

# ПРОБЛЕМИ ОЦІНЮВАННЯ КОЕФІЦІЄНТА ЗЧЕПЛЕННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ШИН З ДОРОГОЮ ПРИ ЕКСПЕРТИЗИ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД

Вінницький національний технічний університет

## **Анотація**

*Проаналізовано методи та засоби, які можуть використовуватись при автотехнічній експертизі дорожньо-транспортних пригод (ДТП) для визначення коефіцієнта зчеплення. Запропоновані шляхи подолання проблем оцінювання коефіцієнта зчеплення та усунення труднощів, що виникають при моделюванні параметрів руху учасників ДТП традиційними методами.*

**Ключові слова:** автомобілі, автомобільні шини, коефіцієнт зчеплення, автотехнічна експертиза, дорожньо-транспортні пригоди.

## **Abstract**

*The methods and means which can be used in the automotive examination of road traffic accidents for determining the adhesion factor are analyzed. The ways of overcoming the problems of estimating the adhesion factor and the elimination of the difficulties that arise during the simulation of the parameters of the traffic flow of participants in the traffic accident by traditional methods are proposed.*

**Keywords:** cars, automobile tires, adhesion factor, automotive expertise, traffic accidents.

## **Вступ**

Математичне моделювання руху учасників ДТП є однією з розповсюджених прикладних задач. На даний час існує велика кількість математичних моделей різного ступеня складності і точності [1-6], але в реальних умовах проведення експертиз дані математичні моделі не завжди мають широке застосування в силу специфіки використання вихідних даних. Наприклад, при розробці звичайної математичної моделі руху автомобіля, врахування більшої кількості факторів, діючих на автомобіль, підвищує точність математичної моделі. Але при моделюванні руху автомобіля, точні параметри якого невідомі, по поверхні дороги, властивості якої змінюються в певних межах, ситуація може бути протилежною [2, 5].

Метою роботи є виявлення перспективних шляхів розв'язання проблем, пов'язаних з отриманням об'єктивної доказової інформації при розслідуванні дорожньо-транспортних пригод.

## **Результати дослідження**

Під час обчислення параметрів руху автомобіля, що є учасником ДТП, важливо правильно визначити коефіцієнт зчеплення шин з дорогою, оскільки він має сильну залежність від багатьох факторів і умов та володіє чи не найбільшою невизначеністю серед інших використовуваних при експертизі ДТП факторів і параметрів [1-6]. В процесі гальмування автомобіля приймають участь та взаємодіють як мінімум два об'єкта: дорога та автомобіль. Від властивостей кожного з них залежить ефективність гальмування. З одного боку, коефіцієнт зчеплення шин з дорожнім покриттям залежить від якості та стану шин автомобіля (тип протектора та ступінь його зносу, тиск повітря в шинах, швидкість і завантаженість автомобіля), з іншого боку, цей коефіцієнт змінюється в залежності від виду дорожнього покриття, структури та температури його поверхні, наявності вологи, забруднень на поверхні покриття. Таким чином, при проведенні експертизи ДТП найкращим було б пряме чи непряме вимірювання коефіцієнта зчеплення дослідним шляхом для автомобіля, що є учасником ДТП, чи його аналога на місті пригоди, з обов'язковою оцінкою похибки вимірювальних приладів.

Питаннями зчеплення автомобільного колеса з дорожнім покриттям займалися та внесли вагомий вклад В.І. Кнороз, С.А. Чудаков, І.П. Петров, В.А. Асторов, Е.Г. Подліх, А.Б. Гредескул, О.С. Федо-

сов, Б. Сабей, Д. Мур та інші. В результаті цих досліджень встановлено багато закономірностей, які відображають особливості взаємодії автомобіля з дорогою.

Коефіцієнт зчеплення є відношенням максимальної дотичної реакції в зоні контакту до нормальної реакції (навантаження), яка діє на колесо [3, 5, 6].

Численними дослідженнями, проведеними у колишньому СРСР і за кордоном, встановлено, що зчеплення шини з дорожнім покриттям є наслідком великої кількості складних процесів, що відбуваються в зоні їх контакту і залежать від великої кількості факторів. Проте з різноманітності причин і умов, основний вплив на величину коефіцієнта зчеплення мають такі як, тип та стан дорожнього покриття; конструкція шини, стан та умови роботи шини.

Навіть при застосуванні однотипних приладів для виміру коефіцієнта зчеплення важко отримати результати, які можна порівняти, не говорячи про різні прилади для проведення таких вимірів. Різниця в результатах вимірів може бути викликана типом застосованих шин, твердістю та складом гуми протектора, величиною внутрішнього тиску повітря в шині, навантаженням на колесо, а також погодою і станом дорожнього покриття та іншим. Для того, щоб отримати за допомогою певного методу точні результати, необхідно, щоб всі виміри проводились в однакових умовах при збереженні сталими всіх факторів, які можуть вплинути на результат.

Для визначення коефіцієнтів зчеплення запропоновано ряд методів та приладів, які не завжди дають при паралельних випробуваннях однакові результати.

Методи визначення коефіцієнта зчеплення за довжиною гальмівного шляху та за величиною усталеного сповільнення мають вагомні недоліки, головний з яких – неможливо проводити вимірювання при високих швидкостях руху навіть на сухій дорозі. На вологій дорозі через різке гальмування при високих швидкостях може виникнути занос та перекидання автомобіля навіть при невеликій різниці у зчепленні шин з покриттям. Другий недолік методу використання довжини гальмівного шляху – це неможливість встановити дійсне значення коефіцієнта, оскільки довжина гальмового шляху складається з руху загальмованого колеса без ковзання і з ковзанням. Співвідношення між цими шляхами залежить від інтенсивності гальмування. Крім того, коефіцієнт зчеплення, розрахований за довжиною гальмівного шляху, є деяким середнім значенням для інтервалу швидкостей – від високої швидкості на початку гальмування до близької до нуля безпосередньо перед зупинкою автомобіля.

Перевагою цих методів є їхня простота. Вони добре відтворюють дійсні умови руху автомобіля, оскільки режим гальмування відповідає експлуатаційному. При проведенні випробувань з одним і тим же автомобілем отримуються точні дані, які можна порівняти.

Існує три конструкції портативних приладів: маятникового і ротаційного типу та ударної дії. Маятникові прилади дуже широко розповсюджені за кордоном. Вони порівняно прості в експлуатації і дозволяють достатньо швидко провести вимірювання. Недоліком всіх портативних приладів, як обертового так і маятникового типу, є неточність показань при випробуваннях покриттів з грубою текстурою поверхні. Для більшої точності вимірів необхідно використовувати криві їх кореляційного зв'язку з показниками динамометричних візків.

Найбільш точним і об'єктивним слід вважати спосіб вимірювання коефіцієнта зчеплення причіпними динамометричними візками. До числа його переваг відносяться більш висока точність результатів вимірювання, надійність і простота. Цим способом можна виявити залежність коефіцієнта зчеплення від швидкості руху, навантаження на колесо, типу, рисунку і ступеня зносу протектора, тиску в шині, типу і стану дорожнього покриття. Недоліком цього способу є необхідність досить великої ділянки дороги (не менше 20 м), потреба у великому числі повторних проїздів, випробування можуть проводитись тільки в години малої інтенсивності руху.

В зв'язку з цілим рядом зрозумілих причин найчастіше експериментальне визначення коефіцієнта зчеплення неможливе і для розрахунків використовують табличні дані про значення коефіцієнтів зчеплення для основних видів дорожніх покриттів [1, 2, 7, 8].

Цікаво, що табличні значення коефіцієнта зчеплення в різних літературних джерелах часто відрізняються. Так, в переважній більшості літературних джерел [1-5] вказується максимальне значення коефіцієнта поздовжнього зчеплення – 0,8, причому для 100% проковзування колеса, у той час, як у інших [6, 7] максимальне значення варіюється від 0,9 до 1,2. Крім того, табличні значення коефіцієнта зчеплення представляють у формі діапазонів «від-до». Якщо крайні значення коефіцієнта зчеплення для асфальтобетонного покриття відрізняються на 11%, то для ожеледиці вони відрізняються на 100%. Виникає сумнів, що при такій різниці даних можна отримати достовірні результати розрахун-

ків і експерт вправі вибирати дані при експертизі ДТП на основі свого досвіду чи інтуїції з абсолютною впевненістю.

Можна впевнено сказати, що граничні значення коефіцієнта зчеплення, представлені в довідкових таблицях, знайдені в результаті статистичної обробки експериментальних даних. Але тоді будь-яке обране експертом значення коефіцієнта є лише конкретною реалізацією випадкової величини, яка має велике розсіювання. Відповідно дослідженням [8] локальні значення коефіцієнта, виміряні через 15-20 см гальмівного шляху, можуть мати відхилення в 30-50%, при цьому розподіл локальних значень коефіцієнта зчеплення підлягає нормальному закону. Отже, при використанні усереднених значень коефіцієнта зчеплення експерт повинен виконати оцінювання невизначеності обраного ним значення у відповідності до Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність». Оскільки в літературі та довідкових таблицях оцінки невизначеності довідкових значень коефіцієнта зчеплення в генеральній сукупності не наводяться, а лише вказуються нижня і верхня границі значень коефіцієнта, можна скористатись «Керівництвом з вираження невизначеності вимірювань» [9].

Відповідно до пункту 4.3.7 цього керівництва, «якщо оцінені лише межі (верхня і нижня) для величини  $X_i$  і можна стверджувати, що для практичних цілей значення  $X_i$  знаходиться в інтервалі від  $X_1$  до  $X_2$ , та немає конкретних відомостей про можливі значення  $X_i$  всередині інтервалу, то можна стверджувати, що з однаковою імовірністю  $X_i$  може знаходитись в будь-якому місці в його межах (рівномірний розподіл можливих значень). Тоді  $x_i$  – очікуване значення  $X_i$  є середньою точкою інтервалу  $x_i = (X_1 + X_2) / 2$  з відповідними граничними відхиленнями  $\pm \Delta x_i$ ».

Таким чином, у відповідності до міжнародних рекомендацій, коефіцієнт зчеплення (як і всі інші табличні довідкові дані) необхідно подавати через його середнє значення і граничні відхилення  $\varphi = \varphi_{cp} \pm \Delta \varphi$ .

Останній підхід відображає випадкову природу явища і здатний при розрахунках дати більш об'єктивні результати, оскільки враховується невизначеність коефіцієнта зчеплення. Ефективність викладеного вище підходу підтверджується дослідженнями, результати яких опубліковані в [3-6, 10].

Так для визначення величини шляху, необхідного для зупинки транспортного засобу і відстані, на якій знаходився цей транспортний засіб від місця наїзду в момент виникнення небезпеки для руху використовується змінна  $\varphi$  – коефіцієнт зчеплення, від значення якої в значній мірі залежать висновки експертизи ДТП:

а) за діючою методикою [1, 2, 7, 8] коефіцієнт зчеплення приймає для певної ділянки дороги досить широкий діапазон значень  $[\varphi_{min}; \varphi_{max}]$ , показаний на рис. 1;

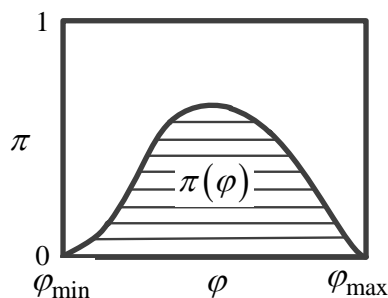


Рисунок 1 – Області невизначеності величини коефіцієнта зчеплення з врахуванням стохастичної та нечіткої невизначеності

б) за запропонованим підходом (з врахуванням стохастичної та нечіткої невизначеності [3, 5, 6, 10]) область невизначеності коефіцієнта зчеплення значно знижується до  $\pi(\varphi)$ , а потім перетворюється у чітку форму за допомогою одного з методів дефазифікації.

Врахування наявності чи відсутності АБС на досліджуваному автомобілі дозволяє зменшити різницю у величині зупиночного шляху в 5-10%, а відхилення транспортного засобу в напрямку перпендикулярному початковому напрямку руху на 10-20%. При врахуванні типу шин, встановлених на транспортному засобі, для випадку взаємодії із засніженою дорогою чи дорогою покритою ожеледи-

цею дозволяє підвищити точність розрахунків на 30%-40% по величині зупиночного шляху, та на 10%-40% по величині відхилення транспортного засобу в напрямку перпендикулярному початковому напрямку руху.

Слід відзначити відчутну залежність коефіцієнта зчеплення від швидкості автомобіля, температури та тиску в шині, бокового відведення колеса, товщини водяної плівки на поверхні дорожнього покриття, зношеності шин та багатьох інших факторів. Наприклад, в експерименті на асфальтобетонному покритті коефіцієнт зчеплення при швидкості автомобіля 10 км/год виявився рівним 0,65, а при швидкості 100 км/ч рівним 0,34 [2].

## Висновки

Обґрунтованість, об'єктивність, достовірність висновків експерта та можливість їхнього використання в якості доказів можливо забезпечити лише за умови достовірності вихідних даних. Відома методика в багатьох випадках дозволяє оцінити лише діапазон можливих значень коефіцієнта зчеплення, що ускладнює об'єктивність прийняття рішення при аналізі причин ДТП. Запропонований вище підхід, на відміну від відомої методики, дозволяє врахувати як стохастичну, так і нечітку невизначеність і звужити діапазон можливих оцінок, що підвищує об'єктивність прийняття рішень та дозволяє рекомендувати його як альтернативу існуючій методиці для застосування в практиці автодорожньої експертизи.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Туренко А. М. Автотехнічна експертиза. Дослідження обставин ДТП : підручник для вищих навчальних закладів / А. М. Туренко, В. І. Клименко, О. В. Сараєв, С. В. Данець. – Харків : ХНАДУ, 2013. – 320 с.
2. Экспертиза ДТП: методы и технологии / С. А. Евтюков, Я. В. Васильев. – С.-Петербург: СПбГАСУ, 2012. – 310 с.
3. Кашканов А. А. Оцінка експлуатаційних гальмових властивостей автомобілів в умовах неточності вихідних даних : монографія / А. А. Кашканов, В. М. Ребедайло, В. А. Кашканов. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 148 с.
4. Кужель В. П. Методика зменшення невизначеності в задачах автотехнічної експертизи ДТП при ідентифікації дальності видимості дорожніх об'єктів в темну пору доби : монографія / В. П. Кужель, А. А. Кашканов, В. А. Кашканов. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 200 с..
5. 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.
6. Кашканов В.А. Интеллектуальная технология ідентифікації коефіцієнта зчеплення при автотехнічній експертизі ДТП : монографія / В.А. Кашканов, В.М. Ребедайло, А.А. Кашканов, В.П. Кужель – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 128 с.
7. Reif, K. Bosch Automotive Handbook; [Translated from the German]. – 9th Edition / Konrad Reif; Karl-Heinz Dietsche & others. – Karlsruhe : Robert Bosch GmbH, 2014. – 1544 p.
8. Тартаковский Д. Ф. Проблемы неопределенности данных при экспертизе дорожно-транспортных происшествий / Д. Ф. Тартаковский. – СПб. : Юридический центр Пресс, 2006. – 268 с.
9. JCGM 100:2008. Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement: [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.iso.org/sites/JCGM/GUM/JCGM100/C045315e-html/C045315e.html> (дата звернення 17.02.2018). – Назва з екрана.
10. Кашканов А. А. Концептуальні засади підвищення ефективності автотехнічної експертизи ДТП / А. А. Кашканов // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х. : НТУ «ХПІ», 2015. – № 8 (1117). – С. 89–95.

**Кашканов Андрей Альбертович**, канд. техн. наук, доцент кафедри автомобілів і транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: a.kashkanov@gmail.com;

**Kashkanov Andriy A**, Ph.D., associate professor of automobiles and transportation management department, Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia, e-mail: a.kashkanov@gmail.com