

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Вінницький національний технічний університет

**В. А. Кашканов, В. М. Ребедайло,
А. А. Кашканов, В. П. Кужель**

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ТЕХНОЛОГІЯ
ІДЕНТИФІКАЦІЇ КОЕФІЦІЄНТА ЗЧЕПЛЕННЯ
ПРИ АВТОТЕХНІЧНІЙ ЕКСПЕРТИЗИ ДТП**

Монографія

Вінниця
ВНТУ
2011

УДК 629.3.017.5

ББК 39.33–08

І73

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України, молоді та спорту (протокол № 6 від 27.01.2011 р.)

Рецензенти:

В. П. Волков, доктор технічних наук, професор ХНАДУ

А. П. Поляков, доктор технічних наук, професор ВНТУ

І73

Інтелектуальна технологія 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.

ISBN 978-966-641-424-6

В монографії розглядаються питання інтелектуальної технології ідентифікації коефіцієнта зчеплення при проведенні автотехнічних експертиз дорожньо-транспортних пригод. Запропонований метод дає змогу визначати більш точно, ніж наявні методи, коефіцієнт зчеплення коліс автомобіля, обладнаного антиблокувальною системою, з дорожнім покриттям на основі інформації протоколу ДТП, без використання спеціального обладнання або проведення дорожніх випробувань.

Монографія розрахована на науковців, які займаються проблемами удосконалення та розвитку методів автотехнічної експертизи дорожньо-транспортних пригод, а також викладачів, аспірантів та студентів транспортних спеціальностей.

УДК 629.1:519.8:656.1

ББК 39.33—08

ISBN 978-966-641-424-6

© В. Кашканов, В. Ребедайло, А. Кашканов, В. Кужель, 2011

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ЗЧЕПЛЕННЯ ТА ЙОГО РОЛЬ В РОЗСЛІДУВАННІ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД	7
1.1. Роль коефіцієнта зчеплення при розв'язанні задач автотехнічної експертизи дорожньо-транспортних пригод.....	7
1.2. Аналіз існуючих методів визначення коефіцієнта зчеплення.....	12
1.3. Обґрунтування вибору математичного апарату для оцінки величини коефіцієнта зчеплення.....	16
1.4. Методологія побудови моделей за допомогою теорії нечітких множин.....	20
1.5. Постановка задач дослідження.....	23
РОЗДІЛ 2. СТРУКТУРНА ІДЕНТИФІКАЦІЯ НЕЧІТКОЇ МОДЕЛІ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ЗЧЕПЛЕННЯ.....	24
2.1. Загальна методика побудови моделі.....	24
2.2. Аналіз і відбір конструктивних та експлуатаційних факторів, які найбільше впливають на коефіцієнт зчеплення.....	28
2.3. Побудова функцій належності для оцінки факторів впливу.....	31
2.4. Моделювання експертної бази знань.....	37
Висновки до розділу 2.....	41
РОЗДІЛ 3. ПАРАМЕТРИЧНА ІДЕНТИФІКАЦІЯ НЕЧІТКОЇ МОДЕЛІ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ЗЧЕПЛЕННЯ.....	42
3.1. Методика проведення експериментальних досліджень та застосовувана апаратура.....	42
3.2. Результати натурного експерименту.....	46
3.3. Розробка математичної моделі для розрахунку гальмівного шляху автомобіля при екстреному гальмуванні без блокування коліс.....	50
3.4. Розробка навчаючої вибірки та настройка математичної моделі.....	58
3.5. Алгоритм визначення коефіцієнта зчеплення за удосконаленим методом.....	71
Висновки до розділу 3.....	72
РОЗДІЛ 4. АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНОГО МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ЗЧЕПЛЕННЯ.....	73
4.1. Моделювання процесу гальмування автомобілів, обладнаних АБС.....	73
4.1.1. Розрахунок коефіцієнтів зчеплення.....	73

4.1.2. Розрахунок гальмівних моментів.....	77
4.1.3. Розрахунок гальмівного шляху.....	78
4.1.4. Аналіз отриманих результатів моделювання процесу гальмування автомобілів.....	80
4.2. Використання запропонованих моделей при експертизі ДТП.....	84
4.2.1. Визначення відстані між автомобілем та перешкодою в момент виникнення небезпечної обстановки.....	84
4.2.2. Застосування розробленого методу при розслідуванні механізму дорожньо-транспортної пригоди.....	88
Висновки до розділу 4.....	95
ВИСНОВКИ.....	96
ЛІТЕРАТУРА.....	97
ДОДАТОК А. Приклади роздруків гальмівних діаграм, отриманих при дорожніх гальмівних випробуваннях.....	106
ДОДАТОК Б. Розрахунки функцій належності.....	112

ВСТУП

Незважаючи на значне зростання чисельності автомобілів з встановленими антиблокувальними системами, досі не створено аналітичних методів для оцінки гальмівної ефективності таких автомобілів при проведенні автотехнічної експертизи дорожньо-транспортних пригод.

При розслідуванні механізму пригоди постає питання: «Чи мав водій технічну можливість шляхом гальмування уникнути ДТП?». Відповідь на це питання дає визначення і порівняння зупинного шляху транспортного засобу і відстані від місця наїзду, на якій він знаходився в момент виникнення небезпеки для руху.

Особливу увагу в проблемі оцінки гальмівних властивостей привертає те, що в теорії автомобіля, яка є науковою основою для відтворення механізму пригоди, детально досліджено лише випадок екстреного гальмування при блокуванні коліс, тому існуюча методика, з використанням табличних значень коефіцієнта зчеплення, дає змогу розрахувати максимально допустимий зупинний шлях, а не дійсний.

При екстреному гальмуванні автомобіль з антиблокувальною системою не залишає слідів гальмування – це зменшує об'єктивність прийняття рішень при автотехнічній експертизі, тому актуальним як для експертизи ДТП, так і для оцінки гальмівних властивостей автомобілів з антиблокувальними системами (АБС) є удосконалення методики визначення коефіцієнта зчеплення.

Метою досліджень, проведених у нашій роботі, є покращення якості автотехнічної експертизи за рахунок підвищення точності визначення коефіцієнта зчеплення при розслідуванні дорожньо-транспортних пригод за участю автомобілів з антиблокувальними системами.

Для досягнення поставленої мети розв'язано такі задачі:

- проведено структурну ідентифікацію математичної моделі оцінки коефіцієнта зчеплення.

- виконано параметричну ідентифікацію математичної моделі, шляхом створення бази знань та навчаючої вибірки на основі результатів проведення натурального експерименту за участю автомобілів, обладнаних антиблокувальними системами.

- розроблено удосконалений метод визначення коефіцієнта зчеплення та проілюстровано переваги його використання в практиці автотехнічної експертизи дорожньо-транспортних пригод.

В результаті виконаних наукових досліджень вперше комплексно враховано кількісний та якісний характер впливу типу і стану дорож-

нього покриття, типу і стану шин, навантаження на колесо та швидкості руху автомобіля, обладнаного АБС, на використання зчипних якостей його коліс з опорною поверхнею при екстремому гальмуванні, що дозволило удосконалити метод визначення коефіцієнта зчеплення.

Практичне значення одержаних результатів:

– запропонований метод дає змогу визначати, більш точно ніж наявні методи, коефіцієнт зчеплення коліс автомобіля, обладнаного антиблокувальною системою, з дорожнім покриттям на основі інформації протоколу ДТП, без використання спеціального обладнання або проведення дорожніх випробувань.

– використання основних результатів нашої роботи підвищує якість та зменшує суб'єктивність проведення автотехнічної експертизи дорожньо-транспортних пригод. Вони можуть бути використані в майбутніх методиках експертизи ДТП за участю автомобілів, обладнаних АБС.

Результати роботи впроваджено в науково-дослідному експертно-криміналістичному центрі МВС України у Вінницькій області.

Монографія складається з чотирьох розділів.

В першому розділі проведено огляд та аналіз методів визначення коефіцієнта зчеплення та його роль при експертизі дорожньо-транспортних пригод. Сформульовано основні задачі дослідження.

В другому розділі описано підхід до побудови математичних моделей на базі теорії нечітких множин. Проведено аналіз і підбір факторів, які мають найбільший вплив на коефіцієнт зчеплення. Побудовано грубу модель об'єкта.

В третьому розділі проведено натурний експеримент на гальмівну ефективність автомобілів. Розроблено навчаючу вибірку та проведено параметричну ідентифікацію нечіткої моделі визначення коефіцієнта зчеплення. Розроблено алгоритм визначення коефіцієнта зчеплення запропонованим методом.

В четвертому розділі проведено аналіз застосування запропонованого методу в практиці автотехнічної експертизи.

Весь цикл досліджень, представлених в монографії, здійснено В. А. Кашкановим, – ним же написано всі основні розділи монографії. В. М. Ребедайлу належить постановка задачі для дослідження та загальне наукове керівництво цими дослідженнями. А. А. Кашканову – допомога у формуванні нечіткої моделі визначення коефіцієнта зчеплення та її оптимізації. В. П. Кужелю – допомога у проведенні дорожніх випробувань.

РОЗДІЛ 1

МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ЗЧЕПЛЕННЯ ТА ЙОГО РОЛЬ В РОЗСЛІДУВАННІ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД

1.1. Роль коефіцієнта зчеплення при розв'язанні задач автотехнічної експертизи дорожньо-транспортних пригод

Наявність технічної можливості уникнення дорожньо-транспортної пригоди (ДТП) – одне з основних питань, яке постає перед експертом-автотехніком [3, 7, 22, 28, 42, 48]. Висновок з цього питання має важливе значення для вирішення слідством та судом всіх наступних задач: про порушення Правил дорожнього руху водіями й іншими особами, причинного зв'язку між цими порушеннями й наслідками, і, нарешті, вини учасників ДТП. Тому висновок про наявність у водія технічної можливості запобігти пригоді повинен бути науково обґрунтований і відповідати матеріалам кримінальної справи, наданої експертові. Вирішенню цього питання повинне передувати дослідження механізму пригоди. Не розкривши суті механізму події, експерт не може зробити науково обґрунтованого висновку про технічну можливість запобігання ДТП.

При експертизі дорожньо-транспортних пригод виконується комплексне науково-технічне дослідження всіх аспектів кожної пригоди окремо. Як відомо, кожна ДТП має свої певні особливості, при чому в більшості пригод одночасно діють декілька видів причинно-наслідкових зв'язків. Це ускладнює експертизу ДТП і зумовлює необхідність шляхом інженерного аналізу встановлювати окремі технічні, причинно-наслідкові, функціональні, часові та інші зв'язки, які діяли в процесі пригоди [31, 59]. Великою мірою об'єктивність розслідування залежить від правильності вибору початкових даних та методики інженерного розрахунку [81].

Виділимо деякі основні задачі, які доводиться розв'язувати при аналізі ДТП:

- визначення початкової швидкості гальмування;
- визначення відстані між об'єктами в момент виникнення небезпеки для руху;

– визначення траєкторії та часу руху транспортних засобів в процесі пригоди.

Обставинами, що дозволяють встановити взаємне розташування транспортного засобу (ТЗ) і пішохода в момент виникнення небезпеки для руху, є:

- швидкість ТЗ перед пригородою;
- переміщення загальмованого ТЗ до місця наїзду;
- ефективність дії гальм у даних дорожніх умовах, оцінювана по сповільненню при екстремому гальмуванні;
- час руху пішохода з моменту, коли водій мав об'єктивну можливість виявити небезпеку, до моменту наїзду або відстань, яку пройшов пішохід за цей час, і швидкість його руху;
- напрямок руху пішохода стосовно смуги руху ТЗ.

Розрахунковим методом швидкість транспортного засобу до початку його гальмування може бути визначена, якщо є дані, які дозволяють встановити витрати кінетичної енергії транспортного засобу з моменту початку гальмування і до зупинки. Якщо при екстремому гальмуванні колеса транспортного засобу доводяться до блокування, то його швидкість перед початком гальмування в практиці автотехнічної експертизи визначається за формулою [3, 22, 28]

$$v_a = 1,8 \cdot t_3 \cdot j + \sqrt{25,92 \cdot S_{ю} \cdot j}, \quad (1.1)$$

де t_3 – час наростання сповільнення при екстремому гальмуванні, с;
 j – усталене максимальне сповільнення, м/с²; $S_{ю}$ – довжина сліду юзу колеса до повної зупинки ТЗ, м.

У випадку екстремого гальмування без блокування коліс неможливо визначити початкову швидкість гальмування за слідами гальмування (юзу) через їх відсутність на дорожній поверхні. Для її визначення зазвичай проводять слідчий експеримент.

Після того, як швидкість автомобіля перед ДТП визначена, постає питання про визначення можливості чи неможливості водієм уникнути ДТП шляхом гальмування, адже Правила дорожнього руху зобов'я-

зують водіїв при виникненні небезпеки для руху розпочати гальмування [71].

Наприклад, якщо час руху пішохода t_n до місця зіткнення більший, ніж сума часу реакції водія t_1 та «втраченого часу» на спрацювання приводу гальм $(t_2 + 0,5t_3)$ [52], тобто якщо $t_n > t_1 + t_2 + 0,5t_3$, то здійснюють аналіз в такій послідовності [3, 22, 28]:

- визначають відстань S_a між автомобілем і пішоходом в момент виникнення небезпечної обстановки;
- розраховують зупинний шлях автомобіля S_0 ;
- відстань S_a порівнюють з зупинним шляхом S_0 або S'_0 (рис. 1.1.).

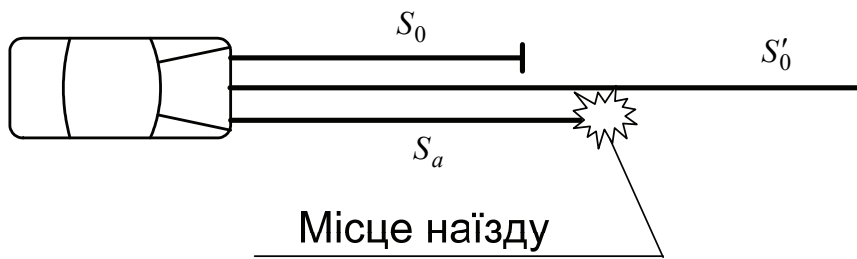


Рис. 1.1. Порівняння відстані до небезпеки з зупинним шляхом

Якщо зупинний шлях автомобіля менший відстані, яка була між автомобілем і лінією пересування пішохода до місця зіткнення, то це означає, що водій мав технічну можливість зупинити автомобіль до наїзду, але приступив до гальмування з запізненням.

Для виконання експертизи ДТП зупинний шлях автомобіля при екстремому гальмуванні зазвичай розраховують за формулою [3, 22, 28]

$$S_0 = (t_1 + t_2 + 0,5t_3) \frac{v_a}{3,6} + \frac{v_a^2}{26j}, \quad (1.2)$$

де t_2 – час запізнення спрацювання гальмової системи, с.

Теоретично усталене сповільнення транспортних засобів при повному використанні зчеплення всіма шинами автомобіля [3, 4, 6, 8, 9, 22, 28]

$$j = \varphi \cdot g, \quad (1.3)$$

де φ – коефіцієнт поздовжнього зчеплення шин з дорогою.

Повне й одночасне використання зчеплення всіма шинами зустрічається рідко, лише на сухих і твердих покриттях, тому формула (1.3) експериментально зазвичай не підтверджується. Фактичні значення j при повному блокуванні коліс, як правило, менші розрахункових. Щоб урахувати зниження j , у формулу (1.3) іноді вводять поправочний коефіцієнт (коефіцієнт ефективності гальмування) $K_e \geq 1$ [3]. Тоді

$$j = \frac{\varphi \cdot g}{K_e}. \quad (1.4)$$

Недолік останнього виразу полягає в тому, що в нього входять два довільно обраних коефіцієнти – φ і K_e . Ці коефіцієнти при експертизі ДТП за існуючою методикою вибираються експертами самостійно з відповідних таблиць. Кожний з них коливається в широких межах, і значення j , розраховані двома різними експертами, можуть відрізнятися на 30–40 %, що неприпустимо. Найбільш достовірні значення j отримують при випробуваннях автомобіля на місці ДТП із застосуванням реєструючої апаратури.

Загалом формула (1.2) з табличними значеннями коефіцієнта зчеплення дає змогу розрахувати максимально допустимий зупинний шлях, а не дійсний [32, 81].

Якість зчеплення колеса з опорною поверхнею дороги є одним з найважливіших критеріїв, які визначають інтенсивність гальмування. Кількісна характеристика цього критерію використовується в багатьох розрахункових рівняннях, вживаних при аналізі дорожньо-

транспортних пригод. Від точності визначення коефіцієнта зчеплення залежить об'єктивність прийняття рішення про винність або не винність водія, який скоїв ДТП (наприклад, наїзд на пішохода), у той час, як остаточна його оцінка визначається автотехнічним експертом суб'єктивно.

Питаннями зчеплення автомобільного колеса з дорожнім покриттям займалися та внесли вагомий вклад В. І. Кнороз, Є. А. Чудаков, І. П. Петров, В. А. Асторов, Е. Г. Подліх, А. Б. Гредескул, О. С. Федосов, 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 $R_{x\max}$ в зоні контакту до нормальної реакції R_z (навантаження G_k), яка діє на колесо [3–5, 8–10, 15, 17–19, 22, 28, 30, 35, 39, 41, 43–45, 51, 52, 55, 58, 62–66, 69, 72, 73, 77, 91–93, 97]

$$\varphi = \frac{R_{x\max}}{G_k}. \quad (1.5)$$

Згідно з [9, 41, 63, 92] та у відповідності до застосовуваних методів оцінки дорожніх покриттів по зчепленню розрізняють три види коефіцієнта зчеплення:

1) коефіцієнт зчеплення при русі колеса в площині кочення при відсутності ковзання та буксування – коефіцієнт зчеплення спокою чи просто коефіцієнт зчеплення; цей коефіцієнт називають також статичним чи необхідним коефіцієнтом тертя (ковзання) – в США, коефіцієнтом гальмівного зусилля – в Англії, коефіцієнтом кінцевої сили – в Германії;

2) коефіцієнт зчеплення при русі колеса в площині його кочення при умові повздовжнього ковзання чи буксування – коефіцієнт повздовжнього зчеплення; цей коефіцієнт називають також динамічним коефіцієнтом тертя (ковзання) чи коефіцієнтом повздовжнього ковзання;

3) коефіцієнт зчеплення при русі колеса (кочення з ковзанням чи ковзання) під деяким кутом до площини його обертання – коефіцієнт

поперечного зчеплення; цей коефіцієнт називають також коефіцієнтом поперечного чи бічного тертя (ковзання), чи коефіцієнтом поперечної сили (Англія).

Численними дослідженнями, проведеними у колишньому СРСР і за кордоном, встановлено, що зчеплення шини з дорожнім покриттям є наслідком великої кількості складних процесів, що протікають 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.

Цікаво, що табличні значення коефіцієнта зчеплення в різних літературних джерелах часто відрізняються. Так, в переважній більшості літературних джерел [3, 5, 6, 9, 22, 28, 58, 62] вказується максимальне значення коефіцієнта поздовжнього зчеплення – 0,8, причому для 100 % проковзування колеса, у той час, як у інших [1, 18, 35, 44, 60, 64, 73] максимальне значення варіюється від 0,9 до 1,2.

1.2. Аналіз існуючих методів визначення коефіцієнта зчеплення

Навіть при застосуванні однотипних приладів для вимірювання коефіцієнта зчеплення важко отримати результати, які можна порівняти, не говорячи про різні прилади для проведення таких вимірювань. Різниця в результатах вимірювань може бути викликана типом застосовуваних 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 низку методів та приладів (табл. 1.1), які не завжди дають при паралельних випробуваннях однакові результати.

Класифікація приладів для вимірювання коефіцієнта зчеплення

За призначенням	За принципом оцінки ступеня ковзання	За способом моделювання процесу тертя в контактi автомобільних шин
Для оцінки зчпних якостей дорожніх та аеродромних покриттів	Вимірювачі гальмівної сили або гальмівного моменту За конструктивними ознаками: а) динамометричні; б) портативні	Прилади, які забезпечують натурне моделювання (більшість динамометричних приладів і автотестових приладів, що вимірюють інтенсивність сповільнення)
Для оцінки якості зчеплення автомобільних шин	Вимірювачі інтенсивності сповільнення при гальмуванні автомобіля (гальмівний шлях)	Прилади, в яких використовується принцип фізичного моделювання (деякі динамометричні і всі портативні прилади)

Найбільш поширені методи обчислення коефіцієнта за довжиною гальмівного шляху, величиною сповільнення при гальмуванні та визначенням зусилля, необхідного для переміщення причепа з загальмованими колесами. Також застосовують портативні прилади, які безпосередньо вимірюють коефіцієнт зчеплення.

Методи визначення коефіцієнта зчеплення за довжиною гальмівного шляху та за величиною усталеного сповільнення мають вагомi 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 по довжині 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 портативного приладу маятникового типу є мала площа контакту імітатора шини з покриттям, тертя зі змінними і малими швидкостями та малий шлях тертя.

Аналогічні недоліки має портативний прилад, розроблений в МАДІ Р. Ф. Лукащук. Основною перевагою цього приладу, порівняно з приладом маятникового типу, є більша довжина шляху контакту зразка шини з поверхнею дороги та більша швидкість вимірювання (до 5 хвилин).

Прилад ударної дії, запропонований Ю. В. Кузнецовим, заснований на використанні енергії падаючого тягаря для переміщення гумових імітаторів. На Всесоюзних кореляційних випробуваннях 1981 р. цей прилад показав стабільніші результати зі всіх конструкцій портативних приладів.

Недоліком всіх портативних приладів, як обертального 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. Проведення випробувань практично не заважає руху автомобільного транспорту. 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.

Аналіз існуючих методів аналітичного визначення коефіцієнта зчеплення, які описані в [35, 43, 55, 62, 64, 91, 92], показав неможливість їх використання без спеціальних довідникових даних про матеріал, з якого виготовлена шина та неможливість врахування низки основних експлуатаційних факторів впливу на коефіцієнт зчеплення, тобто неможливе використання при відсутності точних значень величин, що входять у залежності. Все це створює складність їх використання, особливо при проведенні експертизи ДТП.

Вагомими недоліками усіх перерахованих методів та приладів є:

- відсутність можливості безпосереднього визначення коефіцієнта зчеплення під час експлуатації автомобіля для визначення безпечних режимів руху;
- неможливість застосування ні одного з них для врахування усіх комбінацій факторів, що впливають на коефіцієнт зчеплення;
- необхідність проведення вимірювань на місці пригоди в найкоротший час після виникнення ДТП;
- неможливість оцінити величини коефіцієнта зчеплення за інформацією протоколів дорожньо-транспортних пригод.

Отже, для визначення коефіцієнта зчеплення при експертизі ДТП, необхідно використовувати метод, який би максимально враховував перераховані недоліки, був достатньо простим та зручним у користуванні.

У роботі [30] запропоновано метод оцінки коефіцієнта зчеплення коліс автомобіля з дорожнім покриттям, який створений за допомогою теорії нечітких множин. Запропонована в цій роботі модель визначення коефіцієнта зчеплення, на відміну від інших методик, дозволяє враховувати основні фактори впливу на цей коефіцієнт, використовуючи інформацію з протоколів ДТП, навіть при відсутності точних кількісних значень окремих параметрів.

До головного недоліку цього методу слід віднести обмеження його використання. Його застосування обмежується визначенням коефіцієнта зчеплення при гальмуванні тільки легкових автомобілів і не враховується гальмування автомобілів з АБС. Верхня межа оцінюва-

ної величини коефіцієнта зчеплення рівна 0,8, що недостатньо при врахуванні особливостей роботи АБС щодо використання зчіпних якостей колеса автомобіля з дорожньою поверхнею.

Коефіцієнт зчеплення автомобіля з дорожнім покриттям складна і дуже важлива характеристика взаємодії колеса автомобіля з дорожнім покриттям при гальмуванні. На його величину впливають багато факторів і вона може змінюватись в широких межах від 0 до 1–1,2. Використання табличних значень коефіцієнта зчеплення для проведення розрахунків при експертизі ДТП може призвести до отримання неточного результату, особливо при експертизі ДТП за участю автомобілів, обладнаних антиблокувальними системами.

Актуальним є питання створення методу визначення коефіцієнта зчеплення в конкретному випадку гальмування з урахуванням максимальної кількості факторів впливу, адже при виборі значення коефіцієнта зчеплення експерт користується даними протоколу ДТП, в якому інформація подається як у кількісному вимірі, так і у якісному. Створення такої моделі дасть змогу більш об'єктивно оцінити коефіцієнт зчеплення, і це, в свою чергу, підвищить якість проведення автотехнічної експертизи дорожньо-транспортних пригод.

1.3. Обґрунтування вибору математичного апарату для оцінки величини коефіцієнта зчеплення

Задачу оцінки коефіцієнта зчеплення в конкретних умовах гальмування, за даними протоколів ДТП, можна подати у наступному вигляді

$$X^* = (X_1^*, X_2^*, \dots, X_n^*) \rightarrow Y_j \in Y = (\underline{y}, \bar{y}), \quad (1.6)$$

де X^* – множина факторів впливу на коефіцієнт зчеплення;
 Y – множина розв'язків з визначення коефіцієнта зчеплення.

Розв'язок залежності «фактори впливу–коефіцієнт зчеплення» шляхом комплексного врахування основних факторів впливу на коефіцієнт зчеплення дозволяє підвищити точність його визначення для конкретних умов гальмування.

Судячи зі спеціальних публікацій з теорії та розрахунку автомобіля [6–9, 12, 15, 16, 19, 26, 41, 44, 47, 51, 56, 58, 60, 65, 66, 91, 93, 96] та експертизи ДТП [3, 22, 28, 36], найбільше розповсюдження отримали такі математичні методи: ймовірно-статистичний, регресійного аналізу, метод фазового інтервалу, логічний висновок, а також теорія нечітких множин [30, 86].

Ймовірно-статистичний [7, 23, 28].

Він переважно використовується для оцінки достовірності кількісних показників, значення яких можуть приймати неперервний ряд значень, і найчастіше полягає в розрахунку надійного інтервалу (похибки) при заданій надійній імовірності.

Різним модифікаціям ймовірно-статистичного методу, який використовується при експертизі ДТП, властиві такі обмеження:

1. Статистична інформація, необхідна для застосування імовірно-статистичних методів, як правило, відсутня. Її збір, обробка і зберігання пов'язані зі значними організаційними та обчислювальними труднощами.

2. Статистичні методи не дозволяють категорично стверджувати, що нерівність $|\bar{x} - x| < \delta$ буде виконуватися у всіх випадках, яким δ великим не було значення похибки δ .

3. Значну складність становить внесення до моделі нової інформації, що зумовлено необхідністю перерахунку всіх статистичних оцінок параметрів.

Регресійний аналіз [26, 56].

Нехай q – деякий вихідний параметр (наприклад, швидкість автомобіля), значення якого необхідно визначити, і q залежить від вектора вхідних параметрів $X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$. Тоді, використовуючи методи теорії планування експерименту [56], можна побудувати рівняння лінійної регресії

$$q = a_0 + a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + \dots + a_n \cdot x_n, \quad (1.7)$$

де a_0, a_1, \dots, a_n – невідомі коефіцієнти, які визначаються методом найменших квадратів.

При необхідності врахування парних взаємодій параметрів, рівняння регресії ускладнюється і набуває нелінійного характеру.

Основні обмеження такого підходу полягають в тому, що:

1. За допомогою регресійного аналізу можуть вирішуватися лише ті задачі, в яких параметри впливу і вихідний розв'язок (величина) носять кількісний характер.

2. Значення вихідного параметра q , яке вираховується за допомогою регресійної моделі, дуже чутливе до умов експерименту, в яких оцінювались коефіцієнти a_0, a_1, \dots, a_n . Тому регресійні моделі, отримані в одних умовах (стан дороги, стан автомобіля і т. п.) не завжди можна переносити на інші умови.

3. Отримання статистично значимих коефіцієнтів в рівняннях регресії потребує обробки великого експериментального матеріалу.

Метод фазового інтервалу [53, 56, 57].

В основі різних модифікацій цього методу лежить ідея віднесення певної ситуації до того чи іншого випадку на основі обчислення відстані між двома точками в фазовому просторі.

Порівняно з ймовірно-статистичним підходом та регресійним аналізом, метод фазового інтервалу не потребує накопичення великого статистичного матеріалу та його трудомісткої обробки. Проте застосування цього методу обмежено тільки кількісними або бінарними факторами впливу.

В літературі описуються і інші методи, основані на ідеях фазового інтервалу та теорії ймовірностей. Проте всі вони є модифікаціями або технічними реалізаціями методів, які розглянуті вище.

Логічний висновок.

Цей метод реалізований мовою логічного програмування «Пролог» [103], яка зараз знаходить широке застосування в експертних системах.

Теоретичною основою мови «Пролог» є апарат логіки предикатів [53, 57], який дозволяє здійснювати автоматичне доведення теорем. Згідно з цією методологією, розв'язок d_j^* може бути взятий для ситуації з вектором параметрів $(X_1^*, X_2^*, \dots, X_n^*)$, якщо в експертній базі знань

(правил висновку *ЯКЩО–ТО*) існує ланцюжок міркувань для доведення справедливості твердження

$$\text{ЯКЩО } x_1^* \wedge x_2^* \wedge \dots \wedge x_n^*, \text{ ТО } d_j^*. \quad (1.8)$$

Пролог зручний для пошуку ланцюга правил, які ведуть від фактів (x_i^*) до цілі (d_j^*) або від цілі до фактів, які вибрані з бази знань. Це дозволяє не тільки приймати рішення, а і пояснювати його причини. Проте існує велика множина знань, які мають нечітку, ймовірнісну природу. Наприклад, в області автотехнічної експертизи це знання типу:

«*ЯКЩО* автомобіль при гальмуванні заносить, *ТО* можливо існує істотна різниця між коефіцієнтами зчеплення з лівої і правої сторони», або

«*ЯКЩО* важіль гальма провалюється не до кінця, *ТО* в систему попало повітря».

Для подібних знань вводять коефіцієнт впевненості зі значеннями від -1 до 1 (від ненадійних знань до достовірних знань). Цей спосіб достатньо простий, але в якійсь мірі суб'єктивний. До того ж коефіцієнт впевненості визначає все правило, а що ж робити з такими поняттями як істотна різниця, провалюється не до кінця і т. п.

Для реалізації дедуктивного логічного висновку в мові «Пролог» необхідна операція пошуку за зразком. Іншими словами, для висновку за допомогою правила «якщо $x \in A$, то $y \in B$ » необхідно насамперед перевірити чи існує в базі знань факт « $x \in A$ ». Пролог не забезпечує можливості логічного висновку в проміжних точках типу « x є величиною близькою до A ». Тому в базі знань необхідно зберігати інформацію про всі допустимі значення параметра x . Це призводить до надмірного збільшення затрат машинної пам'яті та часу на логічний висновок.

Теорія нечітких множин [2, 24, 40, 49, 83, 90, 109].

Основою строгої математичної обробки нечислової (лінгвістичної) інформації служить теорія нечітких множин, запропонована Л. Заде в 1965 р. [109]. Концепція нечіткої множини виникла у Заде як «незадоволеність математичними методами класичної теорії систем, яка зму-

шувала домагатися штучної точності, недоречної в багатьох системах реального світу, особливо в так званих гуманістичних системах, які включають людей» [24].

Обмеження методів, які розглянуті вище, зведені в табл. 1.2 (А – ймовірно-статистичний метод; Б – регресійний аналіз; В – метод фазового інтервалу; Г – логічне програмування; Д – теорія нечітких множин; + (–) – наявність (відсутність) труднощів).

Таблиця 1.2

**Труднощі застосування математичних методів
в практиці розслідування ДТП [31]**

Труднощі	Методи				
	А	Б	В	Г	Д
- збору та обробки статистичної інформації;	+	+	–	–	–
- поповнення бази знань;	+	+	–	–	–
- забезпечення стійкості моделі до факторів впливу;	+	+	–	–	–
- врахування якісних параметрів;	+	+	+	+	–
- роботи з нечіткими знаннями;	+	+	+	+	–

Із табл. 1.2 видно, що більшість розглянутих математичних методів, на відміну від теорії нечітких множин, не пристосовані до роботи з якісними (нечисловими) та нечіткими знаннями, тобто знаннями, які задаються природною мовою. Проте, саме такі евристичні або інтуїтивні знання часто використовуються при розслідуванні ДТП. Іншими словами, вивчаючи досвід кваліфікованих експертів-автотехніків, можна його використовувати при побудові моделей на базі теорії нечітких множин. Саме тому вибираємо метод, запропонований у роботі [30], для подальшого удосконалення.

**1.4. Методологія побудови моделей за допомогою
теорії нечітких множин**

Нехай $X = \{x\}$ – універсальна множина, тобто повна множина, яка охоплює всю проблемну область.

Нечітка множина $A \subseteq X$ є набором пар $\{(x, \mu^A(x))\}$, де $x \in X$ і $\mu^A: X \rightarrow [0,1]$ – функція належності, яка являє собою деяку суб’єктивну міру відповідності елемента x нечіткій множині A .

ЛІТЕРАТУРА

1. Автомобильный справочник Bosch: перевод с англ.; первое русское издание. – М. : За рулем, 2002. – 896 с.
2. Борисов А. Н. Принятие решений на основе нечетких моделей. Примеры использования / Борисов А. Н., Крумберг О. А., Федоров И. П. – Рига : Зинатне, 1990. – 184 с.
3. Боровский Б. Е. Безопасность движения автомобильного транспорта / Боровский Б. Е. – Ленинград : Лениздат, 1984. – 305 с.
4. Бухарин Н. А. Тормозные системы / Бухарин Н. А. – М., – Л. : Машгиз, 1960. – 292 с.
5. Васильев А. П. Эксплуатация автомобильных дорог и организация дорожного движения / Васильев А. П., Сиденко В. М. – М. : Транспорт, 1990. – 304 с.
6. Волков В. П. Теорія експлуатаційних властивостей автомобіля / Волков В. П. – Харків : ХНАДУ, 2003. – 292 с.
7. Волошин Г. Я. Анализ дорожно-транспортных происшествий / Волошин Г. Я., Мартынов В. П., Романов А. Г. – М. : Транспорт, 1987. – 240 с.
8. Вонг Дж. Теория наземных транспортных средств / Вонг Дж. – М. : Машиностроение, 1982. – 285 с.
9. Вопросы динамики торможения и рабочих процессов тормозных систем автомобилей / [Генбом Б. Б., Гудз Г. С., Демьянюк В. А. и др.] – Львов : Вища школа, 1974. – 236 с.
10. Гецович Е. М. Синтез алгоритма функционирования адаптивной тормозной системы / Гецович Е. М. // Механіка та машинобудування. – 1997. – № 1. – С. 44–51.
11. Говорущенко Н. Я. Техническая кибернетика транспорта / Говорущенко Н. Я., Варфоломеев В. Н. – Харьков : ХГАДТУ, 2001. – 272 с.
12. Говорущенко Н. Я. Системотехника проектирования транспортных машин / Говорущенко Н. Я., Туренко А. Н. – Харьков : ХНАДУ, 2002. – 166 с.
13. Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки : ГОСТ Р 51709-2001. – [Действует с 2001-02-01]. – М. : Издательство стандартов, 2001. – 39 с. – (Стандарт Российской Федерации).

14. Гредескул А. Б. Выбор соотношения тормозных сил на осях седельного тягача и полуприцепа / Гредескул А. Б. // Автомобильная промышленность. – 1963. – № 8. – С. 44–51.
15. Гредескул А. Б. Исследование динамики торможения автомобиля / Гредескул А. Б. – Харьков : Изд-во Харьковского ун-та, 1963. – 36 с.
16. Гришкевич А. И. Автомобили. Теория / Гришкевич А. И. – Минск : Высшая школа, 1986. – 207 с.
17. Гуревич Л. В. Тормозное управление автомобиля. – М. : Транспорт, 1978. – 152 с.
18. Гуревич Л. В. Современные методы дорожных испытаний автомобильных антиблокировочных систем. – М. : НИИНавтопром, 1978. – 100 с.
19. Динамика системы дорога-шина-автомобиль-водитель / [А. А. Хачатуров, В. Л. Афанасьев и др.] / – М. : Машиностроение, 1976. – 536 с.
20. Державна програма забезпечення безпеки руху на автомобільних дорогах, вулицях міст, інших населених пунктів і залізничних переїздах на 2003–2007 роки. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 29 січня 2003 р. № 56 Р.
21. Засоби транспортні дорожні. Експлуатаційні вимоги безпеки до технічного стану та методи контролю: ДСТУ 3649-97. – [Чинний від. 1999-01-01]. – К. : Вид-во стандартів, 1997. – 18 с. – (Національний стандарт України).
22. Експертний аналіз дорожньо-транспортних пригод / [Галаса П. В., Кисельов В. Б., Куйбіда А. С. та ін.] – К. : Експерт-сервіс, 1995. – 192 с.
23. Забишний О. С. Теоретичне обґрунтування коефіцієнта зчеплення для експлуатованих доріг / Забишний О. С. // Автошляховик України. – 1994. – № 2. – С. 35–37.
24. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и её применение к принятию приближённых решений / Заде Л. – М. : Мир, 1976. – 167 с.
25. Залуга В. П. Пассивная безопасность автомобильной дороги / Залуга В. П., Буйленко В. Я. – М. : Транспорт, 1987. – 189 с.
26. Иванов В. Н. Применение ЭВМ на автомобильном транспорте / Иванов В. Н., Гаврилов А. А. – М. : Транспорт, 1977. – 144 с.

27. Иванов С. Н. Аппроксимирующие зависимости для определения моментов инерции / Иванов С. Н., Баженов П. И. // Автомобильная промышленность. – 1992. – Вып. 10. – С. 19–20.
28. Иларионов В. А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий / Иларионов В. А. – М. : Транспорт, 1989. – 255 с.
29. Кашканов А. А. Оцінка гальмових моментів на колесах автомобіля за допомогою нечіткої логіки / Кашканов А. А. // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 1999. – № 1. – С. 139–143.
30. Кашканов А. А. Розробка методу оцінки експлуатаційних гальмових властивостей автомобіля в дорожніх умовах: дис. ... кандидата тех. наук: 05.22.20 / Кашканов Андрій Альбертович. – Вінниця, 2000. – 180 с.
31. Кашканов А. А. Аналіз використання математичних методів в практиці автотехнічної експертизи дорожньо-транспортних пригод / Кашканов А. А., Кашканов В. А. // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2000. – № 4. – С. 178–181.
32. Кашканов В. А. Результаты экспериментального исследования тормозной эффективности автомобилей / Кашканов В. А. // Автомобильный транспорт. – 2003. – Вып. 13. – С. 62–64.
33. Кашканов В. А. Удосконалення методу оцінки коефіцієнта зчеплення при експертизі ДТП / В. А. Кашканов, А. А. Кашканов, В. П. Кужель // Вісник СНУ ім. Володимира Даля. – 2010. – № 7(149). – С. 118–122.
34. Ким В. А. Практическая реализация новых источников информации для АБС / Ким В. А. // Автомобильная промышленность. – 2000. – № 8. – С. 16–17.
35. Работа автомобильной шины / [Кнороз В. И., Кленников Е. В., Петров И. П., и др.]; под. ред. В. И. Кнороза. М. : Транспорт, 1976. – 238 с.
36. Коноплянко В. И. Организация и безопасность дорожного движения / Коноплянко В. И. – М. : Транспорт, 1991. – 183 с.
37. Кательніков Д. І. Розробка методу ідентифікації нелінійних об'єктів для прийняття рішень на базі нечіткої логіки : дис.... канд. тех. наук: 05.13.06 / Кательніков Денис Іванович – Вінниця, 1998. – 197 с.

38. Косолапов Г. М. Пути повышения устойчивости автомобиля при торможении: автореф. дисс. на получение науч. степени докт. техн. наук. / Косолапов Г. М. – Волгоград, 1973. – 40 с.
39. Косолапов Г. М. Исследование устойчивости движения автомобиля при торможении / Косолапов Г. М., Сидоров Е. Н. // Автомобильная промышленность. – 1973. – № 2. – С. 26–30.
40. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств / Кофман А. – М. : Радио и связь, 1982. – 432 с.
41. Кошарний М. Ф. Основи механіки та енергетики автомобіля / Кошарний М. Ф. – К. : Вища школа, 1992. – 200 с.
42. 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.
43. Леру М. Сцепление колеса автомобиля с дорогой и безопасность движения / Леру М. – М. : Автотрансиздат, 1959. – 158 с.
44. Литвинов А. С. Автомобиль. Теория эксплуатационных свойств / Литвинов А. С., Фаробин Я. Е. – М. : Машиностроение, 1989. – 237с.
45. Ломака С. И. Исследование влияния противоблокировочных устройств на процесс торможения автомобиля : дис. ... кандидата тех. наук. / С. И. Ломака – Харьков, 1966. – 287 с.
46. Ломака С. И. Исследование режимов работы колесных тормозов карьерного автомобиля-самосвала БелАЗ-540 / Ломака С. И., Шерман А. Д., Алексеенко В. Н. // Автомобильный транспорт. – 1971. – Вып. 8. – С. 55–60.
47. Лукин П. П. Конструирование и расчет автомобиля / Лукин П. П., Гаспарянц Г. А., Родионов В. Ф. – М. : Машиностроение, 1984. – 376 с.
48. Лукьянов В. В. Безопасность дорожного движения / Лукьянов В. В. – М. : Транспорт, 1987. – 247с.
49. Малышев Н. Г. Нечеткие модели для экспертных систем в САПР / Малышев Н. Г., Бернштейн Л. С., Боженюк А. В. – М. : Энергоатомиздат, 1991. – 136 с.
50. Мамити Г. И. Расчет тормозов автомобиля / Мамити Г. И., Льянов М. С. // Автомобильная промышленность. – 2000. – № 9. – С. 30–31.

51. Мартынюк А. А. Динамика и устойчивость движения колесных транспортных машин / Мартынюк А. А., Лобас Л. Г., Никитина Н. В. – К. : Техніка, 1981. – 222 с.
52. Мащенко А. Ф. Тормозная система автомобиля / Мащенко А. Ф. – М. : Высшая школа, 1972. – 135 с.
53. Методы и системы принятия решений. Системы, основанные на знаниях. / [под ред. А. Н. Борисова]. – Рига : РПИ, 1989. – 175 с.
54. Назаров О. І. Поліпшення гальмівних властивостей легкових автомобілів удосконаленням способів регулювання гальмівних сил: автореф. дис.... на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.22.02 «Експлуатація та ремонт засобів транспорту» / Назаров О. І. – Харків, 1998. – 18 с.
55. Немчинов М. В. Сцепные качества дорожных покрытий и безопасность движения автомобиля / Немчинов М. В. – М. : Транспорт, 1985. – 231 с.
56. Нефедов А. Ф. Планирование эксперимента и моделирование при исследовании эксплуатационных свойств автомобилей / Нефедов А. Ф., Высочин Л. Н. – Львов : Вища школа, 1976. – 160 с.
57. Новиков П. С. Элементы математической логики / Новиков П. С. – М. : Наука, 1973. – 400 с.
58. Носенков М. А. Управляемость и устойчивость автомобилей / Носенков М. А., Бахмутский М. М., Гинцбург Л. Л. – М. : НИИА-втопром, 1981. – 48 с.
59. Огородников В. А. Энергия. Деформации. Разрушения (задачи автотехнической экспертизы) : Монография / В. А. Огородников, В. Б. Киселев, И. О Сивак. – Винница : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. – 204 с.
60. Осепчугов В. В. Автомобиль: анализ конструкций, элементы расчета / Осепчугов В. В., Фрумкин А. К. – М. : Машиностроение, 1989. – 305 с.
61. Петров В. А. Современная теория качения пневматического колеса и её практическое приложение / Петров В. А. // Автомобильная промышленность. – 1993. – Вып. 4. – С. 14-18.
62. Петров М. А. Работа автомобильного колеса в тормозном режиме / Петров М. А. – Омск : Зап. — Сибирское книжное издательство, Омское отделение, 1973. – 224 с.

63. Петрушов В. А. О качении автомобильного колеса по твердой опорной поверхности / Петрушов В. А. // Труды НАМИ. – 1963. – Вып. 62. – С. 32–45
64. Подлих Э. Г. Исследование коэффициента сцепления автомобильной шины с покрытием / Подлих Э. Г. – М. : Автотрансиздат, 1963. – 42 с.
65. Подригало М. А. Устойчивость колесных машин при торможении / Подригало М. А., Волков В. П., Кирчатый В. И. – Харьков : ХГАДТУ, 2000. – 180 с.
66. Маневренность и тормозные свойства колесных машин / [Подригало М. А., Волков В. П., Кирчатый В. И., Бобошко А. А.] – Харьков : ХНАДУ, 2003. – 403 с.
67. Поляк Б. Т. Введение в оптимизацию / Поляк Б. Т. – М. : Наука, 1983. – 384 с.
68. Поляк Д. Г. Электроника автомобильных систем управления / Поляк Д. Г., Есеновский-Лашков Ю. К. – М. : Машиностроение, 1987. – 199 с.
69. Правила № 13 ЕЭК ООН. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств категорий М, N и O в отношении торможения. – Приложение 10.
70. Правила № 13 ЕЭК ООН. Предписания, касающиеся испытаний тормозных систем, оборудованных антиблокировочными устройствами. – Приложение 13.
71. Правила дорожного руху України. – Харків : Світлофор, 2005. – 88 с.
72. Рабинович Э. Х. Исследование и совершенствование методов и средств стендовой проверки автомобильных тормозов : дис. ... кандидата тех. наук : 05.22.10 / Рабинович Эрнест Хаимович. – Харьков, 1981. – 229 с.
73. Рахубовський Ю. С. Система антиблокування і реалізації тормозного моменту по фактичному сцепленню пневматического колеса і дороги / Рахубовський Ю. С., Лакатош Ю. А. // Автошляховик України. – 1995. – № 3. – С. 11–14.
74. Ребедайло В. М. Математична модель оцінки коефіцієнта корисної дії автомобільного колеса / Ребедайло В. М., Кашканов В. А. // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2001. – № 4. – С. 134–137.

75. Автомобильный транспорт: проблемы и перспективы: материалы V-ой междунар. научно-технической конференции, 9-14 сентября 2002 г. – Севастополь : Изд-во СевНТУ, 2002. – С. 89–93.
76. Автомобильный транспорт: проблемы и перспективы: материалы VI-ой Международной научно-технической конференции, 15-20 сентября 2003г. – Севастополь : Изд-во СевНТУ. – 2003. – С. 18–21.
77. Ребедайло В. М. Вплив коефіцієнта зчеплення на показники гальмування автомобіля / Ребедайло В. М., Кашканов В. А. // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, 2004. – № 7(77), ч. 1. – С. 220–224.
78. Ребедайло В. М. Розрахунок гальмівного шляху автомобіля при гальмуванні без блокування коліс / Ребедайло В. М., Кашканов В. А. // Автомобильный транспорт. – 2004. – Вып. 14. – С. 24–26.
79. Ребедайло В. Н. Определение скорости автомобиля по пути юза при анализе ДТП / Ребедайло В. Н., Кашканов А. А., Бартко Н. Н. // Тезисы докладов международной научно-технической конференции «Новые технологии и организационные структуры на автомобильном транспорте». – Винница : ВГТУ. – 1994. – С. 84.
80. Ребедайло В. Н. Анализ энерго- и термонагруженности тормозных механизмов / Ребедайло В. Н., Кашканов В. А. // Автомобильный транспорт. – 2003. – Вып. 12. – С. 44–46.
81. Ребедайло В. М. Розрахунок зупиночного шляху при експертизі дорожньо-транспортних пригод / Ребедайло В. М., Крещенецький В. Л., Кашканов В. А. // Автомобильный транспорт, 2007. – Вып. 20. – С. 22–23.
82. Ройтман Б. А. Безопасность автомобиля в эксплуатации / Ройтман Б. А., Суворов Ю. Б., Суковицин В. И. – М. : Транспорт, 1987. – 207 с.
83. Ротштейн А. П. Медицинская диагностика на нечеткой логике / Ротштейн А. П. – Винница : Континент-ПРИМ, 1996. – 132 с.
84. Ротштейн О. П. Ідентифікація нелінійних об'єктів нечіткими базами знань / Ротштейн О. П., Кательніков Д. І. // Вісник ВПШ. – 1997. – № 4. – С. 98–103.
85. Ротштейн О. П. Ідентифікація коефіцієнта зчеплення коліс автомобіля з дорожнім покриттям на нечіткій логіці / Ротштейн О. П.,

- Ребедаило В. М., Кашканов А. А. // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 1998. – № 2. – С. 23–29.
86. Ротштейн А. П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети / Ротштейн А. П. – Винница : Універсум–Вінниця, 1999. – 320 с.
87. Ротштейн О. П. Оцінка якості дипломного проектування на основі нечіткої логіки / Ротштейн О. П., Черноволик Г. О., Єгоров С. О. // Вісник ВПІ, 1995. – № 4. – С. 52–58.
88. Ротштейн О. П. Метод побудови функцій належності нечітких множин / Ротштейн О. П., Черноволик Г. О., Ларюшкин Є. П. // Вісник ВПІ, 1996. – № 3. – С. 72–75.
89. Саати Т. Л. Взаимодействие в технических системах / Саати Т. Л. // Техническая кибернетика. – 1979. – № 1. – С. 68–84.
90. Скофенко А. В. О построении функций принадлежности нечетких множеств, соответствующих количественным экспертным оценкам / Скофенко А. В. // Науковедение и информатика. – 1981. – Вып. 22. – С. 70–79.
91. Смирнов Г. А. Теория движения колесных машин / Смирнов Г. А. – М. : Машиностроение, 1981. – 271 с.
92. Стецюк Л. С. Сцепление колеса с дорогой и безопасность движения / Стецюк Л. С. – М. : Автотрансиздат, 1963. – 67 с.
93. Таборек Я. Механика автомобиля / Таборек Я. – М. : Машгиз, 1960. – 252 с.
94. Тимофеев Ю. Л. Электрооборудование автомобилей: устранение и предупреждение неисправностей / Тимофеев Ю. Л., Тимофеев Г. Л., Ильин Н. М.; 4-е изд. – М. : Транспорт, 1998. – 301 с.
95. Туренко А. Н. Повышение эффективности торможения грузовых и пассажирских автотранспортных средств с пневматическим тормозным приводом / Туренко А. Н. – Харьков : ХГАДТУ, 1997. – 235 с.
96. Туренко А. Н. Функциональный расчет тормозной системы автомобиля с барабанными тормозами / Туренко А. Н., Богомолов В. А., Клименко В. И. – К. : УМК ВО, 1990. – 134 с.
97. Совершенствование способов регулирования выходных параметров тормозной системы автотранспортных средств / [Туренко А. Н., Богомолов В. А., Клименко В. И. и др.] – Харьков : ХНАДУ, 2002. – 398с.

98. Фалькевич Б. С. Исследование управляемости автомобиля с антиблокировочными устройствами при торможении на повороте / Фалькевич Б. С., Юдаков Б. Ф. // Автомобильная промышленность. – 1968. – № 5. – С. 22–24.
99. Федосов А. С. Исследование потенциальных сцепных возможностей автомобиля при действии боковой силы в процессе торможения / Федосов А. С., Подригало М. А. // Автомобильный транспорт. – 1980. – Вып. 17. – С. 73–78.
100. Швейки Т. В. Разработка методики нормативного диагностирования тормозов автомобилей на стендах с беговыми барабанами: дисс. ... кандидата тех. наук: 05.22.10 / Швейки Тауфик Валид. – Харьков., 1999. – 168 с.
101. Шештокас В. В. Конфликтные ситуации и безопасность движения в городах / Шештокас В. В., Самойлов Д. С. – М. : Транспорт, 1987. – 207 с.
102. Практика диагностирования автомобилей: учебное пособие / [Юрченко А. Н., Бажинов А. В., Варфоломеев В. Н., и др.]; под ред. А. М. Юрченко. – К. : НМК ВО, 1993. – 216 с.
103. Язык Пролог в пятом поколении ЭВМ. – М. : Мир, 1988. – 501 с.
104. Hartley. Anti-skid systems slated in USA / Hartley. – *Commerc. Motor*, – 1976.
105. Miller C. A. The Magic Number Seven Plus or Minus two: Some limits on our Capacity for Processing Information / Miller C. A. // *Psychological Review*. – 1956. – № 63. – P. 81–97.
106. Fuzzy Expert System for Identification of Car Wheels Adhesion Factor with a Road Surface // *Proceeding of the 6-th European Congress on Intelligent Techniques and Soft Computing, Aachen, Germany, 1998.* – P. 1735–1740.
107. Rotshtein A. Design and tuning of fuzzy IF-THEN rules for medical diagnosis. In N. H. Teodorescu (ed): *Fuzzy and Neural – Fuzzy Systems in Medical and Biomedical Engineering*, CRC Press, 1998. – P. 35–66.
108. What is Means to the Truck Builder // *Automot. Eng.* – 1973. – Aug., 27–37.
109. Zadeh L. Fuzzy sets / Zadeh L. // *Information and Control*. – 1965. – № 8. – P. 338–353.

Наукове видання

Кашканов Віталій Альбертович
Ребедайло Вадим Миколайович
Кашканов Андрій Альбертович
Кужель Володимир Петрович

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ТЕХНОЛОГІЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ
КОЕФІЦІЄНТА ЗЧЕПЛЕННЯ ПРИ АВТОТЕХНІЧНІЙ
ЕКСПЕРТИЗИ ДТІ**

Монографія

Редактор С. Малішевська

Оригінал-макет підготовлено В. Кашкановим

Підписано до друку 30.08.2011 р.
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум. др. Арк. 7,39
Наклад 100 прим. Зам № 2011-139

Вінницький національний технічний університет,
КІВЦ ВНТУ,
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Тел. (0432) 59-85-32.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті,
в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі,
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Тел. (0432) 59-81-59
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.