

УДК 625.748.32

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.261223.62.1007

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ ТА СВІТОВОГО ДОСВІДУ З ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ БЕЗПЕКИ ПІШОХОДІВ

ЗАХАРОВ Д. С.¹, канд. техн. наук, докторант
ГРИБЕНЮК С. М.^{2*}, асп.

¹ Кафедра підприємництва та бізнес-адміністрування, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, вул. Маршала Бажанова, 17, 61002, Харків, Україна, тел. +38 (050) 317-77-37, e-mail: zakharov.denys.mail@gmail.com, ORCID ID: 0009-0006-5751-6771

^{2*} Кафедра будівельних конструкцій, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, вул. Маршала Бажанова, 17, 61002, Харків, Україна, тел. +38 (099) 030-16-63, e-mail: gribenuks@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-9699-9116

Анотація. Постановка проблеми. Зростання автомобільного руху та недостатня безпека пішоходів – актуальна проблема. Особливо гостро стоїть проблема наїздів авто на пішоходів та терористичних актів із задіянням транспорту. Зазначається необхідність негайного вирішення цих проблем і залучення уваги громадськості. **Мета статті** – систематичний аналіз світового досвіду використання болардів для підвищення безпеки пішоходів. Розглядаються типи болардів, їх характеристики та ефективність у різних дорожніх умовах. Стаття ставить за мету виділення ключових висновків і вказівку на напрямки подальших досліджень та вдосконалення систем безпеки на основі болардів. **Основна частина.** Виконано аналіз різних світових підходів до використання болардів у пішохідних зонах, на пішохідних переходах та в інших небезпечних дорожніх ситуаціях. Додатково досліджується ефективність застосування болардів у поєднанні з іншими технологіями безпеки дорожнього руху. Проведено аналіз та порівняння світових аналогів та вітчизняних систем безпеки. **Висновок.** Ця стаття допомагає зрозуміти переваги та обмеження використання болардів для захисту пішоходів, а також надає практичні рекомендації для їх ефективного впровадження з метою підвищення безпеки на дорогах. Вони ефективно використовуються для захисту об'єктів та зон, пропонуючи різноманітні рішення. Реф'юджі RS REF від РС ІНЖЕНЕРІНГ вирізняються системним підходом до розроблення болардів, що дозволяє їх використовувати в різних місцях. Система потребує додаткових досліджень, але обіцяє ефективні рішення для різних потреб.

Ключові слова: болард; реф'юдж; система безпеки пішоходів; захист пішоходів

ANALYSIS OF MODERN APPROACHES AND WORLD EXPERIENCE IN THE USE OF PEDESTRIAN SAFETY SYSTEMS

ZAKHAROV D.S.¹, *Cand. Sc. (Tech.), Doctoral Stud.*,
HRYBENYUK S.M.^{2*}, *Postgrad. Stud.*

¹ Candidate of Technical Sciences, O.M.Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, 17, Marshal Bazhanov St., Kharkiv, 61002, Ukraine, tel. +38 (050) 317-77-37, e-mail: zakharov.denys.mail@gmail.com, ORCID ID: 0009-0006-5751-6771

^{2*} Department of Building Structures, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, 17, Marshal Bazhanov St., Kharkiv, 61002, Ukraine, tel. +38 (099) 030-16-63, e-mail: gribenuks@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-9699-9116

Abstract. Problem statement. The growth of automobile traffic and insufficient pedestrian safety is an urgent problem. Particularly acute is the problem of pedestrian collisions and terrorist acts involving transport. The author emphasizes the need to immediately address these issues and attract public attention. The purpose of the article is to systematically analyze the world experience of using bollards to improve pedestrian safety. The types of bollards, their characteristics and effectiveness in different road conditions are considered. The article aims to highlight the key findings and indicate the directions for further research and improvement of bollard-based safety systems. The main part. The article analyzes various global approaches to the use of bollards in pedestrian zones, pedestrian crossings and other dangerous road situations. Additionally, the effectiveness of bollards in combination with other road safety technologies is investigated. The analysis and comparison of world analogues and domestic safety systems is carried out. Conclusion. This article helps to understand the benefits and limitations of using bollards for pedestrian protection, and provides practical recommendations for their effective implementation to improve road safety. They are effectively used to protect objects and areas, offering a variety of solutions. RS REF refuges from RS ENGINEERING are

distinguished by a systematic approach to the development of bollards, which allows them to be used in different places. The system requires additional research, but promises effective solutions for different needs.

Keywords: *bollard; refuge; pedestrian safety system; pedestrian protection*

Постановка проблеми. Сучасний розвиток транспортної інфраструктури та зростаючий обсяг автомобільного руху вимагають постійного підвищення рівня безпеки для всіх учасників дорожнього руху, зокрема пішоходів. Забезпечення надійної захисту пішоходів на дорогах – актуальна проблема, оскільки небезпека взаємодії з транспортними засобами залишається високою. У цьому контексті розроблення та застосування ефективних методів та засобів безпеки пішоходів стають необхідністю для забезпечення їх безпечного руху та зниження ризику травматизму.

Так, у 2010 році стартувала програма Генеральної Асамблеї ООН «2011–2020 роки – Десятиліття дій по забезпеченню безпеки дорожнього руху». Програма присвячена питанню глобальної кризи у сфері безпеки дорожнього руху і покликана зупинити або повернути назад тенденцію до зростання числа випадків смерті і травм у результаті дорожньо-транспортних подій.

Щороку у світі від дорожньо-транспортних пригод гинуть понад 1 млн 300 тис. осіб, отримують травми близько 50 млн осіб [1]. Вагому частину випадків становлять наїзди автотранспорту на пішоходів у місцях очікування, на пішохідних переходах, зупинках громадського транспорту, тротуарах тощо. Також в останні десятиліття в Європейському союзі гостро стоїть проблема терористичних актів, коли терористи спрямовують транспорт у натовп, в результаті чого багато людей отримують травми та навіть гинуть.

Всі ці трагедії та проблеми потребують вирішення та уваги суспільства.

Аналіз публікацій. У світі для захисту пішоходів від наїзду автомобілів активно застосовують системи безпеки пішоходів – боларди (захисні стовпчики). В роботі [2] описані основні типи та види болардів. Існує

безліч різних типів болардів, що використовуються для різних цілей та умов.

– Стандартні: це класичні боларди, виготовлені з металу, бетону або інших матеріалів. Вони можуть бути стаціонарними або підійматися з дорожнього покриття для контролю доступу транспорту.

– Рухомі: такі пристрої можуть підніматися або опускатися за допомогою механічних або автоматичних систем. Це дозволяє контролювати доступ транспорту в певні години чи в певних ситуаціях.

– Розсувні: такі боларди можуть розсуватися, відкриваючи прохід для транспорту або пішоходів. Вони часто використовуються для заборони доступу на певні ділянки доріг.

– З'ємні: ці боларди можуть легко встановлюватися та зніматися, що дозволяє змінювати їх розташування залежно від потреби.

– Електричні: пристрої працюють на електричному живленні і можуть бути керовані дистанційно. Вони часто використовуються для заборони доступу на певні ділянки або в будівлі.

Це лише кілька прикладів типів болардів, які використовуються для підвищення безпеки пішоходів та ефективного контролю дорожнього руху. Вибір конкретного типу болардів залежить від умов, цілей та вимог конкретної дорожньої ситуації.

Мета статті полягає у систематичному аналізі сучасних підходів та світового досвіду з використання систем безпеки на основі болардів для підвищення безпеки пішоходів. У статті описано різні типи болардів, їх характеристики та ефективність у різних дорожніх умовах та контекстах, виділено ключові висновки та вказано на можливості подальшого дослідження та вдосконалення систем безпеки на основі болардів.

Загальна мета статті полягає в наданні чіткого огляду та рекомендацій щодо використання болардів як ефективного інструменту для забезпечення безпеки пішоходів на дорогах, спираючись на найновіші світові тенденції та передовий досвід.

Виклад матеріалу. Болард діє як фізична перепона між будівлею або об'єктом, який необхідно захистити та транспортними засобами, запобігаючи наїзду транспортних засобів на пішоходів або будівлі. Вони також використовуються як пристрої безпеки на автомагістралях, щоб зменшити травматизацію пасажирів і захистити дорожні конструкції. Крім того, боларди використовуються для зонування, паркування та виїзду з паркінгів або приміщень торгово-офісного призначення.

Основна мета цих пристроїв полягає у збалансованому захисті чутливих частин будівлі та дозволі пішоходам безпечно пересуватися всередині та навколо будівлі. Означена мета досягається за допомогою різних типів конструкцій стовпів, здатних захищати будівлі всередині та поза межами власності. На практиці ці конструкції використовують так, щоб підкреслити красу будівлі та її приміщень, як показано на рисунку 1.



Рис. 1. Сталеві боларди як захисні охоронні конструкції

В нормативних документах Швейцарії (країни з найменшим числом постраждалих у ДТП) щодо дорожнього будівництва [4; 5] обов'язкове використання систем безпеки пішоходів (болардів).

Найпопулярніша конструкція – це кругла, порожня труба, закріплена в бетонному фундаменті.

До основних виробників захисних болардів, можна віднести: FAAC, BFT, SAME (Італія) та Hörmann (Німеччина), таблиця 1.

Таблиця 1

Основні європейські виробники захисних систем

№	Виробник	Авто-матичні	Напів-автоматичні	Стаціонарні
1	FAAC	+	+	+
2	BFT	+	-	+
3	SAME URBACO	+	+	+
4	Hörmann	+	+	+

Компанія Hörmann – провідний європейський виробник систем контролю доступу, з 2016 року компанія займається випуском захисних болардів серій Security Line і High Security Line. Серія **Security Line** призначена для щоденного керування доступом транспортних засобів. Вона представлена автоматичними, напівавтоматичними, знімними та стаціонарними обмежувальними стовпчиками.

Серія **High Security Line** забезпечує захист закритих зон із найвищими вимогами до безпеки і пропонує автоматичні, знімні та стаціонарні обмежувальні стовпчики. Боларди компанії Hörmann залежно від типу та методу кріплення здатні зупинити транспорт без руйнування вагою до 7 т на швидкості 50 км/год., а з руйнуванням – на швидкості до 100 км/год. Несга здатність стаціонарного обмежувального боларда наведена на рисунку 2.

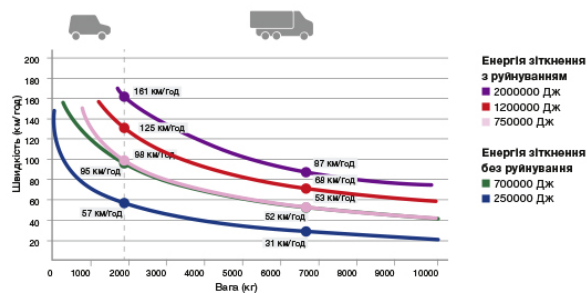


Рис. 2. Графік несної здатності стаціонарного обмежувального боларда з підсиленням кріпленням основи серії High Security Line

Компанія FAAC – один із провідних міжнародних гравців у галузі автоматизації доступу, паркування та контролю доступу як у житловому, так і в промисловому секторах. Застосування: розмежування критичних зон, таких як: військові об'єкти, аеропорти, посольства, консульства, банки, морські зони, в'язниці, промислові об'єкти або таких, де потрібен високий рівень захисту периметра.

Всі захисні боларди компанії FAAC пройшли краш-тест відповідно до:

– PAS 68: Специфікації випробування на удар для систем захисних бар'єрів транспортних засобів.

– IWA 14-1: Бар'єри безпеки транспортних засобів – Частина 1: Вимоги до ефективності, метод випробування транспортного засобу на удар і рейтинг ефективності.

– ASTM F2656: Стандартний метод випробування транспортних засобів на краш-випробування периметральних бар'єрів.

Болард FAAC J275 для комерційних, промислових і міських зон обмеженого доступу.

• Висувний дорожній стовпчик FAAC J275HA AUTOMATIC (рис. 3).

DIMENSIONS AND TECHNICAL SPECIFICATIONS				
Model	J275 HA V2 H600	J275 HA V2 H800	J275 HA V2 H600 INOX	J275 HA V2 H800 INOX
Type of operator	Hydraulic Actuator			
Cylinder height from ground	600 mm	800 mm	600 mm	800 mm
Cylinder diameter	275 mm			
Cylinder material	Steel S235JR EN 10219 (7mm thick)		Satin-finished AISI 316L (6mm thick)	
Cylinder treatment	Cataphoresis and polyester powder paint, dark grey metallised RAL 7021		Satin finish	
Rising time	-5 s (*)	-7 s (*)	-5 s (*)	-7 s (*)
Descent time	-3.5 s (*)	-4.5 s (*)	-3.5 s (*)	-4.5 s (*)
Emergency descent device	YES (excludable)			
Emergency descent time	-1.2 s (*)	-1.5 s (*)	-1.2 s (*)	-1.5 s (*)
Rising obstacle detection device	YES			
Release device	YES			
Power supply voltage	220-240V ~ 50/60Hz			
Max. power	575 W (*)			
Hydraulic pump unit protection class	IP67			
Type of use	Intensive use (Traffic)			
Impact resistance	38,000 J		67,000 J	
Break in resistance	128,000 J		207,000 J	
Pit weight	55 Kg	65 Kg	55 Kg	65 Kg
Traffic bollard weight	112 Kg	130 Kg	112 Kg	130 Kg
Operating ambient temperature	-15 °C / +55 °C			
Operating ambient temperature with heater	-25 °C / +55 °C			
Slow lowering	YES			

Рис. 3. Технічні характеристики боларда типу FAAC J275HA

Болард цього типу витримує навантаження від удару 38 000 Дж, а від наїзду 128 000 Дж, та 67 000 Дж від удару та 207 000 Дж від наїзду у посиленого боларда.

• FAAC J275SA напівавтоматичний висувний дорожній стовпчик (рис. 4).

• FAAC J275F FIXED дорожній стовпчик (рис. 5).

Цей болард витримує навантаження від наїзду авто – 35 000 Дж, та 59 000 Дж витримує посилений болард.

DIMENSIONS AND TECHNICAL SPECIFICATIONS		
Model	J275 SA H600	J275 SA H600 Stainless steel
Type of operator	Single-acting gas operator	
Cylinder height from ground	600 mm	
Cylinder diameter	275 mm	
Cylinder material	Steel S235JR EN 10219 (7 mm thick)	Satin-finished AISI 316L (6 mm thick)
Cylinder treatment	Cataphoresis and polyester powder paint, dark grey metallised RAL 7021	Satin finish
Release device	Key operated (supplied)	
Impact resistance	38,000 J	67,000 J
Break in resistance	128,000 J	207,000 J
Pit weight	55 Kg	
Traffic bollard weight	70 Kg	

Рис. 4. Технічні характеристики боларда типу FAAC J275SA

DIMENSIONS AND TECHNICAL SPECIFICATIONS				
Model	J275 F H600	J275 F H800	J275 F H600 Stainless steel	J275 F H800 Stainless steel
Cylinder height from ground	600 mm	800 mm	600 mm	800 mm
Cylinder diameter	275 mm			
Cylinder material	Steel S235JR EN 10219 (4 mm thick)		AISI 316L satin finishing (3 mm thickness)	
Cylinder treatment	Cataphoresis and polyester powder paint, dark grey metallised RAL 7021		Satin finish	
Reflective strip height	55 mm			
Standard reflecting strip colour	Orange			
Break in resistance	35,000 J		59,000 J	
Total weight	34 Kg	38 Kg	34 Kg	38 Kg

Рис. 5. Технічні характеристики боларда типу FAAC J275F

Компанія BFT з 1981 року розробляє автоматику для воріт, механічні шлагбауми, боларди. Наразі над створенням та реалізацією продукції працюють 1 160 працівників компанії в Італії та в інших країнах у всьому світі.

Компанія SAME, як всесвітній історичний і ключовий гравець, Urbaco проектує, виробляє, обслуговує та продає технологічні рішення для поділу та розмежування міських, житлових і нежитлових територій, а також для захисту важливих об'єктів, де безпека будівель і людей критично важлива. Стационарні

боларди високого рівня безпеки – ідеальне рішення для завершення встановлення автоматичних болардів, що зберігає ту саму естетику. Стационарні стовпчики високого рівня безпеки призначені для захисту стратегічних точок доступу та чутливих сайтів від терористичних атак, а також для захисту посольств, військових об'єктів, урядових будівель, банківських установ, ювелірних магазинів, де є потреба захистити будівлі та людей. Асортимент складається з болардів, що відповідають різним рівням безпеки, які можуть зупинити 7,5-тонні вантажівки, що рухаються зі швидкістю 80 км/год. (рис. 6).



Рис. 6. Несна здатність болардів виробництва компанії CAME

Спільно з компанією ТОВ «РС ІНЖИНІРИНГ» (м. Харків) розроблено конструктивну систему безпеки пішоходів RS PSS, яка складається з окремих складових (рис. 7). Більш детально систему розглянуто у праці [5].

До складу системи RS PSS входять:

- захисні елементи RS REF (реф'юджі)
- захисні залізобетонні елементи острівців безпеки на дорогах усіх типів у межах населених пунктів, які виготовляються з

важкого бетону, з ненапруженою арматурою;

– стримувальні елементи RS RBL (боларди) – захисні елементи пішоїдної зони на дорожніх перехрестях усіх типів у межах населених пунктів, які являють собою несну конструкцію з прокатної безшовної труби для запобігання шкоді людському життю в дорожньо-транспортних пригодах.

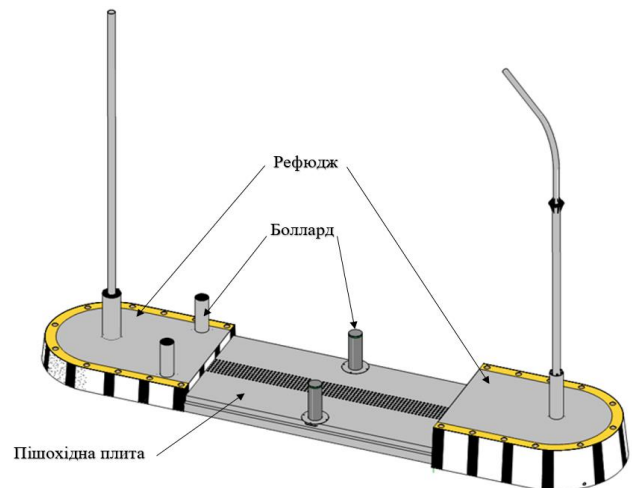


Рис. 7. Загальний вигляд системи безпеки пішоходів

Кожен із представлених елементів може працювати як у системі, так і окремо. Система застосовується на перехрестях, тротуарах, різних громадських просторах. На елементи системи безпеки пішоходів розроблено та зареєстровано технічні умови [6; 7].

У м. Харків з 2021 року по теперішній час система RS PSS встановлена на магістральних вулицях загальноміського значення (пр. Науки та вул. Дерев'янка). Уже встановлено близько 10 систем безпеки та планується ще 30. Всього потреба по місту в таких системах складає понад 100 одиниць (рис. 8, 9). Характеристика несної здатності болардів RS RBL наведена в таблиці 2.

Таблиця 2

Несна здатність болардів RS RBL

		Маса, кг											
		1 500				2 500				3 500			
Діаметр боларда		108	159	203	273	108	159	203	273	108	159	203	273
Швидкість, км/год.	10	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	20	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	30	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓
	50	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓
	70	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✓
	90	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗

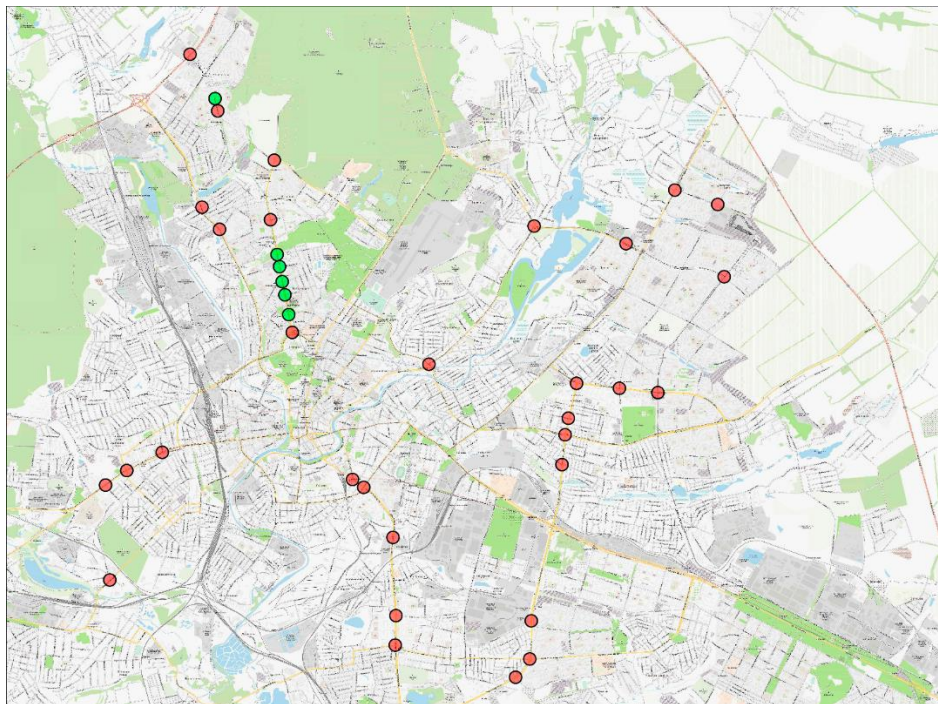


Рис. 8. Карта м. Харків з місцями встановлення систем безпеки пішоходів. Зеленим позначено встановлені реф'юджі з 2021 р., червоним – перспективні місця їх встановлення



Рис. 9. Система RS PSS, м. Харків

Висновки

Боларди – це фізичні перепони, які використовуються для захисту будівель та об'єктів від наїзду транспортних засобів, а також для зонування, паркування та інших цілей.

Головна мета цих конструкцій полягає в забезпеченні балансу між захистом будівель та безпекою пішоходів, дозволяючи останнім безпечно пересуватися навколо об'єкта.

Боларди розробляються і тестуються на видачу сертифікатів, що підтверджують їх здатність витримувати удари та наїзди транспортних засобів з урахуванням різних обставин.

У цілому, боларди використовуються як ефективні засоби захисту та безпеки для різних типів об'єктів та зон, і компанії, які виробляють їх, пропонують різноманітні рішення для задоволення різних потреб і вимог.

До основних переваг реф'юджив RS REF компанії ТОВ «РС ІНЖИНІРИНГ», порівняно з європейськими аналогами, можна віднести системний підхід до розроблення закріплення боларда в реф'юджі, що дозволяє використовувати його в більшому діапазоні місць. Ця система відносно нова й потребує додаткових досліджень та випробувань, що стало темою досліджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про проведення уроку «Безпека на дорозі – безпека життя» : лист від 09.09.2011 № 1/9-685. Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України.
2. Lankarani H. M., Salari E., Koert D. N., Rahman M. M., Tay Y. Y., Lakshmi V. Computational modelling and analysis of crashworthiness of different anti-ram bollard designs in frontal truck collisions. 2015.
3. Anlagen für den leichten Zweiradverkehr des Kantons Zürich. URL: <https://docplayer.org/46766481-Anlagen-fuer-den-leichten-zweiradverkehr-des-kantons-zuerich.html> (дата звернення: 30.09.2023).
4. Kanton Zürich. Volkswirtschaftsdirektion Amt für Verkehr Ausbaustandard für Staatsstrassen Leitfaden für die Projektierung Version. URL: <https://docplayer.org/111492357-Kanton-zuerich-volkswirtschaftsdirektion-amt-fuer-verkehr-ausbaustandard-fuer-staatsstrassen-leitfaden-fuer-die-projektierung-version.html> (дата звернення: 30.09.2023).
5. Калмиков О. О., Захаров Д. С., Грибенюк С. М., Алатаєв Д. А. Система безпеки пішоходів RS PSS. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*. 2022. № 202. URL: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.202.2022.273667>
6. TU U 25.9-41049388-020:2021. Елементи стримувальні. RS RBL дорожньої інфраструктури.
7. TU U 23.6-41049388-019:2021. Елементи RS REF дорожньої інфраструктури.

REFERENCES

1. *Pro provedennya uroku "Bezpeka na dorozh – bezpeka zhyttya"* : lyst vid 09.09.2011 № 1/9-685 [About conducting the lesson "Safety on the road – safety of life": letter dated 09.09.2011 no. 1/9-685]. Ministry of Education and Science, Youth and Sports of Ukraine. (in Ukrainian).
2. Lankarani H.M., Salari E., Koert D.N., Rahman M.M., Tay Y.Y. and Lakshmi V. Computational modelling and analysis of crashworthiness of different anti-ram bollard designs in frontal truck collisions. 2015.
3. Anlagen für den leichten Zweiradverkehr des Kantons Zürich. URL: <https://docplayer.org/46766481-Anlagen-fuer-den-leichten-zweiradverkehr-des-kantons-zuerich.html> (date of application: 30.09.2023). (in German).
4. Kanton Zürich. Volkswirtschaftsdirektion Amt für Verkehr Ausbaustandard für Staatsstrassen Leitfaden für die Projektierung Version. URL: <https://docplayer.org/111492357-Kanton-zuerich-volkswirtschaftsdirektion-amt-fuer-verkehr-ausbaustandard-fuer-staatsstrassen-leitfaden-fuer-die-projektierung-version.html> (date of application: 30.09.2023). (in German).
5. Kalmykov O.O., Zakharov D.S., Hrybeniuk S.M. and Alataiev D.A. *Systema bezpeky pishokhodiv RS PSS [Pedestrian safety system RS PSS]. Zbirnyk naukovykh prats Ukrainskoho derzhavnoho universytetu zaliznychnoho transportu [Collection of Scientific Works of the Ukrainian State University of Railway Transport]*. 2022, no. 202. URL: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.202.2022.273667> (in Ukrainian).
6. TU U 25.9-41049388-020:2021. *Elementy strymivalni RS RBL dorozhnoi infrastruktury [TU U 25.9-41049388-020:2021. Deterrent elements. RS RBL road infrastructure]*. (in Ukrainian).
7. TU U 23.6-41049388-019:2021. *Elementy RS REF dorozhnoi infrastruktury [TU U 23.6-41049388-019:2021. Elements of RS REF road infrastructure]*. (in Ukrainian).

Надійшла до редакції: 29.10.2023.