова |
| ЧУДНОВСЬКИЙ А. | к.т.н., Гамбурзький університет, Германія |
| ЮРКЕВИЧ І. | к.т.н., Астонський університет, Великобританія |
| ЯНКЕЛЕВИЧ М. | к.т.н., Парсонс, США |

## COORDINATION COUNCIL

| | |
|---|---|
| SHUTENKO L. | **Chairman of the Coordination Council,** Dr.Sc., Honorary Rector of the O.M. Beketov NUUE |
| GOVOROV P. | Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE |
| DALEKA V. | Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE |
| DREVAL I. | Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE |
| DUSHKIN S. | Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE |
| KONDRASHENKO O. | Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE |
| MALYARENKO V. | Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE |
| MYHAYLISHYN O. | Dr.Sc., NUWEE |
| OSYCHENKO G. | Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE |
| TOVBICH V. | Dr.Sc., KNUCA |
| FEIRUSHA S. | PhD, Salahaddin University – Erbil, Iraq |
| HARCHENKO V. | Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE |
| CHECHELNITSKY S. | Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE |
| CHUDNOVSKIY A. | PhD, University of Hamburg, Germany |
| YURKEVICH I. | PhD, Aston University, United Kingdom |
| YANKELEVICH M. | PhD, PARSONS, USA |



**Адреса редакції / Editorial office address:**
61002, м. Харків, вул. Чорноглазівська, 17 / 17, ChornoglazivskaStreet, Kharkiv, 61002
**Тел./tel.:** +38 (057) 707-33-21, **e-mail:** khg@kname.edu.ua



**ISSN (print) 2522 – 1809**
**ISSN (online) 2522 – 1817**

*Затверджений до друку Науково-технічною Радою Харківського національного університету міського господарства імені О.М. Бекетова (протокол № 10 від 26 травня 2025 року)*



© ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2025

*О.Г. Панченко.* Розробка системи контролю за безпекою транспортування радіоактивних матеріалів…….…….. 543

*О.М. Мирошниченко, Ю.П. Ненько, О.М. Землянський, В.Ю. Дендаренко, М.А. Куценко.* Оцінка ефективності системи цивільного захисту з попередження та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій у прикордонних районах України……..…….…… 551

*О.І. Губачов.* Аналіз динаміки та структури виробничого травматизму в Україні (1992-2024 рр) і порівняння з країнами Європейського союзу……... 559

*Д.В. Рєзнік, О.О. Ченчева, Є.Є. Лашко, С.В. Сукач, Д.С. Гаврилець.* Оцінювання рівнів шумового впливу та ризиків у виробничому середовищі навчальних майтерень для підготовки електромонтерів і зварювальників……... 571

*С.Л. Бубон, Т.О. Негрій.* Дослідження параметрів якості повітря приміщень типу open spase підземного розташування…….……... 580

*К.В. Данова, В.В. Малишева, Н.М. Попович, О.Ю. Нікітченко, Л.С. Колибельнікова.* Аналіз вхідних параметрів для моделювання пересування осіб з інвалідністю у контексті забезпечення безпеки персоналу……. 586

***Т Р А Н С П О Р Т***

*А.В. Труфанова.* Дослідження надійності пасажирських вагонів…….…….. 591

*О.В. Фомін, О.В. Бурлуцький, І.І. Кульбовський, Л.А. Веремеєнко.* Моделювання та запобігання корозії в несучих елементах вантажних вагонів……..……..……... 597

*Г. Мигаль, В. Голомисов.* Ергономічний аналіз засобів візуальної комунікації в транспортному середовищі…….……...…… 606

*ОВ. Павленко, Д.О. Музильов, Є.П. Медведєв.* Модель автотранспортного обслуговування замовлень при доставці вантажів повітряним транспортом у міжнародному сполученні……..…...…… 616

*П.Є. Вакуленко, Д.Л. Бурко, К.Є. Вакуленко.* Організація перевезень м'ясної продукції як приклад розвитку холодної логістики в Україні…… 623

*Н.О. Тюрдьо, О.А. Максимюк.* Дослідження взаємозв'язків між професійними особливостями водіїв та рівнем їх теоретичної підготовки……..…….. 630

*О.В. Свічинська, А.В. Резник.* Аналіз поточного стану і перспективи розвитку логістичного ринку України…… 636

*С.Е. Лифенко, Д.П. Понкратов.* Методика оцінювання ефективності функціонування громадського транспорту в умовах сталого розвитку міської транспортної системи…….……. 643

*О.О. Орда, О.М. Орда.* Методика формування раціональної технології перевезень пасажирів міським пасажирським транспортом…….…….. 650

**УДК 614.8:331.41:331.5:004.94** **DOI: 10.33042/2522-1809-2025-3-191-586-590**

**К.В. Данова[1], В.В. Малишева[1], Н.М. Попович[2], О.Ю. Нікітченко [1], Л.С. Колибельнікова[1]**

*[1]Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна*
*[2]Полтавський державний аграрний університет, Україна*

# АНАЛІЗ ВХІДНИХ ПАРАМЕТРІВ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРЕСУВАННЯ ОСІБ З ІНВАЛІДНІСТЮ У КОНТЕКСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ПЕРСОНАЛУ

*У статті проаналізовано вхідні параметри для агентно-орієнтованого моделювання руху осіб з інвалідністю в умовах виробничого середовища за нормального режиму роботи підприємства та у разі виникнення надзвичайної ситуації з подальшим оцінюванням ризику з метою розробки заходів по підвищенню рівня безпеки перебування персоналу з обмеженими можливостями в умовах виробництва.*

***Ключові слова:*** *інвалідність, виробниче середовище, ризик, агентно-орієнтоване моделювання.*

## Постановка проблеми

Проблема зростання чисельності осіб з інвалідністю є важливою для кожної країни. Причинами загального збільшення кількості осіб з обмеженими можливостями у світі є хронічні захворювання, травми як у побуті, так й на виробництві та інші причини. Для України ця проблема є надзвичайно актуальною, адже на тлі високої статистики щодо чисельності осіб з інвалідністю, яка була до війни (близько 2,7 млн. осіб, що становило 6,7 % від загальної чисельності населення [1]), зараз, у зв'язку з війною, спостерігається тенденція до стрімкого зростання кількості осіб з обмеженими можливостями на фоні скорочення чисельності населення. У табл. 1 наведено дані МОЗ щодо чисельності осіб, яким вперше встановлено інвалідність, по роках [2].

Таблиця 1

Розподіл уперше визнаних осіб з інвалідністю

| **Показник** | **2021** | **2022** | **2023** |
|---|---|---|---|
| Чоловіки | 67581 | 90215 | 138105 |
| Жінки | 53468 | 55028 | 92580 |
| Діти до 18 років | 1511 | 16115 | 19048 |
| *Усього* | *122560* | *161358* | *249733* |

Наведені дані переконливо доводять, що відбувається зростання кількості осіб з обмеженими можливостями в Україні: якщо порівнювати 2021 та 2022 роки, чисельність осіб з інвалідністю збільшилася у 1,3 рази, у той же час порівнюючи 2022 та 2023 роки можна побачити, що чисельність зросла у понад 1,5 рази і тенденції до зменшення кількості осіб з обмеженими можливостями наразі немає.

У той же час, на фоні скорочення чисельності населення, зокрема, працездатного віку, проблема забезпечення підприємств трудовими ресурсами суттєво загострюється.

Залучення осіб з інвалідністю на ринок праці є не лише етичним, а й економічно виправданим шляхом вирішення проблеми браку людського ресурсу. Ключовим у цьому є створення безпечного інклюзивного робочого середовища, яке сприятиме збереженню здоров'я персоналу, забезпеченню належного рівня ефективності трудової діяльності та попередженню зростання травматизму та аварійності.

Створення інклюзивного безпечного виробничого середовища може розглядатися у різних аспектах, зокрема: безпека перебування працівника з обмеженими можливостями на території підприємства, у виробничих приміщеннях, при експлуатації виробничого обладнання, у разі виникнення надзвичайної ситуації та ін.

Дослідження кожного з цих напрямів потребує врахування низки факторів, що впливають на ризики, пов'язані з перебуванням особи з інвалідністю в умовах виробництва.

## Аналіз останніх досліджень і публікацій

Активне залучення осіб з інвалідністю до професійної діяльності в умовах реального виробництва потребує врахування їх особливостей при організації безпеки їх перебування на підприємстві. Обмеження життєдіяльності таких осіб підвищують ризик травматизму та інших небажаних наслідків у випадку виникнення травмонебезпечної ситуації чи пожежі.

Дослідження впливу цих особливостей в реальних умовах утруднено, оскільки працівники

 © К.В. Данова, В.В. Малишева, Н.М. Попович, О.Ю. Нікітченко , Л.С. Колибельнікова

можуть мати різні комбінації обмежень життєдіяльності (наприклад, обмеження слуху та пересування) різного ступеня вираженості (помірні, виражені, значні). Враховуючи це, дослідження питань безпеки пересування осіб з інвалідністю доцільно проводити методами моделювання.

Значна кількість публікацій присвячена дослідженню факторів, що впливають на здатність осіб з інвалідністю пересуватися, зокрема, у разі виникнення надзвичайної ситуації.

У статті [3] проаналізовані відмінності між підходами до моделювання поведінки людей, зокрема з інвалідністю, у вітчизняних та закордонних нормативних документах, а також проведений аналіз програмних засобів для моделювання агентів евакуації. Зазначено, що математичні моделі та вхідні дані для виконання розрахунків, що зазначені у ДСТУ 8828:2019 «Пожежна безпека. Загальні положення», є у певній мірі застарілими та не враховують закордонний досвід.

ДБН В.2.2-40:2018 «Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення» [4] містить матеріали для розрахунку індивідуального пожежного ризику для представників маломобільних груп, у тому числі, осіб з інвалідністю, які за їх мобільними якостями руху у потоці віднесені до чотирьох груп мобільності (М1 – М4). Вони включають, зокрема, середнє значення швидкості вільного руху людей по *j*-му виду шляху, значення щільності людського потоку на *j*-му виді шляху, при досягненні якого щільність потоку починає впливати на швидкість руху людей у потоці. З урахуванням того, що розподіл представників маломобільних груп населення на групи є недостатньо обґрунтованим (наприклад, особи з інвалідністю на протезах; особи з інвалідністю з порушенням зору, що користуються білою тростиною; люди з психічними відхиленнями віднесені до однієї групи мобільності М2), використання матеріалів ДБН [4] для аналізування руху осіб з обмеженими можливостями може дати хибні результати. Натомість у закордонних нормативних документах, що стосуються розрахунку часу евакуації, зокрема PD 7974-6:2004 «The application of fire safety engineering principles to fire safety design of buildings —Part 6: Human factors: Life safety strategies — Occupant evacuation, behaviour and condition»; CFPA-E Guideline No 19:2023 F. «Fire safety engineering concerning evacuation from buildings»; ISO TR 16738-2009 «Fire-safety engineering», зазначається більш розширена методологія, що враховує поведінкові аспекти осіб з обмеженими можливостями та може використовуватися для подальшого моделювання.

У статті [5] зазначається, що моделі евакуації дозволяють користувачам аналізувати багато різних сценаріїв, включаючи найскладніші. Дані, доступні в літературі, можуть бути використані як вхідні параметри для моделей евакуації або процесу валідації моделі.

Модель, запропонована у роботі [6], побудована для повсякденних умов пересування осіб з інвалідністю в умовах відкритого простору у контексті оцінювання якості життя. Модель припускає, що показники благополуччя (якості життя) у зв'язку з пішохідним пересуванням містом серед людей з інвалідністю є результатом динамічної взаємодії між станом здоров'я (тобто індивідуальними можливостями), факторами навколишнього середовища (тобто фізичним та соціальним середовищем) та поведінковими реакціями людей. Ця операціоналізація тісно пов'язана з рамковою схемою, запропонованою Міжнародною класифікацією функціонування (МКФ), в якій показники благополуччя людей з інвалідністю є результатом динамічної взаємодії між індивідуальним функціонуванням (фізичним та психологічним) та контекстуальними факторами (фізичним та соціальним середовищем).

Для врахування індивідуальних особливостей осіб з інвалідністю у статті [7] пропонується модифікована модель соціальних сил для моделювання динаміки руху за участю трьох категорій учасників: осіб без інвалідності, осіб, які пересуваються на милицях та осіб, які пересуваються на інвалідних візках. Представлено різні стратегії руху та поведінку кожної групи. Зазначено, що саме врахування індивідуальних особливостей людей з інвалідністю та їх поведінкових стратегій дозволяє отримати важливу інформацію, необхідну у розробці практичних заходів для ефективного управління гетерогенними натовпами людей у контексті забезпечення безпеки.

У статті [8] за допомогою стимулятора Pathfinder проаналізовано безпеку перебування осіб з інвалідністю у багатоповерховій будівлі громадського призначення, адаптованій під особливі потреби. У якості вхідних показників для моделювання обрано осіб з різними обмеженнями життєдіяльності (на інвалідних візках, з обмеженими можливостями пересування, з вадами зору). Також до моделі було введено наступні змінні, які обумовлювали різні сценарії: наявність асистентів евакуації, використання одномісних евакуаційних крісел, використання евакуаційних матраців, використання протипожежних ліфтів (конструкція ліфтів дозволяє використовувати їх під час евакуації у разі пожежі), розташування робочих місць на різних поверхах, розташування робочих місць на різній відстані від безпечних зон. За результатами моделювання зроблено висновок, що евакуація з громадської офісної будівлі особи з

інвалідністю, яка використовує інвалідний візок, може бути складним завданням, тому роботодавцю доцільно спробувати забезпечити організацію робочих місць працівників з обмеженими можливостями в приміщеннях, розташованих на першому поверсі. Розташування робочого місця особи з інвалідністю на першому поверсі будівлі обґрунтовується міркуваннями безпеки. Евакуація повинна відбуватися без використання механічних комунікаційних пристроїв з електроприводом, тобто пасажирських ліфтів та сходових платформ. Використання протипожежних ліфтів дозволяє забезпечити більш ефективну евакуацію, проте такі типи ліфтів встановлюються, здебільшого, у висотних будівлях і використовуються в першу чергу для роботи аварійно-рятувальних підрозділів, що прибувають на місце події.

Можливість використання ліфтів для евакуації осіб з обмеженими можливостями розглянуто у статті [9]. Метою роботи було кількісно визначити фазові етапи евакуації ліфтами для людей з інвалідністю (швидкість, час, параметри руху та вантажопідйомності). Рухи людей контролювалися під час вимірювань, прибуття до ліфта, входу в кабіну та виходу з неї, включаючи виїзд з обмеженої зони. Загалом десять учасників експериментів імітували рух на інвалідному візку та рух з переломом ноги. Вимірювання проводилися на двох ліфтах, де людина евакуювалася самостійно або за допомогою іншої людини. У результаті отримано, що вхід у кабіну для людини на інвалідному візку триває довше, ніж для людини з переломом ноги, але різниця ще більша під час виходу з кабіни, включаючи вихід з обмеженої зони.

Стаття [10] присвячена моделюванню поведінки пішоходів під час евакуації в надзвичайних ситуаціях за допомогою теоретико-ігрових підходів шляхом введення байєсівської рівноваги Неша (BNE) для реалістичного моделювання індивідуальних процесів прийняття рішень та поведінки пішоходів під час екстреної евакуації. Для оцінки впливу BNE на евакуацію пішоходів, для кожного набору пробігів було визначено час евакуації та очікуваний рівень комфорту. Агенти використовують BNE для прогнозування рівня заторів на наступному кроці, а потім уникають найбільших заторів під час свого руху, щоб визначити маршрут евакуації з меншим часом виходу та вищим рівнем комфорту. Замість моделювання вибору виходу, ця модель моделювала рішення пішоходів, використовуючи BNE для кожного часового кроку, що більше відповідає реальній поведінці людей, які уникають місць скупчення під час евакуації з маршрутами, які можуть бути не найкоротшими. Такий підхід є цікавим для подальшого розвитку агентно-орієнтованого моделювання.

Таким чином, моделювання руху осіб з інвалідністю широко використовується для аналізу планувальних рішень та вироблення заходів, спрямованих на попередження травмування осіб з інвалідністю, та залежить від мети дослідження.

## Мета статті

Мета статті – аналізування параметрів вхідних даних, що можуть використовуватися при дослідженні ризиків травматизму шляхом моделювання пересування працівників з інвалідністю.

## Виклад основного матеріалу

Розгляд задачі моделювання руху осіб з інвалідністю доцільно здійснювати за двома основними напрямами: пересування осіб з інвалідністю у процесі виконання трудових завдань та пересування у разі виникнення надзвичайної ситуації. Ці напрями відрізняються поведінковими особливостями персоналу, характеристиками руху та ін. Агентно-орієнтоване моделювання дозволяє дослідити особливості кожного з вищезазначених видів пересувань, і може здійснюватися на базі різних платформ, наприклад, у NetLogo, яка призначена для моделювання природних та соціальних явищ широким колом учасників. При цьому мають бути враховані як індивідуальні фактори, які характеризують особливості працівника з інвалідністю, так і фактори виробничого середовища.

Для подальшої реалізації агентно-орієнтованого моделювання задамося наступними змінними:

1) параметри агента: $M_i \in$ *{"wheelchair","prosthetic-stick", "walking-cane", "vision-impaired","none"}* – агентам присвоюється статус особи, яка пересувається на інвалідному візку; особи з протезом; особи, яка рухається з палицею; особи, яка має обмеження сприйняття зору; яка не має інвалідності тощо; $v_i \in R^+$ – швидкість пересування людини (*i*-го агента), яка залежить від виду та ступеня вираженості обмеження життєдіяльності; віку людини; фізичного стану; $Ti \in N$ – час реагування *i*-го агента на повідомлення;

2) параметри оточуючого середовища: $O_j \in \{0,1\}$ – наявність перепон на шляху руху працівника з інвалідністю (на *j*-му патчі); $W_j \in N$ – ширина проходу, через який здійснюється рух особи з інвалідністю; $\mu_j \in [\mu_{min},\mu_{max}]$ – коефіцієнт, що задає діапазон сил тертя поверхні підлоги, характерних для умов руху (наприклад, слизькі та неслизькі поверхні).

Тоді індивідуальний ризик затримки евакуації

агента *i*, що знаходиться на патчі *j*, визначається як :

$$R_i^{\text{евак}} = \beta_1\left(1-\frac{v}{v_{norm}}\right)+\beta_2\frac{T_i}{T_{max}}+\beta_3\cdot O_j+\beta_4\left(1-\frac{W_j}{W_{norm}}\right)+\beta_5\left(1-\frac{\mu_j}{\mu_{max}}\right) \quad (1)$$

Коефіцієнти ваги $\beta_{1\ldots}\beta_5$ характеризують відносну важливість кожного фактора у загальному показнику ризику та визначаються за результатами експертного оцінювання.

Розглядаючи рух осіб з інвалідністю у контексті звичайної робочої обстановки за відсутності надзвичайної ситуації, доцільно враховувати ризики, пов'язані з уповільненням руху

$$R_i^{work} = 1-\frac{v_i}{v_{norm}} = \frac{t_i - t_{norm}}{t_i}, \quad (2)$$

де $R_i^{work} \in \{0,1\}$ – індивідуальний ризик затримки працівника з інвалідністю у нормальних умовах.

Використання агентно-орієнтованого моделювання для оцінювання ризику перебування осіб з інвалідністю у виробничому середовищі дозволяє виявити пріоритетні шляхи підвищення рівня безпеки для представників уразливих груп працівників.

## Висновки

В умовах стрімкого зростання чисельності осіб з інвалідністю проблема забезпечення їх професійної зайнятості набуває в Україні актуальності з року в рік. Реалізація завдання по створенню інклюзивного виробничого середовища має ґрунтуватися на врахуванні особливостей стану здоров'я працівників, а також ризиках, оцінювання яких має здійснюватися для усіх можливих умов функціонування підприємства. Агентно-орієнтоване моделювання є ефективним для оцінювання ризиків та подальшого забезпечення безпеки цієї категорії працівників. Використання вхідних параметрів та запропонованих підходів до оцінювання ризиків дозволить сформувати інформаційну базу для прийняття управлінських рішень по забезпеченню безпеки персоналу з інвалідністю в умовах виробничого середовища.

### Література


*1. Соціальний захист населення: Статистичний збірник / Держстат України, 2021 https://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2022/zb/07/zb_szn_2021.pdf*

*2. Соціальний захист населення: Статистичний збірник / Держстат України, 2023 https://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2025/zb/02/zb_szn_2023.pdf*

*3. Виноградов С. Аналіз закордонного досвіду щодо розрахунку безпечного часу евакуації / С. Виноградов, С. Шахов, Д. Савельєв, Д. Карпова // Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація», Том 7 № 2 (2023). – С. 29-42 http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/19690*

*4. ДБН В.2.2-40:2018 «Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення»*

*5. Żydek, K., Król, M., & Król, A. (2021). RETRACTED: Evacuation Simulation Focusing on Modeling of Disabled People Movement. Sustainability, 13(4), 2405. https://doi.org/10.3390/su13042405*

*6. Marcheschi, E., Ståhl, A., Almén, M. , Johansson, M. Theoretical Model for Urban Walking Among People With Disabilities. Frontiers in Psychology. Volume 11 - 2020 https://www.frontiersin.org/journals/psychology/articles/10.3389/fpsyg.2020.00156.*

*7. Libi Fu, Huigui Qin, Yangjian He, Yongqian Shi, Application of the social force modelling method to evacuation dynamics involving pedestrians with disabilities, Applied Mathematics and Computation, Volume 460, 2024,128297, https://doi.org/10.1016/j.amc.2023.128297. (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0096300323004666).*

*8. Szykuła-Piec, B., Piec, R., Cisek M., et al. (2023). Modelling evacuation from a public building regarding the safety of employees with disabilities in an emergency. ZN SGSP, 2(88), 179-197. https://doi.org/10.5604/01.3001.0054.1877.*

*9. Szénay, M., & Lopušniak, M. (2020). Movement parameters of persons with disabilities on evacuation by lifts. Collective Dynamics, 5, 181–188. https://doi.org/10.17815/CD.2020.49*

*10. Wang, Yiyu, Ge, Jiaqi and Comber, Alexis (2023) 'An Agent-Based Simulation Model of Pedestrian Evacuation Based on Bayesian Nash Equilibrium' Journal of Artificial Societies and Social Simulation 26 (3) 6 http://jasss.soc.surrey.ac.uk/26/3/6.html. doi: 10.18564/jasss.5037*


### References


*1. Sotsialnyi zakhyst naselennia: Statystychnyi zbirnyk / Derzhstat Ukrainy, 2021 https://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2022/zb/07/zb_szn_2021.pdf*

*2. Sotsialnyi zakhyst naselennia: Statystychnyi zbirnyk / Derzhstat Ukrainy, 2023 https://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2025/zb/02/zb_szn_2023.pdf*

*3. Vynohradov S. Analiz zakordonnoho dosvidu shchodo rozrakhunku bezpechnoho chasu evakuatsii / S. Vynohradov, S. Shakhov, D. Saveliev, D. Karpova // Nadzvychaini sytuatsii: poperedzhennia ta likvidatsiia», Tom 7 № 2 (2023). – C. 29-42 http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/19690*

*4. DBN V.2.2-40:2018 «Inkliuzyvnist budivel i sporud. Osnovni polozhennia»*

*5. Żydek, K., Król, M., & Król, A. (2021). RETRACTED: Evacuation Simulation Focusing on Modeling of Disabled People Movement. Sustainability, 13(4), 2405. https://doi.org/10.3390/su13042405*

*6. Marcheschi, E., Ståhl, A., Almén, M. , Johansson, M. Theoretical Model for Urban Walking Among People With Disabilities. Frontiers in Psychology. Volume 11 - 2020 https://www.frontiersin.org/journals/psychology/articles/10.3389/fpsyg.2020.00156*

*7. Libi Fu, Huigui Qin, Yangjian He, Yongqian Shi, Application of the social force modelling method to evacuation dynamics involving pedestrians with disabilities, Applied Mathematics and Computation,Volume 460, 2024,128297, https://doi.org/10.1016/j.amc.2023.128297. (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0096300323004666).*

*8. Szykuła-Piec, B., Piec, R., Cisek M., et al. (2023).*

*Modelling evacuation from a public building regarding the safety of employees with disabilities in an emergency. ZN SGSP, 2(88), 179-197. https://doi.org/10.5604/01.3001.0054.1877.*
*9. Szénay, M., & Lopušniak, M. (2020). Movement parameters of persons with disabilities on evacuation by lifts. Collective Dynamics, 5, 181–188. https://doi.org/10.17815/CD.2020.49*
*10. Wang, Yiyu, Ge, Jiaqi and Comber, Alexis (2023) 'An Agent-Based Simulation Model of Pedestrian Evacuation Based on Bayesian Nash Equilibrium' Journal of Artificial Societies and Social Simulation 26 (3) 6 http://jasss.soc.surrey.ac.uk/26/3/6.html. doi: 10.18564/jasss.5037*

**Рецензент:** д-р техн. наук, професор В.Ф. Харченко, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна.

**Автор:** ДАНОВА Карина Валеріївна
*кандидат технічних наук, доцент кафедри охорони праці та безпеки життєдіяльності*
*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова*
*E-mail – bgd204@yahoo.com*
*ID ORCID: http://orcid.org/0000-0002-1994-703X*

**Автор:** МАЛИШЕВА Вікторія Валеріївна
*кандидат технічних наук, доцент кафедри охорони праці та безпеки життєдіяльності*
*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова*
*E-mail – vikkttoriyam@yahoo.com*
*ID ORCID: http://orcid.org/0000-0002-5849-8206*

**Автор:** ПОПОВИЧ Наталія Миколаївна
*кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри будівництва та професійної освіти*
*Полтавський державний аграрний університет*
*E-mail – nnpopovych@gmail.com*
*ID ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6450-6332*

**Автор:** НІКІТЧЕНКО Ольга Юріївна
*кандидат технічних наук, доцент кафедри охорони праці та безпеки життєдіяльності*
*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова*
*E-mail – bgd204@yahoo.com*
*ID ORCID: https://orcid.org/0009-0008-0772-3603*

**Автор:** КОЛИБЕЛЬНІКОВА Людмила Степанівна
*старший викладач*
*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова*
*E-mail – lyudmila.kolibelnikova@kname.edu.ua*
*ID ORCID: http://orcid.org/0000-0002-3125-3428*

## ANALYSIS OF INPUT PARAMETERS FOR MODELING THE MOVEMENT OF PERSONS WITH DISABILITIES IN THE CONTEXT OF ENSURING PERSONNEL SAFETY

K.Danova[1], V.Malysheva[1], N.Popovych[2], O. Nikitchenko[1], L.Kolybelnikova[1]
[1]*O.M.Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine*
[2]*Poltava State Agrarian University, Ukraine*

*Involving people with disabilities in the labor market is not only ethical, but also economically justified way to solve the problem of human resource shortage. At the same time, providing workplaces to people with disabilities is associated with increased risks in the context of the safety of employees on the territory of the enterprise both in normal conditions and in the event of an emergency. That is why a special inclusive working environment should be created for representatives of vulnerable groups of employees, which takes into account their special needs. Given the fact that there are many possible combinations of limitations in the life activities of people with disabilities, it is advisable to use agent-oriented modeling to study these features. This approach allows to realistically model the actions of employees with disabilities, taking into account their individual characteristics (speed, reaction, need for assistance, etc.) and interaction with elements of the production environment (obstacles, width of aisles, evacuation routes, etc.). It is advisable to consider the problem of modeling the movement of people with disabilities in two directions: the movement of people with disabilities in the process of performing work tasks in order to analyze the efficiency, convenience and safety of routes in the workplace, identify delays, overloading of passages; and movement for evacuation in the event of an emergency in order to identify critical areas and the risk of blockage. In both cases, it is important to assess the risks, on the basis of which measures to increase the safety level will be developed in the future.*

*The article analyzes the input parameters for agent-oriented modeling of the movement of people with disabilities in the conditions of the production environment during the normal operation of the enterprise and in the event of an emergency in order to develop measures to increase the safety level of personnel with disabilities in production. It is proposed to divide the parameters into two groups: parameters that characterize the features of a person's disability (agent parameters) and environmental parameters that affect the ability of a disabled employee to move around production premises and affect the effectiveness of his activities under the conditions of the normal operation of the enterprise and in the event of an emergency. For the selected parameters, formulas for risk assessment are proposed, which will allow forming an information base for further making management decisions to increase the safety level of employees with disabilities.*

***Keywords:*** *agent-based modeling, personnel, production environment, safety, risk.*