

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.»

- Правила дорожнього руху України 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 Правил дорожнього руху України доповнити терміном наступного змісту «Зона очікування - конструктивно виділене, по відношенню до посадкового майданчика місце, де пасажири зобов'язані очікувати на прибуття громадського транспорту».

Кашканов Андрій Альбертович, д.т.н., професор, Вінницький національний технічний університет, a.kashkanov@gmail.com

Кашканова Анастасія Андріївна, студент, Вінницький національний технічний університет, kashkanov9a@gmail.com

УДОСКОНАЛЕННЯ ІСНУЮЧИХ ПІДХОДІВ ЩОДО ОЦІНЮВАННЯ КОЕФІЦІЄНТА ЗЧЕПЛЕННЯ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ПІД ЧАС РОЗСЛІДУВАННЯ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД

Забезпечення безпеки руху транспортних засобів є актуальною проблемою для багатьох країн світу. Щорічно в результаті дорожньо-транспортних пригод гине близько 1,35 мільйона людей, від 20 до 50 мільйонів отримують травми, а збитки від ДТП обходяться більшості країн у 3% їх валового внутрішнього продукту [1]. Це ставить цілий комплекс завдань, спрямованих на вирішення проблеми аварійності на автомобільному транспорті. Ефективність розв'язання

цих завдань значною мірою залежить від точності та об'єктивності методів аналізу ДТП, виявлення причинно-наслідкових зв'язків.

Основним методом попередження ДТП є процес гальмування ТЗ [2, 3, 4]. Ефективність даного процесу залежить від особливостей конструкції та роботи гальмівних систем ТЗ (наявності антиблокувальної системи гальм, системи екстреного гальмування, превентивних систем безпеки тощо) та обмежується величиною сил тертя в контакті шин з дорогою [5, 6, 7].

Існує багато різних методів, засобів і технологій, що застосовуються для оцінювання гальмівних властивостей автомобілів з метою забезпечення роботи систем активної безпеки [5], керування дорожнім рухом [8], удосконалення конструкції доріг [9] чи аналізу аварійних ситуацій [10]. Чинні вимоги [5, 9] визначають критеріями оцінки ефективності гальмування автомобілів при дорожніх випробуваннях гальмівний шлях і усталене сповільнення. Під час розслідування аварійних ситуацій експерт повинен оцінити усталене сповільнення шляхом слідчого експерименту в дорожніх умовах місця події або аналогічних йому, а потім на підставі отриманих даних розрахувати зупинний шлях [3]. У разі наявності таких пошкоджень ТЗ, що унеможливають проведення дорожніх випробувань, експерту доводиться використовувати середньостатистичні значення сповільнення, коефіцієнт зчеплення шин з дорогою або використовувати застарілі розрахункові методики [11]. Це сприяє виникненню похибок та збільшує невизначеність даних, на основі яких формуються експертні висновки.

Серед факторів впливу на коефіцієнт зчеплення найбільш впливовими можна визнати [2, 3, 5-7, 9, 12]: тип і стан дорожнього покриття; швидкість автомобіля при гальмуванні; навантаження на колесо; ступінь проковзування шини; зношеність шини; тиск в шині. Таким чином, задача знаходження коефіцієнта зчеплення зводиться до пошуку багатофакторної залежності $\varphi = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$.

При вирішенні задач автотехнічної експертизи ДТП прийняття рішень відбувається в умовах неповноти інформації, тобто в умовах невизначеності. В процесі прийняття рішень виникають різні види невизначеності в залежності від причин її появи: кількісна, інформаційна, вартісна, професійна, обмежувальна, зовнішнього середовища. Крім того, невизначеність може мати стохастичну або нечітку природу.

Аналіз застосування математичних методів в практиці розслідування ДТП [10] показав, що при відсутності можливості використання традиційних математичних методів, які базуються на виявленні точних кількісних взаємозв'язків, для дослідження ДТП в умовах невизначеності доцільно застосовувати наближені методи моделювання, які засновані на нечітких (неперервних) логіках.

Оцінювання коефіцієнта зчеплення виконувалось на базі метода ідентифікації нелінійних об'єктів нечіткими базами знань [13] в нейро-нечіткому редакторі Anfis [14] пакета Fuzzy Logic Toolbox обчислювального

середовища Matlab [15]. Математичні моделі будувались в два етапи [13]: структурна ідентифікація; параметрична ідентифікація.

В загальному випадку алгоритм визначення коефіцієнта зчеплення зводиться до виконання таких кроків:

1. Визначення типу і стану дорожнього покриття, типу шин.
2. Оцінювання величини інтегрального показника «шини – дорога» Q на основі рекомендацій, представлених у [12].
3. Оцінювання остаточної висоти протектора шин за якою встановлюється відсоток їх зношення.
4. Визначення тиску в шинах.
5. Встановлення конструктивних особливостей гальмівної системи ТЗ та аналіз слідів гальмування (з метою визначення ступеня проковзання шин).
6. Встановлення навантаження на колесо.
7. Визначення величини початкової швидкості гальмування, км/год.
8. Оцінювання коефіцієнта зчеплення коліс автомобіля з дорожнім покриттям у середовищі Matlab.

Даний алгоритм може скорочуватися у разі обґрунтованого використання неповного переліку обраних факторів та за умови забезпечення необхідної точності моделювання.

На основі сформованої експериментальної бази даних щодо дослідження ефективності гальмування транспортних засобів категорії М1 в умовах експлуатації [7] було проведено оцінювання інформативності факторів, які впливають на коефіцієнт зчеплення, засобами Fuzzy Logic Toolbox обчислювального середовища Matlab. В результаті чого встановлено, що удосконалення існуючих підходів щодо оцінювання коефіцієнта зчеплення та показників ефективності гальмування транспортних засобів при автотехнічній експертизі ДТП в умовах наявності композиційної (стохастичної та нечіткої) невизначеності можна досягти за рахунок використання простих ANFIS-моделей, які забезпечують кращі узагальнюючі властивості. Наприклад, обрана модель «два входи – один вихід» («тип шин – дорога», ступінь проковзування шини – коефіцієнт зчеплення), дозволяла прогнозувати величину коефіцієнта зчеплення з похибкою в межах 2%. Однак, слід пам'ятати, що моделі, синтезовані за допомогою ANFIS або за допомогою іншої технології автоматичного навчання, можуть адекватно описувати лише закономірності, представлені репрезентативними вибірками даних.

Для застосування результатів виконаного дослідження на практиці при дослідженні ДТП потрібно вдосконалити існуючий протокол огляду місця ДТП, шляхом введення додаткових граф з факторами впливу на коефіцієнт зчеплення для обов'язкового заповнення на місці ДТП співробітником поліції, при відсутності детермінованих значень, потрібно надати якісний опис параметрів конкретного фактору. Це дасть можливість на базі початкових даних удосконаленого протоколу огляду місця ДТП проводити розрахунок коефіцієнта зчеплення за спрощеним алгоритмом.

Література

1. World Health Organization. Road traffic injuries. Retrieved from <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs358/en/>.
2. Совершенствование методов автотехнической экспертизы при дорожно-транспортных происшествиях: монография / [В. П. Волков, В. Н. Торлин, В. М. Мищенко, А. А. Кашканов, В. А. Кашканов, В. П. Кужель, В. А. Ксенофонтова, А. А. Ветрогон, Н. В. Скляров]. Харьков: ХНАДУ, 2010. 476 с.
3. Туренко А.М., Клименко В.І., Сараєв О.В., Данець С.В. Автотехнічна експертиза. Дослідження обставин ДТП: підручник для ВНЗ. Харків: ХНАДУ, 2013. 320 с.
4. Struble D. Automotive accident reconstruction: practices and principles. Boca Raton: CRC Press, 2013. 498 p.
5. Bosch Automotive Handbook. 9th Edition. / [Reif K., Dietsche K.-H. & others]. Karlsruhe : Robert Bosch GmbH, 2014. 1544 p.
6. Pacejka Hans B. Tyre and vehicle dynamics. 3rd Ed. Butterworth-Heinemann, Elsevier, 2012. 629 p.
7. Kashkanov A. A., Rotshtein A. P., Kucheruk V. Yu., Kashkanov V. A. Tyre-Road friction Coefficient: Estimation Adaptive System. Bulletin of the Karaganda University. «Physics» series. 2020. № 2(98). P. 50-59. DOI: 10.31489/2020Ph2/50-59.
8. Zhang R., Cao L., Bao S., Tan J. A method for connected vehicle trajectory prediction and collision warning algorithm based on V2V communication // International Journal of Crashworthiness. 2017. Vol. 22. No. 1. P. 15-25.
9. AASHTO Green Book. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 7th Edition, 2018, 1047 p.
10. Кашканов А. А. Математичні методи обґрунтування рішень в автотехнічній експертизі дорожньо-транспортних пригод. Автомобільний транспорт. 2018. №43. С. 78-89. DOI: 10.30977/АТ.2219-8342.2018.43.0.78.
11. European Network of Forensic Science Institutes. Best Practice Manual for Road Accident Reconstruction, ENFSI, ENFSI-BPM-RAA-01. Version 01 - November 2015. Retrieved from http://enfsi.eu/wp-content/uploads/2016/09/4_road_accident_reconstruction_0.pdf.
12. Кашканов В. А., Ребедайло В. М., Кашканов А. А., Кужель В. П. Інтелектуальна технологія ідентифікації коефіцієнта зчеплення при автотехнічній експертизі ДТП : монографія. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 128 с.
13. Rotshtein A., Rakytyanska H. Fuzzy Evidence in Identification, Forecasting and Diagnosis. – Berlin : Springer, 2012. – 313 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-25786-5>.
14. Jang J.-S. R., ANFIS: Adaptive-Network-based Fuzzy Inference Systems, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. 23, No. 3, P. 665-685, May 1993.
15. Штовба С. Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. Москва: Горячая линия – Телеком, 2007. 288 с.