

УДК 656.13

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2022.5\(36\).2.206-212](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2022.5(36).2.206-212)

І.А. Шльончак, доц., канд. техн. наук, **О.Ю. Лук'янченко**, доц., канд. техн. наук,
Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна,
e-mail: igor_shlionchak@ukr.net; 111188@ukr.net

В.Б. Харенко, судовий експерт

Черкаський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України,
м. Черкаси, Україна

Дослідження фактору швидкості та методик визначення швидкості при проведенні автотехнічної експертизи

В роботі зазначається, що стрімка автомобілізація України закономірно спричинила за собою необхідність забезпечення безпеки дорожнього руху на новому сучасному рівні. Встановлено, що одним із дієвих заходів вдосконалювання системи забезпечення безпеки дорожнього руху є керування швидкістю. Це у свою чергу передбачає відповідну регламентацію дозволених швидкостей руху. Визначення швидкості автотransпортних засобів допомагає встановити причинно-наслідковий зв'язок між діями водія та настанням аварії. Було зроблено висновок, що найбільш значимою причиною дорожньо-транспортних пригод із важкими наслідками й загибеллю людей є неправильний вибір саме швидкості руху.

безпека дорожнього руху, дорожньо-транспортна пригода, «водій-автомобіль-дорога-середовище», судова автотехнічна експертиза

Постановка проблеми. Підвищення рівня безпеки дорожнього руху стала надзвичайно актуальною соціально-економічною проблемою. У системі заходів щодо підвищення безпеки дорожнього руху велике значення мають заходи кримінально-, адміністративно- та цивільно-правового характеру. Розслідування, адміністративний та судовий розгляд кримінальних справ за фактом дорожньо-транспортної пригоди (ДТП) вимагають використання спеціальних технічних знань, що охоплюють всю сукупність взаємодіючих елементів «водій-автомобіль-дорога-середовище» (ВАДС), з якої складається процес дорожнього руху загалом. Найчастіше склад злочину чи порушення можна встановити тільки після проведення судової автотехнічної експертизи (САТЕ), яка складається з наступних етапів: судова експертиза обставин ДТП, судова експертиза технічного стану автотransпортних засобів (АТЗ) та судова експертиза слідів на АТЗ і місці ДТП.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В роботі [1] автор зазначає, що кількість загиблих у ДТП в Україні становить 13% від загиблих у дорожніх подіях усієї Європи, тоді як кількість автомобілів – лише 2% від усього європейського автомобільного парку». Жертвами стають в основному молоді люди та люди середнього віку, тобто найбільш працездатна та активна частина населення. Зазначається, що швидкість АТЗ відіграє суттєву роль у дослідженні ДТП.

В роботі [2] також розглядається питання швидкісного режиму автотransпортних засобів. Автор роботи зазначає, що проблема підвищення ймовірності виникнення небезпечної ситуації на дорозі через високі швидкісні характеристики автомобілів вирішується шляхом встановлення раціонального швидкісного режиму. Для цього потрібно проаналізувати фактори, що формують

процеси, пов'язані із функціонуванням системи «водій – автомобіль – дорога – середовище» щодо попередження ДТП. Зазначені фактори характеризується відповідними параметрами, які визначаються кількісними та якісними показниками.

Аналіз впливу людського фактору на регламентування швидкості руху базується на психофізіологічних можливостях організму, психологічному типі людини та рівня підготовки водія на його поведінку на дорозі. Дослідження таких факторів зазначється в роботі [3].

Постановка завдання. Метою дослідження є аналіз методик визначення швидкості руху АТЗ з метою подальшого підвищення достовірності визначення швидкісного фактору при ДТП. Поставлена мета може бути досягнена шляхом аналізу обставин ДТП внаслідок порушення швидкісного режиму, а також існуючих методик реконструкції, експертизи ДТП та визначення напрямків їх удосконалення.

Виклад основного матеріалу. Порівняно з країнами Європи стан безпеки дорожнього руху в Україні можна охарактеризувати, як вкрай незадовільний через високий рівень смертності та дорожньо-транспортного травматизму

Конструктивні, а також експлуатаційні властивості сучасних автотранспортних засобів забезпечують їм високі швидкісні показники, що позитивно впливає на їх продуктивність. Однак все це сприяє підвищенню ймовірності виникнення небезпечної ситуації.

Розглядаючи вплив людського фактору на забезпечення безпеки дорожнього руху, необхідно відзначити, що в реальних дорожніх ситуаціях навіть дисципліновані водії допускають незначне перевищення швидкості. Слід зазначити, що незначні відхилення швидкості в сторону її збільшення збільшує в два рази ризик виникнення ДТП. Мова йде про відносно допустимі відхилення від дозволеної швидкості, а саме: до 5 км/год в населених пунктах та до 10 км/год за їх межами.

На рисунку 1 представлені статистичні дані про ДТП через перевищення безпечної швидкості [4]. Аналіз даних свідчить про високий рівень травматизму й загибелі в ДТП такого роду.

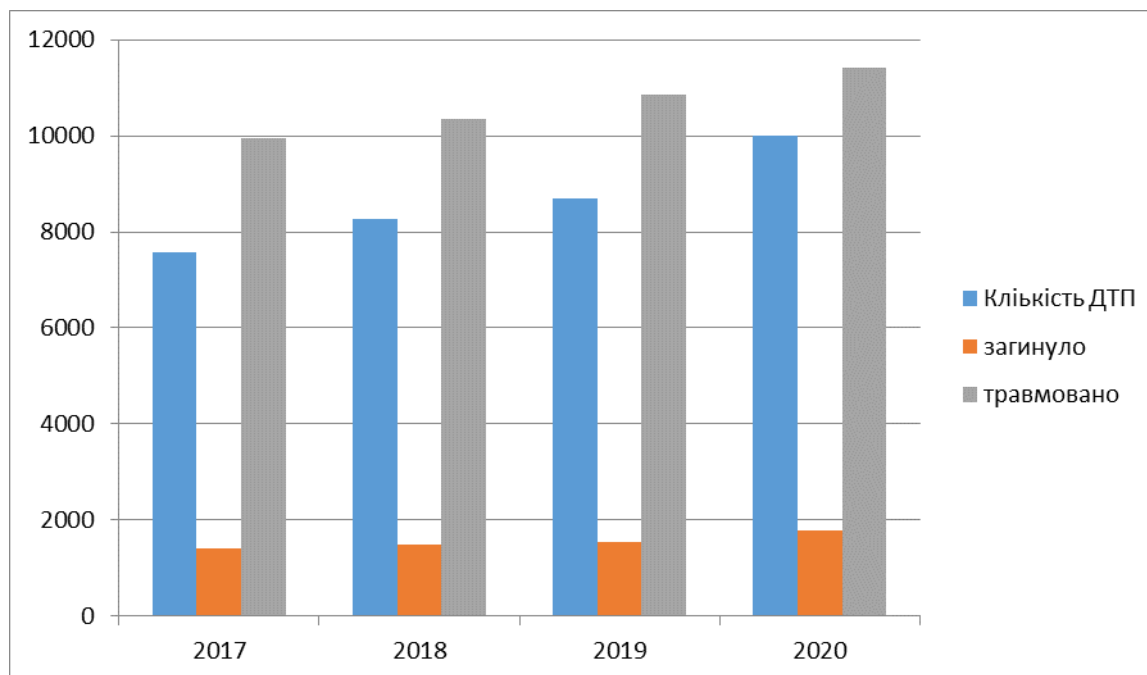


Рисунок 1 – Кількість ДТП в Україні внаслідок перевищення швидкості

Джерело: [4]

Проведений аналіз стану аварійності на автомобільному транспорті в Україні найчастіших видів ДТП та їх причин, а також тяжкість наслідків дорожньо – транспортного травматизму показав, що найбільш значимою причиною ДТП із важкими наслідками й загибеллю людей є неправильний вибір саме швидкості руху.

Оптимізація процесів експертних досліджень дорожньо-транспортних пригод є одним із шляхів вдосконалення системи контролю швидкісних режимів. Це дасть можливість забезпечити достовірність та об'єктивність реконструкцій дій учасників ДТП, встановити (з урахуванням оцінки швидкісного фактору) причинно-наслідкові зв'язки при з'ясуванні обставин на всіх етапах механізму розвитку пригоди.

Однак, існуючі в експертній діяльності методики визначення швидкостей транспортних засобів під час ДТП недостатньо враховують зміни, що відбулися на сучасному етапі як у конструкції АТЗ і в дорожньому середовищі, так і в розвитку інформаційних технологій, які забезпечують можливість оперативного й високодостовірного моделювання найскладніших ДТП.

Визначення швидкості АТЗ допомагає встановити причинно-наслідковий зв'язок між діями водія та настанням аварії.

Саме ці задачі постають перед автотехнічною експертизою, яка покликана відтворити дорожньо-транспортну ситуацію, що передувє аварії, визначити швидкісні режими АТЗ учасників ДТП, оцінити правильність дій їх водіїв за попередженням аварійних ситуацій. При цьому ключовим моментом реконструкції ДТП є розрахункове визначення швидкості АТЗ до початку їх гальмування перед зіткненням. Через особливу важливість коректного виконання такого розрахунку доцільно всебічно проаналізувати вплив швидкісного режиму руху АТЗ на можливість запобігання й на тяжкість наслідків потенційних ДТП.

Одним з основних параметрів, що визначають динаміку розвитку небезпечної ситуації та її переходу у фазу дорожньо-транспортної пригоди, є швидкість транспортного засобу до та в момент виникнення ДТП. Сучасні методики автотехнічної експертизи, пов'язані з реконструкцією ДТП, щодо визначення відповідних значень швидкості не завжди дають достовірні результати. З метою визначення проявів можливих похибок в розрахунках доцільно провести аналіз методологічних підходів до визначення швидкості АТЗ, які використовуються при проведенні автотехнічної експертизи.

Існуюча методологія визначення швидкостей АТЗ при проведенні автотехнічної експертизи представлена наступними чотирма основними методиками [5, 6].

Перша методика заснована на визначенні швидкості, виходячи тільки з наявної дорожньої обстановки. Методика використовується у випадку очевидного зв'язку ДТП із умовами дорожньої обстановки. Найбільш часто при вирішенні подібних завдань в експертній практиці зустрічається потреба визначення швидкості руху АТЗ на основі врахування максимально допустимої швидкості руху (критичної швидкості на віражі) за умовами входження в поворот [5, 6]:

$$V_{\max} = \sqrt{127 \cdot R \cdot \varphi}, \quad (1)$$

де R – радіус заокруглення дороги, м;

φ – коефіцієнт зчеплення в поперечному напрямку.

За умови видимості, в тому числі в напрямку руху [3, 4]

$$V_{\max} = 3,6 \sqrt{(j_e \cdot T^2 + 2 j_e \cdot S_B) - 3,6 \cdot j_e}, \quad (2)$$

де S_B – відстань видимості, м;

j_e – усталене сповільнення за екстреного гальмування, м/с^2 .

$T = t_1 + t_2 + 0,5 \cdot t_3$ – час, що враховує запізнення початку гальмування, с: t_1 – час на реакцію водія, с; t_2 – час запізнення дії гальмового механізму (період від початку натискання на педаль гальм до моменту початку зниження швидкості ТЗ), с; t_3 – час зростання тиску в гальмовій системі до максимального значення, с.

Точність методики залежить від вірогідності даних за відстанню видимості та радіусу заокруглення дороги.

Друга методика – одна з найпоширеніших методик з визначення швидкості АТЗ за довжиною зафіксованих слідів гальмування, ковзання, волочіння на місці події. Зазначена методика найбільш часто застосовується при проведенні автотехнічних експертиз, що пов'язано з простотою розрахунків, та, відповідно, і швидкістю здійснення експертних досліджень.

Якщо при екстреному гальмуванні колеса транспортного засобу доводяться до блокування, його швидкість перед початком гальмування визначається за формулою [7, 8]:

$$V_A = 1,8 \cdot t_3 \cdot j_e + \sqrt{25,92 \cdot j_e \cdot (S_T - B)}, \quad (3)$$

де t_3, j_e – гальмові характеристики транспортних засобів у конкретній дорожньої ситуації, а саме: час наростання тиску в гальмовій системі (t_3 , с) і усталене сповільнення при екстреному гальмуванні (j_e , м/с^2).

S_T – довжина слідів гальмування до повної зупинки транспортного засобу, м;

B – база автомобіля, м.

Даний спосіб визначення швидкості автомобіля перед зіткненням має декілька істотних недоліків. Наприклад, перший з них наступний. На вологих покриттях сліди ковзання звичайно мало помітні, а на зледенілій та засніженій дорозі можуть бути зовсім не помітні. Крім того, частки гуми протектора, що утворюють сліди на покритті з часом вивітрюються або змиваються, внаслідок чого довжина сліду зменшується. Коли зазначається про другий недолік, мову зазвичай ведуть про те, що насправді гасіння швидкості автомобіля при зіткненні з іншим транспортним засобом не враховується.

Дана методика визначення швидкості автомобіля ефективна лише у випадку знаходження автомобіля наприкінці гальмового сліду, довжина якого заміряється до задніх коліс. Таке положення автомобіля характерно для випадку наїзду на пішохода.

Третя методика визначення швидкості заснована на визначенні робіт сил опору переміщенням автомобілів у процесі їх відкидання після зіткнення, тобто використовується закон збереження кількості руху.

Методика заснована на законі збереження кількості руху, і стосується визначення витрат енергії на переміщення АТЗ при їхньому відкиданні після зіткнення [3]. Відповідно до зазначеного закону, якщо геометрична сума всіх зовнішніх сил, що діють на систему, дорівнює нулю, то вектор кількості руху її буде сталим як за величиною, так і за напрямком. Вектор рівнодіючої кількості руху двох автомобілів до зіткнення й після нього залишається незмінним по величині та напрямку. Отже, паралелограми, побудовані на векторах кількості руху автомобілів до зіткнення й після нього, будуть мати загальну діагональ, що представляє собою вектор рівнодіючої кількості руху автомобілів у момент їх зіткнення (рис. 2).

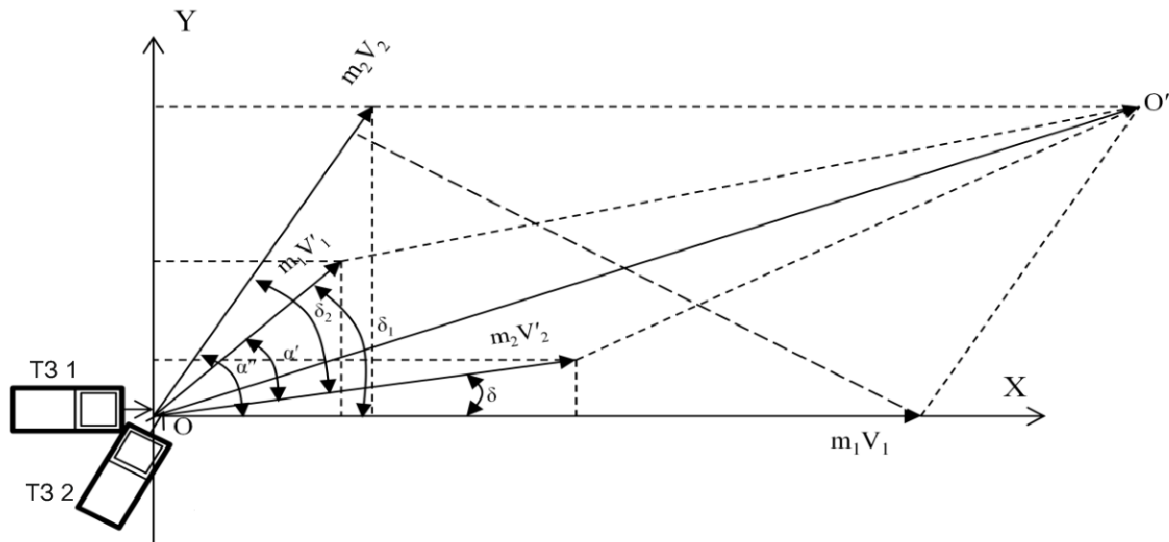


Рисунок 2 – Вектори кількості руху АТЗ до зіткнення і після нього

Джерело: розроблено авторами

Аналіз багатьох експертних висновків, проведених за представленою методикою, показує головний її недолік. Мова йде про те, що при реконструкції ДТП опір руху наявними на шляхах АТЗ граничними перешкодами до та після зіткнення, а також фактичний кут розвороту АТЗ під час зіткнення не враховуються. Таке нехтування пов'язане з відсутністю обґрунтованих відомостей щодо ролі кута розвороту та фактору формування енергетичних витрат на погашення кінетичної енергії АТЗ у випадках контактування з різними перешкодами при ДТП.

Четверта методика визначення швидкості руху АТЗ під час зіткнення за оцінкою об'єму деформації кузова легкових автомобілів. Ця методика призначена для визначення частки витрат кінетичної енергії на розвиток деформацій і еквівалентну даним витратам швидкість.

Зазначена методика дозволяє, залежно від величини деформації конструкцій автомобіля й важкості наслідків ДТП, визначити приведену швидкість автомобіля. Приведеною швидкістю називається швидкість удару автомобіля в нерухому перешкоду, яка визначається, виходячи з умови рівності кінетичних енергій і деформацій. Мова йде про випадок зіткнення двох автомобілів та наїзду автомобіля на нерухому перешкоду. Однак, ця методика потребує урахування певних допущень. Зокрема при таких визначеннях швидкості руху АТЗ вважається, що жорсткість автомобіля постійна, кінетична енергія при зіткненні витрачається тільки на деформацію автомобілів, пластична деформація пропорційна кінетичній енергії, а перешкода абсолютна жорстка.

Точність зазначеною методики може бути досить сумнівною. Це пов'язано з тим, що на швидкість руху впливає значна кількість факторів, а на утворення ушкоджень – ще більше. Значним чинником впливу є ступінь завантаженості автомобіля та розташування вантажу. Дорожні та погодні умови, зокрема коефіцієнт зчеплення, вологість покриття, сила і напрямок вітру тощо теж відіграють важливу роль.

Більшість з цих факторів практично не враховуються, а врахування деяких з них взагалі неможливо.

Висновки. Проведений аналіз стану аварійності на автомобільному транспорті в Україні, найчастіших видів ДТП та їх причин, а також тяжкість наслідків дорожньо – транспортного травматизму показав, що найбільш значимою причиною ДТП із важкими наслідками й загибеллю людей є неправильний вибір швидкості руху.

Аналіз перерахованих методик визначення швидкісних параметрів руху АТЗ під час ДТП дозволяє зробити висновок про те, що точність та обґрунтованість кожної з них значною мірою залежить від коректного добору вихідних даних, пов'язаних з наступними факторами: обставинами ДТП, сповільненням АТЗ при екстреному й робочому гальмуванні, коефіцієнтом опору коченню та зчеплення тощо. У довідковій літературі ці дані зазначаються з досить великим діапазоном розсіювання їх значень. У зв'язку із цим в роботі зроблено висновок про необхідність оцінки потенційного впливу діапазонів розкиду значень відповідних показників на результати розрахунків з визначення швидкостей АТЗ.

Враховуючи вище зазначене, необхідно зробити висновок, що на сьогодні дана тематика є досить актуальною. Зокрема, подальшого більш глибокого вивчення потребують наступні питання: методичні аспекти з визначення швидкостей руху АТЗ, що базуються на використанні законів збереження кількості руху; побудова математичної моделі взаємодії автомобільного колеса із граничною перешкодою; статистичні дослідження з формування й актуалізації бази даних за жорсткісними і демпфуючими параметрами сучасних підвісок та коефіцієнту зчеплення; порівняльна оцінка вірогідності традиційних й удосконалених методів розрахунків швидкостей руху ТЗ до зіткнення при ДТП; розробка пропозицій інструментального забезпечення пересувної лабораторії для реконструкції ДТП на місці події.

Список літератури

1. Г.В. Костельницька, та І.В. Кулиняк, Аналіз рівня аварійності та вплив коефіцієнта зчеплення на можливість скоєння ДТП і їх важкість. URL: http://www.rusnauka.com/24_PNR_2009/Tecnic/50776.doc.htm. (дата звернення: 11.11.2021).
2. Bakker, E., Pacejka H. and Lidner L. A New Tire Model with an Application in Vehicle Dynamics Studies. 1989.
3. B. Rediers, B. Yang, V. Juneja: Static and dynamic stiffness-one test both results, Proceedings of the 16th IMAC 1998.
4. Автотехнічна експертиза. Дослідження обставин ДТП: підручник для ВНЗ / А.М. Туренко, В.І. Клименко, О.В. Сараєв, С.В. Данець. Х.: ХНАДУ, 2012. 336 с.
5. Бешун О.А. Меланченко Я.О. Фактори впливу на кочення колеса. *Наукові горизонти*. 2018. №12(73). С. 45-56,
6. Шабадей А.М., Шевцов С.О., Дубонос К.В. Дорожньо-транспортні пригоди. Особливості розслідування. Х.: Факт, 2003. 127 с.
7. Шевцов С.О., Дубонос К.В. Розслідування обставин дорожньо-транспортної пригоди. Методичні рекомендації. Харків: Факт, 2002. 170 с.
8. Статистика ДТП в Україні URL: <http://patrol.police.gov.ua/statystyka/> (дата звернення: 17.11.2021).

References

1. Kostelnitska, H.V. & Kulyniak, I.V. (2009). *Analiz rivnia avariinosti ta vplyv koefitsiienta zcheplennia na mozhlyvist skoiennia DTP i yikh vazhkist* [Analysis of the accident rate and the influence of the coefficient of adhesion on the possibility of accidents and their severity]. Retrieved from http://www.rusnauka.com/24_PNR_2009/Tecnic/50776.doc.htm. [in Ukrainian].
2. Bakker, E., Pacejka, H. & Lidner, L. (1989). A New Tire Model with an Application in Vehicle Dynamics Studies [in English].
3. Rediers, B., Yang, B. & Juneja, V. (1998). Static and dynamic stiffness-one test both results, Proceedings of the 16th IMAC [in English].
4. Turenko, A.M., Klymenko, V.I., Saraiev, O.V. & Danets, S.V. (2012). *Avtotekhnichna ekspertyza*.

- Doslidzhennia obstavyn DTP [Auto technical examination. Investigation of the circumstances of the accident]. Kharkiv: KhNADU [in Ukrainian].*
5. Beshun, O.A. & Melanchenko, Ya.O. (2018). Faktory vplyvu na kochennia koleasa [Factors influencing wheel rolling]. *Naukovi Horyzonty – Scientific Horizons*, 12 (73), 45-56 [in Ukrainian].
 6. Shabadei, A.M., Shevtsov, S.O. & Dubonos, K.V. (2003). Dorozhno-transportni pryhody. Osoblyvosti rozsliduvannia [Road accidents. Features of the investigation], *Kharkiv, Fact*, 127, [in Ukrainian].
 7. Shevtsov, S.O. & Dubonos, K.V. (2002), *Rozsliduvannia obstavyn dorozhno-transportnoi pryhody [Investigation of the circumstances of the accident]. Kharkiv, Fact [in Ukrainian].*
 8. Statystyka DTP v Ukraini [Statistics of road accidents in Ukraine]. *patrol.police.gov.ua*. Retrieved from <http://patrol.police.gov.ua/statystyka/> [in Ukrainian].

Ihor Shlionchak, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Oleksandr Lukianchenko**, Assoc. Prof., PhD tech. sci.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

Valerii Harenko, forensic expert

Cherkasy Research Forensic Center of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine, Cherkasy, Ukraine

Research of Speed Factor and Methods of Speed Determination During Auto Technical Examination

The purpose of the study is to analyze the methods of determining the speed of traffic accidents with the aim of further increasing the reliability of determining the speed factor in road accidents. The set goal can be achieved by analyzing the circumstances of road accidents due to violation of the speed limit, as well as existing methods of reconstruction, examination of road accidents and determination of directions for their improvement.

The publication notes that the rapid motorization of Ukraine has naturally led to the need to ensure road safety at a new modern level. It has been established that one of the effective measures to improve the road safety system is speed control. This, in turn, involves appropriate regulation of the permitted speeds. Determining the speed of vehicles helps to establish a causal link between the driver's actions and the accident.

The analysis of the state of accidents on road transport in Ukraine, the most frequent types of road accidents and their causes, as well as the severity of the consequences of road traffic injuries showed that the most significant cause of road accidents with serious consequences and the death of people is the wrong choice of speed.

The analysis of the listed methods for determining the speed parameters of the ATZ movement during a road accident allows us to conclude that the accuracy and validity of each of them largely depends on the correct selection of initial data related to the following factors: the circumstances of the road accident, the slowdown of the ATZ during emergency and working braking, coefficient of rolling resistance and adhesion, etc. In the reference literature, these data are noted with a fairly large range of dispersion of their values. It is concluded that the most significant cause of road accidents with serious consequences and deaths is the wrong choice of speed.

road safety, traffic accident, "driver-car-road-environment", forensic auto technical examination

Одержано (Received) 16.05.2022

Прорецензовано (Reviewed) 22.05.2022

Прийнято до друку (Approved) 30.05.2022