

С.М. Грибенюк

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

## ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМ БЕЗПЕКИ ПІШОХОДІВ У МІСЬКІЙ ІНФРАСТРУКТУРІ ХАРКІВА

У статті розглянуто проблеми безпеки пішоходів у Харкові та впровадження сучасних систем захисту на прикладі системи RS PSS. Запропоновано нові рішення для підвищення безпеки на дорогах з інтенсивним рухом, а також проаналізовано сучасні підходи до облаштування пішохідних зон.

**Ключові слова:** безпека пішоходів, системи безпеки пішоходів, острівці безпеки, болард, рефюдж.

### Постановка проблеми

Зростання інтенсивності транспортного руху в містах, а також підвищені вимоги до безпеки пішоходів на дорогах створюють серйозні виклики для систем безпеки пішоходів (далі – СБП). Традиційні конструкції пішохідних зон і острівців безпеки часто не забезпечують належний рівень захисту, особливо в умовах високої інтенсивності руху та на перехрестях з великим потоком транспортних засобів. Ситуація ускладнюється зростанням кількості ДТП, які виникають поблизу пішохідних переходів, що створює підвищену небезпеку для пішоходів.

У період з 2018 по 2024 роки, на основі статис-

тичних даних про дорожньо-транспортні пригоди (ДТП), наданих Департаментом будівництва та шляхового господарства, було проведено детальний аналіз місць найбільшої концентрації аварій у місті Харків. Особливу увагу приділено основним магістралям, перехрестям і пішохідним переходам, де зафіксовано найбільшу кількість інцидентів. Зібрані дані систематизовано та розподілено за категоріями ДТП і місцями їх виникнення. Порівняння показників за роками виявило тенденції змін кількості аварій залежно від конкретних ділянок міста. На основі цього аналізу було створено карту ДТП (рис. 1) та визначено пріоритетні місця для впровадження систем безпеки пішоходів.



Рис. 1. Карта м. Харків з нанесеними місцями концентрації ДТП та їх кількістю

## Аналіз останніх досліджень і публікацій

У роботі [1] проаналізовано сучасні підходи та світовий досвід використання болардів для забезпечення безпеки пішоходів. Розглядаються різні типи болардів, їхні технічні характеристики, способи встановлення, а також ефективність їхнього застосування у поєднанні з іншими технологіями безпеки. У статті [2] проаналізовано наявні рішення облаштування островців безпеки та виявлено їхні недоліки. Запропоновано нову систему безпеки пішоходів RS PSS, яка спрямована на усунення цих недоліків. Наведено опис конструктивних рішень системи та проведено аналіз її напружено-деформованого стану.

Одним з видів захисних болардів є ландшафтні системи, як-от валуни. Природні матеріали добре вписуються в навколишнє середовище та можуть виконувати функцію декору. У роботах [3–5] досліджується ефективність використання природних матеріалів – валунів, які закріплено за допомогою залізобетону або крупнозернистого щебеню.

## Мета статті

Метою статті є виявлення закономірностей у розподілі дорожньо-транспортних пригод у місті Харків у період з 2018 по 2024 роки, визначення місць найбільшої концентрації аварій та аналіз змін у їхній кількості протягом цього часу. На основі зібраних даних ставиться завдання розробити рекомендації

для впровадження ефективних заходів з підвищення безпеки дорожнього руху, зокрема в пріоритетних зонах, що потребують особливої уваги для захисту пішоходів. Крім того, метою є розробка, будівництво та встановлення систем безпеки пішоходів у найбільш небезпечних ділянках дорожньої мережі міста.

## Виклад основного матеріалу

Як зазначено в роботі [2], конструкція системи безпеки пішоходів RS PSS у загальному випадку складається з таких збірних елементів: двох островців безпеки (рефюджів) та пішохідної плити, розташованої між ними. Виготовлення кожного з цих елементів здійснюється у заводських умовах відповідно до вимог технічних умов ТУ У 23.6-41049388-019:2021 «Елементи захисні RS REF дорожньої інфраструктури» та чинних нормативних документів: ДСТУ Б В.2.6-120:2010 «Конструкції будинків і споруд. Плити залізобетонні для покриття міських доріг. Технічні умови», ДБН В.2.6-98:2009 «Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення», ДСТУ В.2.6-2:2009 «Конструкції будинків і споруд. Вироби бетонні і залізобетонні. Загальні технічні умови». Загальний вигляд запропонованої конструкції показано на рис. 2. Крім того, у процесі проектування і виготовлення враховуються особливості дорожніх умов та можливі зміни в інтенсивності пішохідного руху, що дозволяє адаптувати систему для різних типів міських магістралей.

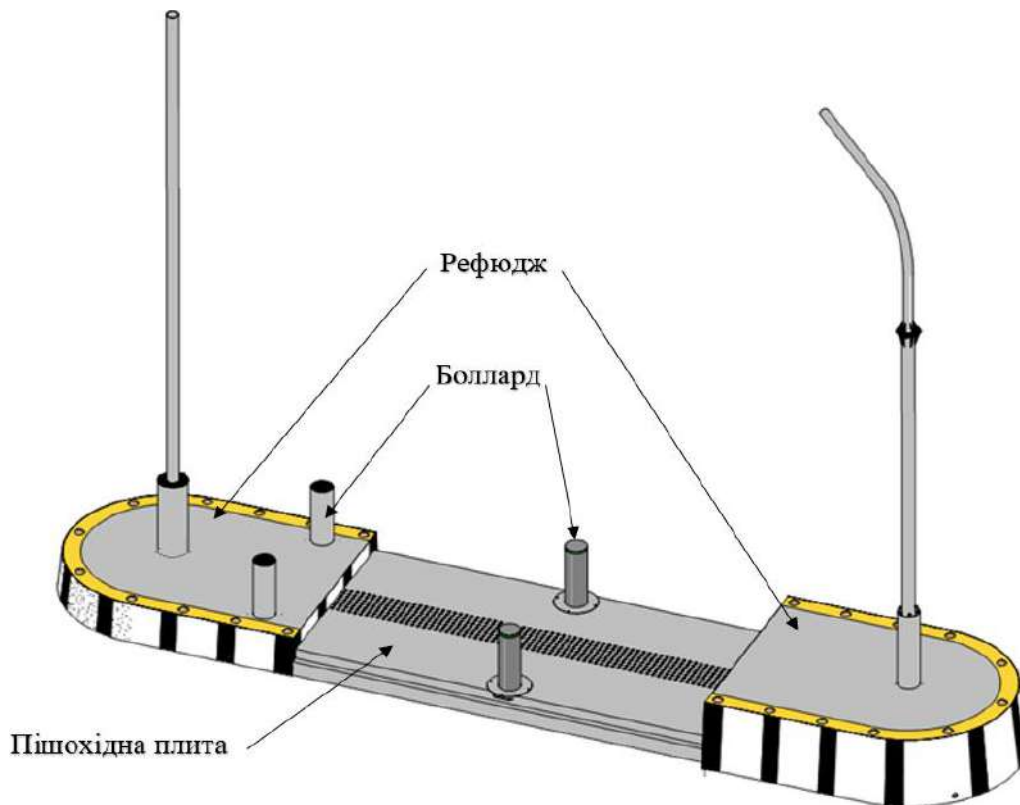


Рис. 2. Загальний вигляд системи безпеки пішоходів RS PSS

Оскільки розміри рефюджів можуть змінюватись залежно від особливостей кожної ділянки, розглянемо процес виготовлення та монтажу на прикладі СБП, що складається з двох рефюджів та пішохідної плити.

Технологія виготовлення СБП включає декілька основних етапів:

1. Підготовка форм для виготовлення збірних залізобетонних елементів. Забезпечується очищення та змащення форм для полегшення виймання готових виробів після затвердіння бетону.

2. Підготовка закладних деталей. Виготовляються та встановлюються всі необхідні закладні елементи, які забезпечать надійне кріплення і довговічність конструкції.

3. Армування. У форми встановлюється арматурний каркас, що відповідає технічним умовам і забезпечує міцність та стійкість збірних елементів.

4. Бетонування. Заливається бетонна суміш у

підготовлені форми з армованими каркасами, ретельно ущільнюється для усунення повітряних порожнин.

5. Набрання міцності. Після заливки бетон проходить процес затвердіння, що включає контроль за умовами витримки (вологість, температура) для забезпечення необхідної міцності.

6. Виймання з форм та обробка. Після досягнення бетоном певної міцності елементи виймаються з форм, очищаються та за необхідності проходять додаткову обробку (шліфування, зняття гострих кутів тощо).

7. Контроль якості. Перевірка готових елементів на відповідність технічним умовам і нормативним документам, включно із перевіркою розмірів, якості бетонної поверхні та міцності.

Після завершення основних етапів виконують нанесення фарбового та захисного покриттів, а також клеювання світловідбивних вставок ВРД. Готову конструкцію показано на рис. 3.



Рис. 3. Виріб, готовий до установки

Процес установки готової конструкції включає кілька етапів: підготовку ділянки, монтаж елементів конструкції та благоустрій майданчика. Вибір типу елементів здійснюється з урахуванням особливостей і умов експлуатації на визначеній ділянці дороги. Перед початком будівництва необхідно отримати дозволи на роботи, узгодити проект з місцевими органами та патрульною поліцією, а також організувати

тимчасові заходи для забезпечення безпеки руху.

Підготовчі роботи передбачають очищення майданчика, проведення геодезичних вимірювань та розмітку території. Далі виконують роботи з облаштування будмайданчика: встановлення споруд, організацію складських зон, геодезичні роботи та підготовку будівельної техніки. На цьому етапі також проводяться демонтажні роботи, серед яких нарізка

щілин в асфальті, розбирання наявних конструкцій за допомогою швонарізувача, гідромолота та іншого обладнання. Всі роботи виконуються відповідно до норм безпеки і вимог охорони праці згідно з ДБН А.3.2-2-2009 «Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення» (НПАОП 45.2-7.02-12).

На прикладі встановлення СБП у 2021 році за адресою просп. Людвіга Свободи, 37 розглянемо процес реконструкції наявного острівця безпеки.

На місці встановлення нової системи безпеки раніше розташовувався острівець безпеки – бетонна конструкція висотою 15–20 см над дорожнім полотном, окантована бордюром каменем і розмічена. На острівці були встановлені два дорожні знаки (5.35.1 та 5.35.2) та великий рекламний щит, що погіршував видимість для водіїв і знижував безпеку пішоходів (рис. 4). Відсутність болардів і недостатня висота конструкції не забезпечували належний рівень безпеки, що вимагало пошуку кращих рішень. Під час підготовчих робіт щит було демонтовано, а розмітку для нової системи безпеки нанесено.



Рис. 4. Конструкція наявного острівця безпеки за адресою просп. Людвіга Свободи, 37

Для виконання робіт використовується ручний швонарізувач (рис. 5) і мініекскаватор з навісним обладнанням – гідромолотом (рис. 6) і ковшем.



Рис. 5. Прорізання асфальтового покриття дороги



Рис. 6. Демонтаж наявного острівця безпеки екскаватором

Спочатку робітник, згідно з наміченою розміткою, прорізає асфальт, а потім гідромолотом на базі екскаватора руйнується асфальтове покриття і демонтуються наявні конструкції острівців безпеки, якщо вони були встановлені раніше. Для демонтажу також допускається використання ручного відбійного молотка.

Механізовану розробку котловану проводять екскаватором, а остаточне доведення ґрунту до проектних відміток здійснюють вручну. Згідно з технічними завданнями, відстань для вивезення будівельного сміття, зворотних матеріалів після демонтажу, а також зайвого ґрунту становить до 30 км. Перевезення ґрунту виконується автосамоскидами. Схему виконання земляних робіт зображено на рис. 7.

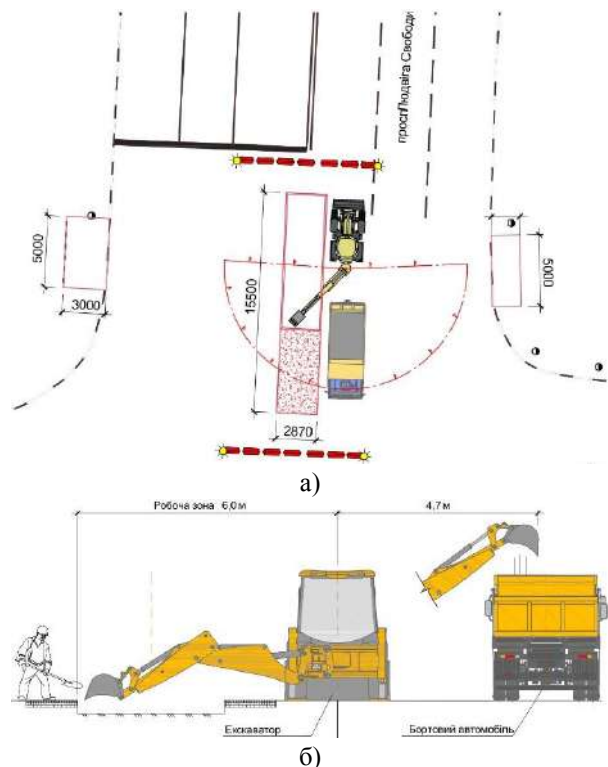


Рис. 7. Схема розробки ґрунту: а) вид зверху; б) вид збоку

Усі земляні роботи повинні виконуватися відповідно до ДБН А.3.2-2-2009 «Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення» (НПАОП 45.2-7.02-12), ДБН В.2.1-10:2018 «Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення» та ПВР.

Після влаштування котловану до проектних відміток проводять планування і ущільнення ґрунту дна за допомогою ручної вібротрамбовки. У разі дощу насичений водою ґрунт замінюється щебенем фракції 25–60 мм, який ущільнюється. Потім укладаються електрокабелі для підключення світлофора в захисних трубах. На ущільнений ґрунт насипають щебінь фракції 20–40 мм, який також ущільнюється. Основу доводять до відмітки (–0,200 м) дрібним щебенем або піском.

Далі на бортовому автомобілі підвозять готові вироби – рефюджи та пішохідну плиту, які монтується на проєктне місце автокраном. Організаційно-технологічна схема монтажу залізобетонних елементів показано на рис. 8. Вертикальні канали між блоками заповнюють бетонною сумішшю класу С8/10, а шви промащують розчином М100.

Після монтажу залізобетонних конструкцій встановлюють стійки світлофора, використовуючи телескопічні вишки. Завершальним етапом є бетонування та відновлення асфальтового покриття навколо конструкції. Поетапний монтаж СБП наведено на рис. 9.

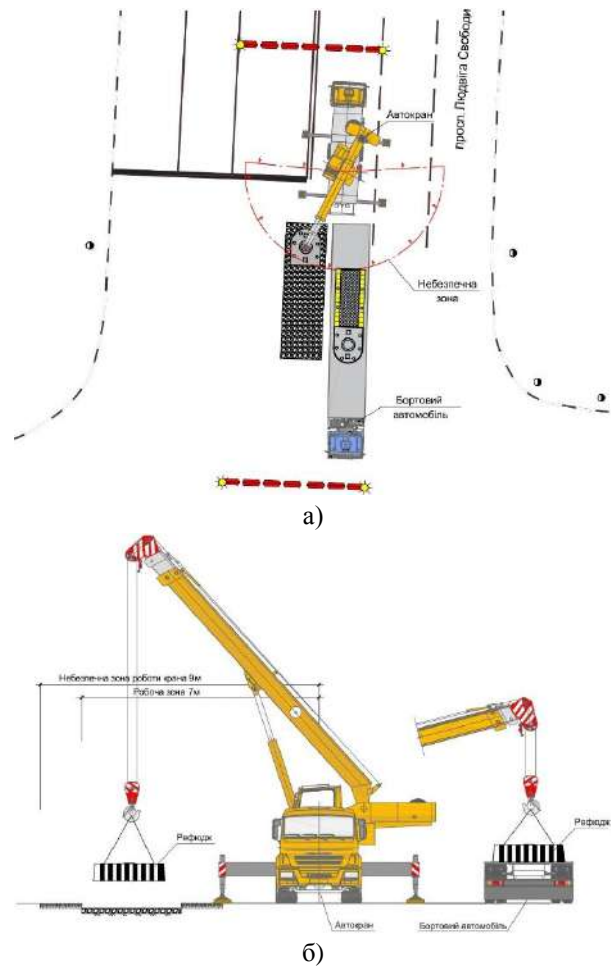


Рис. 8. Організаційно-технологічна схема монтажних робіт: а) вид зверху; б) вид збоку

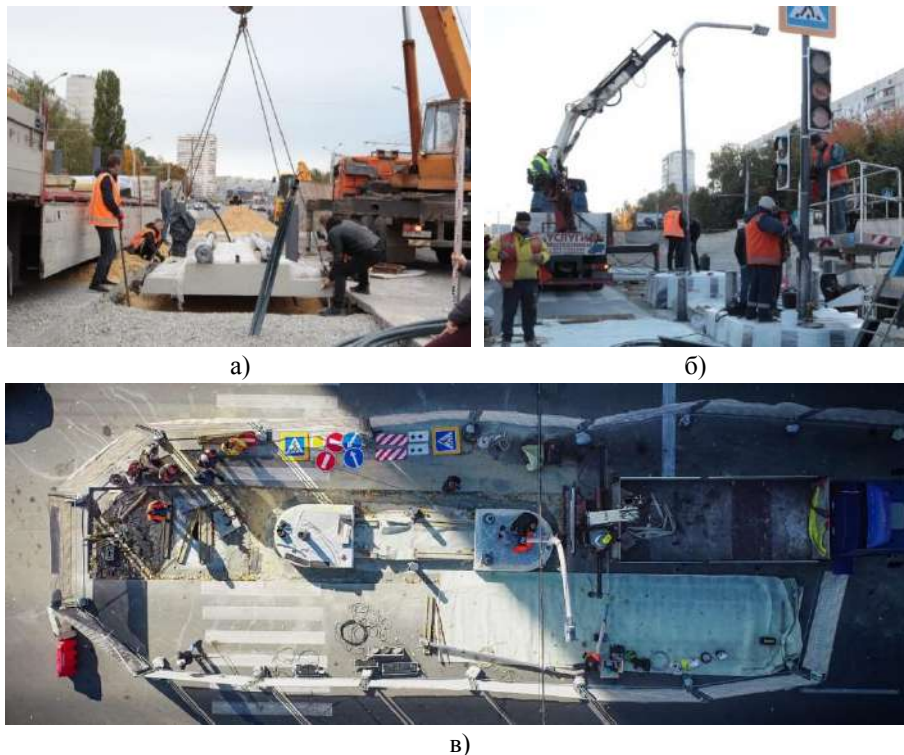


Рис. 9. Поетапний монтаж СБП: а) монтаж пішохідної плити; б) монтаж рефюджів; в) монтаж світлофорних стійок

## Висновки і перспективи подальших досліджень

На момент написання статті конструкція системи безпеки пішоходів (СБП) на проспекті Людвіга Свободи, 37 функціонувала майже три роки. За цей час система продемонструвала високу зносостійкість своїх елементів та ефективність у зниженні аварійності на дорогах. Зокрема, за даними Департаменту будівництва та шляхового господарства Харківської міської ради, кількість ДТП на цьому перехресті скоротилася до 4 випадків за період 2022–2024 рр., порівняно з 21 випадком у 2018–2021 рр. Це свідчить про значне підвищення безпеки для пішоходів та

водіїв завдяки впровадженню нової системи.

Отримані результати випробувань і аналізу системи стали основою для рішення про її масове впровадження на інших вулицях міста Харкова. На поточний момент на 15 із 52 перспективних місць встановлення СБП, визначених у першому розділі дослідження, вже було впроваджено різні модифікації обговорюваних конструкцій. Карту встановлених СБП наведено на рис. 10. Незважаючи на складні умови, в яких зараз перебуває Харків, продовжується активне впровадження цих систем, що свідчить про їхню важливість та ефективність для підвищення безпеки міської інфраструктури.

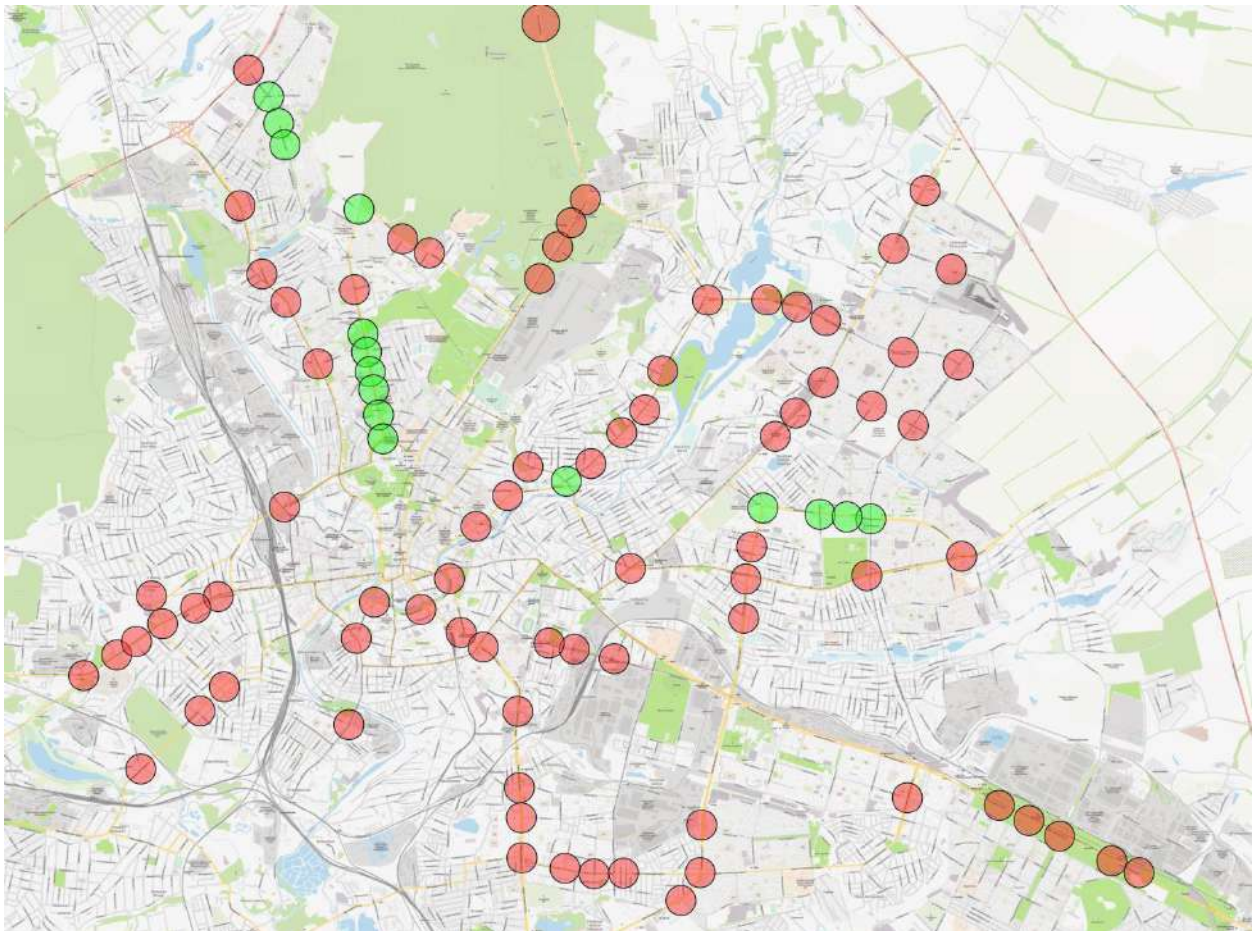


Рис. 10. Місця встановлення пропонованих СБП (червоним позначено перспективні місця, зеленим – вже встановлені)

Міжнародний досвід свідчить про ефективність використання болардів для захисту вразливих зон міської інфраструктури, серед яких дитячі майданчики, автобусні зупинки та об'єкти критичної інфраструктури, зокрема газорозподільні мережі [6, 7]. Розробка та впровадження модульних систем болардів, здатних зупиняти транспортні засоби масою до 18 000 кг при швидкості до 50 км/год, підтверджує їхню ефективність у підвищенні безпеки [8]. Використання програмного забезпечення LS-DYNA та

відповідність міжнародним стандартам, зокрема PAS 68:2013, демонструють інноваційний підхід до оцінки безпеки [9]. Однак для зменшення витрат і спрощення процесу встановлення система потребує подальшої оптимізації [10].

У перспективі подальші дослідження можуть бути спрямовані на вдосконалення конструктивних елементів СБП, зокрема різних типів стримувальних бар'єрів та болардів, з метою підвищення їхньої ефективності у захисті пішоходів і водіїв. Оптимізація

та раціоналізація конструкцій дозволяють адаптувати систему до умов різної інтенсивності руху та специфіки міських магістралей.

Також важливо враховувати міжнародний досвід у галузі безпеки пішоходів, інтегруючи фізичні бар'єри з новітніми технологічними рішеннями, як от інтелектуальні системи моніторингу руху, автоматизовані світлофори та інші інновації. Такий комплексний підхід допоможе суттєво знизити ризики на дорогах, зробивши пересування для пішоходів та водіїв більш безпечним.

Для досягнення максимальних результатів рекомендується постійно проводити аудит ефективності впроваджених СБП, оновлювати підходи до моніторингу аварійності та використовувати зворотний зв'язок від місцевих жителів та спеціалістів. Це дозволить не лише покращувати поточні рішення, а й забезпечити постійний розвиток і вдосконалення інфраструктури безпеки на дорогах.

### Література

1. Д.С. Захаров, С.М. Грибенюк. Аналіз сучасних підходів та світового досвіду з використання систем безпеки пішоходів. Український журнал будівництва та архітектури, 2023, вип. 6 (018). С.62-68 <https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.261223.62.1007>
2. О. О. Калмиков, Д. С. Захаров, С. М. Грибенюк, Д. А. Алатаєв. Система безпеки пішоходів RS PSS. Збірник наукових праць УкрДУЗТ, 2022, вип. 202. С. 117-131. <https://doi.org/10.18664/1994-7852.202.2022.273667>
3. Reese L, Qiu T, Linzell D, O'Hare E, Rado Z. Field Tests and Numerical Modeling of Vehicle Impacts on a Boulder Embedded in Compacted Fill. *International Journal of Protective Structures*. 2014;5(4):435-451.
4. Zhou Y, Reese L, Qiu T, Rado Z. Field test and numerical modeling of vehicle impact on a boulder with impact-induced fractures. *International Journal of Protective Structures*. 2016;7(1):3-17. doi:10.1177/2041419615622725
5. O'Hare, E., Linzell, D., Brennan, S., & Rado, Z. (2012). Development of shallow foundation streetscape vehicular anti-ram (SVAR) systems through modeling and testing. *Proc 83rd Shock and Vibr.*
6. Ibrahim Yumrutas H., Yurdabal Apak M. CRASHWORTHINESS OF THE BOLLARD SYSTEM BY EXPERIMENTALLY VALIDATED VIRTUAL TEST. *Engineering Failure Analysis*. 2023. С. 107167. URL: <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2023.107167>
7. A novel modular shallow mounted bollard system design and finite element performance analysis in ensuring urban roadside safety / M. Y. Apak та ін. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*. 2022. С. 095440702211255. URL: <https://doi.org/10.1177/09544070221125534>
8. Finite element simulation and failure analysis of fixed bollard system according to the PAS 68:2013 standard / M. Y. Apak та ін. *Engineering Failure Analysis*. 2022. Т. 135. С. 106151. URL: <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2022.106151>
9. Yumrutas H. İ., Othman Ali Z. Experimental performance evaluation of an innovative hybrid barrier system filled with waste materials. *Construction and Building Materials*. 2022.

T. 316. C. 125231. URL: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125231>  
10. B.J.M. Shapiro, I.C. Consultants, *Vehicle Impact Bollards No Longer Required for Cylinder Storage and Exchange Cabinets (n.d.)*.

### References

1. D.S. Zakharov, S.M. Hrybenyuk. Analysis of modern approaches and world experience in the use of pedestrian safety systems. No. 6 (018) (2023): *Ukrainian Journal of Civil Engineering and Architecture* pp. 62-68 <https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.261223.62.1007>
2. O.O. Kalmykov, D.S. Zakharov, S.M. Hrybenyuk, D. Alataiev. Pedestrian safety system RS PSS. No. 202 (2022): *Collection of scientific works of the Ukrainian state university of railway transport* pp 117-131. <https://doi.org/10.18664/1994-7852.202.2022.273667>
3. Reese L, Qiu T, Linzell D, O'Hare E, Rado Z. Field Tests and Numerical Modeling of Vehicle Impacts on a Boulder Embedded in Compacted Fill. *International Journal of Protective Structures*. 2014;5(4):435-451.
4. Zhou Y, Reese L, Qiu T, Rado Z. Field test and numerical modeling of vehicle impact on a boulder with impact-induced fractures. *International Journal of Protective Structures*. 2016;7(1):3-17. doi:10.1177/2041419615622725
5. O'Hare, E., Linzell, D., Brennan, S., & Rado, Z. (2012). Development of shallow foundation streetscape vehicular anti-ram (SVAR) systems through modeling and testing. *Proc 83rd Shock and Vibr.*
6. Ibrahim Yumrutas H., Yurdabal Apak M. CRASHWORTHINESS OF THE BOLLARD SYSTEM BY EXPERIMENTALLY VALIDATED VIRTUAL TEST. *Engineering Failure Analysis*. 2023. С. 107167. URL: <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2023.107167>
7. A novel modular shallow mounted bollard system design and finite element performance analysis in ensuring urban roadside safety / M. Y. Apak та ін. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*. 2022. С. 095440702211255. URL: <https://doi.org/10.1177/09544070221125534>
8. Finite element simulation and failure analysis of fixed bollard system according to the PAS 68:2013 standard / M. Y. Apak та ін. *Engineering Failure Analysis*. 2022. Т. 135. С. 106151. URL: <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2022.106151>
9. Yumrutas H. İ., Othman Ali Z. Experimental performance evaluation of an innovative hybrid barrier system filled with waste materials. *Construction and Building Materials*. 2022. Т. 316. С. 125231. URL: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125231>
10. B.J.M. Shapiro, I.C. Consultants, *Vehicle Impact Bollards No Longer Required for Cylinder Storage and Exchange Cabinets (n.d.)*.

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

**Автор:** ГРИБЕНЮК Сергій Миколайович  
аспірант  
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова  
E-mail – [gribenuks@gmail.com](mailto:gribenuks@gmail.com)  
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9699-9116>

## **IMPLEMENTATION OF PEDESTRIAN SAFETY SYSTEMS IN THE URBAN INFRASTRUCTURE OF KHARKIV**

S. Hrybeniuk

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

*The article focuses on pedestrian safety issues within the urban infrastructure of Kharkiv City in Ukraine and the implementation of modern protection systems on roads. It examines approaches to organising pedestrian zones and safety islands, with particular emphasis on the RS PSS system, designed to enhance pedestrian safety on roads with high traffic intensity.*

*Significant attention goes to the growing number of road traffic accidents (RTAs) at pedestrian crossings and main city highways. From 2018 to 2024, an analysis of accident hotspots took place based on statistical data. This analysis led to the creation of a map of RTAs, which helped identify the most dangerous areas for pedestrians and determine the priority locations for safety measures.*

*One of the proposed solutions discussed is using bollards – protective posts that prevent vehicles from entering pedestrian areas. The article analyses the effectiveness of bollards in combination with other safety measures, such as safety islands and traffic management systems. In addition to bollards, landscape solutions that protect pedestrians and blend into the urban environment are also mentioned.*

*The main focus is on the RS PSS system, which consists of pedestrian slabs and safety islands manufactured using specialised technology. The system has been tested in various locations throughout the city and has demonstrated a significant reduction in RTAs after its implementation.*

*The article illustrates the process of installing the system using the example of the reconstruction of a safety island on Liudviha Svobody Avenue. The use of modern equipment and technology ensured the rapid and efficient completion of the project. According to official data, the number of RTAs in this area decreased from 21 to 4 after completing the project.*

*In conclusion, the implementation of new safety systems has had a positive impact on reducing accidents and improving pedestrian protection. There is also a noted need for further development and advancement of such systems and the integration of advanced technologies to enhance urban infrastructure.*

**Keywords:** *pedestrian safety, pedestrian safety systems, safety islands, bollard, refuge.*