УДК 656.1
UDC 656.1

DOI:10.33744/0365-8171-2024-115.2-062-071

МЕТОД ЗОН ДИЛЕМИ ЯК ОДИН З ІНСТРУМЕНТІВ УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОЮ РУХУ НА ОКРЕМИХ ДІЛЯНКАХ ДОРІГ

THE METHOD OF DILEMMA ZONES AS ONE OF THE TOOLS OF TRAFFIC SAFETY MANAGEMENT ON CERTAIN SECTIONS OF ROADS

***Мельниченко Олександр Іванович**, Заслужений працівник освіти України, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, завідувач кафедрою виробництва, ремонту та матеріалознавства, e-mail: melnichenko@ntu.edu.ua, тел. +380506562446, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омелянович-Павленко 1.*

https://orcid.org/0000-0001-9694-9824

***Осипов Валентин Олександрович,** кандидат технічних наук, Київський національний університет будівництва та архітектури, доцент кафедри міського господарства Osipov.valentin100@gmail.com, Україна, 03680, просп. Повітряних сил, 31.*

https://orcid.org/0000-0001-9284-7919

Анотація: В роботі запропоновано метод використання теорії зон дилем при прогнозуванні аварійності на ділянках автомобільних доріг з окремими дорожніми умовами, як регулятор роботи підсистеми «водій-дорога». Проведено класифікацію існуючих методів дослідження зіткнення автотранспорту. Визначено основні ділянки автомобільних доріг, які є потенційними місцями розташування зон дилеми (пропонується додати нові критерії до поняття), ділянки об'єднано в одне визначення: ТН – небезпечна точка, де водій буде змушений зробити управлінське рішення. На основі теоретичних досліджень змодельовано ситуації на місцях, де встановлено пристрої примусового зниження швидкості, та на місцях зупинки транспортних засобів загального користування. Запропоновано внести зміни до нормативної документації, що регулює сферу безпеки дорожнього руху в Україні.

Ключові слова: безпека руху, попутне зіткнення, транспортний засіб, дилема

Вступ. Відомо, що автомобільні дороги загального користування та вулиці і дороги населених пунктів мають неоднорідні дорожні умови з точки зору геометричних параметрів, якості покриття та елементів облаштування. Окремим суб'єктом є ділянки, які потребують від водіїв прийняття миттєвих

управлінських рішень (маневр, зменшення швидкості, гальмування, збільшення швидкості, рух без змін).

Серед інших, до таких ділянок можна віднести регульовані та нерегульовані перехрестя, зони зупинки транспортних засобів загального користування (автобусів, тролейбусів, трамваїв тощо) місць встановлення пристроїв примусового зниження швидкості (ППЗШ) тощо. Неправильність прийняття рішень водієм на вказаних ділянках, окрім іншого призводить до такого виду дорожньо-транспортних пригод (ДТП), як зіткнення транспортних засобів (ТЗ), що рухаються у попутному напрямку у складі транспортного потоку.

Аналіз публікацій. При підготовці роботи було вивчено публікації низки вітчизняних та закордонних дослідників. Окремі тезиси спирались на власні попередні дослідження. Для формулювання актуальності проблеми було використано дані з нормативних документів в сфері безпеки дорожнього руху України.

Метою публікації є пошук способів зменшення аварійності на окремих ділянках автомобільних доріг, використовуючи метод зон дилеми.

Виклад основного матеріалу. Сучасні методи дослідження зіткнення ТЗ, що рухаються у попутному напрямку можливо класифікувати, як вказано на рис. 1. Проте оптимальним методом для вивчення механізму зіткнення ТЗ, що рухаються в попутному напрямку у складі транспортного потоку, на думку автора, є метод зон дилеми.

За визначенням дослідників [1-6], зона дилеми - це ділянка дороги, на якій водій повинен зробити вибір - або пришвидшити рух ТЗ та проїхати небезпечну ділянку або різко загальмувати та зупинити автомобіль. Проте, на думку автора, допустимими в межах теорії будуть і такі дії, як маневр (контраварійні дії), зниження швидкості або навпаки, пришвидшення руху. В деяких дослідження застосовується термін «фізична зона дилеми»: ТЗ наближається до точки небезпеки (ТН) зі швидкістю v і знаходиться від неї на відстані S. В саме цей час водій через зорове сприйняття усвідомлює можливу небезпеку свого руху із заданою раніше швидкістю або траєкторією і повинен прийняти управлінське рішення (одно з тих, що перелічувалися раніше).

В залежності від відстані до ТН та швидкості руху у водія немає повної впевненості в тому, що він зможе безпечно зупинитись, здійснити маневр об'їзду перешкоди або проїхати ТН до того, як на нього надійде попутний транспортний потік другої фази. Якщо водій обиратиме зупинку, зниження швидкості або маневр, то відповідно він почне уповільнюватися протягом часу t (час реакції водія). Відстань, яку пройде ТЗ буде включати до себе: відстань, яка пройдена за час реакції водія плюс відстань за час уповільнення. Для того, щоб гарантувати безпечну і комфортну зупинку, або маневр повинна виконуватися рівність:

$$S_{TH} \geq v \cdot t_p + = \frac{v^2}{2 j_c}, \quad (1)$$

де S_{TH} - відстань до ТН в той час, коли водій її помічає, м;

v - швидкість автомобіля на підході до ТН, м/с;

t_p - час реакції водія, с;

j_c - технологічне уповільнення ТЗ, $м / с^2$.

Остання нерівність може використовуватися також для визначення мінімальної відстані до ТН ($S_{\min}$), при якому ще можлива зупинка ТЗ:

$$S_{\min} \geq v \cdot t_p + = \frac{v^2}{2j_a}, \quad (2)$$

де j_a - аварійне уповільнення ТЗ, $м/с^2$.

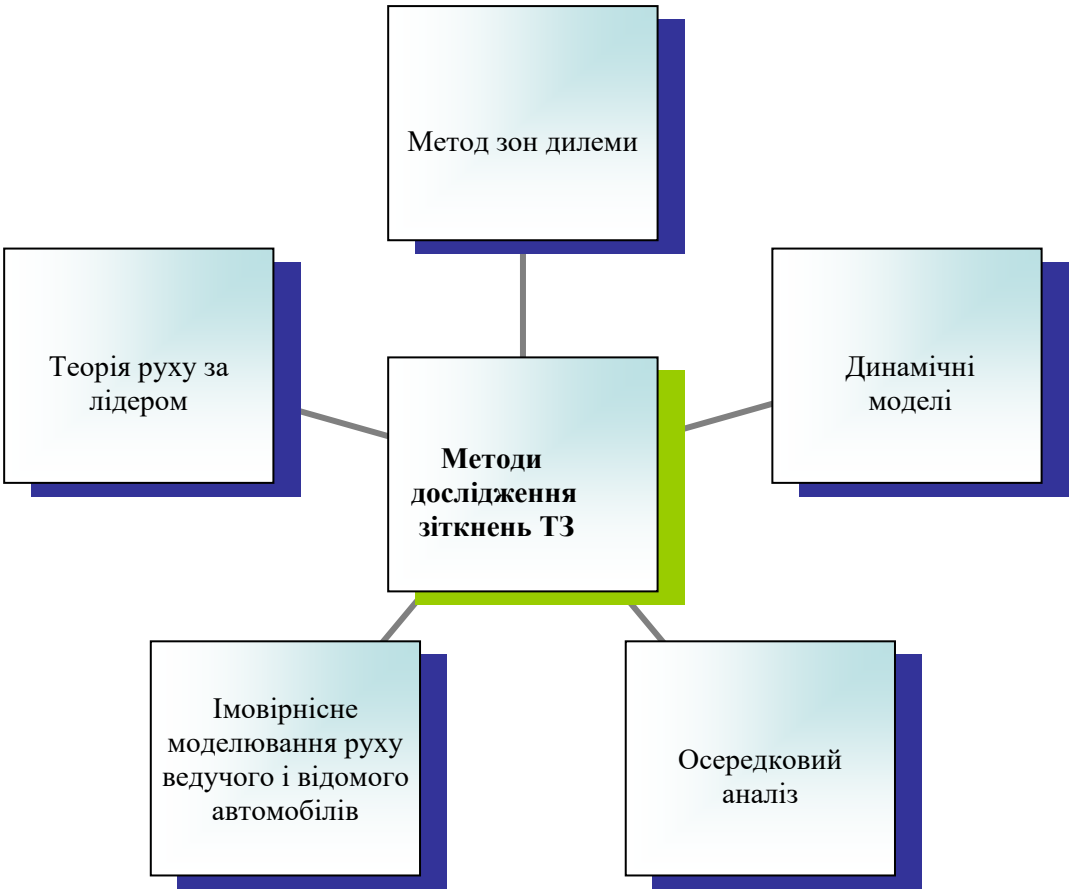

Рисунок 1 – Методи дослідження зіткнення транспортних засобів
Figure 1 – Methods of vehicle collision research

Тому, якщо ТЗ знаходиться на відстані, меншій від ТН, ніж відстань Smin, водій буде не в змозі безпечно зупинитися. Відповідно, ділянка автодороги від ТН до Smin - це область в якій водій з великим відсотком вірогідності не зможе безпечно зупинитися.

$$S_{\max} \leq (B+1) + v \cdot t_{np} + \frac{a \cdot (t_{np} - t_p)^2}{2}, \quad (3)$$

де В - ширина ділянки дороги, м;

1- довжина ТЗ, м;

t_{np} - протяжність перехідного інтервалу, с, (у випадках проїзду ТЗ регульованого перехрестя);

(В+1) - корегування за відстанню, щоб після проїзду ТН, задня частина ТЗ знаходилась поза неї, м.

У випадку, якщо водій знаходиться на відстані більшій від ТН, ніж $S_{\max}$, то він не зможе проїхати ТН за період t_{np}. Тому в ситуації, коли $S_T \rangle S_{\max}$, водій знаходиться в області, де він не зможе проїхати регульоване перехрестя без ризику скоїти зіткнення під прямим кутом з ТЗ, який починає рух.

Проектуючи цей метод на застосування наприклад пристроїв примусового зниження швидкості (ППЗШ) ми маємо справу з двома потенційними осередками прояви зон дилеми у ТН. У першому випадку водій, знижуючи швидкість перед дорожнім знаком 3.29 «Обмеження максимальної швидкості, передбаченим схемою організації дорожнього руху (ОДР), Рис. 1, не має чіткої уяви про зону його дії; примикання (перехрестя) - потенційна ТН, де згідно ПДР та ДСТУ 4100:2002 «Знакі дорожні» [7] завершується дія знаку, може знаходитися поза зоною видимості водія.

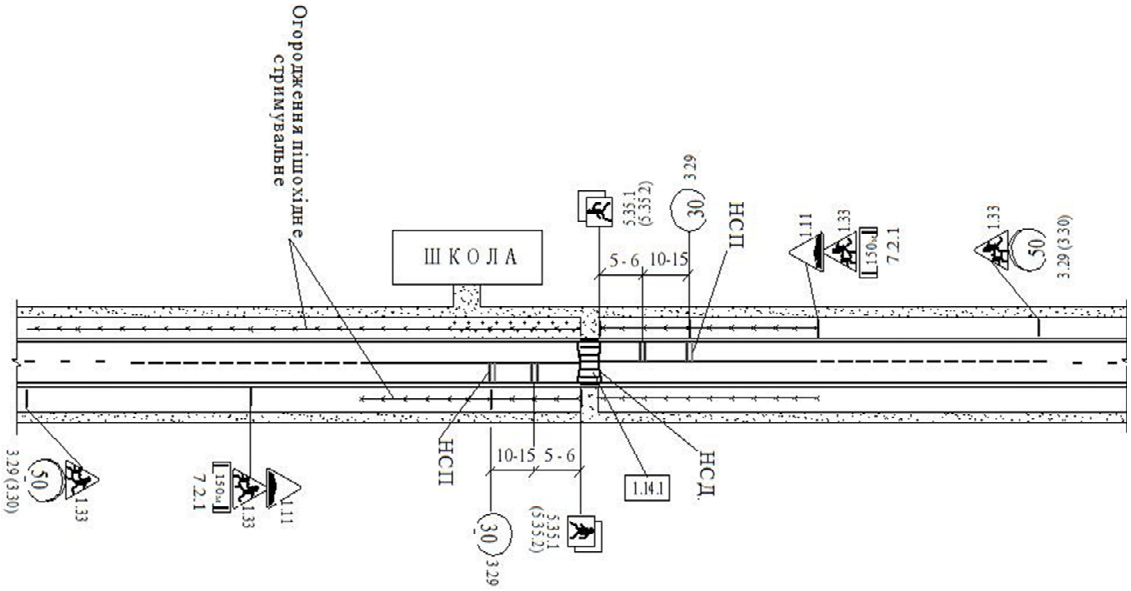

Рисунок 2 – Одна з типових схем ОДР, запропонованих Р В.2.3-218-03449261-507:2006 [8]

Figure 2 – One of the typical ODR schemes proposed by R V.2.3-218-03449261-507:2006

У такому разі водій, як правило, одразу після проїзду знаку 3.29 може ухвалити взаємовиключне рішення: продовжити рух на зниженій швидкості або почати її різкий набір. Слід зазначити, що перший осередок прояви зони дилеми на ТН малоймовірний, оскільки водій має візуальний контакт із ППЗШ, тобто бачить реальну перешкоду; схемою (рис. 2) передбачено відстань між знаком 3.29 та ППЗШ максимум 21 м - це і є перша зона дилеми.

У другому випадку дилема настає для водія відразу після проїзду засобу примусового зниження швидкості. Знову ж таки має місце взаємовиключна дія, що й у першому випадку. До того ж власні

дослідження автора показали [9], що водії часто взагалі не здійснюють зниження швидкості безпосередньо при перетині ППЗШ (рис. 3-4).

В результаті проведеного дослідження було виявлено, що затримки ТЗ на елементах ППЗШ, встановлених перед нерегульованими наземними пішохідними переходами в населених пунктах, несуттєво впливають на швидкість руху транспортного потоку, проте швидкість руху потоку може значно знижуватися при збільшенні висоти елементів та кута їх підйому. Визначити параметри другої зони дилеми неможливо, оскільки в кожному конкретному випадку вона буде залежати від таких факторів, як відстань до найближчого примикання (перетину) та рівня правосвідомості водія.

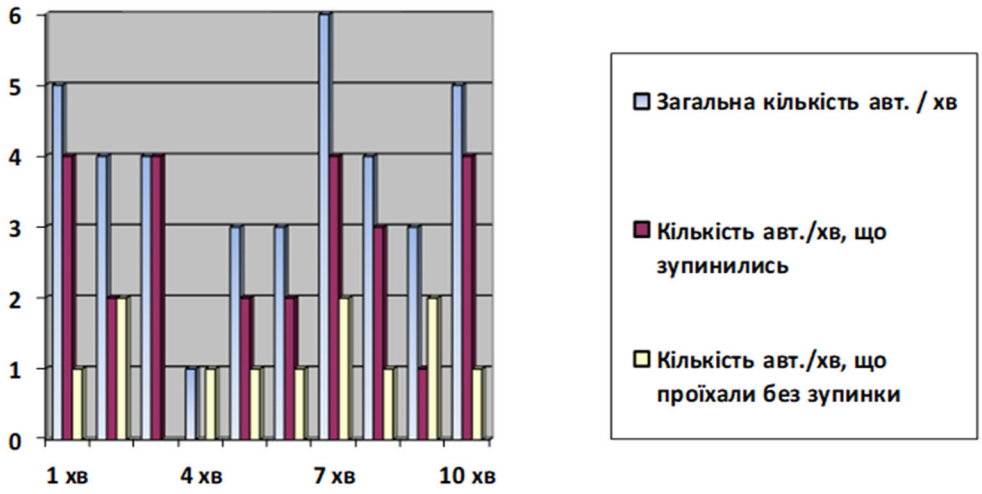

Рисунок 3 **–** Затримка автомобілів на вул. Ентузіастів, м. Київ
Figure 3 – Delay of cars on the Enthusiastiv Street, Kyiv

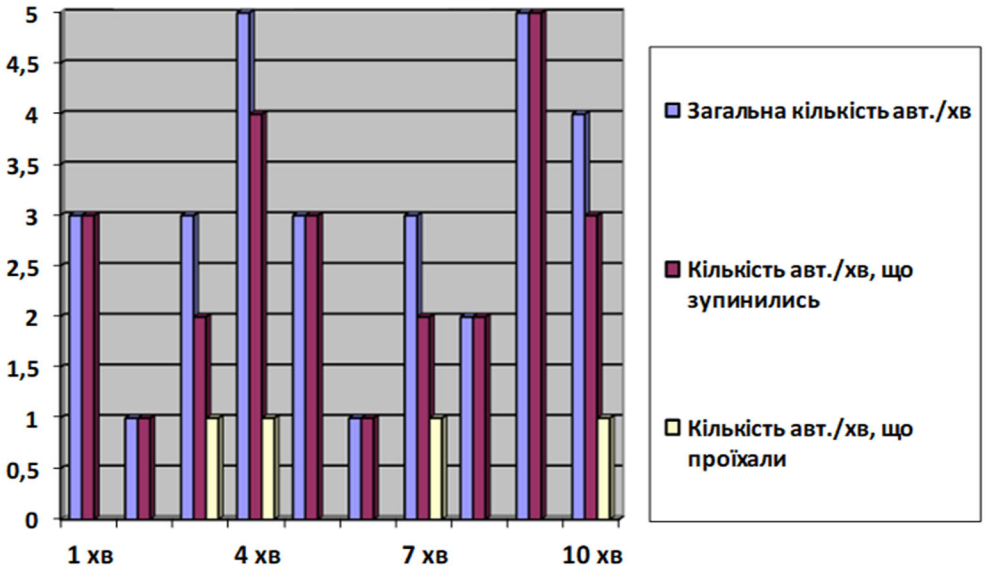

Рисунок 4– Затримка автомобілів на вул. Новогоспітальна, м. Київ
Figure 4 – Delay of cars on the Novohospitalna Street, Kyiv

Окремої уваги заслуговує питання використання методу зон дилеми на іншій типовій ТН - зоні зупинки транспорту загального користування та місць очікування пасажирами транспорту.

На сьогодні актуальною проблемою є забезпечення безпеки пасажирів, що очікують автомобільний транспорт загального користування на зупинках. Неочікуваний наїзд ТЗ, які за тих чи інших причин стали некерованими, або не встигли значно знизити швидкість призводить до тяжких травм та навіть людських втрат. На наш погляд, вирішення проблеми можливо, серед іншого, шляхом впровадження низки заходів, які фізично унеможливлять наїзд ТЗ. Комплекс заходів, що пропонуються до реалізації, зображені на рис. 5-7.

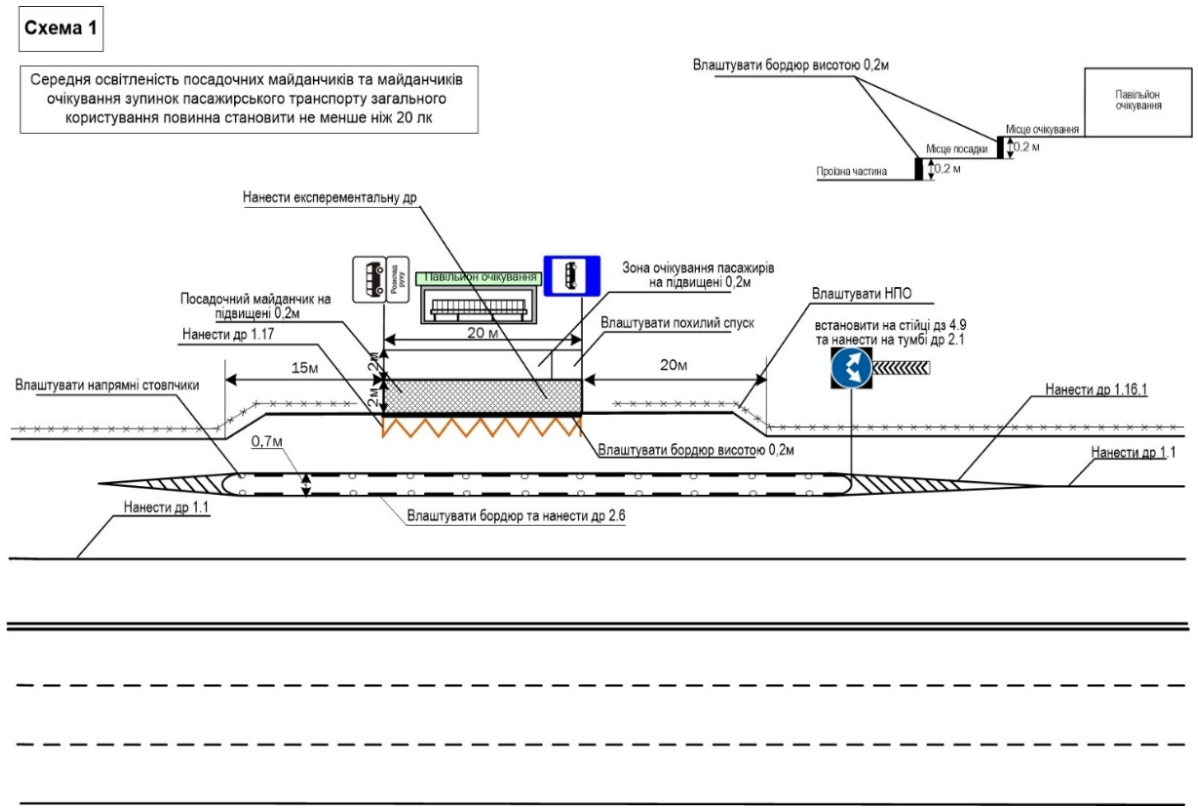

Рисунок 5– Облаштування магістральної вулиці для зупинки колісних ТЗ
Figure 5 – Arrangement of the main street for stopping wheeled vehicles

Суть пропозиції полягає у тому, щоб конструктивно відокремити пасажирів від ТЗ шляхом подвійного підвищення зони очікування останніх від проїзної частини, що на думку автора, мінімізує вплив фактору дилеми водія на безпеку потенційних пасажирів. У заходах пропонується поділити зону зупинки на дві частини: зону очікування ТЗ, та зону посадки/висадки пасажирів, на якій пропонується заборонити пішоходам очікувати громадський транспорт. У пропозиціях враховано пологі схили для пересування людей з обмеженими фізичними властивостями. У зоні зупинки рейкових ТЗ пропонуються додатково влаштовувати підвищені пішохідні переходи (більш прогресивний аналог ППЗШ, запропонований та реалізований автором) [10].

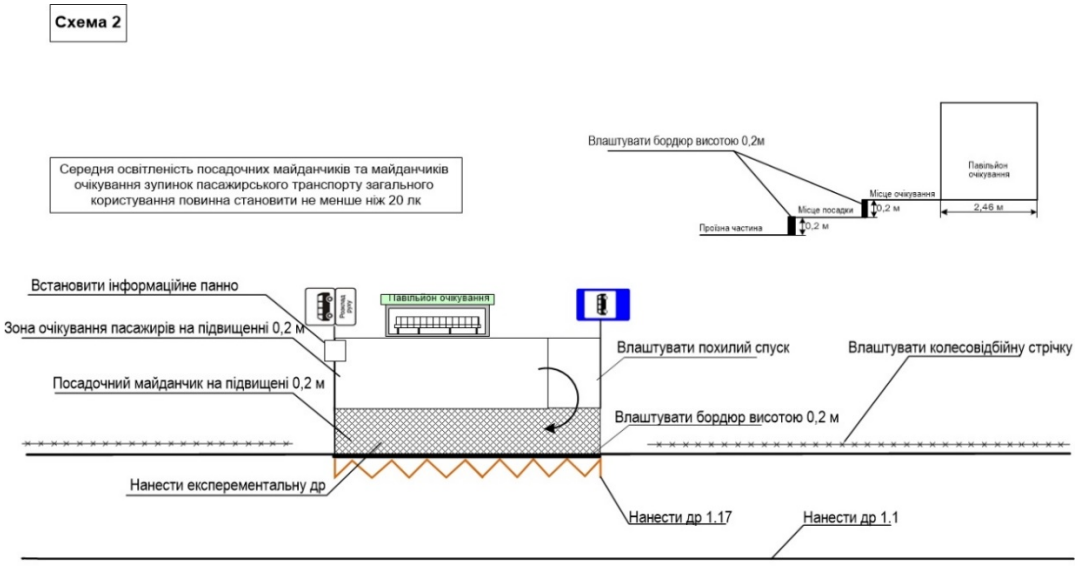

Рисунок 6– Облаштування вулиці місцевого значення для зупинки колісних ТЗ
Figure 6 – Arrangement of a street of local importance for stopping wheeled vehicles

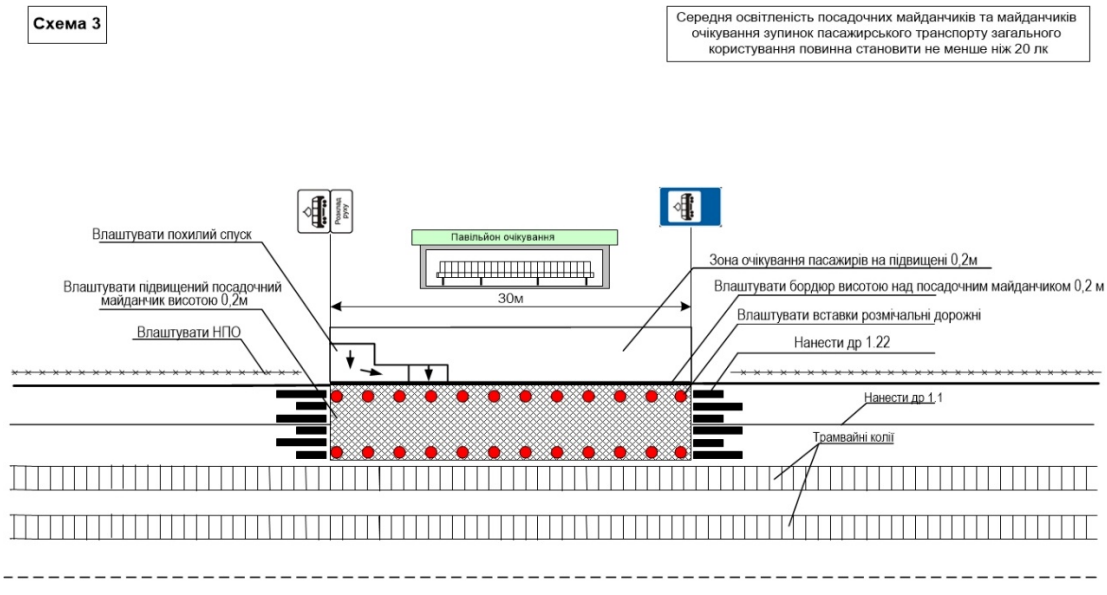

Рисунок 7– Облаштування вулиці місцевого значення для зупинки колісних ТЗ
Figure 7 – Arrangement of the street for stopping rail vehicles

Впровадження вказаних заходів потребує внесення змін у низку нормативних документів, а саме:

- ДБН В.2.3-5:2018 «Вулиці та дороги населених пунктів» доповнити пунктом 5.4.13 «Для створення додаткових заходів безпеки в межах зупинки громадського транспорту можуть

влаштовуватися острівці безпеки на вулицях і дорогах населених пунктів, де по 3 смуги в кожному напрямку, а крайня права смуга може бути виділена для руху маршрутних транспортних засобів. Приклад наведено у додатку «І». Доповнити ДБН В.2.3-5:2018 «Вулиці та дороги населених пунктів» додатком «І», а саме схемою влаштування острівця безпеки в межах зупинки громадського транспорту відповідно до наведеного рис. 1). Частину 1 пункту 5.4.9 ДБН В.2.3-5:2018 «Вулиці та дороги населених пунктів» викласти у наступній редакції «Посадкові майданчики безрейкового маршрутного транспорту улаштовуються на 20 см вище проїзної частини, а зона очікування може окремо влаштовуватися на 20 см вище посадкового майданчика, у таких випадках повинен передбачатися похилий спуск для осіб з порушенням опорно-рухового апарату.»;

- у пункті 5.2.2 ДСТУ 4123:2020 «Безпека дорожнього руху. Засоби заспокоєння руху. Загальні технічні вимоги» після слова «велосипедами» доповнити словами «зокрема дорожні пагорби можуть застосовувати в межах зупинки трамваю, полотно якого розташоване посередині проїзної частини»;

- пункт 7.4.3.2 ДСТУ 8751:2017 «Безпека дорожнього руху. Огородження дорожні і напрямні пристрої. Правила використання. Загальні технічні вимоги» доповнити підпунктом (в) наступного змісту: «в) фізичного убезпечення пасажирів на зупинках громадського транспорту на вулицях і дорогах населених пунктів, де по 3 смуги в кожному напрямку, а крайня права смуга може бути виділена для руху маршрутних транспортних засобів»;

- ДСТУ 2587:2021 «Безпека дорожнього руху. Розмітка дорожня. Загальні технічні вимоги. Методи контролювання. Правила застосування» доповнити пунктом 7.2.27 наступного змісту «Розмітка 1.31 у вигляді ромбів застосовується для позначення зони посадкового майданчика». Зразок застосування такої розмітки наведено у схемах 1, 2, 3. Таблицю 1 ДСТУ 2587:2021 «Безпека дорожнього руху. Розмітка дорожня. Загальні технічні вимоги. Методи контролювання. Правила застосування» доповнити наступними розмірами дорожньої розмітки 1.31: «ширина ліній повинна бути 10 см, а одна сторона ромбу має бути 50 см.»;

- ПДР доповнити пунктом 4.17 наступного змісту «Пішоходи під час очікування громадського транспорту на зупинці до прибуття такого транспорту зобов’язані перебувати у зоні очікування, якщо така існує. Пішоходам забороняється перебувати у зоні посадкового майданчика, позначеного дорожньою розміткою 1.31 під час очікування громадського транспорту на зупинці до прибуття такого транспорту». Пункт 1.10 ПДР доповнити терміном наступного змісту «Зона очікування - конструктивно виділене, по відношенню до посадкового майданчика місце, де пасажири зобов’язані очікувати на прибуття громадського транспорту» [11].

Висновки. У роботі проведена класифікація існуючих методів дослідження зіткнення ТЗ. Визначені основні ділянки автомобільних доріг які є потенційними місцями розташування зон дилеми (у поняття запропоновано додати нові критерії), ділянки об’єднані в одне визначення - ТН - точка небезпеки, де водій буде змушений приймати управлінське рішення. На основі теоретичних вишукувань змодельовані ситуації на ТН з ППЗШ та місцях зупинки ТЗ загального користування, запропоновано внесення змін до нормативної документації, що регулює сферу безпеки дорожнього руху в Україні.

Перелік посилань

1. Evaluation of advance warning signals on high speed signalized intersections (MPC-03-155).2. Traffic signal timing manual. P. N.: FHWA-HOP-08-024. JUNE 2008. -Washington: U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, 2008. - 274 p.

3. Zegeer C. V., Deen R. C. «Green-Extension Systems at High-Speed Intersections.» ITE Jornal. Institute of Transportation Engineers, Washington. D.C. November, 1978, pp. 19-24.

4. Chang V. S., Messer C. J., Santiago A. J. «Timing Traffic Signal Change Intervals Based on Driver Behavior» Transportation Research Record No 1027. Transportation Research Board. National Research Council, Washington, D.C., 1985, pp. 20-30.

5. A Policy on Geometric Design of Highways and Streers. American Association of State and Highway Transportation Officials, Washington, D.C., 2004.

6. Traffic detector handbook. P. N.: FHWA-HRT-06-108. U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, 2006. - 243 p.

7. ДСТУ 4100-2020. Знаки дорожні. Загальні технічні умови. Правила застосування. К. : Держстандарт України, 2020. 62 с.

8. Р В.2.3-218-03449261-732:2008. Рекомендації щодо забезпечення безпеки дорожнього руху у темну пору доби. К. : Укравтодор, 2008. 13 с.

9. Осипов В.О. Елементи примусового зниження швидкості та їх вплив на втрати руху транспорту / В.О. Осипов // Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми розвитку транспортних систем і логістики», м. Євпаторія, 3 - 8 травня 2012 року: збірник наукових праць / Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України, Східноукраїнський національний університет ім. В.Даля [та інш.]. - Луганськ: СНУ ім. В.Даля, 2012. - С. 191 - 193.

10. Пат. на корисну модель 86208 Україна, МПК, E01F11/00 (2013.01). Спосіб влаштування безпечного перетину інвалідами зору проїзної частини автодоріг / Осипов В.О.; заявник та патентовласник Луганський будівельний коледж. - № u 2013 04046 заявл. 01.04.2013; публікація 25.12.2013, Бюл. № 24.

11. Густєлєв О.О. До питання облаштування додатковими елементами безпеки зупинок громадського транспорту / О.О. Густєлєв, В.О. Осипов, В.П. Кульбако // Наукові праці Міжнародної науково-практичної конференції присвяченої 90-річчю кафедри автомобілів ім. А.Б. Гредескула Харківського автомобільно-дорожнього університету "Новітні технології в автомобілебудуванні, транспорті та при підготовці фахівців". - Харків, 27-29 жовтня 2021 року. - С. 284-287.

THE METHOD OF DILEMMA ZONES AS ONE OF THE TOOLS OF TRAFFIC SAFETY MANAGEMENT ON CERTAIN SECTIONS OF ROADS

Oleksand Melnichenko, Honored Worker of Education of Ukraine, Candidate of Science in Engineering, Professor, National Transport University, the Head of the Department Manufacturing, Repair and Materials Engineering, e-mail: melnichenko@ntu.edu.ua, tel. +38(050)6562446, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelianovycha-Pavlenka str. 1, https//orcid.org/0000-0001-9694-9824

Valentin Osipov, Candidate of Science in Engineering, Kyiv National University of Construction and Architecture, Associate Professor of the Department of Urban Economy Osipov.valentin100@gmail.com, Ukraine, 03680, ave. Air Force, 31. https://orcid.org/0000-0001-9284-7919

Summary. The paper proposes a method of using the theory of dilemma zones when predicting accidents on highway sections with specific road conditions as a regulator of the "driver-road" subsystem.

The classification of existing methods of research on the collision of motor vehicles has been carried out. The main sections of highways that are potential locations of dilemma zones are identified (it is proposed to add new criteria to the concept), the sections are combined into one definition - TN - a point of danger,

where the driver will be forced to make a management decision. On the basis of theoretical investigations, the situations at the TN with PPZSh and the stopping places of public transport vehicles were simulated, it was proposed to make changes to the regulatory documentation regulating the sphere of road traffic safety in Ukraine.

Keywords: traffic safety, passing collision, vehicle, dilemma.

References

1. Evaluation of advance warning signals on high speed signalized intersections (MPC-03-155). [in English]

2. Traffic signal timing manual. P. N.: FHWA-HOP-08-024. JUNE 2008. -Washington: U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, 2008. - 274 p. [in English]

3. Zegeer C. V., Deen R. C. «Green-Extension Systems at High-Speed Intersections.» ITE Jornal. Institute of Transportation Engineers, Washington. D.C. November, 1978, pp. 19-24. [in English]

4. Chang V. S., Messer C. J., Santiago A. J. «Timing Traffic Signal Change Intervals Based on Driver Behavior» Transportation Research Record No 1027. Transportation Research Board. National Research Council, Washington, D.C., 1985, pp. 20-30. [in English]

5. A Policy on Geometric Design of Highways and Streers. American Association of State and Highway Transportation Officials, Washington, D.C., 2004. [in English]

6. Traffic detector handbook. P. N.: FHWA-HRT-06-108. U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, 2006. - 243 p. [in English]

7. DSTU 4100-2020. Road signs. General technical conditions. Application rules. K.: Derzhstandard of Ukraine, 2020. 62 p. [in Ukrainian]

8. R V.2.3-218-03449261-732:2008. Recommendations for ensuring road traffic safety at night. K.: Ukravtodor, 2008. 13 p. [in Ukrainian]

9. Osypov V.O. Elements of forced speed reduction and their impact on traffic losses / V.O. Osypov // Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Conference "Problems of Development of Transport Systems and Logistics", Yevpatoria, May 3 - 8, 2012: collection of scientific works / Ministry of Education and Science, Youth and Sports of Ukraine, East Ukrainian National University named after V. Dalya [etc.]. - Luhansk: SNU named after V. Dalya, 2012. - P. 191 - 193. [in Ukrainian]

10. Pat. on utility model 86208 Ukraine, IPC, E01F11/00 (2013.01). The method of arranging the safe crossing of the roadway by the visually impaired / Osypov V.O.; applicant and patent holder Luhansk Construction College. - Application No. u 2013 04046 01.04.2013; publication 25.12.2013, Bull. No. 24. [in Ukrainian]

11. Gustelev O.O. On the issue of equipping public transport stops with additional security elements / O.O. Gustelev, V.O. Osypov, V.P. Kulbako // Scientific Proceedings of the International Scientific and Practical Conference Dedicated to the 90th Anniversary of the Automobile Department named after A.B. Graduate School of Kharkiv Automobile and Road University "Latest technologies in automobile construction, transport and training of specialists". - Kharkiv, October 27-29, 2021. - P. 284-287. [in Ukrainian]

Дата надходження до редакції 09.07.2024.